

**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Центрально-Черноземной полосы имени В.В. Докучаева»
(ФГБНУ «НИИСХ ЦЧП»)**



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ РЕАКЦИИ СРЕДЫ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Каменная Степь 2019

УДК 631.415: 631.445.4
ББК П032.4
Р 36

Рекомендации по регулированию реакции среды черноземных почв в Воронежской области / Каменная Степь, 2019. – 21 с.

Авторский коллектив:

Турусов В.И., Новичихин А.М., Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Беспалов В.А.,
Рябцев А.Н.

Рекомендации по технологиям регулирования кислотности почв Воронежской области подготовлены по результатам проведенных в Научно-исследовательском институте сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева изыскательских работ, полевых и вегетационных опытов, лабораторных агрохимических анализов. Используются также материалы центра агрохимслужбы «Воронежский».

Рекомендации рассмотрены и утверждены на заседании ученого совета ФГБНУ «НИИСХ ЦЧП» (протокол № 6 от 15 июня 2018 г.)

УДК 631.415: 631.445.4
ББК П032.4
Р 36

Содержание

Введение	4
1. Особенности проявления кислотности черноземных почв	4
2. Распространение кислых почв	9
3. Группировка кислых черноземов по степени нуждаемости в известковании	10
4. Известковые материалы	11
5. Расчет доз извести	12
6. Критерии оптимальности реакции среды	13
7. Нормативы расхода извести	13
8. Потребность в известковых материалах	14
9. Пути повышения эффективности известкования	15
10. Место известкования в севообороте	15
11. Размещение извести в почве	16
12. Сроки проведения известкования	16
13. Повторность известкования	16
14. Технологии доставки и внесения извести	16
15. Качество известкования и его контроль	17
Заключение	18
Приложение	19

Введение

В Воронежской области до 1983 г. система государственной агрохимической службы не проводила учет кислых почв. С началом проведения крупномасштабных почвенных изысканий было установлено, что кислые почвы имеют довольно широкое распространение в области. Площадь почв с рН 5,5 и менее составляет в пашне на 1.01.2016 г. 711,7 тыс. га. Прирост площадей кислых почв вследствие поэтапного проведения агрохимического обследования, послужил доводом к формированию представления о подкислении почв под влиянием хозяйственной деятельности человека. В связи с этим, проведению экспериментальных работ по регулированию кислотности черноземов предшествовали исследования по выявлению влияния антропогенных и природных факторов на состояние черноземов по изменению реакции среды. В процессе исследований изучено влияние на кислотность особенностей материнской породы, растительного покрова, удобрений и других элементов агротехники; выявлены суточные, сезонные и межвегетационные колебания реакции среды и физико-химических свойств почвы.

При разработке рекомендаций по технологиям известкования кислых черноземов использованы результаты полевых опытов в производственных условиях (колхоз «Родина Пятницкого»), вегетационных и микровегетационных опытов с применением различных известковых материалов. Проведен учет производственного известкования в сельхозартели «Славянская» (бывший спецхоз «Александровский») Таловского района и ОАО «Знамя Октября» Поворинского района.

1. Особенности проявления кислотности черноземов

Реакция почвенной среды обуславливается рядом показателей, характеризующих состояние почвенного поглощающего комплекса (ППК), почвенного раствора и почвенного воздуха. К этим показателям относятся степень насыщенности ППК основаниями, оцениваемая по соотношению иона водорода гидролитической кислотности и суммы обменных катионов; содержание органических и минеральных кислот и кислых солей; кислотность минеральных удобрений и концентрация свободной углекислоты.

Состояние почвы по степени насыщенности ППК основаниями и соответствующей кислотности является наиболее стабильным. Генетические различия по этому показателю отмечаются на зонально-типовом уровне между подзолистыми, серыми, лесными и черноземными почвами.

Кислотность почвы, обусловленная остальными, определяющими ее факторами, подвержена заметным межвегетационным, вегетационным и суточным колебаниям, в зависимости от изменяющихся уровня микробиологической активности почвы и продуктивности растений (связанных с метеорологическими условиями), категории сельскохозяйственного угодья, возделываемой культуры и ее агротехники, способов обработки почвы, кислотности применяемых удобрений, использования в земледелии орошения.

География кислых почв обусловлена, в большей мере, характером почвообразующих пород. Более кислые почвы приурочены к легким породам с пониженным содержанием гумуса. Зональность может проявляться на генерализованном уровне.

Концентрация воды атмосферных осадков по понижениям, особенно замкнутым, обуславливает повышение кислотности почвы вследствие формирования в данных условиях выщелоченных подтипов почв.

В солонцовых почвах, относящихся, в целом, к щелочным, реакция среды в верхнем слое почвы изменяется в широком интервале от 4,10 и 8,43.

Распашка целинной почвы на водоразделе сопровождается изменением реакции среды и переходе ее из слабокислого интервала в нейтральную сторону. На пахотных почвах рН солевой вытяжки повышается в среднем на 0,65-0,71. В некоторых случаях могут отмечаться максимальные значения до 1,26 единицы рН. При этом, понижается показатель гидролитической кислотности, насыщенность основаниями возрастает на 5,4%.

Еще следует заострить внимание на реакции среды почв различной ландшафтной принадлежности. Формы рельефа и его отдельные элементы способствуют формированию соответствующих условий почвообразования и почвообразовательных процессов.

