

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ (известкование, фосфоритование, гипсование)

Научно-методические рекомендации



Москва 2021

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ
ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ
(известкование, фосфоритование,
гипсование)**

Научно-методические рекомендации

Москва
2021

УДК 631.452: 631.82:631.821.2: 631.1:631.17

ББК 41.4

П 75

Авторы:

М. М. Овчаренко, д-р с.-х. наук, проф., президент (НП «Национальный агрохимический союз»;

Р. В. Некрасов, канд. экон. наук, директор Департаментов Минсельхоза России);

Н. И. Аканова, д-р биол. наук, проф., руководитель группы

(ФГБНУ «ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»,

Группа агрохимии известковых удобрений и химической мелиорации);

П. В. Прудников, д-р с.-х. наук, директор (ФГБУ Центр агрохимрадиологии «Брянский»);

А. И. Осипов, д-р с.-х. наук, проф. (ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»)

Рецензенты:

В. И. Титова, д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой агрохимии и агроэкологии
(ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА»);

В. Г. Васи, д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой растениеводства и земледелия
(ФГБОУ ВО «Самарский ГАУ»);

Жевора Сергей Валентинович, д-р с.-х. наук, директор (ФГБНУ ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха)

Ответственные за выпуск:

Л. В. Павлова, начальник отдела Департаментов Минсельхоза России;

М. М. Овчаренко, президент (НП «Национальный агрохимический союз»)

П 75 **Приемы повышения плодородия почв (известкование, фосфоритование, гипсование):**
науч.-метод. реком. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 116 с.

ISBN 978-5-7367-1616-6

Предложены приемы химической мелиорации, разработанные на основе выявленных закономерностей изменения реакции среды – комплексное воздействие на улучшение агрохимических и агрофизических свойств, путем применения агрохимических удобрений (известковые, фосфоритная мука, гипс и др.) в сочетании с органическими и минеральными удобрениями.

Предназначены для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий, органов управления агропромышленным комплексом разных уровней, работников агрохимической службы, научно-исследовательских и проектно-технологических учреждений, службы сервиса АПК, специалистов, занимающихся вопросами сохранения и воспроизводства плодородия и рекультивации почв, работников отрасли растениеводства и земледелия.

Рекомендованы к изданию Научно-техническим советом Минсельхоза России (протокол № 13 от 23 сентября 2020 г.).

УДК 631.452: 631.82:631.821.2: 631.1:631.17

ББК 41.4

ISBN 978-5-7367-1616-6

© Минсельхоз России, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Растениеводство в сельскохозяйственном производстве является основным и незаменимым продовольственным и ресурсно-сырьевым базисом цивилизации. Устойчивое развитие АПК Российской Федерации на основе прогрессивных научных достижений – гарантия продовольственной и экологической безопасности страны. Исследованиями отечественных и зарубежных ученых определены и в ряде случаев количественно оценены взаимосвязи между урожайностью и факторами внешней среды. Установлено, что для растений необходим постоянный приток энергетических средств: различных элементов питания, воды, света, тепла, углекислоты, кислорода и др. Необходимо также оптимальное сочетание внешних факторов (свойства почв, агротехнические приемы, отсутствие токсических для растений соединений и др.), позволяющих культурным растениям наиболее полно реализовать имеющиеся энергетические ресурсы, потенциальные возможности генотипа перспективных сортов и достигнутого уровня плодородия почв.

Почва с ее многообразными свойствами (уровень питания растений, погодные условия вегетационного периода, приемы агротехники, выращиваемые сорта), находясь между собой в тесной взаимосвязи, определяют величину урожая, а каждый из отдельных факторов при резких отклонениях от нормы может оказаться решающим и ограничивающим величину возможного для данных условий урожая. Продуктивность агроценозов чаще всего зависит от нерегулируемых или трудно регулируемых факторов земледелия, которые вследствие этого могут ограничивать рост и развитие растений.

Мировой опыт земледелия показывает, что значительное увеличение производства растениеводческой продукции и повышение ее качества успешно достигаются при улучшении круговорота питательных веществ в земледелии, повышении уровня приходных статей в балансе элементов питания. Основой этого всеохватывающего процесса и главным рычагом его целенаправленного изменения является снабжение растений достаточным и полноценным количеством питательных веществ.

В отличие от естественных биогеоценозов с относительно замкнутым циклом биогенных элементов в агроценозах происходит разрыв этого цикла из-за отчуждения питательных веществ с урожаем, снижения их доступности растениям, потерь в результате стока, эрозии, денитрификации, инфильтрации и др. Нарушение баланса питательных веществ в земледелии ведет не только к уменьшению производства продукции и ухудшению ее качества, но и снижению устойчивости агроландшафтов. В этой связи компенсацию дефицита биогенных элементов применением мелиорантов, органических и минеральных удобрений необходимо рассматривать как экологически обусловленную задачу, а объектом регулирования биологического круговорота становится уже не отдельный агроценоз, а агроландшафты в целом с учетом вертикальных и горизонтальных геохимических потоков (Шильников и др., 2015; 2016 и др.). Современная система земледелия предполагает использование оптимальных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, включающих в себя комплексное и рациональное применение средств химизации совместно с широким эффективным использованием минеральных и органических удобрений.

Главные задачи агротехнологий – оптимизация питания растений и повышение плодородия почв могут быть решены путем применения различных видов удобрений и химических мелиорантов с учетом биоклиматического потенциала конкретной зоны.

Известно, что теория выноса из почвы и полного возврата питательных элементов находила и находит глубокое логическое освещение во многих работах ученых.

Особенно важны и актуальны в настоящее время высказывания Ю. Либиха о поступательном развитии химизации земледелия: *«Ни одна техническая деятельность для своего успешного развития не требует большего объема знаний, чем сельское хозяйство, и вместе с тем нигде нет большего невежества, чем в сельском хозяйстве»*. *«... чтобы сохранить плодородие почвы, ей должно возвращать все, у нее взятое. Если взятое не будет возвращено полностью, то нельзя рассчитывать на получение вновь таких же урожаев; урожаи могут быть повышены только путем увеличения содержания в почве упомянутых составных частей»*.

Таким образом, плодородие – это способность почвы обеспечивать растения питательными веществами и другими факторами для создания нормальных условий роста, развития растений и формирования урожая.

Плодородие почв земель сельскохозяйственного назначения – главная характеристика ценности сельскохозяйственных угодий, легко уязвимый, истощаемый и трудно возобновляемый природный ресурс. Ещё В.В. Докучаев отмечал: *«Нация, которая теряет плодородие, теряет себя»*.

Плодородие почв является национальным богатством, поэтому вопросам его сохранения и повышения государство всегда уделяет большое внимание.

В период с 1986 по 2013 г. согласно государственным программам повышения плодородия почв выполнялся комплекс работ по агрохимическим мероприятиям (известкование, фосфоритование, гипсование, внесение органических удобрений и торфа). Дотирировалась часть агрохимических работ, стоимость минеральных удобрений и химических средств защиты растений. В настоящее время Министерство сельского хозяйства Российской Федерации разрабатывает меры государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей, обеспечивающих повышение плодородия почв сельскохозяйственных земель и урожайность сельскохозяйственных культур.

Приведенные рекомендации направлены на оказание научно-методической помощи специалистам сельскохозяйственных организаций, землевладельцам и землепользователям для решения вопросов сохранения и повышения плодородия почв, что позволит избежать предусмотренные Федеральным законодательством санкции по принудительному изъятию земель, а также предоставить возможность органам государственной власти на местах аргументировано планировать агрохимические работы и осуществлять поддержку сельскохозяйственных товаропроизводителей. Основные понятийные определения для специалистов приведены в прил. 1.

В работе описан один из основных приёмов повышения плодородия почв – комплексное воздействие на улучшение агрохимических и агрофизических свойств путем применения агрохимических удобрений (известковых, фосфоритной муки, гипса и фосфогипса) в сочетании с органическими и минеральными.

ГЛАВА I.

КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВ И МЕРЫ ПО ЕЕ УСТРАНЕНИЮ

1.1. Показатели, характеризующие кислотность почв

Кислотность раствора или почвенной среды – показатель, который означает количество активных ионов водорода в почвенном растворе. Латинские буквы рН, сопровождающие показания кислотности, расшифровываются как *pondus hydrogenii* (вес водорода) и произносятся как «пэ аш», так как происходят от латинских слов. Кислотность почвенного раствора зависит от соотношения в нём ионов водорода (H^+) и гидроксила (OH^-).

При проведении агрохимического обследования почв Государственной агрохимической службой для оценки степени кислотности почв в отобранных почвенных образцах определяют следующие показатели:

а) кислотность почвенного раствора в водной вытяжке (pH_{H_2O}) – актуальная кислотность. Проявляется за счет диссоциации в водном растворе солей органических, минеральных кислот и щелочно-земельных металлов, находящихся в почве;

б) обменная кислотность (pH_{KCl}) – обусловлена обменно-поглощёнными ионами водорода, алюминия, железа и марганца, которые извлекаются из почвы при обработке её раствором нейтральной соли (нормальным раствором KCl). В зависимости от концентрации поглощённых ионов и величины рН реакцию почвенного раствора подразделяют на шесть групп: от очень сильнокислых до нейтральных (табл. 1);

в) гидролитическая кислотность почв ($Hг$, мг-экв/100 г почвы) обусловлена частью катионов ППК потенциальной кислотности, которые могут вытесняться при обработке почвы 1 н. раствором уксуснокислого натрия (CH_3COONa). Щелочная реакция водного раствора этой соли позволяет более полно, чем нейтральная KCl, вытеснить из почвенно-поглощающего комплекса (далее – ППК) ионы

водорода от органических кислот, алюминия, железа и марганца. По величине гидролитической кислотности почвенный раствор подразделяют на шесть групп: от очень сильнокислых до нейтральных (табл. 2);

г) степень насыщенности почв основаниями (V , мг- экв/100 г почв) показывает, какую долю от общей ёмкости поглощения (T) занимает сумма поглощённых оснований (S). По степени насыщенности основаниями можно определить нуждаемость почвы в известковании. Чем выше V , тем ниже кислотность и нуждаемость в известковании, чем ниже степень насыщенности почв основаниями, тем она сильнее нуждается в устранении избыточной кислотности даже при равных значениях гидролитической кислотности (табл. 3). Степень насыщенности почв основаниями является одним из показателей, по которым определяют возможность применения фосфоритной муки в чистом виде;

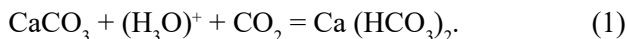
д) сумма поглощённых оснований (S), выраженная в процентах от ёмкости поглощения, показывает общее содержание катионов оснований (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ и т.д.) в почвенном поглощающем комплексе (ППК) (табл. 4). При сопоставлении значений суммы поглощённых оснований и гидролитической кислотности можно сделать обоснование о степени кислотности почв. Этот показатель необходим для расчёта ёмкости катионного обмена и степени насыщенности почв основаниями (V). Сумму обменно-поглощенных катионов кальция, магния, калия и натрия называют суммой обменных оснований (S).

1.2. Агрохимикаты, содержащие кальций и магний, – основные удобрения для устранения избыточной кислотности почв

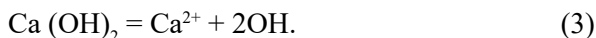
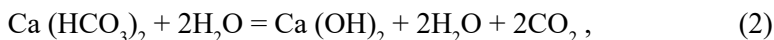
Почвы, имеющие значение $\text{pH}_{\text{КС1}}$ менее 5,5 в пахотном горизонте, относятся к почвам с избыточной кислотностью.

Для устранения избыточной кислотности необходимо вытеснить из ППК ионы водорода и алюминия. Для этого в почву вносят кальций- и магнийсодержащие материалы, основными из которых являются известняковая и доломитовая мука.

Известниковая мука – карбонат кальция (CaCO_3) или доломитовая – карбонат кальция+карбонат магния (MgCO_3) при внесении в почву под влиянием водорода почвенного раствора и углекислоты, находящейся в почвенном растворе, постепенно превращаются в растворимый бикарбонат кальция (или магния):



Бикарбонат кальция диссоциирует на ионы Ca^{2+} и 2HCO_3^- и частично подвергается гидролизу:



В почвенном растворе, содержащем ионы хлора, нитратов, сульфатов, повышается концентрация ионов Ca^{2+} и OH^- групп, кислотность нейтрализуется.

При внесении полной дозы известковых материалов, установленной по показателям pH, устраняется актуальная и обменная кислотность, значительно снижается гидролитическая кислотность, повышаются содержание кальция (и магния) в почвенном растворе и степень насыщенности почв основаниями.

Скорость и полнота воздействия на реакцию почвы и насыщенность её основаниями зависят от дозы и формы внесённого известкового удобрения. Чем выше доза CaCO_3 и тоньше помол агрохимиката, тем быстрее снижается кислотность почв и возрастает степень насыщенности основаниями. Эти требования полностью учтены при подготовке настоящего издания.

1.3. Влияние известкования на плодородие почв, урожай и качество продукции

Известкование оказывает положительное действие на почву, благодаря чему:

- нейтрализуется актуальная и обменная формы кислотности, снижается гидролитическая кислотность, повышаются насыщенность почвенного поглощающего комплекса кальцием, магнием и емкость поглощения;

- активизируются биологическая активность почвы, жизнедеятельность полезных микроорганизмов, азотфиксирующих, нитрифицирующих бактерий; улучшается развитие клубеньковых бактерий; снижаются потери калия и газообразного азота;

- усиливается биологическая активность почвы – фактор, способствующий переводу труднорастворимых соединений фосфора почвы и фосфоритной муки в усвояемые формы;

- повышается качество органического вещества почвы, создавая условия для образования гуматов кальция и магния;

- улучшаются физико-химические свойства почвы (повышаются водопроницаемость и оструктуренность, уменьшается тяговое усилие при обработке почвы);

- снижается подвижность тяжелых металлов, радионуклидов и их накопление в растениях в 2-10 раз, тяжелых металлов – в 2-5 раз;

- улучшается почвенно-экологотоксикологическое состояние;

- снижается развитие грибковых болезней.

Известкование почв является высокоэффективным фактором стабильной урожайности сельскохозяйственных культур, энерго- и ресурсосберегающим и природоохранным мероприятием. За ротацию шести-восьмипольного севооборота 1 т CaCO_3 обеспечивает прибавку урожайности до 6-8 ц/га зерновых единиц. Чем выше кислотность почвы, тем выше эффективность известкования.

Известкование кислых почв значительно повышает эффективность применяемых минеральных и органических удобрений. Это высокорентабельное агрохимическое мероприятие, затраты на которое (при правильном проведении) окупаются, как правило, прибавками урожая двух-трех культур севооборота, т.е. за два-три года с момента внесения известковых удобрений в почву.

Известкование – приём, регулирующий интенсивность и направленность микробиологических процессов разложения органического вещества в почве; кальций переводит фульвокислоты в более устойчивые соединения – фульваты кальция, что способствует консервированию некоторой части органического вещества и его накоплению в почвах.

1.4. Влияние известкования на обеспечение растений кальцием и магнием

Кальций необходим для нормального роста надземных органов и корней растений. Потребность в нём проявляется ещё в фазе прорастания, он поступает в растения в течение всего периода активного роста.

Кальций и магний выполняют двойную функцию в почве: во-первых, это жизненно важные питательные вещества для растений, во-вторых – преобладающие основания, которые поддерживают нейтральную реакцию почвы. Доказано, что положительное действие магния при известковании почвы обуславливается в основном установлением более благоприятного отношения между кальцием и магнием в почвенном поглощающем комплексе. В связи с этим обоснована высокая эффективность применения доломитовой муки, доломитизированных и магнезиальных известняков.

Почва поставляет достаточное количество кальция и магния в качестве питательных веществ. Группировка почв по содержанию обменных кальция и магния приведена в прил. 2. Однако в условиях сельскохозяйственного производства пахотный и корнеобитаемый её слой обедняются основаниями в результате их выноса с отчуждаемой растительной продукцией и миграции с инфильтрационными атмосферными осадками в нижележащие горизонты. Процесс обеднения основаниями приводит к подкислению почвы и другим негативным изменениям, в результате чего:

- разрушается структура почвы;
- становятся более растворимыми железо, алюминий, марганец (их концентрация в почвенном растворе может возрастать до токсичной для сельскохозяйственных культур), а фосфаты – менее растворимыми;
- усиливается развитие грибов, среди которых много паразитов и возбудителей различных болезней растений, подавляется деятельность полезных почвенных микроорганизмов, особенно свободноживущих азотфиксирующих, а также клубеньковых бактерий и др.

Вынос кальция и магния с товарной продукцией составляет от 20 до 40 кг/га с зерном и до 300-500 кг/га с хорошим урожаем капусты. Больше всего кальция потребляют также люцерна и клевер –

эти культуры отличаются очень высокой чувствительностью к кислотности почвы.

Однако потребность растений в кальции и отношение их к кислотности не всегда совпадают. Так, все зерновые усваивают мало кальция, но резко отличаются по чувствительности к кислой реакции. Картофель и люпин малочувствительны к высокой кислотности почв, но потребляют много кальция. Высокое насыщение многих почв кальцием обуславливает практически всегда полное обеспечение растений этим элементом.

На бедных кальцием кислых почвах при возделывании капусты, люцерны, клевера и других культур возникает потребность в его внесении не только для нейтрализации кислотности, но и как элемента питания растений.

Важную роль в жизни растений играет магний. В качестве магниесодержащих удобрений применяются доломитовая, доломитизированная, магниезальная мука, металлургические шлаки, удобрения на основе природных серпентинитов – Серпенактив, Серпомаг, Кизерит, Эпсомит, Сульфат магния, на основе брусита – Агромаг (прил. 3). Более богаты магнием тяжелые по гранулометрическому составу почвы, бедны – песчаные и супесчаные, недостаток его отмечается также на торфянистых кислых почвах. Магний активно участвует в процессе фотосинтеза, входит в состав хлорофилла, как и фосфор содержится главным образом в растущих частях и семенах растений. Нехватка магния более остро сказывается на урожае семян, корней и клубней, чем соломы и ботвы.

Вынос магния со средним урожаем составляет от 10 до 70 кг/га MgO. Из-за вымывания из пахотного слоя теряется до 30 кг/га магния (табл. 5).

В пределах каждого типа почвы колебания в содержании магния бывают значительными и связаны они с содержанием обменных кальция и магния (табл. 6). Суглинки и глины, где преобладающим минералом является каолинит, бедны магнием, а где преобладают монтмориллонит и биотит – богаче. Почвы, содержащие < 25-30 мг/кг магния, считаются низкообеспеченными. На таких почвах для пополнения запасов магния в качестве химических мелиорантов следует использовать доломитовую муку или другие магниесодержащие вещества.

1.5. Влияние известкования на эффективность органических и минеральных удобрений

Применение минеральных удобрений, особенно азотных, значительно усиливает процесс выщелачивания оснований из пахотных почв. Внесение минеральных удобрений в почву сопровождается обменными физико-химическими реакциями удобрений с почвенным поглощающим комплексом. В результате в почвенный раствор поступают анионы (NO_3 , Cl , SO_4) сильных кислот, вызывая его подкисление, при этом усиливаются подвижность оснований и вымывание их из пахотного слоя почвы.

Система удобрений на кислых почвах высокоэффективна только при правильном сочетании с известкованием. Внесение извести – неперенный фон для наиболее полного использования питательных веществ из удобрений. Известкование улучшает усвояемость азота культурами, чувствительными к кислотности (по сравнению с сильнокислыми почвами) в 1,3-1,7 раза, причем расходование азота на известкованных почвах из различных азотных удобрений практически одинаково.

При известковании уменьшаются потери калия из почвы по сравнению с неизвесткованными площадями, однако меняется соотношение в почве между кальцием и калием в сторону преобладания кальция. Вследствие антагонизма между ионами кальция и калия может снижаться поступление ионов калия в растения, особенно у льна, картофеля, люпина.

Известкование почвы полными нормами приводит к мобилизации соединений фосфора в почве. На почвах с сильной и средней степенью кислотности (рН 5,0 и менее) нормы фосфорных удобрений следует увеличить на 20%, а при рН почвы выше 5,5 – снизить на 10%, а калийных – увеличить на 20-25%. Коэффициенты пересчёта некоторых окислов в элементы и их соединения приведены в прил. 4.

При совместном применении извести и фосфоритной муки известь, понижая кислотность почвы, уменьшает растворимость фосфоритной муки, и, следовательно, ее эффективность. Во избежание этого необходимо использовать приемы, исключая непосредственный контакт этих удобрений в почве: рекомендуется заделы-

вать фосфоритную муку и известковые удобрения в разные слои почвы, первоначально поле следует профосфоритовать, т.е. внести и заделать фосфоритную муку, а затем произвестковать.

Сочетание органических удобрений с известью на кислых почвах обеспечивает более высокие прибавки урожая. Группировка почв по содержанию органического вещества приведена в прил. 5.

Снижается подвижность большинства микроэлементов, за исключением молибдена после внесения в почву известковых удобрений. Группировка почв по содержанию подвижных форм микроэлементов дана в прил. 6, 7, а рекомендуемый ассортимент и потребность в них – в прил. 8-13.

Известковые агрохимикаты – длительно действующие удобрения, поэтому эффективность минеральных удобрений хорошо проявляется и при их внесении в последующие после известкования годы.

1.6. Экологические аспекты известкования

1.6.1. Экологическая и природоохранная роль известкования

Экологическая роль известкования кислых почв заключается в первую очередь в значительном снижении активности почвенных грибов и активизации деятельности полезных микроорганизмов. За год в почве дополнительно может накапливаться до 15-20 кг/га усвояемого растениями азота. Ещё больше азота образуют клубеньковые бактерии, развивающиеся на бобовых растениях (горох, клевер, вика и др.). Эти микроорганизмы в симбиозе с растениями способны за год аккумулировать в корневых остатках 50-70 кг/га азота.

В последнее время в индустриальных и прилегающих к ним районах на поля выпадает все больше атмосферных осадков с явно выраженной кислой реакцией (рН 4-5 и ниже), что отрицательно сказывается на флоре и фауне. Для нейтрализации кислой реакции осадков, создаваемой соединениями серы, сульфатов, азота, нитратов и других химических веществ, рекомендуется ежегодно вносить в почву 20 кг/га CaCO_3 и более.

Известкование повышает жизнедеятельность дождевых червей, количество которых в нейтральных почвах по сравнению с кислыми увеличивается в 1,5-2,0 раза.

Известкование – один из основных приемов снижения подвижности большинства тяжелых металлов (химические элементы с атомной массой более 40, а также неметаллы – фтор и мышьяк) в почвах с $pH > 6,0$. Группировка почв по валовому содержанию тяжелых металлов в почве представлена в прил. 14, 15.

Для разработки приемов детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами, в том числе расчета доз известковых удобрений, необходимо предварительное проведение агрохимического обследования почв на показатели кислотности, содержание элементов и др.

1.6.2. Влияние известкования на самоочищающую способность почв к разложению пестицидов

Известкование способствует денатурализации остатков некоторых действующих веществ гербицидов, инсектицидов и фунгицидов, а также повышению активности определенных групп микроорганизмов.

При исследовании самоочищающей способности почв от остатков пестицидов в дерново-подзолистой, серой лесной, пойменной, черноземной почвах установлено, что скорость разложения 2,4-Д наиболее тесно коррелирует с биомассой специфических микроорганизмов-деструкторов, суммарной биомассой микроорганизмов и кислотностью почв, с $pH_{H_2O} < 5,8$ ($pH_{KCl} < 5,1$).

