МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «КУРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

КОМИТЕТ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Научно-практические рекомендации по известкованию почв в Курской области

Курск- 2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «КУРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

КОМИТЕТ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Научно-практические рекомендации по известкованию почв в Курской области

Курск – 2019

УДК 631.821 (470.323)
Чуян О.Г., Дубовик Д.В., Масютенко Н.П., Лазарев В.И.
Научно-практические рекомендации по известкованию почв в Курской области. – Курск. ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», Комитет АПК Курской области, 2019. - 30 с.

Освещены теоретические и практические аспекты применения кальцийсодержащих соединений. Дана характеристика кислотно-основных свойств почв Курской области. Представлены общие положения планирования мероприятий по регулированию кислотности почв. Показаны различные методы (классические и инновационные) определения доз применяемых мелиорантов, виды известковых удобрений, особенности составления плана известкования. Приведены примеры расчета норм внесения известковых материалов для основного мелиоративного известкования для черноземов и серых лесных почв. Эти материалы могут быть использованы для разработки конкретных мероприятий по известкованию почв в Курской области, направлены на принятие технологических и хозяйственных решений при возделывании сельскохозяйственных культур и повышения плодородия почвы.

Научно-практические рекомендации предназначены широкому кругу специалистов сельского хозяйства, руководителям и специалистам АПК, сотрудникам НИУ земледельческого профиля.

Одобрены и рекомендованы к изданию Ученым советом ФГБНУ «Курский ФАНЦ» «7» июня 2019 года, протокол № 7.

ISBN- 978-56043200-4-4

© ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2019
© Комитет АПК Курской области, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение…….. 4
1. Природно-ресурсный потенциал Курской области……5
2. Понятия, термины и определения …….....…...11
3. Общие положения планирования мероприятий по регулированию физико-химических свойств почв……13
4. Определение доз применяемых мелиорантов……....16
5. Виды известковых удобрений……...……..…27
6. Особенности составления плана известкования……...28
7. Примеры расчета норм внесения известковых материалов для основного, мелиоративного известкования для черноземов и серых лесных почв……...29
Список использованной литературы…….....31

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим принципом современного сельскохозяйственного производства является применение интенсивных методов ведения сельского хозяйства с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур и качества выращиваемой продукции. Почвы являются базисом для выращивания сельскохозяйственных культур, основой сельскохозяйственного производства. К ведущим свойствам почвы по совокупности системных связей относится реакция почвенной среды. От ее значения зависит направленность и интенсивность практически всех процессов в почве, обеспечивающих азотный, фосфорный, калийный режимы и доступность элементов питания, в том числе, и микроэлементов.

Плодородие почв во многом определяется совокупностью физико-химических свойств. При этом почвенный покров ряда областей Центрального Черноземья характеризуется высокой долей кислых почв - Тамбовской -71,6 %, Липецкой - 63,9 %. В Курской области более половины пахотных угодий имеют в разной степени кислую реакцию среды, причем за последние годы площади кислых почв увеличились. Характеристики важнейших режимов почв, гумусного состояния, физико-химических свойств, обеспеченности основными макро- и микроэлементами питания подвержены значительным изменениям в длительном и средневременном цикле в зависимости от условий сельскохозяйственного использования.

В условиях Центрального Черноземья длительное сельскохозяйственное использование земель приводит к повышению темпов и масштабов подкисления почв. Это обусловлено, с одной стороны, повышением выщелачивания верхних горизонтов почв, с другой стороны, нескомпенсированными потерями оснований (Ca^{2+}, Mg^{2+}) в результате выноса урожаем культур и применения минеральных удобрений (в последнее время преимущественно азотного компонента). Это неминуемо влечет за собой разрушение самого поглощающего комплекса, выражающегося в сокращении емкости поглощения почв. Наблюдается снижение содержания гумуса и ухудшение его качества, обусловленное, в том числе, развитием эрозионных процессов и сокращением источников его новообразования.

Наряду с этим, усиливаются процессы разрушения почвенной матрицы на уровне зерен почвенных минералов в результате усиливающегося выщелачивания, что ускоряет деградацию почв. При этом ухудшаются структура, агрофизические свойства почвы, что ведет к заплыванию и сокращению водопроницаемости, а в условиях расчлененного рельефа приводит к снижению запасов влаги в почве, к увеличению размеров поверхностного стока и, соответственно, смыва почвы, нарушению экологического равновесия ландшафта.