С учетом различий водного режима почв водоразделов и склонов можно предположить, что реакция среды может изменяться при переходе от склона к водоразделу в сторону подкисления. Однако анализ имеющихся фактических материалов противоречит таким представлениям. Активность водорода на склоновых участках оказалась более высокой, и, при этом, по всему профилю почвы рН солевой вытяжки на склоне составил 7,18, на плакоре - 7,26 (слой 0-10 см), 7,07 и 7,26 (слой 10-20 см). По рН водной вытяжки такая же закономерность, но менее выраженная. Изменение реакции среды на склоновых участках может быть вызвано с сокращением мощности гумусового горизонта и приближением пахотного слоя к карбонатному, и восходящей миграцией растворимых кальциевых солей.

Подводя итоги анализа изменения реакции среды черноземов, можно констатировать постепенное снижение активности водородного потенциала.

Отмечается смещение рН водной и солевой вытяжек в щелочную сторону. При этом, в некоторых случаях отмечается превышение значений рН солевой вытяжки над рН водной. Это может служить дополнительным аргументом, подтверждающим изменение процессов почвообразования под влиянием изменившихся условий увлажнения агробиоценозов.

Подкисляется почва под многолетними травами. С увеличением возраста трав кислотность повышается. В первом году пользования солевой рН был равен 6,66, а по третьему – 5,68. Смещение реакции среды в кислую сторону под многолетними травами связано с активным продуцированием корневыми системами свободной углекислоты.

Минимальный уровень солевого рН отмечается в середине вегетации чистого пара. В первые фазы развития растений по пропашным культурам реакция среды, обычно, более кислая по сравнению с колосовыми культурами сплошного сева.

Повышение продуктивности растений может сопровождаться понижением кислотности почвы, что связано с усилением поглощения свободной углекислоты травостоем.

По глубокой обработке, начиная с 25-27 см, солевой рН обычно выше, по сравнению с более мелкой.

При плоскорезной обработке кислотность почвы чаще выше, чем при отвальной.

Систематическое, на протяжении двадцати лет, применение удобрений в дозе 182 кг/га NPK не привело к заметно остаточному подкислению почвы. Прямое влияние минеральных удобрений на реакцию почвенной среды обуславливается уровнем их кислотности. Уровень рН по фону минеральных удобрений может повышаться, вследствие более высокой продуктивности растений и обусловленного этим более интенсивного поглощения свободной углекислоты.

Вегетационные опыты с использованием даже такой губительной для растений дозы минеральных удобрений, как NPK6000, не смогли существенно изменить реакцию среды насыщенных основаниями черноземов. Она изменилась всего на 0,7 единиц рН солевой вытяжки – от 6,4 до 5,7.

Орошение сопровождается повышением рН, что обуславливается, в основном, щелочностью оросительной воды и присутствием в составе вод водорастворимого натрия. С прекращением орошения, реакция среды устанавливается на прежнем уровне.

Для черноземов, богатых органическим веществом, характерна высокая биологическая активность почвы, существенно изменяющаяся в течение вегетации. С этим связано и изменение реакции среды. Как по рН солевой вытяжки,

так и по рН водной вытяжки, кислотность повышается к середине вегетации и снова понижается ко второй половине вегетации. Минимальные величины рН солевой вытяжки отмечаются в середине июня, рН водной вытяжки - несколько позднее - в конце июня - начале июля.

Реакция почвенной среды существенно изменяется в течение суток. Колебания солевого рН наблюдаются в интервале 5,70-6,50, размах – 0,80 единицы. Минимум отмечается в три часа ночи, максимум - после полудня. Суточная динамика кислотности обусловлена изменением концентрации свободной углекислоты в почве.

Для оценки изменения реакции среды в результате длительной антропогенной нагрузки, решающее значение имеет оценка и анализ изменения кислотности по имеющимся литературным и фондовым материалам. С целью объективного и непредвзятого подхода для рассмотрения изменения показателей рН почв, нами был использован значительный накопленный фактический материал по Каменной Степи. Большое значение при этом имеет анализ и использование экспериментального материала, полученного с помощью сопоставимых методов исследований.

По данным Н.Н.Никаноровой (1953), средневзвешенное значение величины рН водной вытяжки в середине прошлого века для условий Каменной Степи составляло в пахотном слое почвы 6,62 и солевой вытяжки - 6,25. При этом, автор отмечает очень пестрое распределение величины рН. В зависимости от микрорельефа, она меняется в значительных пределах – от 6,4 до 7,6. Вместе с тем, в большинстве случаев, величина рН увеличивается с глубины 50 см, и почва переходит в разряд слабощелочных разновидностей. Под лесными полосами выщелоченные черноземы характеризовались незначительным сдвигом кислотности, по отношению к черноземам обыкновенным, и в верхних слоях имели значения рН 5,5-6,2. На границе с первым карбонатным максимумом они становятся щелочными.

Для оценки изменения реакции среды почв в динамике, нами были использованы фондовые материалы (лабораторные журналы) и произведена статистическая обработка по этим показателям около 900 аналитических проб различных участков почв Каменной Степи. Были проанализированы данные 1967-1975 гг.