Кислотность опосредованно влияет на скорость разложения гербицидов через воздействие на биомассу почвенной микрофлоры (как суммарную, так и специфическую) и одновременно через изменения сорбционных свойств 2,4-Д. Для определения периода полураспада 2,4-Д можно воспользоваться следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} T_{50} \text{ (сутки)} &= 142,5 - 24,0 \cdot pH_{H_2O} & pH_{H_2O} < 5,8, \\ T_{50} \text{ (сутки)} &= 41,0 - 8,2 \cdot pH_{KCl} & pH_{KCl} < 5,1, \\ T_{50} &= 4,5 \pm 1,5 & pH_{H_2O} \geq 5,8 \text{ (} pH_{KCl} \geq 5,1 \text{)}. \end{aligned} \quad (4)$$

В слабокислых и нейтральных почвах с $pH_{H_2O} \geq 5,8$ ($pH_{KCl} \geq 5,5$) при оптимальных гидротермальных условиях полное разложение 2,4-Д происходит достаточно быстро (не более чем за месяц). В связи с этим значительное влияние на скорость разложения гербици-

дов в почве должны оказывать аммонийные и фосфорные удобрения вследствие проявления ими подщелачивающего действия на реакцию среды. Степень их воздействия на скорость разложения 2,4-Д зависит от доз внесенных удобрений и исходной величины кислотности почв. В слабокислых и нейтральных почвах с $pH_{H_2O} \geq 6,3$ это воздействие малозаметно, в интервале pH_{H_2O} от 5,3 до 6,3 оно проявляется тем сильнее, чем выше доза удобрений. Для прогнозирования изменения скорости разложения 2,4-Д в дерново-подзолистых почвах в летние месяцы можно использовать следующие уравнения:

$$\begin{aligned}
 T_{50} &= 4,5 \pm 1,5 & pH_{H_2O} &> 6,3, \\
 T_{50}(\text{сутки}) &= 4,5 + 0,010 N (\text{кг/га}) & pH_{H_2O} &5,5-6,3, \\
 T_{50}(\text{сутки}) &= 6,3 + 0,031 N (\text{кг/га}) & pH_{KCl} &< 5,5.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Данные характеристики почв Московской области показали, что большинство пахотных почв (70-80%) обладают высокой самоочищающей способностью, меньшая часть (18-28%) относится к средней (разложение 2,4-Д за один-три месяца) и 2-9% почв обладают низкой самоочищающей способностью (разложение более чем за три месяца). Применение высоких доз азотных удобрений (аммиачной селитры) без известкования может привести к ухудшению самоочищающей способности почвы и переводу ее в более низкую категорию. Замедление скорости разложения 2,4-Д отмечается также при снижении влажности и температуры почвы.

Для прогноза изменения самоочищающей способности почв 2,4-Д рекомендуются следующие уравнения:

$$T_{50} = -16 + \frac{2000}{W} \quad pH_{H_2O} < 5,8 \tag{6}$$

W – влажность почвы (W % ПВ)

$$T_{50} = -11 + \frac{1124}{W} \quad pH_{H_2O} \geq 5,8. \tag{7}$$

1.6.3. Использование кальцийсодержащих материалов в борьбе с болезнями овощных культур

Инфекционные болезни (грибные и бактериальные) представляют наибольшую опасность для овощных культур, так как легко распространяются с больных растений на здоровые. Инфекция часто сохраняется в почве, накапливается на растительных остатках, в семенах.

Грибное заболевание – кила капусты, репы, брюквы, редиса, турнепса прогрессирует на тяжелых, бедных органическим веществом, почвах с кислотностью pH_{KCl} менее 5,6-6,0 при влажности 75-95%. Для борьбы с этими заболеваниями за три дня до посева семян или высадки рассады проводят известкование кислых почв (норма 0,2-0,25 кг/м²). Если оно проводится осенью, то количество известковоудобрения увеличивают в 2-3 раза.

При высадке рассады в грунт предусмотрено локальное внесение извести из расчета 35-40 г в лунку или в виде 6%-ной суспензии (800 г на 10 л воды при норме расхода 0,5 л на одно растение).

Аналогично применяются известковые материалы при поражении капусты сухой гнилью. Опыливание нижней стороны листьев рассады молотой серой, смесью серы с известью (в соотношении 1:1) или древесной золой в количестве 50 г/м², проводимое неоднократно через шесть-семь дней, эффективно против ложной мучнистой росы (пероноспороза). Хороший эффект дает опудривание мелом пораженных серой гнилью кочанов капусты, корнеплодов моркови, свеклы, петрушки (доза 2 кг/100 кг), а также овощей и плодов огурца, пораженных белой гнилью. Осеннее известкование кислых почв свежемолотой известняковой мукой при норме 0,2-0,4 кг/м² на супесчаных почвах и 0,3-0,6 кг/м² – на суглинистых целесообразно при поражении свеклы корнеедом.

1.6.4. Влияние известкования на снижение поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию

При увеличении концентрации кальция в почвенном растворе снижается конкурентная способность радионуклидов в ионнообменной адсорбции на поверхности корней.

Немаловажное значение известкование почв имеет и в системе мероприятий по снижению поступления радиоактивного стронция (Sr) в растения. Известкование кислых почв приводит к нейтрализации почвенного раствора и насыщению почв кальцием. Sr является аналогом кальция, поэтому содержание радионуклида ^{90}Sr в урожае растений снижается в 2-3,5 раза. Чем выше обеспеченность почв элементами питания и ближе их соотношение к оптимуму, тем меньше радионуклидов поступает в растения. Кроме того, со сдвигом реакции кислых почв в сторону нейтрализации уменьшается подвижность, а следовательно, и усвояемость растениями большинства тяжелых металлов и токсичных неметаллов, которые часто являются загрязнителями почвы и сельскохозяйственной продукции. Это положение подтверждается данными по ^{50}Co , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{137}Cs , которые в наибольших количествах поступают в растения на бедных почвах. Верхним пределом оптимума $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ для суглинистых почв принято считать 6,5, супесчаных и песчаных – 5,8. Поддерживающее известкование проводят при снижении pH ниже указанных величин на 0,3 ед.

Для уменьшения поступления радионуклидов в растения известкование следует проводить кальцийсодержащими агрохимикатами по полной дозе на кислых почвах и половинными дозами на почвах с pH близкими к нейтральным.

1.7. Оптимальные уровни кислотности (pH) для почв в севооборотах различных типов

Оптимальные показатели pH почв колеблются в значительных пределах и зависят от ряда факторов: типа и гранулометрического состава почвы, обеспеченности её органическим веществом, фосфором и другими элементами, вида выращиваемых культур в структуре посевных площадей севооборота. При этом оптимальное значение pH почв повышается с увеличением в них содержания органического вещества более 3% (табл. 7-11).

1.8. Известковые удобрения

1.8.1. Известковые удобрения промышленного производства

1. При выборе известкового удобрения следует учитывать, что используемый продукт должен иметь Свидетельство о государственной регистрации и регистрационный номер в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации.

2. Для известкования почв применяется известковое удобрение промышленного производства, соответствующее ГОСТ 14050-93, марок А, В, С, выпускаемое на предприятиях строительной индустрии, целесообразность применения которого обусловлена технологичностью производства, транспортировки, хранения и внесения в почву. Характеристика известковых удобрений приведена в прил. 16. Высокой эффективностью из всех марок известняковой муки отличается марка А по сравнению с мукой марок В, С, поскольку она имеет тонкий помол и производится из твердых известковых пород.

Известняковая мука марки А характеризуется следующими показателями качества: содержание влаги – 0,3-0,4%, $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ в пересчёте на CaCO_3 – 93-96%; наличие частиц крупнее 1 мм – не более 3%.

Известняковая мука марки С имеет следующие показатели: содержание влаги – не более 15% (прил. 17), $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ в пересчёте на CaCO_3 – не менее 80%; тонина помола: остаток на сите более 3 мм (14-15%) – не более 25%, на сите >5 мм – не более 7%, содержание MgO – до 18-20%.

Скорость взаимодействия химических мелиорантов с почвой и продолжительность их действия во многом зависят от химических свойств известки и ее гранулометрического состава. Для поддержания относительно постоянного уровня реакции почвенной среды в течение продолжительного времени известковые материалы должны содержать широкий спектр частиц различного размера. Эффективность известняковой и доломитовой муки зависит от твердости размалываемого природного сырья: чем меньше твердость породы, тем выше эффект от более крупных частиц. Доломитовая мука, получаемая из пород, относящихся к первому-второму

классам прочности (до 40 МПа), обладает высокой эффективностью даже при относительно крупном помоле.

Применение известняковой и доломитовой муки при сравнительно крупном помоле целесообразно и эффективно на песчаных, супесчаных и легкосуглинистых почвах.

1.8.2. Местные известковые удобрения

Для известкования почв допускается использование известковых материалов, не требующих размола – это рыхлые известковые породы из местных залежей и отходы близлежащих промышленных предприятий.

Рыхлые (мягкие) известковые породы. Из распространенных в Нечерноземной зоне рыхлых известковых пород по количеству месторождений и запасам наибольшее значение имеют известковый туф, мергель, озерная известь, доломитовая и фосфоритная мука, мел, фосфогипс. Данные породы могут использоваться с небольшим размолом, в отдельных случаях требуется их просеивание через грохот для отделения грубых частиц.

Известковый туф содержит 85-90% углекислого кальция и 1,5% магния. По физическим свойствам туфы подразделяются на мелкокомковатые, рассыпчатые, средне- и крупнокомковатые. Влажность туфов достигает более 20% и сохраняется в течение всего лета. Однако даже при высокой влажности они сохраняют сыпучесть, поэтому их можно рассеивать на поле машинами без подсушивания. В некоторых случаях порода нуждается в воздушной подсушке, для чего после выемки из месторождения её укладывают в узкие штабеля. По действию на раскисление почв туфы не уступают молотому известняку, а в ряде случаев превосходят его.

Озерная известь – это карбонатная порода пресноводного происхождения. Образовалась из углекислого кальция, выпавшего из вышедших на дневную поверхность богатых известью грунтовых вод. Озерную известь, которая утратила избыточную влажность и подверглась выветриванию, называют *нижней гажей*. Содержание CaCO_3 в гаже составляет 60-97%, магния – от 0,2 до 1,1%. В большинстве случаев озерная известь имеет раздельно частичное сложение и не содержит крупных твердых включений, поэтому ее можно

применять для известкования почв без просеивания через грохот, а по эффективности она равноценна стандартной известняковой муке.

Доломитовая мука. Доломит – осадочная карбонатная горная порода, состоящая на 95% и более из минерала доломита, содержит около 54,4% углекислого кальция и 45,6% углекислого магния. По содержанию углекислого магния ($MgCO_3$) породы делятся на магнезиальные известняки (12-25%), доломинизированные (25-35%) и известняковые доломиты (35-45%). Примесь магния повышает твердость породы и снижает ее растворимость.

Доломитовая мука – рыхлая карбонатная порода, состоящая в основном из доломита и имеющая желтоватую окраску. Содержит кальций и магний в пересчете на углекислый кальций 95-100% и более. Характеризуется сыпучестью, тонким гранулометрическим составом, может включать в себя примесь твердых кусков (30 см в диаметре), поэтому рекомендуется просеивание через грохот. Высокое содержание активно действующего вещества позволяет применять ее для известкования без предварительной подготовки.

На почвах легкого гранулометрического состава доломитовая мука по эффективности превосходит известняковую и известковый туф вследствие содержания в ней магния.

Известкование кислых почв доломитовой мукой – основной способ обогащения их подвижными соединениями магния на длительный период. В первую очередь это касается почв легкого гранулометрического состава. Следует отметить, что длительное систематическое применение доломитовой муки изменяет соотношение кальция и магния, делая его более узким, чем рекомендуется для почвы (5:2). Поэтому следует контролировать соотношение обменных кальция и магния в поглощающем комплексе почвы и при необходимости чередовать применение доломита с известняковой мукой.

Мел – осадочная горная порода, как правило, мягкая (менее 20 МПа), легко растирающаяся. К рыхлым известковым породам относится условно, так как встречаются его месторождения, представленные твердой разновидностью. В верхней части меловых месторождений встречается мел-рухляк, который под действием по-

переменных процессов увлажнения, высушивания, замораживания и оттаивания превращается в массу, состоящую из мелких частичек. Такой мел пригоден для применения без размола. По эффективности мел в первые годы использования равноценен или даже превосходит известняковую муку из-за бóльшей растворимости его частиц. Недостатком мела является отсутствие магния, что ограничивает его периодическое применение на почвах легкого гранулометрического состава.

Фосфоритная мука представляет собой комплексное удобрение, является хорошим мелиорантом кислых почв для снижения кислотности как известковый мелиорант и повышения содержания фосфора при фосфоритовании почв. Может служить альтернативой водорастворимым фосфорным удобрениям для применения в качестве основного удобрения при выращивании сельскохозяйственных культур. Содержит кальций (20-45%), фосфор (P_2O_5 12-29%), кремний (8,0 -20,0%), серу, магний (1,0-1,4%) и микроэлементы Fe, Cu, B, Mn, Mo, Zn, Co.

Фосфогипс ($CaSO_4$) – содержит до 40% кальция и не менее 20% серы, поэтому рекомендуется применять на дерново-подзолистых, серых лесных почвах и оподзоленных и выщелоченных черноземах как кальцийсодержащий мелиорант для кислых почв и как серосодержащее удобрение для повышения содержания серы.

Брусит – магниезальное вещество – $Mg(OH)_2$, рекомендуется в качестве магниевого мелиоранта с содержанием чистого магния до 27%. Мелиорант получают путем измельчения природного брусита. В сельском хозяйстве его применяют в качестве магниевого удобрения до 1 т/га или в составе тукосмесей.

Серпентинаг, Серпентактив получают путем измельчения природного серпентинита или его отсеков, дробления, грохочения. В сельском хозяйстве используют в качестве магниевого удобрения или в составе тукосмесей. Содержит до 95% серпентинита $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ и около 80% АДВ. Для известкования применяется однократно в дозе, не превышающей в физической массе: для супесчаных и песчаных почв – 2 т/га, суглинистых – 4 т/га при условии содержания обменного магния в почве не более 8-10 мг/100 г почвы. Химический состав представлен в прил. 18.

1.8.3. Известьсодержащие отходы промышленности

Дешёвым источником пополнения запасов почвы кальцием и магнием являются отходы промышленности, к которым относятся некоторые виды шлаков, шламов, золы сланцев, бурых углей, отходный мел, известково-доломитовые отходы, дефекаты и др. Большинство отходов промышленности не требует сложной подготовки для использования их в качестве известковых удобрений. Многие шлаки и золы обладают высокой активностью взаимодействия с почвой, поэтому существенно превосходят природные карбонаты, а содержащиеся в них примеси микроэлементов часто оказывают положительное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных растений. Исследования позволяют рекомендовать на почвах с выраженным дефицитом магния проводить известкование магнийсодержащими мартеновскими шлаками, которые при внесении высоких норм минеральных удобрений обеспечивают более сбалансированное питание сельскохозяйственных культур и эффективнее, чем внесение извести. Применение отходов промышленности, содержащих в своем составе магний, не только повышает урожай возделываемых культур, но и улучшает его качество: увеличивается содержание сахаров в плодах томатов, крахмала в клубнях картофеля, жира в семенах масличных культур, витаминов А и С в различных растениях.

Отходы могут содержать и различные тяжелые металлы (свинец, кадмий, мышьяк, селен, стронций) и другие опасные токсичные неметаллы и элементы. Их содержание следует определять и соотносить с содержанием тяжелых металлов в известковых удобрениях (прил. 19). Использование таких отходов в качестве мелиорантов представляет опасность для экологического состояния почв и сопредельных сред. Поэтому каждый новый химический мелиорант из отходов должен подвергаться всесторонней экологической оценке и нормированию, базирующимся на результатах анализов.

Карбонат кальция конверсионный (конверсионный мел) – ККК – пылевидный продукт, содержит 1-1,5% влаги, не гигроскопичен, не слеживается. Гранулометрический состав представлен фракцией менее 0,25 мм. Тонкий гранулометрический состав обеспечивает высокую реакционную способность карбоната кальция. Содержит 90-95% CaCO_3 , 0,3-0,5 – азота и 0,5-0,6% – фосфора (P_2O_5).

К нежелательным примесям в составе ККК относятся стабильный нерадиоактивный стронций (до 1,7%) и фтор (до 0,3%). По своему действию на раскисление почв является одной из лучших форм известковых удобрений.

Дефекат – продукт свеклосахарного производства, получаемый после естественной сушки дефекационной (фильтр-прессной) грязи до влажности 25-30%. В перчете на сухое вещество содержит до 40% CaO, 0,5 – N, 1-2 – P₂O₅, 0,15 – K₂O, 10-15% органического вещества. Обладает хорошими физическими свойствами для механизированного применения, так как представляет собой легко рассыпающуюся массу из мелкопористых комочков. Наличие в составе дефеката питательных веществ обуславливает его преимущественную эффективность по сравнению с карбонатом кальция. В свеклосеющих районах применение данного препарата повышает урожайность корнеплодов свеклы на 15-40 ц/га, в отдельных случаях на 70-80 ц/га, а их сахаристость – на 0,2-0,5%.

Мраморная крошка – известковый материал, получают посредством механического размола отходов мраморной промышленности. Суммарная массовая доля карбонатов кальция и магния составляет 94,3%, в том числе CaCO₃ – 82,5%, MgCO₃ – 11,0-12,0%, содержание влаги – 0,2%, АДВ – 94%. Регулярное периодическое внесение известкового материала обеспечивает раскисление почв и длительный положительный эффект в получении устойчивых высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Мука, производимая путем размола природных прочных карбонатных пород, является основным известковым удобрением в мировом земледелии. Ограничений на ее применение, связанных с содержанием тяжелых металлов, нет.

Металлургические шлаки в зависимости от способа получения подразделяются на мартеновские, доменные, или электросталеплавильные. Основная часть кальция в них находится в виде силикатов (CaSiO₃, CaSiO₄). Имеют более сложный химический состав, чем карбонатные формы известковых удобрений (известняковая мука, туф и др.). Кроме кальция, содержат кремний, магний, серу и ряд микроэлементов. Электросталеплавильные и мартеновские шлаки включают в себя еще и фосфор. Наличие во всех шлаках кремния улучшает фосфорное питание растений.

При известковании почвы шлаками растения меньше поражаются грибными болезнями и более устойчивы к полеганию. Широкий спектр действия шлаков на свойства почвы обуславливает их преимущество по положительному действию на урожай растений по сравнению с известняковой мукой.

Мартеновские шлаки – представляют собой твердые глыбы, которые необходимо размалывать. Содержат 41-46% CaO, 6-12 – MgO, 0,1-0,5 – серы, 6-12 – окиси марганца, 15-20% окиси кремния, а кроме того молибден, бор, медь, кобальт и многие другие микроэлементы. Вследствие высокой твердости шлаков к их гранулометрическому составу предъявляются повышенные требования, чем к известняковой муке. В размолотом шлаке частицы >1 мм относятся к недействительным, т.е. являются балластом, так как не растворяются в почве.

Электросталеплавильные шлаки – получают при выплавке стали в электропечах. Химический состав: 50-68% CaO, 6-15 – MgO, 0,2-0,3 – P₂O₅, 10-20 – SiO₂, 3-8% MnO. По содержанию активно действующего вещества (АДВ) являются одной из самых лучших форм известковых удобрений, превосходящих по эффективности стандартную пылевидную известняковую муку и не уступающих гашеной извести. На воздухе рассыпаются сами, превращаясь в порошок, пригодный для применения без размола. Иногда для удаления грубых частиц требуется просеивание через сито.

Подразделяются на шлаки окислительного периода, которые получают после выделения марганца, кремния и фосфора, и восстановительного (после выделения серы) – так называемые белые шлаки. По химическому и гранулометрическому составу, физико-химическим свойствам окислительные шлаки близки к белым электросталеплавильным, но содержат потенциально токсичные примеси хрома, что следует учитывать при определении доз внесения в почву.

Доменные шлаки – образуются в доменной печи при производстве чугуна. Это крупные глыбы, для применения в сельскохозяйственном производстве требуют тонкого помола. Примерный химический состав шлаков: 30-48% – CaO, 0-12 – MgO, 4-25 – Al₂O₃, 30-42% – SiO₂, также включают в себя микроэлементы: марганец, бор, медь, молибден.

Высокоосновные шлаки, образующиеся при выплавке литейного чугуна, обладают свойством рассыпаться в порошок на воздухе, называются саморассыпающимися и не требуют размола.

Цементная пыль получается при улавливании электрофильтрами и циклонами мелких частиц цемента из вращающихся печей при выработке на заводах. Имеет высокое содержание активно действующего вещества и очень тонкий гранулометрический состав. Содержание частиц $< 0,25$ мм – 90-98%. Химический состав: 40-60% – CaO, 0,6-1,5 – MgO, 12-22 – SiO₂, 2-5 – SO₃, 4-9 – Al₂O₃, 0,5-1 – Na₂O, 0,5-40% – K₂O, в легкорастворимой форме – в виде поташа (K₂CO₃).

При увлажнении склонна к цементированию и превращению в затвердевшую массу, поэтому при хранении и транспортировании в нее не должна попадать влага. Вследствие тонкого гранулометрического состава вносится как все пылящие материалы, с помощью пневматических устройств машинами типов АРУП, РУП. При содержании в цементной пыли 10-15% K₂O применяется как известково-калийное удобрение, при более высокой концентрации K₂O – как калийное.

Сланцевая зола – получается при сжигании горючих сланцев на промышленных предприятиях и электростанциях. Содержит 30-48% – CaO, 1,5-3,8 – MgO, 1-2 – K₂O, 0,5-1,2 – P₂O₅, 4-7% – серы, микроэлементы. Обладает высокой нейтрализующей способностью и удобрительной эффективностью. Наличие кальция и магния в форме силикатов благоприятно сказывается на урожайности и качестве льна, картофеля, зерновых культур. Зола имеет очень тонкий гранулометрический состав, обладает хорошей сыпучестью. Ее можно вносить в рядки при посеве.

Торфяная зола образуется после сжигания торфа. Химический состав во многом зависит от используемого торфа и содержит 3-30% CaO, 4-5 – MgO, 1-8 – P₂O₅, 0,5-7,5 – K₂O, 8-80% SiO₂. Достоинства: наличие питательных веществ (за исключением азота) и микроэлементов. Зола низинных и переходных торфов более эффективна по сравнению с золой верховых аналогов. Недостаток – низкая нейтрализующая способность, поэтому рекомендуется вносить её в почву в половинных (от рекомендуемых по нейтрализующей способности)

дозах, что часто по эффективности равноценно полной дозе известняковой муки. Свежую торфяную золу следует вносить в почву за две недели до посева, так как наличие высоких концентраций сульфидов и оксидов кальция и магния может оказать отрицательное влияние на всходы растений. Перед применением для удаления крупных частиц требуется её просеивание через грохот с отверстиями $\varnothing 5$ мм.

1.8.4. Факторы, влияющие на скорость растворения известьсодержащих удобрений в почвах

Скорость растворения известьсодержащих удобрений зависит от влажности почвы, количества осадков, химического состава исходных материалов, дозы внесения, плотности сложения, тонины помола, равномерности распределения в почве, совместного применения с другими удобрениями, микробиологической активности почв и др. Продолжительность действия известковых удобрений обусловлена неизбежными потерями кальция и магния в результате отчуждения с урожаем сельскохозяйственных культур и вымыванием влагой атмосферных осадков.