В кислой среде наблюдается низкая биологическая активность почв, подавляется развитие полезных микроорганизмов: при pH ниже 4,5 прекращается азотфиксация, снижается жизнедеятельность микроорганизмов, мобилизующих фосфор из труднодоступных для растений почвенных фосфатов, активно размножаются патогенные грибы, увеличивается растворимость токсичных соединений

алюминия и марганца, повышается дисперсность гумуса, в почве образуются нерастворимые фосфаты железа и алюминия, снижается подвижность молибдена, а также эффективность вносимых в почву удобрений.

Повышенная кислотность почвы ухудшает рост и ветвление корней, снижает проницаемость протоплазмы клеток, поэтому ухудшается поступление питательных веществ в растения, вызывая сильные нарушения в углеводном и белковом обмене, отрицательно влияет на закладку генеративных органов, что приводит к снижению урожайности возделываемых культур.

Поэтому вопросы известкования почв в Курской области, направленного на снижение кислотности почв, повышение их плодородия и продуктивности земель, в настоящее время актуальны и их решению посвящены данные научно-практические рекомендации.

1. ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Курская область находится в центре Европейской части России и занимает западную часть Центрально-Чернозёмной зоны. Вся территория Курской области составляет 29,8 тыс. кв. км. Рельеф Курской области, занимающей юго-запад Среднерусской возвышенности, представляет собой приподнятую пластовую пологоувалистую, эрозионно-денудационную равнину, осложненную системой гряд и холмов и расчлененную речными долинами, балками, оврагами.

Климат Курской области - умеренно-континентальный, с теплым и влажным летом, сравнительно короткой и мягкой зимой. Продолжительность солнечного сияния за год составляет 1700-1790 час. Годовой приход солнечной радиации при отсутствии облачности составляет за год до 4806 МДж/м, а с учетом облачности - 3730 МДж/м^2.

Средняя месячная температура воздуха самого теплого месяца июля колеблется в пределах от 18,5 до 19,8 °С. Наиболее холодный месяц -январь. Средняя температура его колеблется от - 9,4° (Поныри) до - 7,7° (Теткино). Среднегодовая температура воздуха от +4,6° на севере (Поныри) до +6,1 на юго-западе (Коренево). Наиболее теплый месяц - июль. Его температура на севере 18,8 , на юге - 19,4° - 19,6 . Сумма температур за период с температурами выше 10°С (140 - 155 дней) по территории области варьирует от 2300 до 2567°С. Безморозный период продолжается в среднем 150 дней.

Наибольшее количество осадков выпадает в северо-западной части области 550-640 мм, наименьшее - в восточной и юго-восточной части - 480-500 мм. Две трети осадков выпадает в жидком виде, а одна треть - в виде снега. Около 70% осадков выпадает в теплый сезон с апреля по октябрь, значительная часть их в виде ливней. Высота снежного покрова к концу зимы достигает 24-30 см. Наибольший запас воды в снеге составляет 65-100 мм.

Средняя глубина промерзания почвы в зимний период составляет 60-90 см, наибольшая - около 150 см. Курская область относится к зоне умеренного увлажнения, при этом степень увлажнения по территории изменяется в зональном направлении, снижаясь от северо-западных районов (коэффициент увлажнения

равен 1,05-1,09) к юго-восточным (КУ=0,95-0,86). Гидротермический коэффициент периода активной вегетации изменяется от 1,08 до 1,35.

По тепло- и влагообеспеченности территория Курской области делится на два агроклиматических района. Первый агроклиматический район включает административные районы: Железногорский, Золотухинский, Конышевский, Поныровский, Советский, Черемисиновский, Щигровский, а также северные части Горшеченского, Курского, Солнцевского, Льговского и Хомутовского районов. Второй агроклиматический район включает территорию остальных районов области, при этом первый агроклиматический район характеризуется большей влагообеспеченностью, а второй - большей теплообеспеченностью. Сумма температур за период активной вегетации растений в первом агроклиматическом районе варьирует от 2300 до 2450 °С, а гидротермический коэффициент в среднем составляет 1,3. Во втором агроклиматическом районе сумма температур изменяется от 2350 до 2570 °С, а гидротермический коэффициент составляет 1,2.