Полученные статистические материалы показывают, что прошедший двадцатилетний период с момента проведения экспедиции Академии Наук СССР, реакция среды черноземных почв изменилась. Отмечается постепенное увеличение показателей рН, как водного, так и солевого. Эти изменения, по нашему мнению, напрямую связаны с усилением гидроморфности черноземных почв и изменением состава почвенно-поглощающего комплекса.

Как было показано в работе И.Н. Антипова-Каратаева, Г.М. Кадер (1953), что даже при подъеме слабо минерализованной (сульфатами и карбонатами натрия) воды, происходит энергичное обменное поглощение ионов натрия, которое начинается в глубоких слоях и постепенно поднимается к верхним, со всеми вытекающими отсюда последствиями. А именно – образованием соды и увеличением щелочности почв, вследствие биохимических процессов восстановления сульфата натрия в сульфиды и последующему гидролизу по схеме: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$.

Анализ имеющихся экспериментальных данных свидетельствует о том, что с начала 50-х годов прошлого столетия до середины 70-х сдвиг реакции почвенной среды составил 0,25-0,7 рН солевой вытяжки.

Особый интерес представляют имеющиеся аналитические данные лабораторий и отделов НИИСХ ЦЧП им.В.В. Докучаева. Так, по состоянию на 1973-1975 гг., показатели рН в пахотном слое на опытном участке лаборатории севооборотов равнялись 6,7- 7,0 (солевой), применения удобрений - 6,57-7,02 (солевой) и 7,45-7,66 (водный), обработки почвы - 6,87-6,9 (солевой), сортовой агротехники - 6,74 (солевой). Большая пестрота отмечена на участке отдела орошаемого земледелия. Значения рН колебались в очень большом интервале - от 5,84 до 7,03 (солевого) и от 5,78 до 7,52 (водного).

Величина гидролитической кислотности, соответственно, составляла по этим участкам 1,29-1,61 ммоль экв/100 г почвы; 0,72-2,05; 1,1-1,27. Аналогичны были значения и при орошении – 1,41-1,75 ммоль экв/100 г.

По нашим данным (2006 г.), на стационаре лаборатории севооборотов величина солевого рН составила 7,33, гидролитическая кислотность 1,21 ммоль экв/100 , кормопроизводства - 6,97-7,2 и гидролитическая кислотность 1,21-1,54 ммоль экв/ 100 г почвы, стационар (бывший) отдела земледелия рН солевой 7,3-7,4, водный рН 7,12-7,15.

Таким образом, из этого следует, что на протяжении 50-летнего периода отмечен закономерный сдвиг реакции почвенной среды из слабокислого интервала в нейтральный (рис. 1).

Следовательно, реакция среды почвы определяется ее генетическими стабильными свойствами и изменяющимися природно-антропогенными факторами. В связи с этим, регулирование реакции среды почвы может осуществляться по двум направлениям: известкование наиболее кислых почв и применение оптимальной системы земледелия для почв всех уровней кислотности, позволяющее поддерживать оптимальное соотношение накопления и минерализации органических остатков в почве.

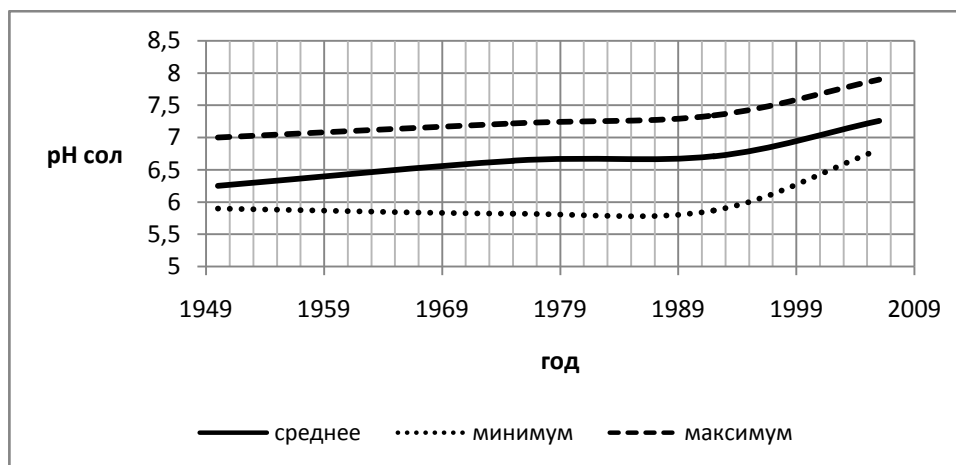


Рис.1 - Динамика изменения pH солевой вытяжки в черноземах Каменной Степи, 1951-2006 гг.

В связи с изменением увлажненности агроландшафтов, химизма грунтовых вод, увеличением присутствия в почвенных растворах нормальной соды в зоне распространения обыкновенных черноземов, могут потребоваться мероприятия по гипсованию этих почв. Проведенные исследования показывают снижение доступности основных элементов минерального питания при переходе почв из слабокислого интервала в нейтральную и щелочную сторону.

2. Распространение кислых почв

С началом поэтапного обследования, площадь выявленных кислых почв с pH 5,5 и менее увеличивалась. По состоянию на 1.01.88г. она оказалась равной 780,4 тыс. га (27,9 % от обследуемой площади), на 1.01.98 г. – 798,8 тыс. га (27,9 % от обследуемой площади). По состоянию на 1.01.2016 г. площадь черноземов с pH 5,5 и менее в Воронежской области составила 711,7 тыс. га или 28,2 % от обследуемой площади.