1.8.5. Экологические ограничения по применению отходов промышленности в сельскохозяйственном производстве

Конверсионный карбонат кальция. Однократное применение полной по гидролитической кислотности дозы конверсионного мела до 8 т/га (в пересчете на CaCO_3), а также периодическое (двукратное) его применение не приводят к избыточному накоплению стабильного стронция в растениях. Его рекомендуется применять в первую очередь на слабокислых, а затем среднекислых почвах, степень насыщенности поглощающего комплекса основаниями которых составляет не менее 55-60%. При этом в почве достигается благоприятное соотношение Ca:Sr (не менее 10:1), а валовое содержание Sr не превышает более 600 мг/кг.

На почвах с сильнокислой реакцией среды ($\text{pH} \leq 4,5$) первичное известкование рекомендуется проводить доломитовой (или известняковой) мукой, а при повторном известковании вносить конверсионный мел. Для поддержания оптимального содержания в почве Ca:Mg и Ca:Sr применение мела надо чередовать с внесением до-

ломитовой, доломитизированной или магнезиальной известняковой муки. Целесообразно приготовление смеси мелиорантов в соотношении 1:1: конверсионный мел с магнийсодержащими формами известняковой муки. По экологическим ограничениям конверсионный мел относится к группе известковых удобрений, применение которых разрешено в дозах ≤ 7 т/га (в пересчете на CaCO_3) с периодичностью один раз в пять лет.

1.9. Рекомендуемые дозы внесения известковых удобрений

Рекомендуемые дозы данных удобрений можно вносить одноразово или в два приёма. При внесении полной дозы за один приём достигается более быстрая и полная нейтрализация кислотности пахотного слоя почвы и обеспечивается получение более высоких прибавок урожаев большинства сельскохозяйственных культур. Внесение полных доз известковых удобрений особенно важно на сильнокислых почвах, а также при углублении пахотного слоя слабокультуренных дерново-подзолистых почв.

Вместо полной дозы рекомендуется половинная, чтобы внести известь на вдвое большую площадь. В этом случае прибавка урожая с 1 га на 20-30% меньше, однако общая прибавка со всей удобренной площади в первые годы будет выше, чем от применения полной дозы. При этом следует помнить, что во второй ротации севооборота необходимо внести оставшуюся часть известковых удобрений, поскольку эффективность от известкования половинными дозами в этом случае резко снизится.

Действие полных доз извести проявляется на средне- и тяжелосуглинистых почвах в течение восьми-десяти лет, на почвах лёгкого механического состава – шести-восьми, а половинных доз – четырех-пяти лет. При систематическом внесении физиологически кислых минеральных удобрений (аммиачная селитра, сульфат аммония и др.) и возрастающем при этом выносе кальция (и магния) из почвы требуется проведение поддерживающего известкования в дозах не менее 600-1000 кг/га CaCO_3 в год.

Известковые удобрения, как полные дозы, так и половинные, заделывают в почву с осени под вспашку или весной под перепашку.

На очень кислых почвах при внесении высоких доз извести перед вспашкой необходима поверхностная обработка почвы.

Существует опасность снижения эффективности известкования, если при вспашке поля известь будет запахана на большую глубину. При поверхностной обработке почвы в последующем необходима перепахка для более равномерного перемешивания извести с почвой пахотного слоя.

Дозы в $1/4$ - $1/5$ от полной дозы, т.е. по 500-1000 кг/га CaCO_3 недостаточны для эффективного снижения кислотности в пахотном слое почвы. Однако они создают благоприятные условия для корневой системы растений, повышают урожай только той культуры, под которую вносят известь. Этот приём пригоден для внесения в рядки при посеве и в лунки при высадке рассады. Поэтому внесение извести малыми дозами следует рассматривать в качестве удобрительной меры для повышения урожаев, когда нет возможности применить полную дозу, или при повторном известковании.

Для внесения в почву известковых удобрений рекомендуется использовать машины с центробежными и пневматическими разбрасывателями. Основное требование: распределение известковых удобрений по поверхности почвы должно быть равномерным. Избежать неравномерность распределения извести можно при использовании навигаторов, тщательно размечая прогоны, чтобы добиться должного перекрытия полос.

1.10. Определение доз известковых удобрений

При установлении доз известковых удобрений с целью создания оптимальной реакции почвенной среды необходимо учитывать тип почвы, гранулометрический состав, содержание органического вещества, уровень кислотности, степень насыщенности основаниями, биологические особенности культур севооборота и их отзывчивость на известкование, уровень применения минеральных и органических удобрений.

Дозы известковых удобрений для дерново-подзолистых и серых лесных почв разного гранулометрического состава при содержании

гумуса до 3% в зависимости от кислотности почвы представлены в табл. 12.

Приведенные нормы данных удобрений обеспечивают сдвиг реакции почвы от исходного уровня до оптимального на фоне ежегодного применения минеральных удобрений в объеме до 250-300 кг/га NPK по действующему веществу.

Для серых лесных почв, содержание гумуса в которых более 3%, нормы рассчитываются по величине гидролитической кислотности (H_r):

$$D = 0,05 \cdot H_r \cdot d \cdot h, \quad (8)$$

где d – объемная масса почвы, г/см³;

h – мощность пахотного слоя;

H_r – гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г;

D – доза $CaCO_3$, т/га в действующем веществе.

Пойменные аллювиальные почвы характеризуются величиной рН, близкой к нейтральной, низкой величиной H_g и высокой насыщенностью почвенно-поглощающего комплекса катионами кальция и магния. На этих почвах для улучшения фитосанитарного состояния сельскохозяйственных культур и поддержания необходимого баланса кальция и магния в почве следует проводить поддерживающее известкование.

Известкование почв с рН 6,1 и выше рекомендуется только при рекультивации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами и радионуклидами, а также при известковании под овощные культуры согласно табл. 11.

Дозы известковых удобрений для оподзоленных и выщелоченных черноземов тяжелого гранулометрического состава рассчитываются по формуле

$$D = 0,05 \cdot 2 / 3H_r \cdot d \cdot h. \quad (9)$$

Независимо от величины H_r дозы данных удобрений на этих почвах не должны превышать 10 т/га.

Торфяно-болотные почвы с кислой реакцией почвенного раствора обычно имеют высокую потенциальную кислотность, обуслов-

ленную присутствием в нем большого количества ионов водорода. В то же время эти почвы обладают большой буферной способностью вследствие высокого содержания органического вещества, поэтому при $\text{pH}_{\text{КСЛ}} > 5,0$ они не нуждаются в известковании (табл. 13).

При использовании результатов прошлых лет следует проводить корректировку величины рН на её изменение в сторону подкисления. Кислотность почвы начинает возрастать только с третьего года после проведения известкования и тем интенсивнее, чем ближе её показатель к нейтральному интервалу реакции среды в почве.

Дозу известкового удобрения в физической массе находят по формуле (10)

$$D_{\phi} = \frac{100^3 \cdot D}{(100-V) \cdot (100-K) \cdot П},$$

где D_{ϕ} – доза известкового удобрения в физической массе, т/га;

D – рекомендуемая доза CaCO_3 , т/га;

V – содержание влаги, %;

$П$ – нейтрализующая способность мелиоранта, % CaCO_3 ;

K – количество недействительных частиц:

1. Для металлургических шлаков крупнее 1 мм;

2. Для местных рыхлых пород крупнее 5 мм;

3. Для известняковой и доломитовой муки;

• при прочности породы до 20 МПа – 100% фракции более 5 мм;

- 20% фракции 3-5 мм;

• при прочности породы от 20,1 до 40 МПа – 100% фракции более 3 мм;

- 20% фракции 1-3 мм;

• при прочности породы от 40,1 до 60 МПа – 100% фракции более 3 мм;

- 50% фракции 1-3 мм;

• при прочности породы более 60 МПа – 100% фракции более 1 мм (10).

Дозы известии в различных агрономических и экономических вариантах. В тех случаях, когда землепользователь не может изменять полные (нормальные) дозы известковых удобрений, рекомен-

дуется вносить пониженные дозы, расчёт которых проводится по результатам агрохимического обследования.

Половинные дозы извести в первую ротацию пяти-семипольного севооборота обеспечивают прибавку урожая 2/3-3/4 по сравнению с полной дозой, они поддерживают реакцию среды в почве на существующем уровне. Во вторую ротацию севооборота положительное действие половинных доз на урожай сельскохозяйственных культур и реакцию среды в почве резко ослабевает.

Четвертичные дозы (1-2 т/га CaCO_3) оказывают положительное действие на урожай двух-трех культур при условии их внесения в зоне, приближенной к расположению семян, например, под предпосевную культивацию перед посевом покровного слоя многолетних трав культуры (ячменя или однолетних трав).

Микродозы – очень малые дозы (0,2-0,5 т/га CaCO_3), применяются местно в зону прорастания семян (в лунки, борозды) как кальциевое удобрение, их действие ограничивается только той культурой, под которую они внесены.

1.11. Агротехнические требования к известкованию кислых почв

Известкование рекомендуется проводить строго в соответствии с проектно-сметной документацией.

Известковые удобрения необходимо вносить исправными агрегатами, отрегулированными на внесение заданной дозы и допустимую равномерность их посева, с работоспособными механизмами и устройствами для выполнения и контроля технологических регулировок, распределяющих рабочих органов и дозирующих устройств.

Движение разбрасывателей осуществляется преимущественно вдоль длинной стороны участка. При внесении пылевидных материалов в ветреную погоду направление их движения должно быть перпендикулярно направлению ветра.

Метеорологические условия и регламентирующие сроки проведения работ:

- скорость ветра при внесении пылевидных материалов менее 5 м/с, слабопылящих материалов – менее 6 м/с;

- температура воздуха при внесении несмерзающихся мелиорантов пневморазбрасывателями и сыромолотых мелиорантов – не ниже 0°C;
- отсутствие атмосферных дождевых осадков, ледяной корки и снежного покрова на поле.

При нарушении регламента хотя бы одного из перечисленных факторов работы по известкованию почв прекращают, так как при этом качество внесения известковых удобрений оказывается ниже допустимого.

При рассеве известковых удобрений марки А допускается отклонение в рабочей полосе с неравномерностью до $\pm 15\%$, материалов марки Б – до $\pm 10\%$. Отклонение фактически вносимой дозы мелиоранта от заданной не должно превышать $\pm 5,0\%$.

Произвесткованное поле (участок) не должно иметь огрехов, остатков известковых удобрений на местах перегрузки и перевалки.

Оптимальными способами заделки известковых удобрений на пахотных угодьях являются фрезерование, дискование, культивация с последующей перепашкой на глубину пахотного слоя с хорошим перемешиванием частиц почвы и агрохимиката.

1.12. Периодичность известкования кислых почв

При определении периодичности известкования кислых почв следует различать основное и поддерживающее известкование.

Основное известкование проводится на почвах с повышенной кислотностью (pH_{KCl} ниже 5,5) для обеспечения заданной или оптимальной реакции почвы. Предусматривает внесение требуемой нормы известковых удобрений в один или несколько приемов до посева возделываемой сельскохозяйственной культуры. Дозы удобрений при этом устанавливаются по данным табл. 12, 13 с корректировкой на вымывание (табл. 14) и состояния кислотности почвы согласно табл. 15.

Поддерживающее известкование осуществляется с целью сохранения созданного основным известкованием или самой природой оптимального для растений уровня кислотности. Должно обеспечи-

вать компенсацию ежегодного выноса карбонатов кальция урожаем, расхода их на вымывание в нижележащие горизонты почв и нейтрализацию физиологически кислых минеральных удобрений и кислых торфов.

Рекомендуется проводить ежегодно или один раз в два-три года. Дозы известковых удобрений для поддерживающего известкования определяют по табл. 12.

Для оценки состояния кальциевого режима в почве и соответственно прогноза изменения реакции среды проводится расчет баланса кальция. Он состоит из приходной части, включающей в себя все источники поступления кальция в почву: с известковыми и органическими удобрениями, фосфоритной мукой, и расходной: вымывание из почвы атмосферными осадками, вынос урожаем и расход на нейтрализацию торфа с кислой реакцией. При этом потребность кальция на нейтрализацию физиологически кислых минеральных удобрений в расходную часть баланса не включается, так как она учитывается при определении размеров выщелачивания.

При положительном балансе кальция рекомендуется определять ожидаемый сдвиг pH, используя табличные данные по нормам расхода известковых материалов для сдвига реакции почвенной среды.

Контроль над состоянием кислотности почв полей (участков) осуществляется специалистами Федеральных государственных бюджетных учреждений (ФГБУ) центров и станций агрохимической службы, центров агрохимрадиологии Минсельхоза России.

1.13. Очередность и сроки известкования

Юридическим основанием для известкования сельскохозяйственных угодий являются проектно-сметная документация и данные о рекомендуемой очередности известкования полей в севооборотах при различной кислотности почв (табл. 16).

Ориентировочный календарь работ по известкованию почв в зависимости от структуры посевных площадей представлен в табл. 17.

1.14. Особенности известкования почв в зависимости от типа севооборота

1.14.1. Известкование почв под зерновые культуры в полевых севооборотах

Зерновые культуры, прежде всего ячмень, яровая и озимая пшеница, кукуруза, соя, фасоль, горох, кормовые бобы и подсолнечник, отличаются повышенной отзывчивостью на реакцию среды и известкование. Оптимальными для них являются почвы с рН 6,0-7,0.

Рожь, овёс, просо, гречиха являются менее чувствительными. Эти культуры могут удовлетворительно расти в широком диапазоне рН, но наиболее благоприятны для их роста почвы с рН 5,5-6,5. Они положительно реагируют на применение высоких доз извести. Повышенная кислотность почвенного раствора ухудшает рост и ветвление корней, отрицательно действует на физико-химическое состояние плазмы клеток корня и их проницаемость, поэтому снижается усвояемость растениями питательных веществ почвы и удобрений. При высокой кислотности почвенного раствора ионы водорода, поступая в большом количестве в ткани растений, подкисляют клеточный сок.

При кислой реакции ослабевают синтез белковых веществ, содержание белка и общего азота в растениях уменьшается, а количество небелковых форм азота возрастает: подавляется процесс превращения моносахаров в другие, более сложные, органические соединения.

Растения наиболее чувствительны к кислотности почв в начальный период роста, сразу после прорастания.

Кислая реакция вызывает сильные нарушения в углеводном и белковом обмене, отрицательно влияет на закладку генеративных органов, что впоследствии отражается на процессах оплодотворения и налива зерна, урожай его резко снижается.

В зависимости от условий внешней среды приведенные выше оптимальные интервалы рН могут сдвигаться в ту или иную сторону. Однако различия между отдельными культурами по их чувствительности к кислотности почв сохраняются. На большинство растений повышенная кислотность оказывает сильное отрицательное прямое

и косвенное действие. Поэтому для получения высоких и стабильных урожаев и обеспечения эффективности вносимых удобрений необходимо устранять избыточную кислотность путём известкования.

В полевых севооборотах с зерновыми культурами и многолетними бобово-злаковыми травами наибольший эффект от известкования достигается при внесении полной дозы под покровную культуру для многолетних бобовых трав. Высокий эффект достигается также при известковании почв под отзывчивые на известь культуры: озимую пшеницу, ячмень и др.

1.14.2. Известкование почв под картофель

Картофель в отличие от зерновых культур малочувствителен к кислой реакции и хорошо растёт в широком интервале рН. Однако наиболее благоприятными для этой культуры являются слабокислые почвы. При внесении высоких доз извести и доведении рН до нейтральной урожай этой культуры и его качество нередко снижаются, клубни сильно поражаются паршой.

Отрицательное влияние внесения извести под картофель объясняется не столько нейтрализацией кислотности, сколько уменьшением усвояемых соединений бора в почве, нарушением соотношения катионов в почвенном растворе, избыточной концентрацией ионов кальция, в результате чего затрудняется поступление в растения других катионов, таких как магний, калий.

Для получения высоких урожаев картофеля кислые почвы рекомендуются известковать дозами, обеспечивающими достижение оптимального интервала рН 5,0-5,5. Эффективность известкования при возделывании данной культуры повышается при использовании доломитовой муки. Под картофель в специализированных севооборотах, насыщенных картофелем до 40%, а также на супесчаных и песчаных почвах рекомендуется снижать норму извести до $\frac{3}{4}$.

При периодическом известковании в специализированных севооборотах с картофелем реакцию среды в почве следует поддерживать не выше рН 5,6, соблюдая дозы известковых материалов и выбирая магнийсодержащие формы, особенно на почвах легкогранулометрического состава. Известкование половинными и полными (по гидролитической кислотности) дозами доломитовой,

доломитизированной и магнезиальной муки в сочетании со средними дозами минеральных удобрений ($N_{90-135}P_{90-135}K_{120-180}$) обеспечивает стабильную продуктивность картофеля – 300-400 ц/га клубней и более. Во избежание снижения качества клубней навоз и известковые материалы рекомендуется вносить под предшественник, минеральные удобрения – до посадки картофеля. На известкованной почве необходимо соблюдать следующее соотношение элементов питания в полном удобрении: N:P:K = 1,0:1,3-1,5:1,3-1,5, при этом доза азота не должна превышать 135 кг/га.

Следует периодически применять силикатные формы известковых материалов (металлургические шлаки, золы электростанций), но в дозах не больше 6 т/га независимо от содержания активное действующего вещества. Для профилактики и снижения распространения парши обыкновенной и ризоктонии при возделывании картофеля при рН почвы > 6,0 рекомендуется предпосевное внесение борных удобрений из расчета 1 кг/га бора.

1.14.3. Известкование почв под лён

Известкование непосредственно под лен проводить не рекомендуется (эффективнее под другие культуры за два-три года до посева льна). В севооборотах со льном важно достижение уровня рН 5,3-5,5. На произвесткованных почвах следует применять борные и повышенные дозы калийных удобрений. Оптимальные параметры физико-химических свойств дерново-подзолистых суглинистых почв при возделывании льна-долгунца на волокно: рН – 5,3-5,4, Нг – 1,8-2,8, S – 5,0-6,2 м.экв/100г, на семена: рН – 5,5-5,6; Нг – 1,8-2,5, S – 5,3-6,8 м.экв/100 г.

Оптимальное соотношение обменного кальция и калия: 18:1 – на среднесуглинистой и 15:1 – на легкосуглинистой почве; Са:Мг не должно быть шире 2,0-2,2:1. Отклонение от этих параметров как в сторону подкисления или подщелачивания среды в почве снижает продуктивность льна на 24-32%.

Поддерживающее известкование в льянных севооборотах необходимо проводить из расчета по гидролитической кислотности половинными дозами магнийсодержащих известковых удобрений: доломитовой и доломитизированной мукой, бруситом с высоким

содержанием магния. Следует применять также силикатные формы известковых удобрений – сланцевую золу, цементную пыль.

1.14.4. Известкование почв в кормовых севооборотах

В кормовых севооборотах, где возделываются кормовые корнеплоды, клевер и другие культуры, особенно чувствительные к повышенной кислотности, рекомендуется применять полные дозы известковых удобрений при мелиоративном (основном) известковании, а также проводить поддерживающее известкование с целью обеспечения реакции почвы, близкой к нейтральному интервалу.

1.14.5. Известкование почв в овощных севооборотах

В овощных севооборотах для оптимального роста и развития овощных культур реакция почвы должна быть близкой к нейтральной и нейтральная. Известкование надо проводить под овощи, особенно чувствительные к кислотности (капуста, столовая свекла, морковь). Лучшей формой известковых удобрений для культур овощных севооборотов является доломитовая мука, а также известковые мелиоранты в смеси с магниезиальными мелиорантами при учете значения рН почв (вод) для выращивания на минеральных и органоминеральных грунтах.

1.15. Известкование лугов и пастбищ

На кислых почвах не могут хорошо расти и развиваться бобовые травы (люцерна, клевер, лядвенец), а также ценные злаковые культуры (ежа сборная, овсяница луговая, тимофеевка, лисохвост луговой). На данных почвах преобладают белоус, бухарник, душистый колосок, овсяница овечья и другие низкокачественные и непродуктивные травы.

Известкование кислых почв повышает урожай, улучшает ботанический состав травостоя лугов: количество бобовых растений возрастает, а сорняков – значительно уменьшается. Применение известкосоудержающих материалов на кислых почвах повышает кормовое качество трав: увеличивается содержание белка, кальция, витаминов и других полезных питательных веществ для животных.

В лугопастбищных севооборотах известь следует вносить в почву полными дозами под покровную для трав культуру.

При коренном улучшении лугов и пастбищ особое внимание следует уделять равномерному распределению извести в пахотном слое, лучший способ внесения известковых удобрений – под фрезерную обработку или дискование. При отсутствии этих орудий половину дозы извести надо внести под основную вспашку дернины, а вторую – под предпосевную культивацию. Заделка всей нормы под плуг малоэффективна, так как большая часть дозы извести попадет в нижнюю часть пахотного слоя.

Эффективность поверхностного известкования – до 60% основного, так как глубина мелиорируемого слоя составляет до 5 см. Поверхностное известкование рекомендуется только при проведении поддерживающего известкования.

1.16. Известкование плодовых и ягодных культур

При закладке плодового сада и ягодников на кислых почвах подготовка должна сочетаться с ее окультуриванием, что обеспечивается системой мероприятий – глубокой вспашкой с последующим посевом, в качестве предшественника многолетних трав, заправкой органическими, минеральными удобрениями и известкованием. При этом известковать почвы следует под глубокую вспашку. Полную норму извести устанавливают по кислотности почвы с учетом глубины пахотного слоя (35-40 см). Известкование на легких почвах рекомендуется проводить доломитовой мукой (табл. 18, 19).

1.17. Использование известковых удобрений в защищенном грунте

Одним из основных условий для нормального роста и развития растений в защищенном грунте является величина рН почвенного раствора. Для его создания и поддержания рекомендуется использовать мел, доломитовую и известняковую муку. Для регулирования соотношения Са:Мg можно применять кальциевую селитру, мел и доломитовую муку.

Для новых тепличных грунтов и рассадной смеси норму извести рассчитывают по полной гидролитической кислотности, для грунтов длительного использования – из расчета половинной дозы по гидролитической кислотности. При необходимости более точного регулирования величины рН в течение вегетационного периода норму известкового удобрения рекомендуется рассчитывать по величине буферной способности грунта, определяемой по методу Ремезова. В связи с большой потребностью тепличных растений в магнезии при выборе известковых удобрений надо использовать доломитовую муку с высоким содержанием магнезии и брусит.

Интенсивное использование защищенного грунта (до 250-300 дней в году) предполагает применение высоких норм минеральных и органических удобрений. В течение года на 1 га тепличной площади вносится до 700-1000 кг азота, 1000-1200 – калия и 250-350 кг магнезии. Минеральные удобрения в различной степени подкисляют почву за счет химической (свободной), физиологической и биологической кислотности.

Физиологическая кислотность характерна для всех удобрений, содержащих азот в нитратной форме, и в меньшей степени – хлористых и сернокислых солей. Такая кислотность – следствие неэквивалентного поглощения растениями катионов и анионов, поэтому рекомендуется рассчитывать потребность CaCO_3 для нейтрализации азотных удобрений при их внесении в почву (табл. 20).

Биологической кислотностью обладают аммиачные и амидные удобрения вследствие процесса нитрификации аммония и образования азотной кислоты.

Способность удобрений подкислять почву можно условно выразить в количестве извести (CaCO_3) на 1 кг азота.

У сульфата аммония она равна 6, хлорида аммония – 5,5, аммиачной селитры – 3, карбамида – 3, безводного аммиака – 2,5. Умножив эти величины на процентное содержание азота в удобрении, можно определить количество извести, необходимое для нейтрализации.