Согласно почвенно-географическому районированию территория Курской области входит в две почвенные зоны: лиственно-лесная зона (северо-западная часть) и лесостепная зона (остальная территория). Лиственно-лесная зона на территории области представлена Среднерусской провинцией, где преобладают серые лесные почвы в сочетании с чернозёмами оподзоленными. Лесостепная почвенная зона представлена двумя почвенными провинциями:

1. Украинская лесостепная провинция оподзоленных, выщелоченных и типичных чернозёмов в сочетании с серыми лесными почвами занимает территорию южнее линии Глушково, вдоль р. Сейм до Курска и далее по линии Медвенка - Обоянь.

2. Среднерусская лесостепная провинция оподзоленных, выщелоченных и типичных чернозёмов с пятнами серых лесных почв. В эту провинцию входит территория области, расположенная восточнее г. Курска.

В Курской области общая площадь земель (табл.1, рис.1) составляет около 3 млн. га, из которых пашня занимает 1852 тыс. га (61,7%). На долю чернозёмных и серых лесных почв приходится 82,4 % территории.

Чернозёмы являются наиболее распространенными и наиболее плодородными почвами на территории области. Для них характерны благоприятные водно-воздушные и тепловые свойства. В пахотном слое чернозёмов оподзоленных неэродированных и эродированных реакция солевой вытяжки слабокислая - pH=5,2-5,4 (рис.2), гидролитическая кислотность высокая - 4,6-7,1 мг·экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований малая - 22-30 мг·экв/100 г почвы, содержание гумуса 5,0-6,9 %.

В пахотном слое чернозёмов выщелоченных неэродированных и эродированных реакция солевой вытяжки близкая к нейтральной - pH 5,6-6,0, гидролитическая кислотность высокая 2,9-5,5 мг·экв./100 г почвы, сумма поглощенных оснований- 33-39 мг·экв./ 100 г почвы, содержание гумуса 5,0-7,0 %.

В пахотном слое чернозёмов типичных и типичных карбонатных неэродированных и эродированных реакция солевой вытяжки близкая к нейтральной -pH 5,7-6,4, гидролитическая кислотность 1,2-3,2 мг·экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований- 33-43 мг·экв/ 100 г почвы, содержание гумуса 5,0-7,8 %.

Индекс цвет	Почвы	Индекс цвет	Почвы
1.	Дерново-подзолистые	10	Чернозёмы типичные слабо и мало-гумусные
2	Светло-серые лесные	11	Чернозёмы типичные среднегу-мусные
3	Серые лесные	12	Чернозёмы типичные мощные сл. и малогумусные
4	Тёмно-серые лесные	13	Чернозёмы типичные мощные среднегумусные
5	Чернозёмы оподзоленные слабо и малогумусные	14	Чернозёмы ост. солонцеватые
6	Чернозёмы оподзоленные среднегумусные	15	Лугово-чернозёмные
7	Чернозёмы выщелоченные слабо и малогумусные	16	Пойменные луговые
8	Чернозёмы выщелоченные среднегумусные	17	Пойменные болотные
9	Чернозёмы выщелоченные слабо и малогумусные		

Рисунок 1 - Карта – схема почв Курской области

Таблица 1 - Почвы Курской области
(Муха В.Д., Сулима А.Ф., Чаплыгин В.И., 2006)

Наименование почвы	Площади	
	тыс. га	%
Дерново-подзолистые	15,5	0,5
Серые лесные	687,2	23,5
Чернозёмы	1675,8	57,5
Лугово-черноземные	41,7	1,4
Почвы склонов и днищ балок	261,1	8,9
Пойменные луговые и влажно-	155,4	5,3
Пойменные болотные и лугово-	79,0	2,7
Песчаные	6,1	0,2
Всего	2921,8	100,0

Серые лесные почвы по распространению в области занимают второе место после чернозёмных почв. Химические свойства серых лесных почв могут колебаться в значительных пределах: реакция солевой вытяжки от сильнокислой до нейтральной (4,2-6,0); гидролитическая кислотность от низкой до высокой (0,7-9,4 мг-экв/100 г почвы); сумма поглощенных оснований малая (6,0-16,0 мэкв/100 г почвы), степень насыщенности основаниями варьирует от очень низкой до высокой (53-93%).