Распределение площадей кислых почв по административным районам и микрорайонам представлено в приложении (табл. П.1.). В целом, по области почвы по группам кислотности распределяются следующим образом: сильнокислые (pH 4,1-4,5) — 3,6 тыс. га; среднекислые (pH 4,6-5,0) — 135,2 тыс. га; слабокислые (pH 5,1-5,5) — 572,9 тыс. га.

Географическое распространение кислых почв в Воронежской области не подчиняется строгой зональности. Наибольший удельный вес кислых почв в северо-западной микрорайоне - 45% от обследованной площади пашни. Более всего их в Рамонском и Семилукском районах. Соответственно: 80 и 71%. Второе место по доле кислых почв занимает восточная микрорайон – 40%, в которой выделяются Борисоглебский район – 76% и Новохоперский – 40%. В

центральной микрозоне доля кислых почв – 31%. По районам: Новоусманский – 58%, Лискинский – 47%, Бобровский и Таловский по 39%, Верхнехавский – 35%. В остальных районах они встречаются реже. В юго-восточной микрозоне при общей доле кислых почв равной 27%, более всего их в Петропавловском – 45%, Павловском и Верхнемамонском – 37%. В юго-западной микрозоне выявлена незначительная площадь кислых почв – 8%. Более всего кислых почв в Богучарском районе – 12% и Кантемировском – 10%. Меньше распространение кислых почв в этой микрозоне обусловлено, видимо, более значительным проявлением здесь карбонатности.

Зависимость между величиной рН солевой вытяжки и такими показателями, как содержание гумуса, P_2O_5 и K_2O , по средним величинам не проявляется. В сравнимых же условиях отмечается, что с понижением содержания гумуса, связанного со смещением гранулометрического состава к группе легких почв, реакция почвенной среды становится более кислой. При заметных колебаниях в содержании гумуса по районам и микрозонам средние величины P_2O_5 и K_2O не имеют существенных отклонений. Исключением является юго-западная микрозона, в которой по всем районам содержание подвижного фосфора в почве более низкое, что, видимо, также связано с проявлением карбонатности.

В среднем, почвы Воронежской области характеризуются следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса среднее – 5,61%, подвижного фосфора среднее – 8,83 мг P_2O_5 на 100 г почвы, подвижного калия высокое – 12,69 мг. Реакция почвенной среды близкая к нейтральной (рН солевой – 5,84).

3. Группировка кислых черноземов по степени нуждаемости в известковании

Планирование работ по известкованию кислых черноземов целесообразнее проводить не по величине гидролитической кислотности, а по реакции почвенной среды. Это обусловлено тем, что нет достаточно полных данных по распространению почв с различной гидролитической кислотностью. Помимо этого, следует также учитывать, что различные по гранулометрическому составу, степени гумусированности и емкости катионного обмена почвы существенно отличаются друг от друга по реакции среды, а по величине гидролитической кислотности различия при этом не всегда отчетливо выражены. Это связано с тем, что реакция почвенной среды определяется степенью насыщенности ППК основаниями.

Результаты проведенных экспериментальных исследований показывают, что эффективность известкования и применения удобрений более высокая в

почвах с солевым рН 5,2 и менее. С учетом этого, в целях более обоснованного планирования работ по известкованию кислых черноземов, целесообразно выделить среди них две группы почв: первая – с рН 5,2 и менее, вторая – с рН 5,3-5,5. Известкование следует проводить, в первую очередь, в почвах первой группы.

4. Известковые материалы

Известковые материалы, которые могут быть использованы для регулирования реакции почвенной среды, составляют довольно значительный список. Однако в практическом отношении более всего представляют интерес четыре из них: известковая мука (Хмелинецкий карьер Липецкой области), дефека́т – отход свеклосахарного производства, карбонатнокальциевый (меловой) отход Россошанского химкомбината и природный мел, используемый обычно в виде отсева (Откосинский меловой карьер).

Известняковая мука имеет желтую окраску, включает гранулы диаметром 2-3 мм, не цементируется при хранении. Дефека́т Елань-Коленовского сахзавода имеет светло-серый цвет. Во влажном состоянии – это мажущаяся илистая масса. В сухом – тонкий, пылящий порошок. Не цементируется. Масса рыхлая. Может вноситься центробежными разбрасывателями при влажности 36% и менее от абсолютно сухой массы. Меловой отход, получаемый при производстве минеральных удобрений, представляет собой белый мелкокристаллический порошок с запахом аммиака. При хранении не цементируется. Мел природный с примесью глинистых пород. По гранулометрическому составу неоднородный, включает окатыши диаметром 2-3 см. В сыром состоянии представляет тестообразную массу.

Для расчета дозы известкового материала, необходимо знать его нейтрализующую способность. Определяется она обработкой навески известкового материала раствором 1% NaOH. Кальций и магний определяются трилометрически. Нейтрализующая способность известковых материалов приведена в таблице 1.

По содержанию валовых азота и фосфора испытанные известковые материалы различаются между собой (табл. 2). Более всего основных элементов минерального питания содержится в меловом отходе: азота – 1,685%, фосфора – 0,354%. На втором месте по азоту дефека́т – 0,147%, фосфору – известняковая мука – 0,216%. Наиболее беден мел. Присутствие азота и фосфора в меловом отходе и дефека́те обусловлены технологическими примесями.