Органические удобрения – торф, опилки, корье, гидролизный лигнин, используемые в теплицах, требуют дополнительно внесения известковых удобрений. Опилки и корье нейтрализуются из расчета 2-4 кг, торф – от 8 до 15, гидролизный лигнин –

от 5 до 12 кг известкового материала (CaCO_3) на 1 м^3 органических материалов (табл. 21).

Регулярный аналитический контроль агрохимических показателей грунтов обеспечивает своевременное и правильное применение известковых материалов в защищенном грунте.

1.18. Использование известковых удобрений при создании осушительно-оросительных систем

Оптимальные нормы извести (CaCO_3 , т/га) для известкования осушенных кислых почв определяются по табл. 12, 13.

Норма извести при глубоком рыхлении почвы представляет сумму норм извести по 20-сантиметровым слоям почвы.

Основное известкование проводят после строительной планировки в теплое время года (на пойменных почвах – после паводка) под вспашку или с заделкой дисковыми боронами.

При глубоком мелиоративном рыхлении для быстрого улучшения реакции почвы известковые материалы вносят дробно – 1/2 нормы перед вспашкой, а остальную часть – после вспашки с последующей заделкой в обоих случаях дисковой бороной или фрезой на глубину 10-15 см.

1.19. Известкование рыбных прудов

В практике прудового рыбоводства известкование прудов проводится в целях снижения (предупреждения) подкисления воды, обогащения её кальцием как питательным элементом и профилактики от болезней. Известь нейтрализует кислую реакцию воды и грунта, ускоряет процессы минерализации органического вещества грунта и толщи воды, способствует обогащению воды биогенными элементами, ограничивает развитие болотной растительности (табл. 22).

Для оценки степени нуждаемости в известковании грунтов водоемов в зависимости от степени насыщенности основаниями (V) и обменной кислотности (pH_{KCl}) рекомендуются использовать следующие показатели:

• высокая потребность – $pH_{KCl} < 5$ и $V < 80\%$, (11)

• умеренная – $pH_{KCl} 5-6$ и $V - 80-90\%$, (12)

• слабая или отсутствует – $pH_{KCl} > 6$ и $V > 90\%$. (13)

Применение извести проводят при pH_{KCl} грунта $< 6,0$, доводя до уровня 6,5.

Сроки проведения работ. Известковое удобрение вносится в основном в первом и четвертом кварталах на освобождаемое от воды и промерзшее ложе прудов. Известкование по воде малоперспективно. В тех случаях, когда необходимо устранить негативные последствия интенсивного разложения больших масс органического вещества в водоёме, рекомендуется проводить известкование в неспускаемых водоемах. Известковое удобрение по воде следует вносить в количестве 0,2-0,3 т/га при каждом внесении, при этом известь разбавляют водой и вносят в виде «известкового молока».

Заделку мелиоранта в грунт прудового рыбоводства желательно выполнять с помощью орудий для поверхностной обработки почвы. Недопустимо запахивать известь отвальными плугами.

Для определения агрохимических показателей в грунтах прудового рыбоводства проводится отбор почвенных образцов специалистами аккредитованных организаций.

Возможное отрицательное действие известковых удобрений. Известкование излишне и даже вредно при высокой карбонатной щелочности воды (>3 мг-экв/л) и высокой насыщенности прудовых грунтов основаниями. В этих условиях увеличение содержания кальция будет приводить к фиксации фосфатов в виде трехкальциевого фосфата, связыванию марганца, кобальта, железа и других микроэлементов и выпадению их в осадок в форме нерастворимых соединений.

ГЛАВА II.

ЗНАЧЕНИЕ ФОСФОРА И ПРИЕМЫ ЕГО УВЕЛИЧЕНИЯ В ПОЧВАХ

2.1. Значение фосфора для роста и развития растений

Роль фосфора в плодородии почв, питании растений и получении урожая высокого качества определяется в первую очередь его участием в таких процессах, как фотосинтез, осуществляющий перенос энергии кванта света в биологическую энергию, образование ядер и деление клеток, накопление сахара и крахмала, жиров и белков, специализация клеток и передача наследственности. Все это связано с одной из важнейших реакций фосфора в обмене веществ живых организмов, в результате которой образуются богатые энергией соединения – аденозинтрифосфорная и аденозиндифосфорная кислоты, являющиеся носителями энергии в клетках растений и живых организмов.

Ферсман А.Е. (1941) называл фосфор «элементом жизни и мысли». Данный элемент входит в состав протоплазмы живой клетки, участвует в образовании и превращении азотистых веществ и углеводов в растениях и животных организмах. Живой организм не может двигаться, питаться, размножаться, дышать и мыслить без того, чтобы в его организме не происходили многочисленные процессы, в которых активно участвует фосфор. Оценку достаточности содержания подвижного фосфора и калия в почве можно оценить согласно данным, приведённым в прил. 20-23.

Значение достаточного фосфорного питания растений очень заметно проявляется на формировании корневых систем, репродуктивных органов и на кущении злаков. Молодые растения поглощают фосфор очень быстро и уже ко времени накопления 25% сухого вещества биомассы они потребляют 75% необходимого фосфора. На богатом фосфатном фоне усиливаются процессы симбиотической фиксации азота и обогащение почвы азотом. Рекомендуемые для расчетов и планирования величины выноса урожая сельскохозяйственных культур NPK в расчете на 1 т товарной продукции представлены в прил. 24.

Особенно ощутим недостаток фосфора в начальный период вегетации при засушливой погоде, когда перенос его к корням с потоком воды нарушается даже при высоком содержании этого элемента в почве. Средние коэффициенты использования подвижного фосфора (P_2O_5) приведены в прил. 25. Значение фосфора в повышении урожайности возрастает при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях холодного климата и короткого вегетационного периода, а также при недостатке влаги. В условиях холодного климата фосфор дает быстрый старт росту растений и тем самым придает им устойчивость к пониженным температурам. При недостатке влаги фосфор снижает скорость испарения и водопотребления.

Установлено, что фосфаты уравнивают действие азотных удобрений и ускоряют сроки созревания культур, оцениваемое по нитрификационной способности (прил. 26) это имеет большое практическое значение, так как позволяет расширить северную границу произрастания некоторых культур. Уплотнение почвы и чрезмерное увлажнение значительно снижают усвояемость фосфора растениями вследствие ухудшения аэрации. На усвояемость фосфора оказывает влияние также температура, причем для оптимального роста растений благоприятны положительные температуры, не слишком высокие.

Основная часть фосфора в растениях сосредоточена в товарной части урожая, вместе с которой идет отчуждение фосфора. Главным источником фосфатного питания растений являются соли ортофосфорной кислоты, хорошо растворимые в воде и легко усваиваемые. Фосфор в почве встречается в форме органических соединений (фитин, глицерофосфат, остатки нуклеиновых кислот и других соединений), а также в виде труднорастворимых неорганических его соединений. Основным источником этого элемента в почве являются нерастворимые и труднорастворимые фосфорсодержащие минералы: глаукониты, фосфориты, роговая обманка, биотиты, апатиты. Рекомендуемое оптимальное содержание калия и фосфора для севооборотов различных почв представлено в прил. 27-29.

Регулирование фосфатного режима почв может осуществляться разными путями: воздействием агротехнических и мелиоративных приемов на запасы природных соединений фосфора в почвах с целью повышения их подвижности и усвояемости; применением различного рода химических и микробиологических веществ, в том

числе и отходов производства, ускоряющих процессы десорбции фосфора из труднорастворимых соединений, внесением фосфора с минеральными и органическими удобрениями.

Установлено, что только 15-20% фосфора, содержащегося во внесении фосфорных удобрениях, потребляется урожаем на протяжении первого года после применения, а 80-85% остается в почве и реагирует с почвенными компонентами. Низкая усвояемость растениями фосфора минеральных удобрений объясняется высокой способностью окислов железа, алюминия, кальция и других элементов, а также коллоидальных глин не только связывать ионы фосфора, но и прочно их удерживать.

При повышении концентрации фосфат-ионов в растворе за счет удобрений в почве начинают преобладать процессы физической адсорбции. Благодаря этому подвижность внесенных фосфатов значительно выше, чем природных. Ионы фосфорной кислоты вступают в реакции обмена с солями органических кислот: фульво- и гуминовыми, лимонной, янтарной, молочной и др. Такими обменно-адсорбированными формами может быть представлено от 50 до 90% фосфатов. При внесении растворимых фосфатов в почву в виде CaHPO_4 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, в результате химического связывания с гидратированными ионами Al, Fe, Mn, Si, Ca, Mg они превращаются в труднодоступные для растений формы в виде органоминеральных комплексов.

Систематическое применение фосфорных удобрений приводит к значительному увеличению доли их легкоподвижных фракций как остаточного фосфора. В Англии около половины запасов фосфора в почве представлено остаточным его накопленным от удобрений, которые вносили в дозах, достаточных для поддержания почвенного плодородия и создания оптимального уровня содержания фосфора, необходимого для получения высоких урожаев. Аналогичное положение с обеспеченностью почв фосфором и применением фосфорных удобрений отмечается и в других странах Западной Европы, где содержание фосфора в почве благодаря интенсивному применению фосфатных удобрений доведено до оптимального уровня – 250-500 мг/кг почвы.

Наряду с минеральными удобрениями в странах Западной Европы широко используют навоз и другие органические удобрения, обес-

печивающие устойчивый, благоприятный для растений фосфатный режим, и высокое последствие остаточного минерального и органического фосфора в почве (прил. 30-32).

Таким образом, повысить содержание подвижного фосфора в почве можно путем систематического внесения фосфорных удобрений, либо воздействием на общие запасы труднорастворимых фосфатов в почве или на факторы, влияющие на равновесие между фосфат-ионами твердой фазы почвы и почвенного раствора.

Доступность растениям фосфора почвы, а следовательно, возможные изменения оптимального уровня фосфора в значительной степени определяются физико-химическими, агрохимическими свойствами почв, почвенно-климатическими условиями и биологическими особенностями культур. Учитывая различную способность корневой системы растений растворять труднодоступные формы фосфатов почвы, теоретически допустимо следующее положение: чем сильнее растения используют труднодоступные формы почвенных фосфатов, тем меньше будет уровень содержания фосфора, соответствующий оптимальному.

Для создания оптимального уровня фосфора в почве важное значение имеют способы внесения фосфорных удобрений. Локальное и рядковое применение фосфатов улучшает развитие корневой системы, что способствует лучшему использованию подвижных фосфатов почвы, в том числе и менее доступных их форм. Рекомендуется считать в качестве оптимального уровня содержания фосфора в почве с рН < 6,0 от 150 до 200 мг/кг почвы и более.

В практике земледелия регулирование содержания в почве фосфора до заданного или оптимального уровня может осуществляться несколькими способами:

- повышение его содержания в почве должно проводиться постепенно и рассчитывается на достаточно долгий промежуток времени, равный ротации всего севооборота или его основного звена, при котором удобрения вносятся в нормах, превышающих вынос питательных веществ урожаями;
- путем внесения высоких норм удобрений (в запас), позволяющих быстро достигнуть намеченной цели;
- в результате сочетания первых двух вариантов.

Выбор вариантов чаще обуславливается экономическими возможностями землепользователя, оперативностью достижения поставленной цели, объемом рынка на продукцию и др.

При использовании того или иного способа по регулированию фосфорного питания необходимо иметь картину оптимизационных решений по сбалансированности питания растений другими элементами питания. Например, проблематична оптимизация фосфорного питания растений при недостатке азота, калия и микроэлементов (особенно цинка) в почве.

Расчет потребности питательных элементов на планируемый период под культуры севооборота или его звеньев рекомендуется проводить по формуле

$$C_{\text{п}} = C_{\text{и}} + K [(P_{\text{мин.}} + P_{\text{орг.}}) - B]/H, \quad (14)$$

где $C_{\text{п}}$ – прогнозируемое содержание питательных веществ в почве за планируемый период, мг/кг или мг/100 г;

$C_{\text{и}}$ – исходное содержание питательных веществ в почве, мг/кг или мг/100 г;

K – итоговый баланс прихода с удобрениями и выноса питательных веществ культурами за планируемый период;

$P_{\text{мин.}}$ – поступление питательных веществ в почву с минеральными удобрениями за планируемый период под культуры севооборота или его звеньев, кг/га;

$P_{\text{орг.}}$ – поступление питательных веществ с органическими удобрениями за тот же период, что и с минеральными удобрениями;

B – вынос питательных веществ урожаями культур за планируемый период (севооборот или его звено, звенья), кг/га;

H – норматив расхода питательных веществ, обеспечивающий их увеличение на 10 мг/кг.

Если в результате расчетов окажется, что используемая система удобрений в севообороте или его отдельных звеньев не обеспечивает планируемого уровня содержания питательных веществ в почвах, то вводятся соответствующие поправки в нормы применяемых удобрений. Обычно это связано с увеличением объемов их применения, которые определяются экономическими возможностями землепользователей, сроками достижения поставленной цели по оптимизации

плодородия почв, конъюнктурой рынков удобрений и реализации получаемой сельскохозяйственной продукции. Оперативное достижение заданных параметров плодородия почв по фосфору и калию может быть достигнуто единовременным внесением высоких доз удобрений.

Расчет дозы или нормы рекомендуется проводить по формуле

$$D_{\text{п}} = (C_{\text{п}} - C_{\text{и}}) \times D_{\text{н}}/10, \quad (15)$$

где $D_{\text{п}}$ – норма (доза) фосфора или калия, необходимая для доведения их содержания в почве до планируемого уровня, кг/га;

$C_{\text{п}}$ – планируемое содержание в почве подвижного фосфора или обменного калия, мг/кг или мг/100 г;

$C_{\text{и}}$ – исходное содержание питательных веществ в почве, мг/кг или мг/100 г;

$D_{\text{н}}$ – норма питательных веществ (P_2O_5 или K_2O , кг/га), необходимая для увеличения их содержания на 10 мг/кг или 1 мг/100 г;

10 – коэффициент, обеспечивающий величины норматива ($D_{\text{н}}$), необходимый для сдвига содержания питательного элемента в почве на 1 мг/кг (в ранее приведенной таблице $D_{\text{п}}$ приводится для сдвига содержания P_2O_5 и K_2O на 10 мг/кг).

Таким образом, по приведенной формуле [15] рассчитывается общая норма питательного вещества, необходимая для достижения плановых (оптимальных) показателей содержания питательного элемента и повышения плодородия почв. В случае применения органических удобрений норму следует корректировать, т.е. из нее вычитать долю элементов питания, поступающих с ними в почву. Подобные подходы, как известно, широко используются при комплексном агрохимическом окультуривании полей и фосфоритовании почв.

Средние потери фосфора из почвы за счет выноса урожаем различных сельскохозяйственных культур достигают 17 кг на 1 т продукции. Поддержание фосфатного питания растений на должном уровне связано не только с требованиями полеводства, но и животноводства. При недостатке фосфора в почве невозможно получить качественные корма с оптимальным содержанием фосфора в растениях. К примеру, каждый литр молока содержит в среднем 0,9 г P_2O_5 .

От 100 коров, дающих по 5 тыс. кг молока в год, отчуждается с товарной продукцией столько фосфора, сколько его находится в 2 т 20%-ного суперфосфата (400 кг P_2O_5).

2.2. Рекомендуемые оптимальные уровни содержания подвижных форм фосфора в почвах

Данные многочисленных исследований доказывают, что по обеспеченности почв фосфором оптимумы находятся в пределах значений содержания подвижного фосфора (P_2O_5):

- для песчаных – 150-200 мг/кг,
- супесчаных – 200-250 мг/кг,
- глинистых и суглинистых – 250-300 мг/кг почвы.

Содержание подвижного фосфора для севооборотов на различных почвах представлено в табл. 23.

2.3. Фосфоритная мука – основное средство пополнения запасов подвижного фосфора в почвах

Фосфоритная мука производится путем размола предварительно обогащенных природных желваковых фосфоритов – минералов осадочного происхождения, главная составляющая часть которых $Ca_3(PO_4)_2 \times Ca(OH)_2$.

Основные агрохимические свойства фосфоритной муки:

- эффективное минеральное удобрение, которое, кроме основного элемента питания – фосфора (P_2O_5 17-29%), содержит кальций (до 33%), кремний (16,0-20,0%), серу, магний (1,0-1,4%) и широкий спектр микроэлементов: Fe (4,0-4,7%), Cu, B, Mn, Mo, Zn, Co, причем содержание микроэлементов в фосфоритной муке адекватно их среднему нормальному уровню концентраций в почвах. В фосфоритной муке содержится более 11 элементов, необходимых для питания растений;

- способствует повышению урожайности всех сельскохозяйственных культур, устойчивости культур к различным заболеваниям, засухе, морозу, благоприятно влияет на качество сельскохозяйственной продукции;

- стимулирует развитие корневой системы растений: она сильнее ветвится и глубже проникает в почву, что улучшает снабжение растений питательными элементами и влагой;

- при внесении в почву ослабляет вредную для растений и микроорганизмов кислотность почвы;

- улучшает физико-химические свойства и структуру почвы, повышает её биологическую активность, плодородие, влаго- и воздухопроницаемость;

- обладает существенным экономическим и экологическим преимуществом по сравнению с водорастворимыми фосфорными удобрениями: 1 кг P_2O_5 в фосфоритной муке значительно дешевле 1 кг P_2O_5 в аммофосе с учётом коэффициента использования водорастворимых фосфорных удобрений (не более 30%);

- 1 т внесённой фосфоритной муки может дать прибавку урожая за пятилетнюю ротацию до 1,5-2,0 т зерновых культур;

- незаменимое фосфорное удобрение при выращивании многолетних кормовых трав;

- внесение с физиологически кислыми азотными удобрениями повышает коэффициент их использования на 15-20%, в результате чего снижается их норма внесения;

- применение в высоких дозах (1-3 т/га) позволяет в достаточно короткий срок увеличить в почве содержание подвижного фосфора в пахотном слое на 40-100 мг/кг и довести его до оптимального уровня;

- не загрязняет токсичными компонентами почвенные воды и водоемы, не оказывает негативного влияния на почвенную среду и растения даже при использовании сверхвысоких доз;

- не вымывается из почвы в течение пяти-семи лет и более.

Фосфоритная мука представляет собой тонко измельченный порошок серого или серо-коричневого цвета, без запаха, не гигроскопична, хорошо рассеивается, при длительном хранении без доступа атмосферных осадков не слеживается и не теряет физико-химических свойств, возможность опасных проявлений отсутствует. Удобрение нерастворимо в воде, нетоксично, пожаро- и взрывобезопасно. Применяется на всех видах почв, имеющих низкое содержание подвижного фосфора, особенно эффективно ее действие на кис-

лых почвах и в условиях орошаемого земледелия, где она действует и как химический мелиорант. Вносится как основное удобрение при весенней, летней и осенней обработках почвы по традиционной схеме – механическое разбрасывание по поверхности почвы с последующей ее заделкой (вспашка, культивация). Гранулометрический состав фосфоритной муки – частицы размером не более 0,18 мм составляют до 10% остатка на сите, влажность не более 1,5%.

Фосфоритная мука способствует:

- эффективному обеспечению растений фосфором;
- устойчивости растений к различным заболеваниям, полеганию и засухе;
- ускорению созревания растений;
- улучшению пищевых достоинств и качества продукции: повышению содержания сырого протеина и фосфора в зерне и сене, сахара – в корнях сахарной свеклы, крахмала – в клубнях картофеля, белка – в зерне, качества льна-волокна;
- зимостойкости озимых культур и клевера.

Особенно эффективна фосфоритная мука для культур, корневая система которых имеет кислые выделения: люпин, гречиха, горчица, горох и др.

В зону наиболее эффективного прямого действия фосфоритной муки входят дерново-подзолистые, серые лесные почвы, выщелоченные, оподзоленные и южные черноземы с $pH_{КС1}$ ниже 6,0.

2.4. Применение фосфоритной муки в земледелии России

Повышение уровня фосфатного режима низкоплодородных почв. Фосфоритование почв как прием улучшения фосфатного потенциала низкоплодородных земель, при котором фосфоритная мука – основное удобрение, вносится при летне-осенней обработке почвы в дозе 1-3 т/га в физической массе.

Фосфоритование не является разовым мероприятием, а имеет периодический характер с циклом одного раза в пять-шесть лет, с корректировкой доз внесения фосфоритной муки по результатам агрохимического обследования почв. Основными условиями эффективного

действия фосфоритной муки являются кислотность почв с рН до 6,0, ненасыщенность основаниями и невысокая степень обеспеченности почв подвижными соединениями фосфора (до 150 мг/кг).

Фосфоритную муку не рекомендуется применять вместе с известью. При известковании муку рекомендуется вносить заблаговременно, чтобы она успела прореагировать с почвой или вносить её в разные слои пахотного горизонта: муку – под вспашку, известь – под культивацию или наоборот.

Технология перевозки и внесения фосфоритной муки при фосфоритовании почв аналогична технологии перевозки и внесения известковых материалов. Все технологические приемы проведения фосфоритования почв отражаются в проектно-сметной документации, разрабатываемой ФГБУ ЦАС (САС) агрохимической службы, агрохимрадиологии Минсельхоза России по заявкам сельскохозяйственных товаропроизводителей на очередной год.

Ежегодное применение фосфоритной муки в качестве основного удобрения. Фосфоритование почв сельскохозяйственных земель высокими дозами (1-3 т/га) является хорошим агрохимическим мероприятием для повышения содержания в почве фосфора на 100-150 мг/кг почвы на период пять-десять лет.

Фосфоритную муку можно с успехом использовать в качестве минерального удобрения (независимо от содержания P_2O_5 в почве), основного удобрения (ежегодно в рекомендуемых дозах по действующему веществу). В качестве предпосевного удобрения в рядки или лунки при посеве вносятся водорастворимые удобрения: аммофос, суперфосфат и др. Такая технология актуальна на низкоплодородных почвах с повышенной кислотностью. Фосфоритная мука содержит не менее 40% CaO, поэтому вносимой в качестве основного удобрения дозы достаточно для полной нейтрализации применяемых физиологически кислых азотных удобрений, в первую очередь, аммиачной селитры. При этом фосфоритная мука будет способствовать увеличению коэффициента использования аммиачной селитры.

Эффективным мероприятием использования фосфоритной муки является приготовление на ее основе навозных, торфонавозных и торфяных компостов, органоминеральных удобрений (ОМУ). В та-

ких смесях повышаются растворимость муки и эффективность применения смесей. При приготовлении смесей компостов доля фосфоритной муки может составлять 2-10% массы органических удобрений. Мука может смешиваться с сульфатом аммония, хлористым калием. Не рекомендуется смешивать её с известковыми удобрениями.

2.5. Методы определения доз фосфоритной муки

Для определения доз фосфоритной муки при подготовке проектно-сметной документации можно использовать два метода:

первый – дозы устанавливаются в зависимости от содержания P_2O_5 в почве (Чумаченко И.Н., 2003);

второй – доза устанавливается по нормативам расхода фосфора для повышения содержания его подвижных форм в почве на каждые 10 мг/кг (Уточкин, 1989) (табл. 24, 25) по формуле

$$D = (B - A) \times C/10, \quad (16)$$

где D – доза фосфоритной муки в кг д.в. (P_2O_5) на 1 га;

B – планируемый уровень содержания P_2O_5 в почве, мг/кг;

A – фактическое содержание P_2O_5 в почве, мг/кг;

C – расход P_2O_5 для повышения его содержания на 10 мг/кг почвы.

Таким образом, фосфоритная мука – незаменимый источник повышения содержания фосфора в почве и создания потенциального плодородия почв; содержит кальций и фосфор, поэтому является хорошим мелиорантом для известкования и фосфоритования почв. В небольших дозах используется для основного внесения вместе с водорастворимыми фосфорными удобрениями под сельскохозяйственные культуры.