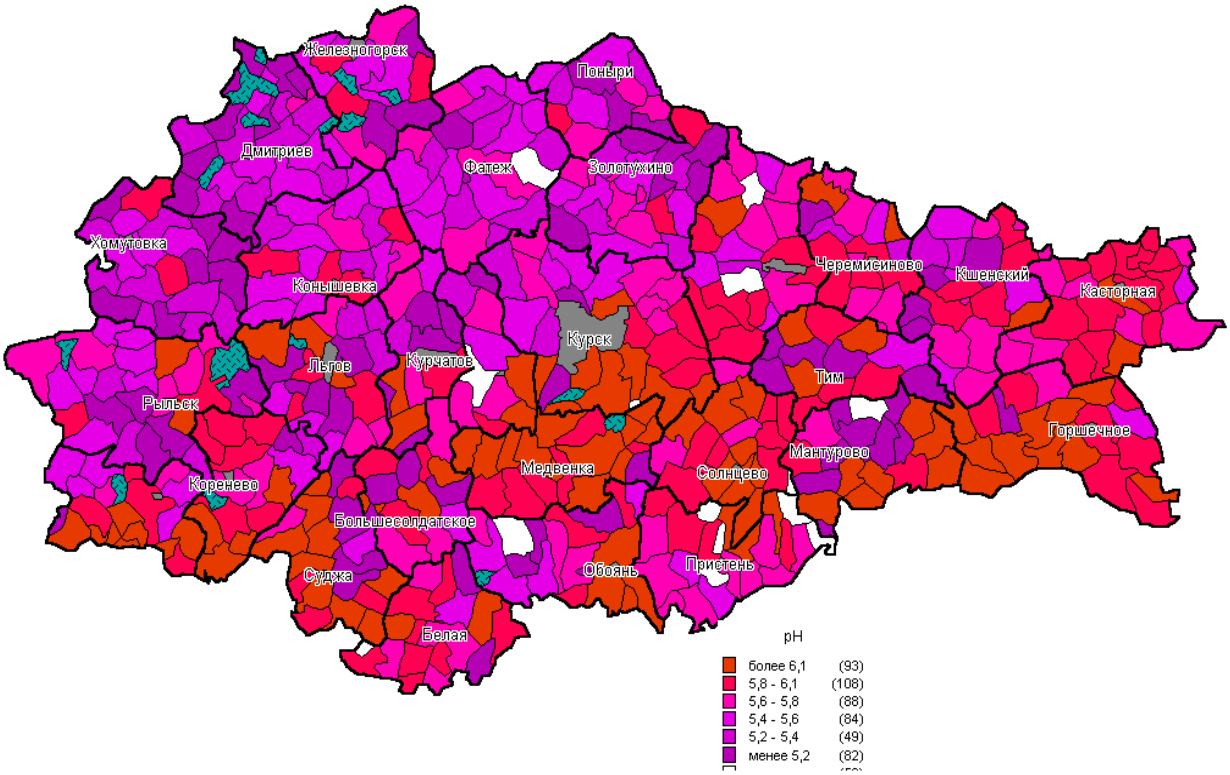

Рисунок 2 - Кислотность почв Курской области

Содержание гумуса в песчаных разновидностях серых лесных почв составляет 0,7-1,5 %, в легкосуглинистых неэродированных 1,0 -2,4 %,

Таблица 2 - Распределение территорий районов Курской области по степени кислотности пахотных почв