Таблица 1 – Физико-химические свойства известковых материалов по абсолютно сухому веществу

Известковый материал	Нейтрализующая способность, %	Содержание, %			pH водной суспензии
		CaCO ₃	MgCO ₃	Сумма Ca+Mg в CaCO ₃	
Известняковая мука	89,5	91,8	7,5	99,3	7,60
Дефекат	84,7	88,2	6,9	95,1	7,95
Меловой отход	88,1	88,1	нет	88,1	7,60
Мел	93,0	97,5	2,5	100,0	8,70

Таблица 2 – Валовое содержание азота, фосфора и калия в известковых материалах (в %)

Вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Известняковая мука	0,084	0,216	не обнаруж.
2. Дефекат	0,147	0,166	то же
3. Меловой отход	1,685	0,354	-"-
4. Мел	не обнаруж.	0,090	-"-

В известняковую муку питательные вещества могут примешиваться на складах сельхозхимии при выгрузке и погрузке ее на одной площадке с минеральными удобрениями. В связи с этим, содержание их может колебаться в широком интервале.

5. Расчет дозы извести

Нормативы расхода CaCO₃ на смещение реакции среды применимы более к планированию работ по известкованию и расчету при этом потребности в известковых материалах. При проектировании работ по каждому конкретному участку расчет дозы извести в CaCO₃ для черноземов целесообразно проводить по эквивалентному отношению углекислого кальция к величине гидролитической кислотности в слое 0-20 см по формуле: $D=0,05 \text{ Нг} \cdot d \cdot h$, где D – доза извести по CaCO₃, т/га; 0,05 – коэффициент по эквиваленту Нг, Нг – величина гидролитической кислотности, ммольэкв на 100 г почвы, d – плотность сложения, г/см³; h – слой почвы, см. Плотность сложения в среднем принимается равной для тяжелых почв 1,0 г/см³, для легких – 1,4 г/см³.

Рассчитанная по CaCO₃ доза извести, корректируется с учетом нейтрализующей способности вещества и содержания воды в нем (табл. 3). При влажности не более 4-6% они относятся к слабопылящим.

С учетом влажности вещества наиболее высокая удельная доза приходится на дефекат. Следует иметь в виду, что влажность дефеката равная 58,5% от-

носится к состоянию его на фильтрационных полях завода. Вывезенный в поле в начале лета дефекаат к концу вегетации подсыхает до влажности порядка 36% от абсолютно сухого веса. Определение нейтрализующей способности, влажности извести, и содержания элементов минерального питания необходимо проводить в каждой используемой партии известкового материала.

Таблица 3 – Дозы известковых материалов в расчете на 1 ммольэкв гидролитической кислотности тяжелых почв (т/га)

Известковый материал	Доза CaCO ₃ , т/га	Доза сухого вещества, т/га	Влажность извести, %	Доза влажного вещества, т/га
Известняковая мука	1,0	1,18	10,1	1,23
Дефекаат	1,0	1,12	58,5	1,87
Меловой отход	1,0	1,08	13,1	1,29
Мел	1,0	1,14	18,5	1,28

6. Критерии оптимальности реакции среды

При разработке учреждениями ЦЧП нормативов расхода извести для нейтрализации кислых почв в соответствии с методическими указаниями ВИУА, оптимум рН предусматривалось определять по максимальной урожайности, полученной в полевом опыте. Но, поскольку между величиной рН и урожайностью сельскохозяйственных культур не было однозначной зависимости, оптимум рН был принят с применением экспертной оценки равным 5,8 единицы. В связи с этим, за оптимум рН предпочтительнее принимать такой его уровень, который устанавливается в прямом действии от применения в качестве стандарта известняковой муки в одинарной дозе по эквивалентному отношению к величине гидролитической кислотности. В опытах на слабокислых черноземах этот оптимум также оказался равным 5,8 ед. рН.

7. Нормативы расхода извести

Различные известковые материалы обладают неодинаковой скоростью проявления нейтрализующего влияния во времени. В прямом действии удельный расход известковых материалов по нейтрализующей способности составляет следующие величины (т/гаCaCO₃ на 0,1 рН); известняковая мука – 0,88, дефекаат – 0,72, меловой отход – 0,78 и мел природный – 0,54. Однако общий эффект применения этих веществ с учетом длительности последствия определяется степенью их нейтрализующей способности, обусловленной содержанием карбонатов кальция и, в меньшей мере, магния. Поэтому норматив расхода CaCO₃ целесообразно установить по одному из известковых материалов,

принятому за стандарт. В качестве такого известкового материала подходящим является известняковая мука, действие которой проявляется медленно, но более продолжительно в последствии. В связи с этим, нормативный удельный расход CaCO_3 для сдвига реакции среды по слабокислым почвам на 0,1 рН принимается равным 0,88 т/га.

Удельный расход наиболее распространенных известковых материалов, испытанных в опытах и применяемых в производстве, представлен в сухом состоянии и при наиболее типичном содержании воды (табл. 4).