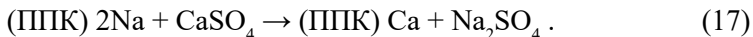
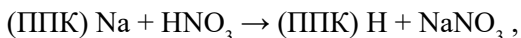
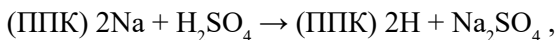
При планировании фосфоритования целесообразно использовать норматив, рассчитанный по фактическим данным. Для повышения в почве содержания P_2O_5 на 10 мг/кг почвы необходимо вносить от 102 кг P_2O_5 в форме фосфоритной муки и выше в зависимости от содержания фосфора в мелиоранте.

ГЛАВА III.

ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ

Солонцовые и солонцеватые почвы имеют щелочную реакцию почвенного раствора, вредную для многих сельскохозяйственных растений и полезных микроорганизмов, повышенное содержание в обменном состоянии ионов натрия и неудовлетворительные физические свойства. Отрицательное действие щелочной реакции проявляется в снижении концентрации подвижных форм азота, фосфора, кальция, магния, меди, цинка, марганца и других микроэлементов. Поэтому ухудшение продуктивности растений на солонцовых почвах обусловлено как их физическими свойствами, так и нарушением минерального питания сельскохозяйственных культур.

Для мелиорации солонцов и солонцовых почв необходимо содержащийся в почве натрий (Na) вытеснить кальцием, водородом от сульфатов и нитратов в почвенный раствор с образованием солей:



Солонцы и солонцовые почвы при высыхании сильно уплотняются, при вспашке образуют глыбы, а во влажном состоянии имеют высокую вязкость, липкость, сильно заплывают, медленно просыхают, часто образуют плотную почвенную корку. Обработка таких почв сильно затруднена, солонцовый горизонт препятствует проникновению вглубь корневой системы растений, всходы запаздывают, растения развиваются неравномерно и сильно изрежены, урожайность культур на таких почвах очень низкая или полностью отсутствует.

По глубине залегания солонцового горизонта выделяют мелкие (корковые) солонцы – не более 7 см от поверхности почвы, средне-столбчатые – 7-15 см и глубокостолбчатые – более 15 см; *по насыщенности натрием* многонатриевые (типичные) и малонатриевые – содержание обменного натрия не превышает 10% ЕКО, в то же время значительную долю в ППК занимает магний.

Низкое естественное плодородие солонцов и их локальное (пятнистое) расположение среди зональных почв приводит к значительному снижению продуктивности всех угодий солонцовых земель.

Гипсование

Является одним из агрохимических приемов повышения плодородия солонцов и солонцовых почв путем внесения в почву гипса – CaSO_4 (фосфогипса). Агрономическая эффективность гипсования установлена и широко апробирована в полевых опытах и производстве. После внесения гипса урожайность свеклы возросла на 30-60 ц/га при увеличении сахаристости с 15 до 19%, озимой пшеницы – на 5-10, ячменя – на 5-8, капусты – на 60-80 ц/га.

Группировка почв по солонцеватости и нуждаемости в гипсовании:

несолонцеватые почвы – содержат менее 5% натрия от емкости катионного обмена (ЕКО) и не нуждаются в гипсовании;

слабосолонцеватые – содержат 5-10% натрия от ЕКО, нуждаемость в гипсовании – слабая;

солонцеватые – содержат 10-20% натрия от ЕКО, нуждаемость – средняя;

солонцы – содержат более 20% натрия от ЕКО, нуждаемость – сильная.

Технологические приемы повышения плодородия солонцов и солонцовых почв

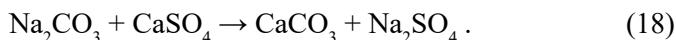
Повышение продуктивности солонцовых почв возможно на основе применения специальных технологий, обеспечивающих создание в почве благоприятных условий для роста и развития растений.

Рекомендуются следующие мелиоративные методы: агрохимический (внесение гипса) и агротехнологический (самоулучшающий).

Теоретической основой агрохимического способа повышения плодородия солонцов является донасыщение поглощающего комплекса почвы кальцием и вытеснение обменного натрия и магния. При внесении гипса в почву кальций, переходя в коллоидный комплекс солонцовых почв, обуславливает коагуляцию почвенных кол-

лоидов и вытесняет натрий. Улучшаются агрофизические, химические и биологические свойства почвы, вытесненный натрий (Na) образует с анионом сульфата (SO₄) гидролитически нейтральную, хорошо растворимую соль. При выпадении осадков она передвигается в нижележащий почвенный горизонт. В верхнем горизонте снижается щелочность почвенного раствора, улучшаются водный и воздушный режимы, повышается доступность для растений азота, фосфора, калия и кальция и др.

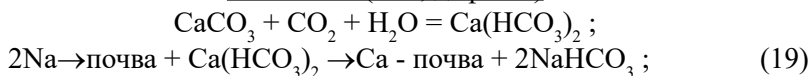
Взаимодействие гипса с почвой может происходить по следующей схеме:



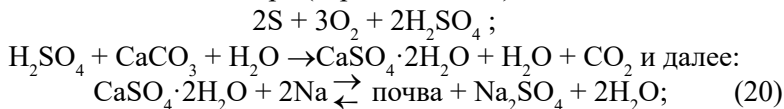
Таким образом, поглощенный ион натрия в ППК заменяется на ион кальция. Продукты реакции в небольших количествах безвредны, однако при гипсовании почв, содержащих более 20% Na в ППК, образуется в избытке сульфат натрия и его следует вымывать за пределы корнеобитаемого слоя путем орошения и/или накопления талых вод после снегозадержания.

Гипсование устраняет неблагоприятные свойства солонцов и повышает уровень плодородия. Действие других химических веществ можно выразить в виде следующих уравнений:

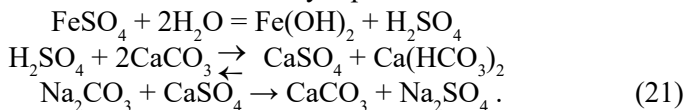
Известняк (мел, дефекал)



Сера (серная кислота)



Железный купорос



Химические реакции могут идти и в ту, и в другую сторону, поэтому образующиеся соли натрия следует удалять.

3.1. Ассортимент удобрений, рекомендуемый для мелиорации солонцов и солонцовых почв

В зависимости от вида удобрения и физико-химического воздействия на свойства солонцовых почв химические удобрения подразделяются на несколько групп:

- удобрения, в состав которых входят растворимые и слаборастворимые соли хлористого, сернокислого, углекислого и азотнокислого кальция;
- удобрения, действие которых проявляется через мобилизацию кальция почвы: элементарная сера, серная кислота, сульфаты железа, алюминия, отходы промышленности, содержащие перечисленные вещества. Среди этой группы соединений есть такие, которые непосредственно влияют на качество почвы, так как водород кислот и катионы железа и алюминия сульфатных соединений являются коагуляторами почвенных коллоидов;
- удобрения, в виде органических природных веществ: навоз, компосты, растительные остатки, сидеральные удобрения, гуминовые вещества фульватного типа, действие которых на свойства почвы – комплексное;
- удобрения в виде искусственных органических структур образователей: мочевино-формальдегидные и полимерные соединения;
- удобрения в виде гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – слаборастворимая соль белого или серого цвета), действие которых на солонцовых почвах проявляется в замене поглощенного натрия кальцием, нейтрализации гидроксильного иона щелочи и соды. С увеличением размеров частиц удобрения растворимость уменьшается;
- удобрения в виде фосфогипса, в том числе нейтрализованного – продукт, выпускаемый заводами при производстве фосфорных удобрений.

Характеристика фосфогипса (ФГ) – кристаллический порошок серого цвета, в сухом состоянии просеивается через сито с отверстиями $\varnothing 0,1$ мм. Содержит 80-94% гипса, 1,0-3,5 – фосфорных соединений, 1,0-1,5% различных микроэлементов. Для мелиорации солонцов и солонцеватых почв рекомендуется применять в дозах 5-20 т/га, что обеспечивает почву фосфором, серой, кальцием, кремнием, микроэлементами. Например, при норме внесения 10 т/га ФГ

в почву может поступить 110-130 кг/га P_2O_5 в усвояемой форме, что в значительной степени возмещает затраты хозяйства на его транспортирование и внесение. Для сельского хозяйства фосфогипс может отгружаться из мест хранения при влажности 12-16%.

На солонцах и солонцовых почвах фосфогипс рекомендуется использовать в качестве мелиоранта, а на дерново-подзолистых, серых лесных и черноземах – в качестве мелиоранта и кальций-серосодержащего удобрения.

Для гипсования и известкования почв рекомендуются смеси влажного фосфогипса или фосфор-полугидрата с известняковой мукой, а также внесение фосфогипса вместе с фосфоритной мукой.

Известняк ($CaCO_3$) в связи с низкой растворимостью ограниченно пригоден для окультуривания осолоделых почв. Карбонаты известняка в условиях слабокислой реакции почвы превращаются в более растворимые бикарбонаты. Поэтому известняк рекомендуется вносить на деградированных солонцах – солодах и осолоделых солонцах.

Серная кислота (H_2SO_4) рекомендуется для внесения в щелочные засоленные почвы, так как она снижает щелочную реакцию почвенного раствора, нейтрализует свободную соду и растворяет углекислые соли кальция. Ее эффективность проявляется на карбонатных почвах, содовых солонцах и щелочных солонцеватых почвах.

Элементарная сера (S) используется для внесения на засоленных солонцовых почвах, так как также снижает щелочную реакцию почвенного раствора, нейтрализует свободную соду и растворяет углекислые соли кальция. При внесении в почву она окисляется до окиси и гидролизуется до серной кислоты. Однако интенсивность действия серы значительно ниже, чем серной кислоты.

Органические удобрения – для улучшения свойств и плодородия солонцовых почв применяются повышенные нормы (40-60 т/га). Обогащение почв органическим веществом улучшает их структуру, усиливает микробиологическую деятельность. Углекислота и органические кислоты, которые выделяются при разложении органического вещества навоза и зеленых удобрений, превращают карбонаты солонцов в бикарбонаты и снижают щелочность почвы. С этой же целью, кроме навоза, используют соли гуминовых кислот, лигнин, мочевино-формальдегидные соединения и др.

Природные цеолиты рекомендуется использовать на солонцовых почвах для улучшения физических свойств. На почвах, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами, также рекомендовано внесение цеолитов, вермикулитов для абсорбции металлов.

Продолжительность действия гипса и фосфогипса на солонцовых почвах в неорошаемых условиях семь-десять лет, а при орошении – пять-семь лет.

3.2. Дозы, способы и сроки проведения гипсования

Нормы гипсосодержащих веществ определяются по степени солонцеватости наименее плодородных видов солонцов, встречающихся среди данного участка, рассчитываются с учетом мощности мелиорируемого слоя и рекомендуются для внесения. Во время проведения гипсования важно установить оптимальную норму мелиоранта, которая должна способствовать прохождению физико-химических процессов и обеспечить нормальные условия для развития растений. Аналитические показатели, необходимые для расчета доз гипсосодержащих веществ, выполняются государственными учреждениями агрохимической службы Минсельхоза России.

Нормы мелиорантов (в пересчете на $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) определяют по формулам, приведённым далее.

Для типичных солонцов нейтрального засоления

1. *По количеству обменного натрия* норму гипса для малонатриевых солонцов хлоридно-сульфатного засоления определяют по формуле И.Н. Антипова-Каратаева

$$\Gamma = 0,086 \cdot \text{Na} \cdot \text{H} \cdot \text{dv}; \quad (22)$$

для средне- и многонатриевых: $\Gamma = 0,086 (\text{Na} - 0,1\text{T}) \cdot \text{H} \cdot \text{dv}$;

для солонцов содового засоления:

$$\Gamma = 0,086 \cdot [(\text{Na} - 0,1\text{T}) + (\text{S} - 1,0)] \cdot \text{H} \cdot \text{dv};$$

для малонатриевых солонцов с повышенным содержанием обменного магния: $\Gamma = 0,086 \cdot [\text{Na} + (\text{Mg} - 0,03\text{T})] \cdot \text{H} \cdot \text{dv}$,

где Γ – доза гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), т/га;

Na – содержание обменного натрия, мг-экв/100 г почвы;

Mg – содержание обменного магния, мг-экв/100 г почвы;

T – емкость поглощения (ЕКО), мг-экв/100 г почвы;

H – мощность мелиорируемого слоя, см;

ρ_v – плотность почвы, г/см³;

0,086 – содержание гипса, соответствующее его 1 мг-экв, г;

0,1 (0,03) – допустимое содержание обменного натрия (магния) в долях Т (ЕКО).

При отсутствии данных по плотности почвы в расчетах нормы мелиоранта рекомендуется использовать следующие величины:

- для надсолонцового и пахотного горизонта (Апах) – 1,2 г/см³;
- солонцового (B_1) и подсолонцового (B_2) – 1,5 г/см³.

Содержание обменного натрия рекомендуется определять следующими методами:

- при емкости катионного обмена (ЕКО) солонцовых почв менее 30 мг-экв/100г – методом Пффефера в модификации Молодцова и Игнатовой;

- при ЕКО более 30 мг-экв/100 г почвы и отсутствии гипса – предварительным удалением солей по Молодцову и Игнатовой с последующим вытеснением обменных катионов реактивом Таккера;

- независимо от ЕКО любых горизонтов солонцовых почв – суммарным извлечением обменного и водорастворимого натрия, проводится реактивами Гейдройца, Шолленбергера, Таккера с последующей коррекцией на содержание водорастворимого натрия по данным вытяжки.

2. *Расчет нормы по способу «донасыщения»* рекомендуется для Западной Сибири. Потребность в кальции для солонцовых пятен рассчитывается по потребности в нем несолонцовой зональной почвы. В северной лесостепи потребность составляет до 7,2 мг-экв/100 г почвы, в южной зоне – 6,0, в степной – 4,0 и рассчитывается по формуле

$$\Gamma = 0,086 \cdot (a - v) \cdot N_T \cdot \rho_v, \quad (23)$$

где Γ – доза мелиоранта, т/га;

a – количество кальция, поглощенное солонцом, мг-экв/100 г почвы;

v – количество кальция, поглощенное зональной почвой, мг/100 г почвы;

N_T – гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г;

ρ_v – плотность почвы, г/см³.

Для солонцов на пашне мощность мелиорируемого слоя (H) – 20 см. Мелиорировать слой большей мощности целесообразно с ме-

лиоративной точки зрения, но экономически нерентабельно. При отсутствии данных по плотности солонцовых почв (dv) рекомендуется пользоваться средними показателями ($г/см^3$): для корковых солонцов – 1,3, мелких – 1,2, средних – 1,1.

3. *Расчет нормы по порогу коагуляции высокодисперсных частиц* рекомендуется для малонатриевых, но высокодисперсных солонцовых почв. Метод основан на определении минимальной нормы мелиоранта, необходимой для снижения дисперсности солонцовых почв по формуле

$$\Gamma = \frac{4,3 \cdot a \cdot v \cdot dv \cdot h \cdot 10}{c}, \quad (24)$$

где Γ – доза гипса, т/га;

a – концентрация кальция в насыщенном растворе гипса, мг/л;

v – объем насыщенного раствора гипса, соответствующий первому порогу коагуляции на дисперсионной кривой;

c – навеска почвы, г;

dv – плотность почвы, $г/см^3$;

h – глубина мелиорированного слоя, см;

10 – коэффициент пересчета, т/га;

4,3 – коэффициент пересчета на гипс – $4,3 = (M \cdot CaSO_4 \cdot 2H_2O) / M \cdot Ca$, где M – молекулярная масса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$;

$M \cdot Ca$ – молекулярная масса Ca .

В производстве применяют содержащие балласт мелиоранты, поэтому для получения фактической дозы расчетная доза по действующему веществу умножается на коэффициент, который определяется делением 100 на процентное содержание действующего вещества в мелиоранте.

4. *При определении нормы фосфогипса* сначала рассчитывают дозу гипса, а затем делают пересчет на фосфогипс, учитывая процентное содержание в нем гипса, по формуле

$$\Phi\Gamma = \frac{100 \cdot \Gamma}{\Gamma\phi \cdot (100 - B) \cdot (100 - E)}, \quad (25)$$

где $\Phi\Gamma$ – доза фосфогипса, т/га;

Γ – доза гипса, т/га;

$\Gamma\phi$ – содержание гипса в фосфогипсе, %;

В – влажность фосфогипса, %;

Е – содержание в фосфогипсе частиц крупнее 5 мм, %.

5. *Оптимальную норму мелиоранта с учетом коэффициента его использования* рекомендуется рассчитывать по формуле

$$\Gamma = \frac{0,086 \cdot dv \cdot h \cdot (Na - 0,1T)}{\Gamma_f \cdot (100 - B) \cdot (100 - E)}, \quad (26)$$

где Γ – норма мелиоранта в пересчете на 100%-ный гипс, т/га;

0,086 – содержание гипса, соответствующее его 1 мг-экв, г;

dv – плотность массы мелиорируемого слоя, г/см³;

h – глубина мелиорированного слоя, см;

Na – содержание обменного натрия в мелиорируемом слое, мг-экв/100г почвы;

k – коэффициент использования мелиоранта.

На глубококарбонатных солонцах нормы фосфогипса составляют от 7 до 20-25 т/га в зависимости от вида солонца, мощности солонцового горизонта, содержания обменного натрия и долевого участия различных видов солонцов. Коэффициенты использования фосфогипса для мало-, средне- и многонатриевых солонцов равны соответственно 0,7; 0,8 и 0,9.

Фосфогипс рекомендуется вносить под многолетние травы. В начале вегетации перед боронованием культуры первого года пользования его надо вносить по поверхности под отрастающие растения. Фосфогипс быстро растворяется, проникает в почву и становится доступным корням растений. В осенний период фосфогипс вносят после уборки покровной культуры.

Эквивалентность различных веществ 1 т чистого гипса, т:

- гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) – 1,0;
- известняк и мел ($CaCO_3$) – 0,58;
- серная кислота – 0,57;
- сульфат железа ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) – 1,62.

Растворимость химических веществ, г на 1000 г воды при 20°C:

- CaO – 1,2;
- $Ca(OH)_2$ – 1,65;
- $CaSO_4$ – 2,0;
- $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – 2,4;

- H_2SO_4 – неограниченно;
- $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 4400;
- $\text{FeCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 601;
- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 265.

Рекомендуемые дозы гипса для улучшения физико-химических свойств солонцов:

- гипс вносят в два приёма: перед вспашкой и после неё под культивацию: на солонцеватых почвах – 2-5 т/га, содержащих меньшее количество натрия, чем солонцы, на содовых солонцах – 10-40 т/га. Вносят его так же, как и известь, в основном под вспашку, а малые дозы – под культивацию или в рядки вместе с семенами;

- на сенокосах и пастбищах: в зоне каштановых и бурых почв для солонцовых почв – 1-3 т/га, средних и глубокостолбчатых солонцов – 3-5 т/га, корковых – 5-8 т/га; в зоне черноземных почв для глубокостолбчатых солонцов – 3-4 т/га, средне- и глубокостолбчатых при наличии соды – 5-10 т/га, для корковых – 8-10 т/га;

- на орошаемых землях нормы снижают на 25-30%. При залужении с посевом предварительных культур высокие дозы гипса лучше вносить дробно в течение двух-трех лет под глубокую вспашку или по пару, чтобы лучше перемешать его солонцовым и надсолонцовым горизонтами, на мелких и корковых солонцах – под обработку дисками, а на средних и глубокостолбчатых – в два приема (одну часть под вспашку, другую – под дискование).

Внесение гипса (фосфогипса) на солонцах с неглубоким залеганием гипсоносного горизонта проводят в сочетании с агротехническими мероприятиями: глубокая вспашка (на 35-50 см) с перемешиванием солонцового слоя, что позволяет переместить гипс из подпахотного слоя в пахотный. Особенно благоприятное действие на почву оказывает сочетание гипса (фосфогипса) с органическими удобрениями – навозом, торфом, зеленым удобрением (донник, желтая люцерна). Гипсование позволяет получать с солонцовых почв после мелиорации по 3-5 т/га сена.

Положительное влияние посева многолетних трав обусловлено тем, что их корни разрыхляют солонцовую почву, обогащают ее перегноем: она становится рыхлой, проницаемой для воды и воздуха, что создает благоприятные условия для большего взаимодействия мелиоранта с почвой, развития растений и микроорганизмов.

Высокий эффект на солонцовых почвах получают при проведении трехъярусной вспашки, в результате которой на поверхность выворачиваются нижележащие слои почвы, содержащие гипс. Этот прием улучшения почв получил название «самогипсование солонцов».

В случае распространения солонцов по участку мелкими пятнами по микропонижениям рекомендуется проводить гипсование и землевание – на солонцовое пятно нагребается земля с окружающей территории. Данный прием позволяет выравнять рельеф, а солонцовое пятно получает гипс или фосфогипс и оказывается погребенным под слоем плодородной почвы, в котором будет проходить процесс замещения натрия в почве на кальций из гипса.

3.3. Применение гипсования на солонцовых почвах при орошении

На орошаемых участках полей рекомендуется периодически вносить гипс (фосфогипс) для устранения декальцирования и дегумификации, снижения дисперсности коллоидной фракции орошаемых почв, улучшения агрофизических параметров и физико-химических свойств.

Орошение полей после внесения фосфогипса следует выполнять по промывному типу: оросительные нормы для конкретных почвенно-климатических условий, рассчитываемые по дефициту почвенной влаги, увеличивают от черноземов и темно-каштановых почв к каштановым и светло-каштановым от 10-15 до 20-25%. Это обеспечивает создание нисходящих токов воды, выщелачивание легкорастворимых солей и нежелательных продуктов реакции обмена, образующихся при химической мелиорации.

Орошение солонцовых почв проводится при условии глубокого залегания грунтовых вод и наличия нормально работающего искусственного дренажа.

3.4. Гипсование солонцовых почв

Внесение гипса (фосфогипса) в качестве агрохимического мероприятия в целях химической мелиорации рекомендуется проводить в весенне-летне-осенний период после предварительной обработки солонцовых почв под культуры, положительно реагирующие

на глубокую обработку почвы: пропашные, зерно-бобовые и др. Земельные участки для гипсования определяются по результатам агрохимического обследования.

Дозы гипса рассчитываются в зависимости от вида солонцов, мощности солонцового горизонта, содержания в них натрия, занимаемой ими площади, степени контурности. Для мелиорации солонцов в пашне их следует рассчитывать на пахотный слой 20-25 см. Примерная масса пахотного слоя почвы, в зависимости от гранулометрического состава (т/га) представлена в прил. 33. При распространении солонцов на 25-30% площади участка фосфогипс сначала вносят в дозах, рассчитанных на зональные солонцовые почвы, а затем по пятнам солонцов в дозах, рассчитанных на полную норму их гипсования. При благоприятных условиях увлажнения и орошении дозу рекомендуется снизить на 25%. При этом следует учитывать потребность семян сельскохозяйственных культур в воде при прорастании (прил. 34).

Для внесения в почву фосфогипса применяют разбрасыватели удобрений типов МВУ-6, МВУ-8, МВУ-12, машины МХА-7, КСА-3, режим работы которых обеспечивает равномерное распределение материалов по поверхности.

После внесения гипса (фосфогипса) рекомендуется провести обработку поля пахотными агрегатами. На корковых и мелких черноземных солонцах, а также на участках, распахиваемых обычными плугами, когда в оборот вовлекается лишь часть солонцового горизонта, рекомендуется плантажная вспашка на 40-50 см или послонная обработка, чередуя обычную вспашку после года парования и плантажную (после внесения гипса).