Районы	Площадь, га	Сильно-кислые	Средне-кислые	Слабо-кислые	Близкие к нейтральным	Нейтральные	Кислые почвы	Средневзвешенное значение pH_{KCl}
		4,1- 4,5	4,6 –5,0	5,1 – 5,5	5,6 –6,0	> 6,0		
Беловский	36937	0	5176	13929	11007	6825	19105	5,5
Большесолдатский	49404	135	7292	22458	12043	6672	29885	5,5
Глушковский	43758	154	4570	9421	11879	17734	14145	5,9
Горшеченский	37185	196	4353	14990	6169	11610	19539	5,8
Дмитриевский	73200	200	10700	41300	17700	3300	52200	5,2
Железногорский	47171	550	18000	23624	4164	833	42174	5,2
Золотухинский	42914	585	25244	15009	931	1146	40838	4,9
Касторенский	67188	0	9194	44021	8746	5227	53215	5,3
Конышевский	66088	735	29327	29093	5730	1197	95155	5,1
Кореневский	50058	24	3668	18806	15524	12036	29498	5,6
Курский	52410	3185	21987	12689	6765	7784	37860	5,4
Курчатовский	37490	120	10593	13412	8609	4756	24125	5,2
Льговский	54507	23	7881	28414	12406	5783	36318	5,5
Мантуровский	48149	0	3994	8546	9193	26417	12540	6,1
Медвенский	60534	95	3969	29513	12354	14602	33577	5,8
Обоянский	50288	254	27812	15490	3872	2860	43557	5,2
Октябрьский	31408	193	9310	12572	6487	2846	22075	5,3
Поныровский	22093	25	15717	5970	259	122	21712	4,9
Пристенский	21025	0	3064	12463	2120	2482	15527	5,4
Рыльский	80188	867	37400	28401	9177	4343	66668	5,2
Советский	45954	112	11460	23469	4835	6257	35091	5,4
Солнцевский	35774	0	2135	11807	6518	15314	13942	6,0
Суджанский	54768	0	2280	15918	17463	19292	18198	5,7
Тимский	44889	26	8992	26032	5513	4326	35045	5,5
Фатежский	84512	15	31236	46585	5080	1596	77836	5,1
Хомутовский	73381	427	27169	33435	9193	3157	61031	5,2
Черемисиновский	53915	35	15292	30910	3936	3742	46237	5,3
Щигровский	71695	0	18103	36714	7605	9273	54817	5,4

слабоэродированных 1,0-1,8 %, в среднеэродированных 0,7-1,3, в среднесуглинистых неэродированных 1,3-3,0%, в слабоэродированных 0,9-1,1%.

С глубиной почти во всех разновидностях почв происходит снижение кислотности. Реакция почвенного раствора темно-серых лесных почв колеблется от сильнокислой (4,3) до нейтральной (6,9), гидролитическая кислотность 0,5 -8,4 мг·экв/100 г почвы, сумма обменных оснований 5,0 - 34,0 мг·экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями 60-97%.

Содержание гумуса в супесчаных разновидностях - 1,1-3,2%, в тяжелосуглинистых - 2,3-5,9 %. Согласно данным агрохимической станции «Курская», в течение последних 50 лет средневзвешенная величина pH в почвах Курской области оставалась относительно стабильной, однако доля нейтральных почв сокращалась, а среднекислых - увеличивалась и к 2014 году площади кислых почв достигали уже 67%. В настоящее время средневзвешенное значении pH по области составляет 5,4 (табл. 2).

Почв с кислой реакцией среды в области более половины и встречаются они повсеместно, хотя сплошные их массивы расположены в северо-западных районах области, поскольку почвенный покров здесь представлен в основном серыми лесными почвами, а также чернозёмами оподзоленными и выщелоченными. В зависимости от кислотности почв, а также с учетом обеспеченности другими почвенными и климатическими факторами плодородия эффект от оптимизации кислотности почв будет изменяться, поэтому различна и относительная приоритетность известкования почв Курской области по районам (рис.3).