Таблица 4 – Удельный расход известковых материалов для смещения реакции среды на 0,1 солевого рН (т/га)

Известковый материал	Сухое вещество*	Влажное вещество
1. Известняковая мука	0,98	1,08
2. Дефекат	1,04	1,65
3. Меловой отход	1,00	1,13
4. Мел природный	0,95	1,13

* – удельный расход в сухом состоянии по содержанию нейтрализующего вещества

По абсолютно сухому веществу существенных различий в удельном расходе известковых материалов нет. Повышенный удельный расход дефеката, в сравнении с другими известковыми материалами, обусловлен его значительной влажностью.

В таблице 5 представлены нормативы расхода CaCO_3 по группам кислотности.

Таблица 5 – Нормативы расхода извести в CaCO_3 для смещения солевого рН до 5,8 по группам кислотности

Группа рН		Норма прироста	Расход CaCO_3 для сдвига рН на 0,1, т/га	Расход CaCO_3 на оптимум рН, т/га
интервал	среднее значение			
4,1-4,5	4,25	1,55	0,39	10,2
4,6-5,0	4,75	1,05	0,44	8,1
5,1-5,5	5,25	0,55	0,88	4,8

8. Потребность в известковых материалах

Определение потребности в известковых материалах проводится с учетом оптимального уровня рН, нормы прироста рН, норматива расхода CaCO_3 для сдвига рН на 0,1.

В таблице 6 показана потребность в извести по CaCO_3 для нейтрализации кислых черноземов по группам кислотности для области в целом.

Таблица 6 – Потребность в извести по CaCO₃ для нейтрализации пахотных кислых почв Воронежской области (тыс. тонн)

Группа рН	Площадь, тыс. га	Расход CaCO ₃ на 1 га, тонн	Потребность CaCO ₃ , тыс. тонн
4,1 - 4,5	3,6	10,2	36,7
4,6 - 5,0	135,2	8,1	1095,1
5,1 - 5,5	572,9	4,8	2749,9
Итого:	711,7	-	3881,7

Потребность извести по районам представлена в таблице 2 (Приложение).

9. Пути повышения эффективности известкования

В повышении агроэкономической эффективности известкования определяющими являются выбор известкового материала и подбор почв в большей мере нуждающихся в регулировании реакции среды.

По влиянию на продуктивность растений наиболее эффективным является меловой отход Россошанского химкомбината. Поскольку ценность отхода в этом отношении определяется примесями в нем азота и фосфора, необходимо предварительное в каждом отдельном случае определение их содержания.

В приоритетности проведения работ по известкованию следует соблюдать следующую последовательность: сильнокислые почвы (рН 4,1-4,5), среднекислые (рН 4,6-5,0), а затем только в группе слабокислых почв (рН 5,1-5,5) участки с рН до 5,2. Сравнение распространения различных типов и подтипов почв с площадями кислых земель показывает, что последние относятся не только к серым лесным почвам, оподзоленным и выщелоченным черноземам, но и к подтипу типичных черноземов, это могут быть, прежде всего, легкие по грансоставу почвы.

10. Место известкования в севообороте

Известь можно вносить под любую полевую культуру. Не следует вносить меловой отход под удобряемую в севообороте культуру, поскольку его применение по влиянию на продуктивность растений почти равноценно полной дозе минеральных удобрений.

Считается установленным, что известкование усиливает поражаемость картофеля паршой. Однако, если в севообороте с картофелем известь вносится непосредственно под эту культуру, поражаемость клубнеплодов паршой снижается.

11. Размещение извести в почве

Результаты опытов показывают, что при размещении извести по различным глубинам двадцатисантиметрового пахотного слоя не проявляется различий в продуктивности растений. Глубокая заделка извести приводит к дополнительным непроизводительным потерям ее. Желательна заделка извести в верхней части пахотного слоя.

12. Сроки проведения известкования

Если позволяет состояние поля и погодные условия, известкование можно проводить практически круглый год. Однако, внесение извести по снегу следует избегать из-за возможных ее потерь вместе с переносимым ветром снегом и талыми водами.

Известковать можно весной до посева сельскохозяйственных культур под предпосевную культивацию, после уборки культур. Менее эффективно внесение извести под глубокую отвальную пахоту в пару в течение всего времени до посева озимых.

13. Повторность известкования

В целях определения необходимости повторного известкования, следует осуществлять агрохимический контроль за состоянием почвы.

Результаты опытов на слабокислых черноземах показывают, что по состоянию почвенного поглощающего комплекса известкование в одинарной дозе по гидрологической кислотности следует проводить через 5 лет. При более высоких дозах извести эффективность известкования по влиянию на физико-химические свойства почвы сохраняется более длительный срок.

14. Технология доставки и внесение извести

Применяемые в области известковые материалы: известняковая мука, дефекат, мели меловой отход могут транспортироваться и разбрасываться машинами с открытыми емкостями.

Применение известковых материалов возможно по трем технологическим схемам: прямоточной, перегрузочной и перевалочной.

При прямоточной технологии известковые материалы загружаются в разбрасыватели типа КСА-3, КСА-7, 1-РМГ-4, РУМ-3, РУМ-8 и РУМ-16 и др., перевозятся этими машинами и разбрасываются по полю. При этом, экономически оправданный радиус перевозки для автомобильных разбрасывателей ти-

паКСА-3 и КСА-7, соответственно до 25 и 40 км. Для тракторных разбрасывателей типа 1-РМГ-4 и РУМ-3-2 км, РУМ-8-10 км и РУМ-16-20 км.