На средних и глубоких солонцах, целинных и распахиваемых почвах надо заделывать гипс (фосфогипс) обычными плугами с почвоуглубителями, применять дополнительное рыхление почвы безотвальными орудиями с использованием стоек СибИМЭ, трехъярусных плугов с отвалами второго и третьего корпусов, а также рыхлители РС-1,5, РСН-2,9.

Гипсование луговых сильнозасоленных (содовых, сульфатно-содовых, содово-сульфатных) солонцов, распространенных в долинах рек, на балочных террасах, в зоне действия водоемов и сформированных в условиях близкого залегания минерализованных грунтовых вод (выше 3 м), необходимо проводить после строительства дренажа и при усло-

вии тщательной промывки почвенного горизонта. Рекомендуемое использование таких почв – улучшенные сенокосы и пастбища.

Неэффективно применение фосфогипса в богарных условиях на луговых почвах, засоленных всеми видами солей, солонцах, особенно содовых, ввиду отсутствия оттока продуктов обмена.

3.5. Экологические ограничения применения фосфогипса в сельскохозяйственном производстве

Применение агрохимиката фосфогипса как отхода промышленности для гипсования солонцовых почв может повысить экологическую нагрузку на продукцию и окружающую среду. Поэтому необходимо осуществлять агроэкологический мониторинг в системе почва – растение – дренажные воды с целью оптимизации антропогенной нагрузки и исключения возможности повышения содержания тяжелых металлов в продукции и проникновения в дренажные воды.

В первые три года после внесения фосфогипса необходимо определять содержание фтора, стронция, кальция а также соотношение кальция и стронция в растениях и почвах.

Для экологического нормирования применения фосфогипса рекомендуются формулы расчета нормативной нагрузки ПДК для почв. Важно, чтобы содержание элемента-загрязнителя в агрохимикате не превышало величины ПДК почв, а подвижность его была ниже или равна подвижности этого элемента в почвах.

Доза гипса должна быть агрономически оптимальной и гарантированно безопасной для агроценоза. Расчет проводят по формуле

$$D_1 = \frac{(ПДК - C_c) \cdot 3 \cdot 10^3}{C_1}, \quad (27)$$

где D_1 – количество вещества, которое можно внести, т/га; ПДК, мг/кг;

ПДК – предельно допустимая концентрация элемента, мг/кг;

C_1, C_c – содержание элемента в мелиоранте и в почве, мг/кг;

$3 \cdot 10^3$ – масса 1 га пахотного слоя почвы (при плотности почвы 1,5 г/см³ и мощности пахотного слоя 20 см), т.

Для предупреждения негативного воздействия фосфогипса на окружающую среду не допускается его попадание в открытые водоемы и грунтовые воды, согласно требованиям СанПиН 2.1.5.980-00.

ГЛАВА IV.

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ ПРИ ИЗВЕСТКОВАНИИ, ФОСФОРИТОВАНИИ И ГИПСОВАНИИ ПОЧВ

4.1. Рекомендуемые технологические схемы доставки, перегрузки и внесения известковых удобрений, фосфоритной муки и гипсосодержащих агрохимикатов

Технологические схемы доставки известковых мелиорантов, фосфоритной муки, гипса, фосфогипса от завода-поставщика до потребителя:

- завод - железнодорожный транспорт - склад - автотранспорт - поле - рассеивающий агрегат;
- завод - автотранспорт - склад - поле - рассеивающий агрегат;
- завод - автотранспорт - поле - рассеивающий агрегат.

Согласно этим схемам доставка мелиорантов к полям для проведения агрохимических мероприятий осуществляется большегрузным автомобильным транспортом, агрохимикаты выгружаются на краю поля, загружаются в рассеивающий агрегат и рассеиваются на поле.

Прямоточная технология применяется при известковании и гипсовании полей, расположенных вблизи склада или местного карьера: мелиоранты загружают непосредственно в разбрасыватели, которые их и вносят в почву.

Перевалочная технология внесения агрохимикатов осуществляется по схеме: склад (завод) - транспортное средство - поле - разбрасыватель.

Поля рекомендуется подготовить для внесения мелиорантов: провести разбивку на загоны, определить места накопления в буртах мелиорантов.

При больших расстояниях увеличивается длина пути холостых пробегов агрегатов, при меньших – сокращаются размеры буртов, а время загрузки разбрасывателей возрастает из-за увеличивающихся

затрат времени на подгребание остатков мелиоранта. Рекомендуемые длины гона и рабочего хода для разбрасывателей приведены в табл. 26.

После определения расстояния между буртами устанавливают их потребную массу, которая равна

$$Q = a \cdot L_p \cdot H / n \cdot 10^4, \quad (28)$$

где Q – масса мелиоранта в бурте, т;

a – принятое расстояние между буртами, м;

L_p – рабочий ход разбрасывателя, м;

H – доза внесения, т/га;

n – целое число, показывающее во сколько раз рабочий ход разбрасывателя больше длины гона.

Если длина гона (L) меньше в кратное число раз рабочего хода разбрасывателя (L_p), то бурты располагают вдоль одной из поперечных границ поля. Когда длина гона (L) равна рабочему ходу разбрасывателя (L_p), бурты размещают с двух сторон вдоль поперечных границ поля.

Производительность разбрасывателей во многом зависит от бесперебойной загрузки их мелиорантами (табл. 27). Приведенный регламент времени загрузки погрузчиками позволяет обеспечить непрерывную групповую работу разбрасывателей на внесении удобрений. Характеристика машин для транспортировки, перегрузки и внесения пылевидных агрохимикатов приведена в прил. 35, а транспортные средства, рекомендуемые для внесения слабопылящих агрохимикатов – в прил. 36.

4.2. Организация работ по известкованию, фосфоритованию и гипсованию почв

Данными видами работ занимаются организация, имеющая поля для проведения внесения мелиорантов, учреждение как исполнитель проектно-сметной документации, и предприятие, выступающее поставщиком химических мелиорантов.

Организация механизированных работ при известковании, фосфоритовании и гипсовании включает в себя следующие этапы: определение объема работ и вида химических мелиорантов, выбор техноло-

гической схемы, учет наличия складов, установление необходимого количества техники – транспортных, погрузочных машин и для внесения.

При транспортировке мелиорантов смешанным железнодорожным и автомобильным транспортом в технологическую схему включаются прирельсовые склады или перегрузочные площадки, вместимость которых определяется продолжительностью бездорожья и объемами работ по известкованию, фосфоритованию, гипсованию в этот период.

4.3. Рекомендации по контролю за качеством работ по известкованию, фосфоритованию и гипсованию почв

Ответственность за качество работы и экологическую безопасность при внесении известковых агрохимикатов, фосфоритной муки и гипса возлагается непосредственного на исполнителя работ.

Норму внесения мелиорантов устанавливают исходя из фактической массы внесенного агрохимиката и площади обработанной поверхности.

Отсутствие огрехов определяют визуально, проходя поле по диагонали или с помощью летательных аппаратов.

Качество работ оценивают по отклонениям фактической дозы мелиоранта от проектно-сметной документации и фактической ширины захвата от оптимальной (табл. 28).

Неравномерность внесения агрохимикатов по ширине захвата определяют расчетным путем за один проход машины. Для этого по ходу машины на общую ширину ее захвата расставляют с интервалом не менее 10 м три ряда противней размером 0,5 x 0,5 x 0,05 м (табл. 29). После прохода агрегата взвешивают агрохимикаты из каждого противня или измеряют их объем мерным цилиндром.

Среднее отклонение M_{Γ} , вычисленное в процентах к средней массе M_0 агрохимиката по всем противням, является показателем неравномерности посева по ширине захвата машины в уравнении 29:

$$H_{\Gamma} = \frac{100 \times M_{\Gamma}}{M_0}. \quad (29)$$

4.4. Нормативы допустимых потерь мелиорантов

При выполнении работ приняты следующие нормативы допустимых потерь агрохимикатов (по массе): при разгрузке железнодорожных вагонов (цистерн) на железнодорожной станции по пневматической технологии – 0,5-1,5%, по технологии механизированной разгрузки-погрузки – 1-2, при перевозке автотранспортом – до 0,5, при хранении на поле без специальной укладки в обычных условиях – 2-3, в зимних условиях хранения – 3-5%.

Общие допустимые потери агрохимикатов при выполнении работ по пневматической технологической схеме: железнодорожная цистерна (завод) - автоцементовоз - разбрасыватель – 2-3%, по обычной технологии, т.е. при механизированной разгрузке – погрузке и рассеве по полю в весеннее-летне-осенних условиях – 5-7%.

4.5. Проектирование работ по известкованию, фосфоритованию и гипсованию почв

Известкование, фосфоритование и гипсование почв проводятся согласно проектно-сметной документации (ПСД), разрабатываемой ФГБУ центрами и станциями агрохимической службы, центрами агрохимрадиологии Минсельхоза России.

Разработка ПСД осуществляется на основании договора между предприятием (хозяйством, землепользователем, землевладельцем) и ФГБУ ГЦАС (ГСАС) по согласованию с предприятием по агрохимическому обслуживанию сельского хозяйства или иной подрядной организацией, обеспечивающей доставку и проведение работ по химической мелиорации почв.

Разработка ПСД включает в себя:

- проектно-изыскательские работы и проведение агрохимического обследования полей;
- определение потребности в химических мелиорантах и проектирование годового объёма известкования, фосфоритования и гипсования почв;
- составление технологической карты на проведение работ;
- сметно-финансовый расчёт на проведение агрохимических мероприятий;

- подготовку пояснительной записки с рекомендациями по контролю за качеством работ по известкованию, фосфоритованию и гипсованию почв;

- разработку электронной картографической основы полей по космическим снимкам или снимкам с летательных аппаратов;

- привязку проекта к местности.

Согласование, утверждение, вручение ПСД:

- ПСД составляется в четырех экземплярах и передаётся землепользователю (хозяйству), предприятию по агрохимическому обслуживанию сельского хозяйства («Агропромхимия», «Сельхозхимия», и др.) или другой подрядной организации, организации управления АПК муниципального района и хранится в ФГБУ ГЦАС (ГСАС);

- ПСД утверждается руководителем хозяйства (землепользователем) и согласуется с организацией-исполнителем работ;

- корректировка материалов ПСД проводится при изменении показателей агрохимического обследования почв, цен, тарифов на доставку мелиорантов и расценок на внесение их в почву по просьбе заказчика работ;

- неиспользованная в планируемом году ПСД может быть реализована в следующем году после доработки разработчиком.

4.6. Общие требования по технике безопасности на работах по известкованию, фосфоритованию и гипсованию почв

1. Работы по известкованию, фосфоритованию и гипсованию почв должны проводиться под руководством и контролем начальника механизированного отряда, агронома или бригадира.

2. Лицам, направленным на работу с известковыми материалами, фосфоритной мукой и гипсосодержащими агрохимикатами, необходимо пройти медосмотр. Постоянные рабочие должны проходить повторные медицинские освидетельствования не реже одного раза в год с отметкой в журнале и карточке о допуске к работе.

3. К работе с известковыми удобрениями, фосфоритной мукой и гипсосодержащими агрохимикатами допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие инструктаж по технике безопасности и обученные безопасным приемам работы.

4. Лица, непосредственно связанные с транспортировкой, погрузкой и внесением химических агрохимикатов, обеспечиваются спецодеждой, индивидуальными средствами защиты в соответствии с действующими нормами.

5. Разрешается работать только на полностью исправных машинах и оборудовании, прошедших соответствующую регулировку и контроль. Вращающиеся узлы (карданные валы, цепные, ременные и зубчатые передачи, центробежные диски и др.) должны иметь защитные ограждения.

6. Запрещается работать, если температура стенок цистерны пневматических разбрасывателей ниже 30°C, а давление выше 0,15 Мпа, открывать загрузочный люк цистерны и заглушки для пневмотранспортных рукавов при избыточном давлении воздуха в цистерне и работающем компрессоре, разъединять шланги и рукава, находящиеся под давлением, работать при неисправных мановакуумметрах.

7. Техническое обслуживание и ремонт разбрасывателей разрешается проводить только при выключенном вале отбора мощности и заглушённом двигателе.

8. Перед началом движения машины механизатор (водитель) должен убедиться в том, что в зоне работы разбрасывателя нет людей и животных.

9. Категорически запрещается перевозить людей в разбрасывателях известняковой и фосфоритной муки, а также гипсосодержащих материалов.

10. После работ с известковыми удобрениями, фосфоритной мукой и гипсом (фосфогипсом) разбрасыватели, транспортные автомашины должны быть очищены от остатков мелиорантов и промыты водой под напором из шланга на специальной площадке.

11. При работе с агрохимикатами необходимо применять индивидуальные средства защиты. По окончании работ и перед приемом пищи необходимо тщательно мыть лицо и руки.

Список использованной литературы

1. **Аристархов А.Н.** Оптимизация питания растений и применения удобрений в агроэкосистемах. – М.: МГУ, ЦИНАО, 2000. – 524 с.
2. **Байбеков Р.Ф., Шильников И.А., Аканова Н.И., Добрыднев Е.П., Локтионов М.Ю., Шеуджен А.Х., Кизинёк С.В.** Научно-практические рекомендации по применению фосфогипса нейтрализованного в качестве химического мелиоранта и серного удобрения. – М.: ВНИИА, 2012. – 43 с.
3. **Верещагин А.Н.** Химическая мелиорация солонцов степной зоны Северного Казахстана: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 1987. – 19 с.
4. **Державин Л.М., Скворцова Н.К., Вахрамеев Ю.И.** и др. Контроль за соблюдением регламентов транспортировки, хранения, складской переработки и внесения твёрдых и жидких минеральных и органических удобрений и химических мелиорантов: Инструкция. – М.: РАСХН. – 1995.
5. **Кирюшин В.И., Кирюшин С.В.** Агротехнологии. – М.: Лань, 2015. – 464 с.
6. **Купреев Е.М.** Комплексное применение минеральных удобрений и известкования при возделывании пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – 2008. – 26 с.
7. Методическое руководство по проектированию применения удобрений в интенсивном овощеводстве открытого грунта. – М.: ФГБНУ «Росинформ-агротех», 2012.
8. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения (под ред. Державина Л.М., Булгакова Д.С.). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003.
9. **Муленков В.Г., Овчаренко М.М., Шильников И.А., Аканова Н.И., Аристархов А.Н., Ермаков А.А.** Состояние и воспроизводство плодородия почв по муниципальным районам Московской области: метод. рек. – М.: РГАУ-МСХА, 2016.
10. **Некрасов Р.В., Аканова Н.И.** Перспективы химической мелиорации кислых почв в земледелии Российской Федерации // Плодородие почв России: состояние и возможности (к 100-летию со дня рождения Т.Н. Кулаковской). – М.: ВНИИА, 2019. – С. 87-99.
11. **Овчаренко М.М., Шильников И.А., Аканова Н.И.** Методические указания по детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами. – М., 2002. – 13 с.
12. **Осипов А.И.** Научные основы химической мелиорации почв и перспективы их дальнейшего изучения // Агрофизика. – 2012. – № 3. – С. 41-50.

13. **Осипов А.И.** История и практические аспекты известкования кислых почв в России //Агрохим. вестн. – 2019. – № 3. – С. 28-36.

14. Сборник отраслевых стандартов ОСТ 10294-2002, ОСТ 10297-2002. Показатели состояния плодородия почв по основным природно-сельскохозяйственным зонам Российской Федерации. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2002.

15. **Сычёв В.Г., Шильников И.А., Аканова Н.И.** и др. Рекомендации по известкованию кислых почв Московской области. – М., ВНИИА, 2008.

16. **Уточкин В.Г.** Рекомендации «Фосфоритование почв Нечернозёмной зоны». – М.: ВО «Агропромиздат», 1989.

17. **Чекмарев П.А., Лукин С.В.** Мониторинг плодородия пахотных почв Центрально-Черноземных областей России // Агрохимия. – 2013. – № 4. – С. 11-22.

18. **Чумаченко И.Н.** Фосфор в жизни растений и плодородии почв. – М., 2003.

19. **Шильников И.А., Гришин Г.Е., Аканова Н.И.** Эффективность фосфоритной муки при известковании почв // Нива Поволжья, 2007. – № 1 (2). – С. 18-20.

20. **Шильников И.А., Аканова Н.И.** Известкование – главный фактор сохранения плодородия почв и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур // Достиж. науки и техн. АПК. – 2008. – №1. – С. 21-23.

21. **Шильников И.А., Сычёв В.Г., Аканова Н.И., Федотова Л.С.** Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия: моногр. – 2008. – 331 с.

22. **Шильников И.А., Сычёв В.Г., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И., Бондарева Т.Н., Кизинёк С.В.** Потери элементов питания растений в агро-биогеохимическом круговороте веществ и способы их минимизации. – М.: ВНИИА, 2012. – 351 с.

23. **Шильников И.А., Сычёв В.Г., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И.** Потери питательных элементов растений: моногр. – М.: Изд-во Lambert Academic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co.KG, Deutschland. – 2015. – 502 с.

24. **Шильников И.А., Аканова Н.И., Ефремова С.Ю.** Прогнозирование состояния почвенного плодородия под влиянием химической мелиорации // Науч.-метод. журн. «XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс». № 02 (30). – 2016. – С. 128-138.

25. **Якушев В.П., Осипов А.И.** Химическая мелиорация почв – вчера, сегодня, завтра // Изв. СПб гос. аграр. ун-та, 2013. – № 30. – С. 68-72.

ТАБЛИЦЫ К ТЕКСТУ

Таблица 1

Группировка почв по степени кислотности, определяемой в солевой вытяжке

Группа	Степень кислотности	pH_{KCl}
1	Очень сильнокислые	Менее 4,0
2	Сильнокислые	4,1-4,5
3	Среднекислые	4,6-5,0
4	Слабокислые	5,1-5,5
5	Близкие к нейтральным	5,6-6,0
6	Нейтральные	6,1-7,0

Таблица 2

Группировка почв по величине гидролитической кислотности

Группа	Степень кислотности	Hг, мг-экв/100 г почвы
1	Очень сильнокислые	Более 6,0
2	Сильнокислые	5,1-6,0
3	Среднекислые	4,1-5,0
4	Слабокислые	3,1-4,0
5	Близкие к нейтральным	2,1-3,0
6	Нейтральные	Менее 2,0

Таблица 3

Группировка почв по степени насыщенности основаниями

Группа	Степень насыщенности основаниями	V, %
1	Очень низкая	Менее 30,0
2	Низкая	30,1-50,0
3	Средняя	50,1-70,0
4	Повышенная	70,1-90,0
5	Высокая	Более 90,0

Таблица 4

Группировка почв по сумме поглощенных оснований

Группа	Сумма поглощенных оснований	S, мг-экв/100 г почвы
1	Очень низкая	Менее 5,0
2	Низкая	5,1-10,0
3	Средняя	10,1-15,0
4	Повышенная	15,1-20,0
5	Высокая	20,1-30,0
6	Очень высокая	Более 30,0

Таблица 5

Средний вынос карбонатов урожаем, кг/1,0 т продукции

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	16,5
Гречиха*	18,0	8,5	16,5
Горох*	31,5	10,0	41,5
Лен долгунец*	17,1	16,4	33,5
Картофель (клубни)	0,5	1,5	2,0
Кормовые корнеплоды (корни)	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 (сено)	45,5	7,8	53,3
Сено многолетних трав	27,0	12,5	39,5
Сено однолетних трав	30,0	10,6	4,6
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.*

Таблица 6

**Группировка почв
по содержанию обменных кальция и магния**

Группа	Содержание элементов	мг-экв/100 г почвы	
		кальций	магний
1	Очень низкое	0-2,5	0-0,5
2	Низкое	2,6-5,0	0,6-1,0
3	Среднее	5,1-10,0	1,1-2,0
4	Повышенное	10,1-15,0	2,1-3,0
5	Высокое	15,1-20,0	3,1-4,0
6	Очень высокое	Более 20,0	Более 4,0

Таблица 7

**Оптимальный интервал pH_{KCl} дерново-подзолистых почв
и прибавки урожая от известкования**

Культура	$pH_{сол}$	Средние прибавки урожая при дозах $CaCO_3$, т/га				Оптимальный интервал pH_{KCl}
		2-4	4-6	6-8	более 8	
Пшеница озимая	4,5 и ниже	3,9	4,6	5,4	6,6	6-7
	4,6-5,0	2,7	4,0	4,6	5,0	
	5,1-5,5	1,0	1,5	2,0	2,5	
Рожь озимая	4,5 и ниже	2,0	3,0	3,4	3,8	5,5-6,5
	4,6-5,0	1,7	2,0	2,4	2,8	
	5,1-5,5	0,5	1,0	1,2	1,2	
Ячмень яровой	4,5 и ниже	3,6	4,0	4,5	5,1	6,3-7,0
	4,6-5,0	3,0	3,6	4,1	4,4	
	5,1-5,5	1,4	1,8	2,0	2,0	
Овес	4,5 и ниже	2,0	2,3	2,6	2,9	5,4-6,0
	4,6-5,0	1,7	2,0	2,2	2,5	
	5,1-5,5	0,5	1,0	1,2	1,2	
Пшеница яровая	4,5 и ниже	2,0	2,4	2,6	2,8	5,8-6,4
	4,6-5,0	1,0	1,5	2,0	2,0	
	5,1-5,5	0,5	0,8	0,8	1,0	

Культура	pH _{сол}	Средние прибавки урожая при дозах CaCO ₃ , т/га				Оптимальный интервал pH _{KCl}
		2-4	4-6	6-8	более 8	
Картофель	4,5 и ниже	10	14	18	20	5,0-5,5
	4,6-5,0	13	7	17	10	
	5,1-5,5	5	5	5	-	
Кормовые корнеплоды	4,5 и ниже	80	90	120	140	6,2-7,0
	4,6-5,0	20	40	50	60	
	5,1-5,5	10	15	15	15	
Кукуруза (на силос)	4,5 и ниже	40	60	70	80	5,6-6,3
	4,6-5,0	20	30	40	40	
	5,1-5,5	10	15	20	20	
Однолетние травы (сено)	4,5 и ниже	12	14	6	16	5,4-6,0
	4,6-5,0	6	8	10	10	
	5,1-5,5	5	8	8	8	
Многолетние травы (сено)	4,5 и ниже	18	25	27	30	5,6-6,4
	4,6-5,0	12	15	18	20	
	5,1-5,5	9	12	13	15	
Сеянные луга и пастбища (бобово-злаковые на сено)	4,5 и ниже	10	15	18	20	5,4-6,0
	4,6-5,0	6	8	12	-	
	5,1-5,5	4	-	-	-	
Естественные луга	4,5 и ниже	3	4	4	-	5,3-5,7
	4,6-5,0	2	2	-	-	
Свекла столовая	4,5 и ниже	30	29	32	35	6,2 -7,5
	4,6-5,0	20	22	24	28	
	5,1-5,5	15	20	22	24	
Капуста белокочанная	4,5 и ниже	40	44	41	39	6,5-7,4
	4,6-5,0	35	41	39	37	
	5,1-5,5	20	25	30	30	
Морковь	4,5 и ниже	25	29	31	34	6,0-7,0
	4,6-5,0	19	21	23	27	
	5,1-5,5	10	12	14	17	