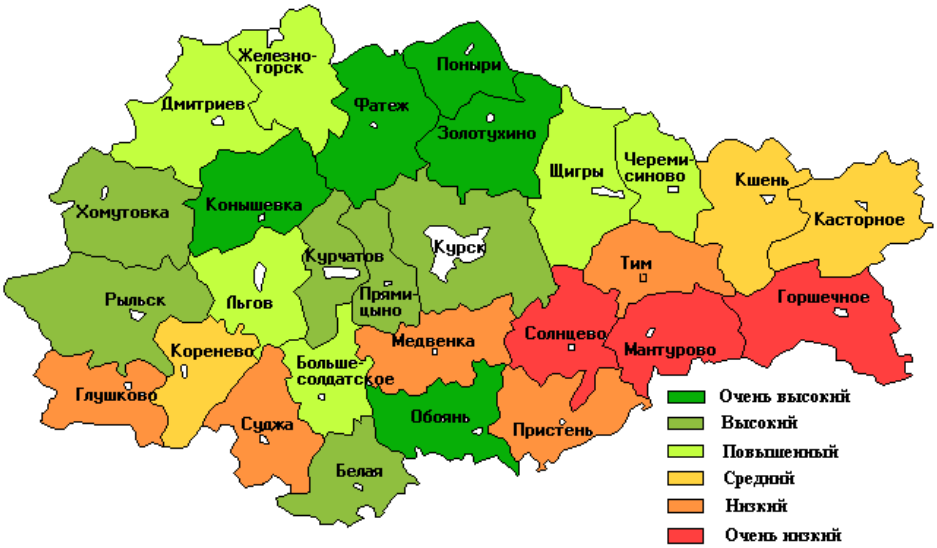

Рисунок 3 - Распределение территории Курской области по приоритетности известкования почв

Таким образом, на территории Курской области выявлены значительные площади почв, требующих как первоочередного мелиоративного известкования, так и периодического для поддержания их плодородия. Для устранения лимитирующих уровней кислотности почв необходимо учитывать базовые почвенные свойства и гидротермические условия. Установлена приоритетность известкования почв по районам Курской области.

2. ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Кислотно-основные свойства почв, от которых зависит рост и развитие растений, оценивают при решении практически любых проблем почвоведения, агрохимии, мелиорации. Но не менее важен и тот факт, что кислотность и щелочность в той или иной мере обусловливают многие другие свойства почв, влияя на подвижность химических элементов и их доступность растениям, на реальную емкость катионного обмена и состав обменных катионов, на ферментативную активность почв, их физические свойства и т.п.

Кислотность почвы. Почвенная кислотность обусловливается наличием ионов водорода и алюминия в почвенном растворе и поглощающем комплексе. В зависимости от места нахождения водорода и алюминия в почве кислотность делится на два вида: актуальную (активную) и потенциальную.

Актуальная кислотность связана с активностью H^+-ионов в жидких фазах почвенных систем и обусловлена повышением концентрации ионов водорода в почвенном растворе по отношению к ионам гидроксила OH^-. Образующийся в почве в процессе жизнедеятельности микроорганизмов углекислый газ растворяется в почвенной влаге с образованием угольной кислоты, образующей ионы водорода H^+ и HCO_3^-. В результате этого в растворе повышается концентрация ионов водорода, и он становится кислым. Актуальная кислотность выражается символом **pH** водной вытяжки почв, который представляет собой отрицательный логарифм концентрации водородных ионов, выраженной в грамм-эквивалентах на литр раствора. Значение **pH** уменьшается с увеличением концентрации ионов водорода: чем ниже pH, тем выше кислотность. Эта кислотность может легко изменяться от многих факторов, стабильность ее определяется в первую очередь буферными свойствами почвы.

Потенциальная кислотность почвы обусловлена наличием ионов водорода и алюминия в поглощенном состоянии. Она делится на два вида: обменную и гидролитическую.

Обменная кислотность определяется наличием в поглощенном состоянии ионов водорода и алюминия, способных обмениваться на катионы нейтральных солей. В России обменную кислотность определяют при однократной обработке навески почвы 1 молярным раствором хлористого калия (75 г KCl/ л) и отношении почва—раствор, равном 1:2,5. Обменная кислотность выражается в миллиэквивалентах на 100 г почвы. При этом одновременно определяется и входящая в состав обменной актуальная кислотность. Поэтому pH солевой вытяжки всегда ниже, чем pH водной, а обменная кислотность все-

гда больше актуальной.

Почвы с повышенной обменной кислотностью имеют неблагоприятные агрономические свойства, которые могут быть улучшены известкованием и внесением достаточного количества органических удобрений. Особенно это необходимо при внесении растворимых минеральных удобрений, когда в результате обменных реакций между почвой и удобрением могут переводиться в подвижное состояние поглощенные водород и алюминий. Установлено, что чем выше кислотность почвы, тем больше в ней содержится подвижного алюминия. Появление подвижного алюминия зависит от емкости поглощения почвы: на почвах с большей емкостью поглощения алюминий обнаруживается реже, чем на почвах с малой емкостью при одном и том же значении **pH**.