При перегрузочной технологии необходимо наличие автомобилей с предварительным подъемом кузова или автоперегрузчиков.

Распространенной является перевалочная технология, при которой известковые материалы со склада вывозятся на границу мелиорируемого поля автосамосвалами, тракторными и автомобильными прицепами. Из буртов известка загружается тракторными погрузчиками в применяемые разбрасыватели удобрений. Экономически оправданными расстояниями перевозки являются: для машин типа ЗИЛ и КАМАЗ с прицепами – 60...100 км, для тракторных прицепов – 20...30 км.

15. Качество известкования и его контроль

Основными показателями, определяющими качество известкования, являются доза извести и равномерность ее внесения. Отклонение фактической дозы от проектной не должно превышать $\pm 10\%$. Варьирование расстояний между проходами агрегата не должно превышать $\pm 5\%$. Неравномерность разбрасывания извести по полю допускается в пределах $\pm 25\%$.

Установка разбрасывающего устройства проводится в начале по соответствующим для каждого разбрасывателя таблицам. Затем определяется фактическая доза внесения извести и после этого проводится регулирование подающего разбрасывающего механизма на расчетную дозу. Учет фактической дозы извести проводится путем взвешивания ее с размещенных по краям и в центре – прохода разбрасывателя противней размером 0,5×0,5 м или полотен.

На практике нередко для внесения извести применяют навозоразбрасыватели, что совершенно недопустимо, в связи с крайне неравномерным распределением извести по поверхности почвы. Не следует заделывать известь на глубину более 20 см.

Целесообразно, чтобы агрохимслужба брала на учет произвесткованные почвы, и при обследовании давала оценку эффективности известкования по физико-химическим свойствам почвы.

Заключение

Прирост площадей кислых почв в Воронежской области, вследствие поэтапного проведения агрохимического обследования, послужил доводом к формированию представления о подкислении почв под влиянием хозяйственной деятельности человека. В связи с этим, проведению экспериментальных работ по регулированию кислотности черноземов предшествовали исследования по выявлению влияния антропогенных и природных факторов на состояние черноземов по изменению реакции среды. В процессе исследований в НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева изучено влияние на кислотность особенностей материнской породы, растительного покрова, удобрений и других элементов агротехники; выявлены суточные, сезонные и межвегетационные колебания реакции среды и физико-химических свойств почвы. Эти колебания зависят от изменяющихся уровня микробиологической активности почвы и продуктивности растений (связанных с метеорологическими условиями), категории сельскохозяйственного угодья, возделываемой культуры и ее агротехники, способов обработки почвы, кислотности применяемых удобрений, использования в земледелии орошения.

Следовательно, реакция среды почвы определяется ее генетическими стабильными свойствами и изменяющимися природно-антропогенными факторами. В связи с этим, регулирование реакции среды почвы может осуществляться по двум направлениям: известкование наиболее кислых почв и применение оптимальной системы земледелия для почв всех уровней кислотности, позволяющее поддерживать оптимальное соотношение накопления и минерализации органических остатков в почве. Планирование работ по известкованию кислых черноземов целесообразнее проводить не по величине гидролитической кислотности, а по реакции почвенной среды. Это обусловлено тем, что нет достаточно полных данных по распространению почв с различной гидролитической кислотностью. Различные по гранулометрическому составу, степени гумусированности и емкости катионного обмена почвы существенно отличаются друг от друга по реакции среды, а по величине гидролитической кислотности различия при этом не всегда отчетливо выражены. Это связано с тем, что реакция почвенной среды определяется степенью насыщенности ППК основаниями.

Результаты проведенных экспериментальных исследований показывают, что эффективность известкования и применения удобрений более высокая в почвах с соевым рН 5,2 и менее. С учетом этого, в целях более обоснованного планирования работ по известкованию кислых черноземов, целесообразно выделить среди них две группы почв: первая – с рН 5,2 и менее, вторая – с рН 5,3-5,5. Известкование следует проводить, в первую очередь, в почвах первой группы.

Таблица 1 – Группировка пахотных почв в Воронежской области по степени кислотности. Пахотный слой почвы. 1.01.2016 г. (тыс.га).
Данные центра агрохимслужбы «Воронежский»