Таблица 8

**Рекомендуемая оптимальная реакция
почвенного раствора
для овощных культур на минеральных почвах**

Культура	Оптимальное значение pH
Свёкла столовая	6,2-7,5
Капуста белокочанная	6,5-7,4
Капуста цветная	6,6-7,2
Лук	6,4-7,9
Чеснок	6,5-7,9
Салат	6,8-7,5
Морковь	6,0-7,0
Петрушка	6,0-7,0
Томат	6,3-6,7
Огурец	6,4-7,0
Редис	5,5-7,3

Таблица 9

**Рекомендуемые оптимальные уровни кислотности
пахотного горизонта почв, pH_{KCl}**

Гранулометрический состав почв	Севообороты		Культурные пастбища и сенокосы	
	полевые	кормовые	злаковые	бобово- злаковые
Песчаный и супесчаный	5,3-5,5	5,5-5,7	5,2-5,4	5,4-5,6
Легко- и среднесуглинистый	5,6-5,8	5,6-6,0	5,4-5,6	5,6-5,8
Тяжелосуглинистый и гли- нистый	5,8-6,0	6,0-6,2	5,6-5,8	6,0-6,2
Торфяно-болотные почвы	4,8-5,2	5,2-5,4	4,6-4,8	5,0-5,2

Таблица 10

**Коэффициенты пересчета
кальций- и магнийсодержащих агрохимикатов**

Соединение, которое пересчитывается	Соединение, на которое делается пересчет	
	CaCO ₃	MgCO ₃
CaCO ₃	1,00	0,84
Ca(OH) ₂	1,35	1,14
CaO	1,78	1,50
Ca	2,50	2,10
MgCO ₃	1,19	1,00
Mg(OH) ₂	1,72	1,65
MgO	2,48	2,09
Mg	4,12	3,47

Таблица 11

**Оптимальные значения pH
и дозы известковых удобрений
под овощные культуры**

Гранулометрический состав почвы	Оптимальное значение pH	Дозы извести (CaCO ₃) при значении pH _{KCl} т/га		
		5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5
Супесчаная	6,0	3-4	2-3	-
Суглинистая	6,5	4-6	3-4	2-3
Глинистая	6,5	6-8	4-5	3-4

**Рекомендуемые дозы CaCO_3 для известкования почв
с содержанием органического вещества до 3%**

Кислотность почв (pH_{KCl}) Гранулометрический состав почвы	Основное известкование, т/га									Поддерживающее известкование, т/га	
	очередность известкования										
	первая						вторая			третья	
	<4,1	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
Песчаные	5,5	5,0	4,5	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0	-
Супесчаные	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	-
Легкосуглинистые	8,0	7,5	7,0	6,7	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	3,5	2,5
Среднесуглинистые	8,5	8,0	7,5	7,0	6,7	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
Тяжелосуглинистые	13,0	11,0	10,0	9,0	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,0	4,5
Глинистые	14,0	13,0	11,0	10,0	9,0	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5

Таблица 13

**Рекомендуемые дозы CaCO_3
для известкования торфяно-болотных почв, т/га**

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

Таблица 14

Вымывание CaCO_3 из кислых почв в год, кг/га

Угодья	Гранулометрический состав почвы					
	глинистый, суглинистый			песчаный, супесчаный		
	Уровень применения минеральных удобрений, кг д.в./ га					
	До 250	250-350	Более 350	До 250	250-350	Более 350
Пашня	200	400	500	400	600	700
Сенокосы и пастбища	120	180	300	160	300	400

Таблица 15

Рекомендуемые дозы CaCO_3 для сдвига на 0,1, pH_{KCl}

Тип почвы	Исходное значение pH_{KCl} почвы	Расход CaCO_3 (т/га) для сдвига pH_{KCl} на 0,1
Пашня		
Дерново-подзолистые, серые лесные, оподзоленные и вы- щелоченные черноземы	<4,5	0,75
	4,6-5,0	0,91
	5,1-5,5	1,30
	>5,6	1,95

Таблица 16

**Рекомендуемая очередность известкования полей
в севооборотах при различной кислотности почв**

Севообороты, угодья	Очередность известкования			
	<4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	>5,5
Зернопропашные и зерно-травяно-пропашные	Первая	Первая	Третья	Четвертая
Полевые с травами и небольшой площадью картофеля	Первая	Вторая	Третья	Четвертая
То же с большим весом картофеля	Первая	Вторая	Четвертая	Не известна
Кормовые, овощные и овощекормовые	Первая	Первая	Вторая	Четвертая
Культурные пастбища и улучшенные сенокосы	Первая*	Первая**	Третья	Не известна

* Перед созданием и при коренном улучшении.

** При поверхностном внесении.

Таблица 17

Рекомендуемый календарь проведения известкования

Сроки проведения	Место внесения известковых удобрений
Апрель-май	Под культуры ярового сева, прежде всего, под покров многолетних трав
Июнь-август	После уборки парозанимающих культур и трав первого и второго годов пользования, под озимые
Сентябрь-октябрь	После уборки озимых, яровых и пропашных культур
Ноябрь-март	Под все яровые культуры (кроме льна), на лугах, сенокосах и пастбищах

Таблица 18

**Оптимальное значение кислотности почв
для плодово-ягодных культур**

Культура	Оптимальный уровень pH_{KCl}
Смородина	5,8-6,5
Яблоня, слива, вишня	5,3-6,0
Малина, земляника, крыжовник, груша	4,8-5,7

Таблица 19

**Оптимальное значение pH (вод) для выращивания
на минеральных и органоминеральных грунтах**

Овощные культуры	pH (вод)	Декоративные культуры	pH (вод)
Огурец	6,0-7,0	Роза	6,2-6,5
Томат	5,5-6,5	Гвоздика	6,5-7,0
Лук	6,5-7,5	Хризантема	6,5-7,0
Салат	6,0-7,0	Гербера	5,7-6,5
Сельдерей	6,5-7,0	Гортензия	6,0-6,5
Лук порей	6,0-7,0	Фрезия	6,0-7,0
Цветная капуста	6,4-7,0	Цикламен	5,7-6,5
Редис	6,0-7,0	Примула	6,0-7,0
		Азалия	4,5-5,0

** При выращивании культур на чистом торфе pH может составлять 5,6-6,0 ед.*

Таблица 20

**Потребность CaCO₃ для нейтрализации азотных удобрений
при их внесении, т/т**

Наименование удобрения	Химическая формула	Содержание азота, %	Масса CaCO ₃ , т
Сульфат аммония	(NH ₄) ₂ SO ₄	21,1	1,2
Хлористый аммоний	NH ₄ Cl	26,1	1,4
Аммиачная селитра	NH ₄ NO ₃	35,0	1,0
Бикарбонат аммония	NH ₄ HCO ₃	17,5	0,44
Мочевина	CO(NH ₂) ₂	46,5	1,2
Аммиачная вода	NH ₄ OH	20,5	0,51

Таблица 21

**Кислотность водной суспензии лигнинов
(Кропоткинский химический комбинат)**

Вид лигнина, способ варки	Величина pH (вод)
Рисовая шелуха с опилками, варка «0» и «Р»	5,6
Рисовая шелуха, варка «Р-4»	5,1
Подсолнечная лузга, варка «Л-4»	2,0
Подсолнечная лузга, варка «Л-2»	1,7

Таблица 22

**Рекомендуемые нормы кальцийсодержащих удобрений
для нейтрализации кислотности грунтов рыбоводных прудов**

pH_{KCl}	Негашеная известь CaO	Гашеная известь Ca(OH) ₂	Известняковая мука CaCO ₃
4,0	2,0	2,6	3,6
4,5	1,5	1,9	2,7
5,0	1,0	1,3	1,8
5,5	0,5	0,6	0,9
6,0	0,3	0,3	0,5

Таблица 23

**Содержание подвижного фосфора
для севооборотов на различных почвах**

Тип почвы	Вид севооборота	Оптимальное содержание P ₂ O ₅ , мг/кг почвы
Дерново- подзолистые	Зерноотравной	200
	Зернокартофельный	250
	Кормовой прифермский	250
	Овощной	300
Серые лесные	Зерноотравной	200
	Зернокартофельный	250
	Кормовой прифермский	250
	Овощной	300

Таблица 24

**Рекомендуемые нормы внесения фосфора
(для некарбонатных почв со значением $pH_{KCl} < 6,5$)**

	Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг				
	до 50	51-100	101-150	151-250	более 250
Доза P ₂ O ₅ кг/га	480	360	240	120	50

Таблица 25

**Расход P₂O₅ на повышение
в почве подвижного фосфора на 10 мг/кг почвы**

Почва	Гранулометрический состав почвы	P ₂ O ₅ кг/га		
		I	II	III
Дерново-подзолистая	Песчаные, супесчаные	60	55	50
	Легкие суглинки	70	65	60
	Средние суглинки	90	80	70
	Тяжёлые суглинки	120	100	90
Дерново-глебовая	Средние суглинки	160	140	120
Серая лесная	Легкие суглинки	80	70	60
	Средние суглинки	110	100	90
	Тяжёлые суглинки	140	120	100
Чернозём выщелочен- ный	Легкие суглинки	90	80	70
	Средние суглинки	100	90	80
	Тяжёлые суглинки	120	100	90

Таблица 26

**Рекомендуемые длины гона
и рабочего хода для разбрасывателей**

Соотношение длины гона и рабочего хода разбрасывателей	Расстояние, м
1 : 2	300-400
1 : 4	350-500
1 : 6	500-600
1 : 8	700-1000

Таблица 27

Время загрузки удобрениями, мин

Погрузчик	1РМГ-4, КСА-3	МВУ-5, МВУ-6	МВУ-8, МХА-7	МВУ-12
ПКУ-0,8 (ПФ-0,75)	7	9	14	20
ПЭ-0,8Б	4	5	8	10
ПФП-1,2	3	4	7	10
ПЭА-1,0	2	3	5	7

Таблица 28

Оценка качества внесения извести, фосфоритной муки и гипса

Оценка	Отклонение	
	от дозы внесения, %	рабочей ширины захвата, м
Отлично	До 3	До 0,5
Хорошо	3-5	0,5-0,6
Удовлетворительно	5-10	0,8-1,2
Неудовлетворительно	Выше 10	Выше 1,2

Таблица 29

**Рекомендуемая допустимая неравномерность внесения извести,
фосфоритной муки и гипса
при оптимальной ширине захвата и скорости агрегата 10 км/ч**

Доза, т/га	Неравномерность, %	Рабочая ширина захвата, м
1	26,4±5	11,0
2	21,1±5	9,4
3	18,4±5	8,3
4	16,8±5	8,0
5	15,5±5	7,5
6	14,6±5	7,5
7	14,3±5	7,5
8	13,6±5	7,5
9	13,6±5	7,5
10	13,6±5	7,5
11	13,6±5	7,2
12	13,6±5	6,7
13	13,6±5	6,0
14	13,6±5	5,7
15	13,6±5	5,3

ПРИЛОЖЕНИЯ

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АГРОНОМА-АГРОХИМИКА

Приложение 1

Основные понятийные определения водно-физических свойств почв

Почва состоит из твёрдой, жидкой и газообразной фаз.

Твёрдая фаза – минеральные вещества, живые и мёртвые организмы.

Жидкая фаза – вода и органические вещества.

Газообразная фаза – почвенный воздух, содержащий пары воды, CO_2 , NH_3 и др.

Плотность почвы – масса твёрдой фазы почвы, отнесённая к её объёму.

Объёмная масса – масса почвы, отнесённая к объёму почвы вместе с порами, заполненными водой и воздухом.

Пористость – суммарный объём пор между частицами твёрдой фазы почвы в единице её объёма.

Пластичность – свойство почвы изменять свою форму под действием сил и сохранять её.

Твёрдость – свойство почвы оказывать сопротивление проникновению в неё твёрдых тел.

Связность – свойство взаимного сцепления почвенных частиц, вследствие которого почва оказывает сопротивление и противостоит раздавливанию, сжатию или разрыву.

Влажность почвы – количество воды, находящейся в данный момент в почве, выраженное в весовых или объёмных процентах.

Водопроницаемость – свойство почвы принимать и пропускать через себя воду; определяется коэффициентом фильтрации почвы (скорость движения грунтовой воды при градиенте, равным единице).

Влагоёмкость – способность почвы поглощать и удерживать максимальное количество воды, соответствующее в каждый момент времени воздействию на неё внешних сил; подразделяется на следующие виды:

полная влагоёмкость – количество влаги, удерживаемое почвой в состоянии полного насыщения при заполнении всех пор водой;

капиллярная влагоёмкость – количество воды, удерживаемое почвой в капиллярно-подпёртом состоянии;

наименьшая полевая влагоёмкость – наибольшее количество влаги, которое может удержать почва в условиях свободного оттока в равновесно-подвешенном состоянии;

предельная полевая влагоёмкость – наибольшее количество воды, удерживаемое почвой в равновесном состоянии.

Водоотдача – свойство почвы отдавать гравитационную воду путём стекания.

Влажность завядания – степень увлажнения почвы, при которой начинается устойчивое завядание растений.

Сосущая сила почвы – свойство почвы присоединять и удерживать в себе влагу при соприкосновении с водой в условиях определённой влажности.

Группировка почв по содержанию обменных кальция и магния

Группа	Содержание элементов	Мг – экв/100 г почвы	
		кальций	магний
1	Очень низкое	0-2,5	0-0,5
2	Низкое	2,6-5,0	0,6-1,0
3	Среднее	5,1-10,0	1,1-2,0
4	Повышенное	10,1-15,0	2,1-3,0
5	Высокое	15,1-20,0	3,1-4,0
6	Очень высокое	Более 20,0	Более 4,0

Рекомендуемый ассортимент магнийсодержащих удобрений

Удобрение	Основной компонент	Содержание Mg, %
Плавленый магниевый фосфат	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{MgSiO}_3$	9-14
Калимагнезия	$\text{K}_2\text{SO}_4 \times \text{MgSO}_4$	8-11
Калийно-магниевый концентрат	$\text{K}_2\text{SO}_4 \times 2\text{MgSO}_4$	8-9
Сульфат магния	$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	10-16
Доломит	$\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$	20
Доломотизированный известняк	$\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$	12-18
Магнезит	MgCO_3	45
Брусит	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	46

**Коэффициенты пересчета некоторых окислов в элементы
и их соединения**

Соединение (окисел)	Элемент (соединение)	Коэффициент пересчета в элемент	Элемент (соединение)	Соединение (окисел)	Коэффициент пересчета в (окисел)
P_2O_5	P	0,436	P	P_2O_5	2,291
K_2O	K	0,830	K	K_2O	1,205
CaO	Ca	0,715	Ca	CaO	1,399
CaO	$CaCO_3$	1,785	$CaCO_3$	CaO	0,560
Ca	$CaCO_3$	2,497	$CaCO_3$	Ca	0,400
MgO	Mg	0,603	Mg	MgO	1,658
MgO	$MgCO_3$	2,091	$MgCO_3$	MgO	0,478
$MgSO_4$	Mg	0,202	Mg	$MgSO_4$	4,950
MgO	$MgSO_4$	2,986	$MgSO_4$	MgO	0,339

**Группировка почв по содержанию органического вещества,
определяемого по методу Тюрина**

Группа	Содержание органического вещества, %
1	0-2,0
2	2,1-4,0
3	4,1-6,0
4	6,1 8,0
5	8,1-10,0
6	Более 10,0

**Группировка почв по содержанию подвижных форм микроэлементов,
определяемых по методу Пейве-Ринкиса**

Элемент	Экстрагирующий раствор	Градации почв по содержанию микроэлементов, мг/кг		
		низкое	среднее	высокое
Марганец	0,1н. H ₂ SO ₄	Менее 30	31-70	Более 70
Цинк	1н. KCl	Менее 0,7	0,8-1,5	Более 1,5
Медь	1н. KCl	Менее 1,3	1,6-3,3	Более 3,3
Кобальт	1н. HNO ₃	Менее 1,0	1,1-2,2	Более 2,2
Бор	H ₂ O	Менее 0,33	0,34-0,70	Более 0,70
Молибден	Оксалатный буферный раствор с pH 3,3	Менее 0,1	0,11-0,22	Более 0,22

**Группировка почв по содержанию подвижных форм
микроэлементов, определяемых в вытяжке
ацетатно-аммонийного буферного раствора (pH 4,8)**

Элемент	Градации почв по содержанию микроэлементов, мг/кг		
	низкое	среднее	высокое
Марганец	Менее 10,0	10,0-20,0	Более 20,0
Цинк	Менее 2,0	2,1-5,0	Более 5,0
Медь	Менее 0,20	0,21-0,50	Более 0,50
Кобальт	Менее 0,15	0,16-0,30	Более 0,30

Рекомендуемый ассортимент марганцевых микроудобрений

Удобрение	Культура	Доза применения	Способ применения
Серноокислый марганец	Сахарная свёкла, пшеница, ячмень, кукуруза, горох, подсолнечник	50-100 г удобрения с 300-400 г талька на 100 кг семян	Опудривание семян
		200 г /га	Для некорневых подкормок
		600-1000 г/га	Опрыскивание плодовых и ягодных
Отходы промышленности (10-18% марганца)	Сахарная свёкла, пшеница, ячмень, кукуруза, горох, подсолнечник	22,5 кг/га	В основную обработку в смеси с удобрениями

Рекомендуемый ассортимент медьсодержащих микроудобрений

Удобрение	Культура	Доза на 1 га, кг семян	Способ применения
Медный купорос (сульфат меди) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 92-98 % (Cu 23,4 – 24,9%)	Зерновые, бобовые травы	50-100 г на 100 кг семян	Предпосевная обработка семян
	Лён, свекла, овощные, плодово-ягодные	200-300 г на 1 га посевов растворяют в 200-300 л воды	Некорневая подкормка
Порошок, содержащий медь CuSO_4 , 14-16 % (Cu 5-6%)	Лён, свекла, овощные, плодово-ягодные	200-300 г на 1 га посевов растворяют в 200-300 л воды	Некорневая подкормка
Пиритные (колчеданные) Огарки (Cu 25%)	На вновь освоенных низинных торфяных и заболоченных почвах с нейтральной и щелочной реакцией под зерновые, травы	500-600 кг/га	Внесение один раз в четыре-пять лет под вспашку или весной под предпосевную культивацию за 15 дней до посева (имеют местное значение)
Медно-калийные удобрения K_2O – 57% Cu – 1%	На вновь освоенных низинных торфяных и заболоченных почвах с нейтральной и щелочной реакцией под зерновые, травы	В рассчитанной дозе внесения по калию	Под вспашку или весной под предпосевную культивацию

Рекомендуемый ассортимент цинксодержащих микроудобрений

Удобрение	Культура	Доза применения	Способ применения
Отходы промышленности (медеплавильных заводов, 2,7% цинка)	Зерновые, зерно-бобовые, сахарная свёкла, овощные	0,5-1,5 ц/га	В почву в основную обработку
Отходы производства цинковых белил	Кукуруза	20 кг/га	При посеве в рядки
Цинковые полимикродобрения (ПМУ – 7,25% цинка)	Кукуруза	100 г на 100 кг семян	Для опудривания семян
	Зерновые, зерно-бобовые, сахарная свекла, овощные, плодово-ягодные	100-200 г/га посевов	При некорневых подкормках в период бутонизации или начала цветения
	Зерновые, зерно-бобовые, сахарная свекла, овощные, плодово-ягодные	5-8 кг/га	Внесение в почву в основную обработку
Сернокислый цинк (21-23%)	Плодовые деревья	200-500 г на 100 л воды с добавлением 0,2-0,5% -ной гашеной извести	Опрыскивание весной по распустившимся листьям
	Зерновые, зерно-бобовые, сахарная свекла, овощные	50-100 г на 4 л воды	Предпосевная обработка семян
Порошок из сульфата цинка с тальком (17,8-22,0% цинка)	Кукуруза	200 г на 1 ц семян	Предпосевная обработка семян
	Сахарная свекла	500 г на 1 ц семян	Некорневая подкормка
	Овощные	200-300 г на 1 кг семян	Некорневая подкормка

**Рекомендуемый ассортимент
борсодержащих микроудобрений**

Удобрения	Культура	Доза на 1 га	Способ применения
Борный суперфосфат (0,2% В)	Сахарная свекла, кормовые корнеплоды, зерновые, бобовые	200-300 кг	В почву при основном внесении
	Гречиха	100-150 кг	В рядки при посеве
	Лен	100-150 кг	В почву при основном внесении
	Огурцы, овощи, плодово-ягодные	50 кг	В рядки при посеве
		100-150 кг	В почву при основном внесении
Борная кислота (17% В)	Семенники многолетних трав и овощных культур	500-600 г	Для предпосевной обработки
	Плодово-ягодные	700-800 г	Некорневые подкормки
Бормагниевое удобрение (2,2% В + 14% MgO)	Сахарная свёкла, кормовые корнеплоды, зерновые, бобовые, гречиха	20 кг	В почву в смеси с минеральными удобрениями

Рекомендуемый ассортимент молибденсодержащих микроудобрений

Удобрения	Культура	Доза на 1 га	Способ применения
Молибденовый суперфосфат (0,2% Мо)	Зерновые, бобовые	10-15 кг фосфора в рядки при посеве	Внесение в почву
Молибденово-кислый аммоний (50% Мо)	Горох, вика, соя и другие крупносемянные	25-50 г в 1-2 л воды на 100 кг семян	Предпосевная обработка семян
	Клевер, люцерна	500-800 г в 3 л воды на 100 кг семян	Предпосевная обработка семян
	Горох, кормовые бобы, клевер, люцерна, зернобобовые, овощи, плодово-ягодные	200 г на 100 л воды	Некорневая подкормка в период бутонизации-начала цветения
	Многолетние культурные пастбища	200-600 г в 100 л воды	Некорневая подкормка в период бутонизации-начала цветения
Порошок, содержащий молибден (14,5-16,5% Мо), отходы промышленности (0,3-0,4% Мо)		50-70 г Мо на гектарную норму семян	Опрыскивание раствором или опудривание порошком

Рекомендуемый ассортимент кобальтовых микроудобрений

Удобрение	Культура	Доза применения	Способ применения
Сульфат кобальта, 21% Со	Зерновые, зерно-бобовые травы	0,05-0,1%-ные растворы	Для обработки семян и некорневой подкормки
Хлорид кобальта	На лугах и пастбищах в районах кобальтовой недостаточности	01-0,2 кг/га в расчете на элемент	Внесение в почву вместе с удобрениями

Группировка почв по валовому содержанию тяжёлых металлов, мг/кг

Группа	Элемент, мг/кг				
	Zn	Ni	Cu	Pb	Mn
1	До 50	До 40	До 25	До 15	До 750
2	50-100	40-80	25-50	15-30	750-1500
3*	100-200	80-160	50-100	30-60	1500-3000
4	200-300	160-240	100-150	60-90	3000-4000
5	300-400	240-320	150-200	90-120	4500-6000
6	Более 400	Более 320	Более 200	Более 120	Более 6000

* Численное значение границы 3 группы является предельно-допустимой концентрацией (ПДК) данного элемента в почве.

Группировка почв по содержанию тяжёлых металлов в почвах, мг/кг (ацетатно-аммонийный буферный раствор с pH 4,8)

Группа	Элемент, мг/кг				
	Zn	Ni	Cu	Co	Cr
1	До 10	До 2	До 1,5	До 2,5	До 3
2	10-23	2-4	1,5-3	2,5-5	3-6
3*	23-45	4-8	3-6	5-10	6-12
4	45-70	8-12	6-9	10-15	12-18
5	70-95	12-16	9-12	15-20	18-24
6	Более 95	Более 16	Более 12	Более 20	Более 24

* Численное значение границы 3 группы является предельно-допустимой концентрацией.