Гидролитическая кислотность (**Нг**) определяется наличием поглощенных ионов водорода, способных обмениваться на катионы гидролитически щелочных солей или катионы щелочей. Гидролитическая кислотность является формой кислотности, появляющейся при обеднении почвы основаниями. Собственно гидролитическая кислотность (при отсутствии обменной) не вредна для растений, но ее величина важна для установления доз кальцийсодержащих мелиорантов при известковании и при определении границы эффективного действия фосфоритной муки. Она имеется в большинстве черноземов (за исключением южных), в то время как обменная кислотность в них или отсутствует, или составляет небольшую величину.

Емкость катионного обмена (**ЕКО**) является наиболее общим показателем катионообменных свойств почвы. Эффективная емкость катионного обмена складывается из суммы поглощенных оснований и гидролитической кислотности и выражается в миллиэквивалентах на 100 г почвы.

Сумма обменно-поглощенных оснований (**S**) - это суммарное количество поглощенных оснований (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}), определяемое обработкой почвы 0,1- нормальным раствором соляной кислоты, выраженное в миллиэквивалентах на 100 г почвы.

Степень насыщенности почвы основаниями (**V%**) - это доля емкости поглощения в процентах от емкости поглощения, приходящаяся на основания. Чем выше степень насыщенности основаниями, тем лучшими агрономическими свойствами обладает почва.

Этот показатель учитывается при определении потребности почв в известковании, так как при равных величинах гидролитической кислотности в почве может быть разное количество оснований.

Буферной способностью почвы называется ее способность противостоять сдвигу реакции в сторону кислого или щелочного интервала. Она имеет большое значение для жизни растений, так как растения предпочитают определенную стабильную реакцию среды.

Буферность определяется находящимися в почвенном растворе водорастворимыми органическими и неорганическими кислотами и их солями. Она зависит от состава и количества катионов, содержащихся в твердой фазе почвы. Поглощенные основания не дают сдвигаться реакции в сторону кислого интервала, а гидролитическая кислотность является буфером в сторону подщелачи-

вания.

Количественные оценки кислотно-основной буферности почв подтверждают, что чем больше в почве содержится гумуса и тяжелее гранулометрический состав, тем выше ее буферная способность как к подкислению, так и к подщелачиванию и, при прочих равных условиях, большая буферность в ту или иную сторону определяется преобладанием в составе почвенного поглощающего комплекса (**ППК**) ионов H^+ или оснований.

При одинаковой кислотности, но при различной буферности двух почв для снижения кислотности на одну и ту же величину в почву с большей буферностью нужно внести и больше кальцийсодержащих мелиорантов, чем в почву с менее выраженной буферностью. Буферная способность почвы повышается в результате внесения известковых материалов, органических удобрений и при посеве бобовых культур.

Физико-химические свойства тесно взаимосвязаны. Установлено, что наибольший вклад в изменение величины емкости катионного обмена почв (**ЕКО)** имеет содержание органического вещества – 45 %. Показатель кислотности pH_{KCl} определяет 21% изменений ЕКО почв и в наибольшей мере связан с величиной гидролитической кислотности - 62 % .

Известкование почв - химический прием мелиорации, направленный не только на нейтрализацию избыточной кислотности почв, но и на улучшение ее агрохимических, агрофизических или биологических свойств, обеспечение растений кальцием и магнием, мобилизацию или иммобилизацию макро- и микроэлементов в почве, создание оптимальных физических, водно-физических, воздушных и других условий жизни растений. Для этого используют гидролитически щелочные соединения кальция и магния. При этом Ca^{2+} вытесняет из ППК обменные ионы водорода и алюминия, а CO^2 нейтрализует H^+-ионы, как вытесненные из ППК, так и появившиеся в системе при гидролизе алюминия. Таким образом, можно считать, что кальций, насыщая ППК, нейтрализует твердые фазы почвы, а карбонат-ионы — кислотность жидкой фазы.