Наименование районов	Обслед. площ. пашни	Группировка почв по степени кислотности					Итого кислых почв	% от обслед. площ.
		сильнокислые 4,1-4,5	среднекислые 4,6-5,0	слабокислые 5,1-5,5	близк. к нейтр. 5,6-6,0	нейтр. больше 6,0		
Область	2519,3	3,6	135,2	572,9	737,2	1070,4	711,7	28,2
1. Северо-запад	383,6	0,6	58,4	142,6	77,1	104,8	201,6	52,6
Нижнедевицкий	64,4	-	10,6	29,8	13,0	11,0	40,4	62,7
Острогожский	68,1	-	2,2	13,7	15,4	36,7	15,9	23,3
Рамонский	49,6	0,6	19,1	24,2	3,0	2,7	43,9	88,7
Репьевский	51,9	-	0,4	8,1	12,7	30,7	8,5	16,4
Семилукский	87,7	-	24,8	46,3	11,6	5,0	71,1	81,0
Хохольский	61,9	-	1,3	20,5	21,4	18,7	21,8	35,2
2. Центр	759,2	1,4	36,5	215,5	328,5	177,3	253,4	33,4
Аннинский	100,8	-	0,4	17,0	58,9	24,5	17,4	17,3
Бобровский	107,6	0,5	4,8	44,3	46,4	11,6	49,6	46,1
Верхнехавский	59,4	-	3,6	22,1	19,7	14,0	25,7	43,3
Каширский	56,8	-	0,6	11,4	35,2	9,6	12,0	21,1
Лискинский	96,7	0,8	15,0	37,0	20,9	23,0	52,8	54,6
Новоусманский	62,0	-	7,4	29,9	19,9	4,8	37,3	60,1
Панинский	77,1	-	-	13,9	47,0	16,2	13,9	18,0
Таловский	113,5	0,1	4,1	25,9	32,4	51,0	30,1	26,5
Эртильский	85,3	-	0,6	14,0	48,1	22,6	14,6	17,1
3. Восток	356,3	0,6	21,6	106,6	130,5	97,0	128,8	36,1
Борисоглебский	55,3	0,2	3,2	40,2	9,6	2,1	43,6	78,8
Грибановский	84,1	0,1	4,6	21,7	39,9	17,8	26,4	31,4
Новохоперский	85,7	0,2	6,0	11,8	24,0	43,7	18,0	21,0
Поворинский	55,9	0,1	5,2	17,7	13,5	19,4	23,0	41,1
Терновский	75,3	-	2,6	15,2	43,5	14,0	17,8	23,6
4. Юго-восток	515,8	0,9	15,3	81,0	129,8	288,8	97,2	18,8
Бутурлиновский	100,9	-	0,1	3,3	29,1	68,4	3,4	3,4
Верхнемамонский	58,8	-	0,8	14,6	11,2	32,2	15,4	26,2
Воробьевский	72,9	0,1	0,2	2,9	20,7	49,0	3,2	4,4
Калачеевский	111,0	-	0,2	6,8	27,8	76,2	7,0	6,3
Павловский	88,0	0,2	2,1	29,1	22,9	33,7	31,4	35,7
Петропавловский	84,2	0,6	11,9	24,3	18,1	29,3	36,8	43,7
5. Юго-запад	504,5	0,1	3,4	27,2	71,3	402,5	30,7	6,1
Богучарский	96,3	0,1	0,8	6,3	13,9	75,2	7,2	7,5
Каменский	41,5	-	0,1	2,2	10,8	28,4	2,3	5,5
Кантемировский	131,5	-	1,5	7,3	13,1	109,6	8,8	6,7
Ольховатский	54,0	-	0,3	1,8	6,1	45,8	2,1	3,9
Подгоренский	63,4	-	0,1	5,0	14,6	43,7	5,1	8,0
Россошанский	117,8	-	0,6	4,6	12,8	99,8	5,2	4,4

Таблица 2 – Потребность в извести по CaCO₃ для нейтрализации кислых почв по районам Воронежской области (тыс.тонн) на 1.01.2016 г.

Наименование районов	Сильно-кислые 4,1-4,5	Средне-кислые 4,6-5,0	Слабо-кислые 5,1-5,5	Итого
Область	36,7	1095,1	2749,9	3881,7
1. Северо-западная микроразона	6,1	473,0	684,5	1163,6
Нижнедевицкий	-	85,9	143,0	228,9
Острогожский	-	17,8	65,8	83,6
Рамонский	6,1	154,7	116,2	277,0
Репьевский	-	3,2	38,9	42,1
Семилукский	-	200,9	222,2	423,1
Хохольский	-	10,5	98,4	108,9
2. Центральная микроразона	14,3	295,7	1034,4	1344,4
Аннинский	-	3,2	81,6	84,8
Бобровский	5,1	38,9	212,6	256,6
Верхнехавский	-	29,2	106,1	135,3
Каширский	-	4,9	54,7	59,6
Лискинский	8,2	121,5	177,6	307,3
Новоусманский	-	59,9	143,5	203,4
Панинский	-	-	66,7	66,7
Таловский	1,0	33,2	124,3	158,5
Эртильский	-	4,9	67,2	72,1
3. Восточная микроразона	6,1	175,0	511,7	692,8
Борисоглебский	2,0	25,9	193,0	220,9
Грибановский	1,0	37,3	104,2	142,5
Новохоперский	2,0	48,6	56,6	107,2
Поворинский	1,0	42,1	85,0	128,1
Терновский	-	21,1	73,0	94,1
4. Юго-восточная микроразона	9,2	123,9	388,8	521,9
Бутурлиновский	-	0,8	15,8	16,6
Верхнемамонский	-	6,5	70,1	76,6
Воробьевский	1,0	1,6	13,9	16,5
Калачеевский	-	1,6	32,6	34,2
Павловский	2,0	17,0	139,7	158,7
Петропавловский	6,1	96,4	116,6	219,1
5. Юго-западная микроразона	1,0	27,5	130,6	159,1
Богучарский	1,0	6,5	30,2	37,7
Каменский	-	0,8	10,6	11,4
Кантемировский	-	12,2	35,0	47,2
Ольховатский	-	2,4	8,6	11,0
Подгоренский	-	0,8	24,0	24,8
Россошанский	-	4,9	22,1	27,0