Характеристика известковых удобрений

Удобрение	Влажность, %	Содержание, % на сухое вещество		Особенности применения
		СаО + MgO	примеси	
Известняк молотый (известняковая мука класса А, стандартная)	До 8	42-56	0-15, глина, песок	Основное известковое удобрение под различные культуры
Известняк молотый (известняковая мука класса А)	До 1<	42-56	0-15, глина, песок	То же для посева пневматическим методом
Доломит молотый	До 8	39-54	0-15, глина, песок	На сильнооподзоленных почвах под бобовые, картофель, лён, корнеплоды
Мергель	–	14-42	25-75, глина, песок	Под все культуры, особенно на лёгких почвах
Негашёная известь	–	До 100	Глина, песок	Быстродействующее удобрение, особенно для тяжёлых почв
Гашёная известь (пушонка)	–	До 75	-»-	То же
Известковый туф	До 50	42-54	5-25, глина, песок 0,5-1 P ₂ O ₅	Под все культуры, перед внесением подсушивается в штабелях
Озёрная известь	До 50	48-56	0-20, глина, песок	То же
Доломитовая мука	До 16	До 52	1,5-4, глина, песок	На сильнооподзоленных почвах под бобовые, картофель, лён, корнеплоды

Торфяная зола	–	8-15	30 SiO ₂ ; 1,2 K ₂ O; 1,1 P ₂ O ₅ и др.	Сравнительно малоэффективно, применяется на близко расположенных полях
Сланцевая зола	–	40-45	До 31 SiO ₂ ; 1-2 K ₂ O; 0,5-1,5 P ₂ O ₅ и др.	Под все культуры
Цементная пыль	0-2	46-58	15,5 SiO ₂ и др.	—»—
Белитовая мука	10-15	40-50	30 SiO ₂ ; до 2,0 K ₂ O; 1,2 MnO ₂ и др.	Под все культуры
Отход целлюлозно-бумажных комбинатов	До 40	До 56	Глина	—»—

**Содержание CaCO₃ в известковых
и некоторых видах органических удобрений**

Удобрение	CaCO ₃ (не менее), %
Мука известняковая (ГОСТ 14050-93)	88
Доломитовая мука	80
Фосфоритная мука	22,5
Безподстилочный навоз КРС (на сырое вещество)	0,53
Навоз свиней	0,65
Птичий помет	2,55
Торф с рН более 6,0	2,9
Сапропель	...30...

Химический состав агрохимикатов Серпомаг, Серпенактив

Наименование показателя	Формула	Норма в пересчете на сухое вещество
Оксид магния	MgO	37,5
Оксид кремния	SiO ₂	38,8
Оксид алюминия	Al ₂ O ₃	0,63
Оксид калия	K ₂ O	0,01
Оксид кальция	CaO	0,36
Оксид марганца (общ.)	MnO	0,1
Железо (общ.)	Fe общ.	5,08
Потери при прокаливании при 100°C	n.n.n.	13,4
Влага гигроскопическая	H ₂ O	1,67

**Содержание тяжелых металлов в известковых удобрениях, мг/кг
(по данным ЦИНАО)**

Элемент	Зола ТЭЦ	Мука известняковая	Меловые отходы	Известняк (Швеция)
As	57	42	63	-
Cd	0	0,1	2	0,44
Hg	0.1	0,3	130	0,01
Se	12	10	265	-
Pb	0,1	0,1	45	0,9
Zn	675	63	80	9
B	0	20	105	-
Co	46	3	5	1
Ni	108	9	10	2
Mo	-	-	1,5	-
Cu	862	54	60	1,6
Cr	80	37	46	1,4
Mn	250	108	15	575

**Группировка почв по содержанию подвижного фосфора,
определяемого по методам Кирсанова, Чирикова, Мачигина,
Эгнера-Рима (Методические указания по проведению
комплексного агрохимического обследования почв
сельскохозяйственных угодий, 1994)**

Группа	Содержание подвижного фосфора	Метод определения			
		Кирсанова	Чирикова	Мачигина	Эгнера-Рима
		P ₂ O ₅ , мг/кг почвы			
1	Очень низкое	Менее 25	Менее 20	Менее 10	Менее 50
2	Низкое	26-50	21-50	11-15	51-70
3	Среднее	51-100	51-100	16-30	71-140
4	Повышенное	101-150	101-150	31-45	Более 140
5	Высокое	151-250	151-200	46-60	
6	Очень высокое	Более 250	Более 200	Более 60	

**Дополнительная группировка по содержанию подвижного фосфора
(Методические указания по проведению
комплексного агрохимического обследования почв
сельскохозяйственных угодий, 1994)**

Группа	Метод определения			Группа	Метод определения
	Кирсанова	Чирикова	Мачигина		Эгнера-Рима
6	251-500	201-500	61-100	4	141-200
7	501-1000	501-1000	101-200	5	201-300
8	1001-2000	1001-2000	201-300	6	301-400
9	2001-3000	2001-3000	301-400	7	401-500
10	Более 3000	Более 3000	Более 400	8	Более 500

**Группировка почв по содержанию обменного калия, определяемого
по методам Кирсанова, Чирикова, Мачигина, Масловой, Эгнера-Рима
(Методические указания по проведению комплексного агрохимического
обследования почв сельскохозяйственных угодий, 1994 г.)**

Группа	Содержание обменного калия	Метод определения				
		Кирсанова	Чирикова	Мачигина	Масловой	Эгнера-Рима
		K ₂ O мг/кг почвы				
1	Очень низкое	До 40	До 20	До 100	До 50	
2	Низкое	41-80	21-40	101-200	51-100	До 70
3	Среднее	81-120	41-80	201-300	101-150	71-140
4	Повышенное	121-170	81-120	301-400	151-200	Более 140
5	Высокое	171-250	121-180	401-600	201-300	
6	Очень высокое	Более 250	Более 180	Более 600	Более 300	

**Дополнительная группировка почв по содержанию обменного
калия, определяемого по методам Кирсанова, Чирикова, Мачигина,
Масловой, Эгнера-Рима (Методические указания по проведению
комплексного агрохимического обследования почв
сельскохозяйственных угодий, 1994 г.)**

Группа	Метод определения				Группа	Метод определения Эгнера-Рима
	Кирсанова	Чирикова	Мачигина	Масловой		
6	251-500	161-500	601-1000	301-500	4	141-200
7	501-1000	501-1000	1001-2000	501-1000	5	201-300
8	1001-2000	1001-2000	2001-3000	1001-2000	6	301-400
9	2001-3000	2001-3000	3001-4000	3000-4000	7	401-500
10	Более 3000	Более 3000	Более 4000	Более 5000	8	Более 500

**Рекомендуемые для расчетов и планирования величины выноса
урожаем сельскохозяйственных культур НРК
в расчёте на 1 т товарной продукции при соответствующем
количестве побочной продукции, кг**

Культура	Вид продукции	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница озимая	Зерно	37,0	13,0	23,0
Пшеница яровая	Зерно	47,0	12,0	18,0
Рожь озимая	Зерно	31,0	14,0	26,0
Овёс	Зерно	33,0	14,0	29,0
Ячмень	Зерно	29,0	11,0	20,0
Просо	Зерно	33,0	10,0	34,0
Кукуруза	Зерно	34,0	12,0	37,0
Гречиха	Зерно	30,0	15,0	40,0
Люпин	Зерно	68,0	19,0	47,0
Вика	Зерно	65,0	14,0	16,0
Кормовые бобы	Зерно	64,0	20,0	50,0
Лён-долгунец	Семена	106,0	53,0	93,0
Лён-долгунец	Волокно	80,0	40,0	70,0
Конопля	Волокно	200,0	62,0	100,0
Подсолнечник	Семена	60,0	26,0	186,0
Сахарная свекла	Корни	5,9	1,8	7,5
Картофель	Клубни	6,2	2,0	8,0
Клевер	Сено	19,7	5,6	15,0
Люцерна	Сено	26,0	6,5	15,0
Тимофеевка	Сено	15,5	7,0	24,0
Капуста	Кочаны	3,3	1,3	4,4
Помидоры	Плоды	2,6	0,4	3,6
Морковь столовая	Корни	3,2	1,0	5,0
Огурцы	Плоды	1,7	1,4	2,6
Лук	Луковицы	3,0	1,2	4,0
Кукуруза	Силосная масса	3,6	1,0	3,8

**Средние коэффициенты использования
подвижного фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O)
сельскохозяйственными культурами из почв, % (Ягодин и др., 1989)**

Культура	Почвы				
	дерново- подзо- листые	серые лесные	чернозёмы не- карбонатные	чернозё- мы кар- бонатные	кашта- новые
	Метод Кирсанова		Метод Чирикова	Метод Мачигина	
P_2O_5					
Зерновые, одно- и многолетние травы	5	8	10	15	15
Кукуруза на силос	5	8	10	15	15
Лён-долгунец	3	-	-	-	-
Картофель	7	10	10	-	-
Кукуруза на зерно	-	10	10	-	30
Сахарная свекла	-	10	10	-	-
Подсолнечник	-	-	15	30	30
Хлопчатник	-	-	-	-	20
K_2O					
Зерновые, одно- и многолетние травы	10	12	12	5	5
Кукуруза на силос	20	25	20	7	7
Лён-долгунец	5	-	-	-	-
Картофель	20	25	25	-	-
Кукуруза на зерно	-	20	25	10	10
Сахарная свекла	-	40	30	-	-
Подсолнечник	-	-	40	20	15
Хлопчатник	-	-	-	-	10

**Группировка почв по нитрификационной способности,
определяемой по методу Кравковой**

Группа	Нитрификационная способность	NO ₃ , мг/кг почвы
1	Очень низкая	Менее 5,0
2	Низкая	5,1-8,0
3	Средняя	8,1-15,0
4	Повышенная	15,1-30,0
5	Высокая	30,1-60,0
6	Очень высокая	Более 60,0

**Рекомендуемые дозы питательных веществ для увеличения
содержания K₂O на 10 мг/кг почвы
при одновременном внесении удобрений**

Тип почвы	Гранулометрический состав почвы	Доза K ₂ O, кг/га
Дерново-подзолистые	Песчаные и супесчаные	40-60
	Суглинистые	60-80
	Глинистые и тяжёлосуглинистые	80-100
Серые лесные	Песчаные и супесчаные	60-70
	Суглинистые	70-80
	Глинистые и тяжёлосуглинистые	80-90
Чернозёмы оподзоленные и выщелоченные	Песчаные и супесчаные	80-90
	Суглинистые	80-90
	Глинистые и тяжёлосуглинистые	80-90

**Рекомендуемое оптимальное содержание фосфора
для севооборотов различных почв**

Тип почвы	Вид севооборота	Оптимальное содержание P_2O_5 , мг/кг почвы
Дерново-подзолистые	Зернотравяной	200
	Зернокартофельный	250
	Кормовой прифермский	250
	Овощной	300
Серые лесные	Зернотравяной	200
	Зернокартофельный	250
	Кормовой прифермский	250
	Овощной	300

**Рекомендуемое оптимальное содержание калия
для различных севооборотов**

Тип почвы	Вид севооборота	Оптимальное содержание K_2O , мг/кг
Дерново-подзолистые	Зернотравяной	150
	Зернокартофельный	300
	Кормовой прифермский	300
	Овощной	400
Серые лесные	Зернотравяной	150
	Зернокартофельный	300
	Кормовой прифермский	300
	Овощной	400

**Примерное количество навоза, получаемого от одного животного
при содержании на соломенной подстилке, т**

Вид скота	Продолжительность стойлового периода, дни			
	менее 180	180-200	200-220	220-240
КРС	4-5	6-8	8-9	9-10
Лошади	2,5-3,0	4,0-4,5	5-6	7-8
Свиньи	1,0	1,5	1,75	2,25
Овцы	0,4-0,5	0,6-0,8	0,9	1,0

Примерное содержание НРК в составе сырого навоза

Компонент навоза	Соотношение компонентов		Азот		Фосфор		Калий	
	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т
<i>КРС</i>								
Твёрдая фракция	63	630	0,4	2,5	0,20	1,3	0,1	0,6
Жидкая фракция	27	270	1,0	2,7	-	-	1,35	3,7
Подстилка	10	100	0,5	0,5	0,20	0,2	1,00	1,0
Всего	100	1 000	0,57	5,7	0,15	1,5	0,53	5,3
<i>Конский</i>								
Твёрдая фракция	60	600	0,55	3,3	0,30	1,8	0,40	2,4
Жидкая фракция	15	150	1,35	2,0	-	-	1,25	1,9
Подстилка	25	250	0,5	1,3	0,20	0,5	1,00	2,5
Всего	100	1 000	0,66	6,6	0,23	2,3	0,68	6,8
<i>Свиной</i>								
Твёрдая фракция	49	490	0,55	2,7	0,50	2,5	0,4	1,9
Жидкая фракция	33	330	0,60	2,0	0,10	0,3	0,45	1,5
Подстилка	18	180	0,50	0,9	0,20	0,4	1,00	1,8
Всего	100	1 000	0,56	5,6	0,32	3,2	0,52	5,2
<i>Овчий</i>								
Твёрдая фракция	60	600	0,75	4,5	0,50	3,0	0,45	2,7
Жидкая фракция	30	300	1,35	4,0	0,05	0,2	2,10	6,2
Подстилка	10	100	0,50	0,5	0,20	0,2	1,00	1,0
Всего	100	1 000	0,90	9,0	0,34	3,4	1,00	10,0

Приложение 32

Примерные прибавки урожая от подстилочного навоза в севообороте, ц зерн. ед. от 1 т навоза с учётом действия и последействия

Среднегодовые дозы навоза, т/га				
Менее 3,5	3,5-6,0	6,0-10,0	Более 10	Среднее
0,9	0,7	0,7	0,3	0,6

Приложение 33

Примерная масса пахотного слоя почвы в зависимости от гранулометрического состава, т/га

Гранулометрический состав	Плотность сложения, т/м ³	Глубина пахотного слоя, см	
		0-20	0-25
Суглинистые	1,1-1,25	2350-2420	2950-3100
Супесчаные	1,28-1,33	2550-2650	3200-3300
Песчаные	1,38-1,42	2750-2850	3450-3550
Торфяные и низинные	0,30-0,50	600-1000	750-1250

Приложение 34

Содержание воды в семенах сельскохозяйственных культур и потребность семян этих культур в воде при прорастании (к весу воздушно-сухого вещества семян, %)

Культура	Содержание воды в семенах при хранении	Потребность семян в воде при прорастании, %
Рожь	14,0	64-78
Пшеница	14,0	48-57
Овёс	13,5	76-85
Ячмень	13,8	57
Гречиха	14,0	-
Кукуруза	14,1	37-50
Просо	13,7	25-33
Горох	10,2	114
Вика	14,2	75
Подсолнечник	5,3	-
Лён	-	100
Конопля	-	43
Сахарная свёкла	5,4	120
Клевер красный	9,9	145
Люцерна	13,0	-

**Характеристика машин для транспортировки,
перегрузки и внесения пылевидных агрохимикатов**

Показатели	МТП-10	МТП-13	АРУП-8	РУП-10	РУП-14	АВП-10	РУП-8
Масса машины, кг	4820	5520	3865	5800	6700	6200	4230
Грузоподъемность, т	10	13	8	10	14	10	8
Вместимость, м ³	8,3	11,8	7,0	8,3	11,8	8,3	7,0
Производительность, т/ч	3,79	5,74	2,89	48,6	52,8	50,0	35,2
Производительность перегрузки, т/мин	1,0	1,0	0,5	-	-	-	-
Рабочая ширина внесения, м	-	-	8,5	11	11	11	8,5
Доза внесения, т/га	-	-	1-6	1-12	1-12	1-12	1-6
Скорость, км/ч:							
рабочая	6,0	6,0	9,0-12,0	До 15	До 15	15-20	До 12
транспортная	60	60	60	35	35	30	30
Неравномерность внесения удобрений, %	-	-	30-50	15-23	18-25	15-25	30-50
Тип распределяющего рабочего органа	-	-	Рожковое	Штанговое	Штанговое	Штанговое	Рожковое
Удельное давление колес на почву, мПа	0,45	0,45	0,42	0,15-0,18	0,15-0,18	0,11	0,48
Запыленность за пределами санитарной зоны (200 м), мг/м ³	-	-	140	10-15	10-15	10,15	140
Остаток материала после разгрузки, %	0,5-0,8	0,5-0,8	6,0	-	-	-	-
Продолжительность разгрузки, мин	-	-	-	9-10	10-13	9-10	15-17

**Транспортные средства,
рекомендуемые для внесения слабопылящих агрохимикатов**

Показатели	1-РМГ-4	МВУ-5	МВУ-5А	МВУ-6	МУП-6	МВУ-8Б	МВУ-12	МХА-7	СТТ-10
Масса машины, кг	1450	2170	2100±5%	2180	2100±5%	3140±3%	3300	9200±3%	2500±3%
Грузоподъемность	40	50	60	60	60	110	120	70	80
Рабочая ширина внесения удобрений, м:									
гранулированных	10-12	11-17	18-22	14-21	16-24	14-20	20-22	15-21	15
мелкокристалли- ческих порошко- видных	7-9	7-10,5	9-10	9-10	8-12	8-14	10-17	8-18	13-14
Скорость, км/ч:									
рабочая	3,5-4,1	3,6-3,9	1,4-3,9	1,7-3,8	2,2-6,9	2,8-5,6	2,7-5,4	5,1-5,9	2,7-3,8
транспортная	5,1-6,9	5,0-6,9	5,0-6,9	5,0-6,9	5,0-6,9	7,0-8,3	6,9-8,1	8,3-19,5	5,0-6,9
Удельное давление колес на почву, мПа	0,35	0,25	0,17	0,17	0,15	0,34	0,17	0,15	0,15
Вместимость кузова, м ³	3,5	4,3	4,1	4,2	4,1	7,4	8,1	5,4	5,0
Диапазон доз вне- сения известковых удобрений, кг/га	1000- 6000	1000- 10000	1000- 10000	1000- 10000	1000- 10000	1000- 10000	1000- 10000	1000- 10000	1000- 10000

Неравномерность распределения удобрений, %:									
на рабочей (оптимальной) ширине захвата	23,1-25,4	21,3-25,2	19,1-22,4	19,9-22,8	18,3-22,0	22,5-25,4	19,8-26,0	21,4-25,6	11,3-15,0
по ходу движения агрегата	8,9-10,1	4,8-10,9	3,3-10,4	3,6-9,2	7,4-10,0	5,7-10,2	5,4-10,1	9,4-10,2	8,6-9,0
Производительность в час основного времени при внесении, га:									
минеральных удобрений с дозой 400 кг/га	11,5	14,02	17,05	17,2	-	16,07	19,06	14,84	18,9
химических мелиорантов с дозой 5000 кг/га	1,85	2,34	2,70	2,78	-	2,80	3,95	3,80	-

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава 1. Кислотность почв и меры по её устранению	6
1.1. Показатели, характеризующие кислотность почв.....	6
1.2. Агрохимикаты, содержащие кальций и магний, – основные удобрения для устранения избыточной кислотности почв	7
1.3. Влияние известкования на плодородие почв, урожай и качество продукции.....	8
1.4. Влияние известкования на обеспечение растений кальцием и магнием	10
1.5. Влияние известкования на эффективность органических и минеральных удобрений.....	12
1.6. Экологические аспекты известкования	13
1.6.1. Экологическая и природоохранная роль известкования.....	13
1.6.2. Влияние известкования на самоочищающую способность почв к разложению пестицидов	14
1.6.3. Использование кальцийсодержащих материалов в борьбе с болезнями овощных культур	16
1.6.4. Влияние известкования на снижение поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию	17
1.7. Оптимальные уровни кислотности (рН) для почв в севооборотах различных типов	17
1.8. Известковые удобрения	18
1.8.1. Известковые удобрения промышленного производства	18
1.8.2. Местные известковые удобрения	19
1.8.3. Известьесодержащие отходы промышленности.....	22
1.8.4. Факторы, влияющие на скорость растворения известьесодержащих удобрений в почвах.....	26
1.8.5. Экологические ограничения по применению отходов промышленности в сельскохозяйственном производстве	26
1.9. Рекомендуемые дозы внесения известковых удобрений	27
1.10. Определение доз известковых удобрений.....	28
1.11. Агротехнические требования к известкованию кислых почв	31
1.12. Периодичность известкования кислых почв.....	32
1.13. Очередность и сроки известкования.....	33

1.14. Особенности известкования почв в зависимости от типа севооборота	34
1.14.1. Известкование почв под зерновые культуры в полевых севооборотах.....	34
1.14.2. Известкование почв под картофель	35
1.14.3. Известкование почв под лен	36
1.14.4. Известкование почв в кормовых севооборотах	37
1.14.5. Известкование почв в овощных севооборотах	37
1.15. Известкование лугов и пастбищ.....	37
1.16. Известкование плодовых и ягодных культур	38
1.17. Использование известковых удобрений в защищенном грунте.....	38
1.18. Использование известковых удобрений при создании осушительно-оросительных систем	40
1.19. Известкование рыбных прудов.....	40
Глава II. Значение фосфора и приемы его увеличения в почвах	42
2.1. Значение фосфора для роста и развития растений	42
2.2. Рекомендуемые оптимальные уровни содержания подвижных форм фосфора в почвах.....	48
2.3. Фосфоритная мука – основное средство пополнения запасов подвижного фосфора в почвах	48
2.4. Применение фосфоритной муки в земледелии России	50
2.5. Методы определения доз фосфоритной муки	52
Глава III. Приемы повышения плодородия солонцовых почв	53
3.1. Ассортимент удобрений, рекомендуемый для мелиорации солонцов и солонцовых почв	56
3.2. Дозы, способы и сроки проведения гипсования	58
3.3. Применение гипсования на солонцовых почвах при орошении.....	63
3.4. Гипсование солонцовых почв.....	63
3.5. Экологические ограничения применения фосфогипса в сельскохозяйственном производстве	65

Глава IV. Технология и организация механизированных работ при известковании, фосфоритовании и гипсовании почв	66
4.1. Рекомендуемые технологические схемы доставки, перегрузки и внесения известковых удобрений, фосфоритной муки и гипсо-содержащих агрохимикатов	66
4.2. Организация работ по известкованию, фосфоритованию и гипсованию почв	67
4.3. Рекомендации по контролю за качеством работ по известкованию, фосфоритованию и гипсованию почв	68
4.4. Нормативы допустимых потерь мелиорантов	69
4.5. Проектирование работ по известкованию, фосфоритованию и гипсованию почв	69
4.6. Общие требования по технике безопасности на работах по известкованию, фосфоритованию и гипсованию почв	70
Список использованной литературы	72
Таблицы к тексту	74
Приложения. Справочные материалы для агронома-агрохимика	87

**Михаил Михайлович Овчаренко,
Роман Владимирович Некрасов,
Наталья Ивановна Аканова,
Пётр Витальевич Прудников,
Анатолий Иванович Осипов**

**ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ
(известкование, фосфоритование, гипсование)**

Инструктивно-методическое издание

Редактор *В.И. Сидорова*

Обложка художника *П.В. Жукова*

Компьютерная верстка *Т.П. Речкиной*

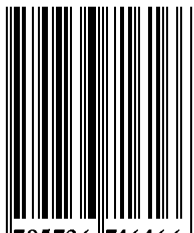
Корректоры: *С.И. Ермакова, Л.Т. Мехрадзе*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 22.03.2021 Формат 60x84/16
Печать офсетная Бумага офсетная Гарнитура шрифта «Times New Roman»
Печ. л. 7,25 Тираж 1000 экз. Изд. заказ 16 Тип. заказ 23

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

ISBN 978-5-7367-1616-6



9 785736 716166