Потребность почв в известковых материалах (***ППИ***) - в агрономической практике понимают количество извести, которое необходимо внести в почву для получения максимального экономического эффекта при выращивании конкретной культуры на конкретной почве. ППИ зависит от многих факторов — от выращиваемой культуры, свойств почвы и известкующих материалов, применяемой агротехники. Вследствие того, что ППИ зависит от многих факторов, она надежно может быть определена в полевом опыте. Но этот способ при массовых определениях непригоден. Поэтому ППИ оценивают по величине потенциальной кислотности, как обменной, так и гидролитической (pH-зависимой).

3. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ

Планирование мероприятий по регулированию физико-химических свойств почв должно предшествовать другим агротехническим мероприятиям.

Задача по оптимизации физико-химических свойств почвы предусматривает решение ряда вопросов:

1. Определение потребности в известковании.
2. Определение доз вносимых мелиорантов.
3. Выделение земельных участков, возделываемых культур.
4. Составление плана известкования.

Потребность почв в известковых материалах обосновывается, как правило, величинами потенциальной кислотности, как обменной, так и гидролитической (табл. 3).

Таблица 3 - Группировка почв по величине pH солевой вытяжки и гидролитической кислотности (Нг)

Класс почвы	Степень кислотности	**pH** солевой вытяжки	**Нг** гидролитическая кислотность	Потребность почв в известковании
I	Очень сильно-	4,0 и ниже	более 6,0	Очень сильная
II	Сильнокислая	4,1-4,5	5,1 -6,0	Сильная
III	Среднекислая	4,6-5,0	4,1-5,0	Средняя
IV	Слабокислая	5,1-5,5	3,1-4,0	Слабая
V	Близкая к нейтральной	5,6 - 6,0	2,1-3,0	Очень слабая
VI	Нейтральная	6,0 и более	менее 2,0	Отсутствует

В целом, **определение нуждаемости почв в известковании**, очередности и приоритета по участкам, является самостоятельной задачей и **обосновывается возможным эффектом от самого приема**. Различные растения поразному относятся к реакции среды, имеют неодинаковый интервал pH, благоприятный для их роста и развития, и обладают разной чувствительностью к отклонению реакции от оптимальной.

По отношению к реакции среды растения делятся на несколько групп:

1. Культуры, наиболее чувствительные к кислотности и наиболее сильно отзывающиеся на известкование, это: свекла (сахарная, столовая и кормовая), клевер красный, люцерна, донник, эспарцет, горчица, капуста кочанная, лук, чеснок (известкование необходимо при pH 5,8 - 6,0 и ниже).

2. Чувствительные к повышенной кислотности, хорошо отзывающиеся на известкование, это: кукуруза, ячмень, пшеница, горох, подсолнечник, из овощных - огурцы, лук, для них оптимальная реакция 6-7 (известкование целесообраз-

но при pH 5,6 и ниже).

3. Культуры, переносящие умеренную кислотность почвы, но положительно отзывающиеся на известкование, это: рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка (известкование целесообразно при pH 5,1 и ниже).

4. Культуры, не переносящие избытка кальция в почве, малочувствительные к избыточной кислотности, под которые необходимо вносить известь пониженными дозами на почвах средне - и сильнокислых, это: лен и картофель, томат, редис, морковь, кабачки, тыква (известкование целесообразно при pH 5,1 и ниже).

5. Культуры, мало чувствительные к кислотности почвы, мало нуждающиеся или совсем не нуждающиеся в известковании, это: люпин, сераделла, щавель.

Степень нуждаемости почвы в известковании определяется по отличию показателя кислотности pH_{KCl} от оптимальных значений, принятых для данного севооборота и в соответствии с почвенными условиями. Как правило, при pH_{KCl}, ниже оптимальных значений для определенной группы культур и севооборота, проводят известкование мелиоративными дозами (табл. 4).

Таблица 4 - Оптимальные значения кислотности (pH_{KCl}) и степени насыщенности основаниями (V, %) для темно- серых лесных почв, выщелоченных и оподзоленных черноземов, pH_{opt}

Гранулометрический состав почв	Показатели кислотности и степени насыщенности основаниями	Севообороты			
		Полевой с картофелем и мн. травами	С сахарной свеклой	Зерновые и зернопропашные	Кормовые и овощные
Песчаный и супесчаный	pH_{KCl}	5,4	6,0	5,6	5,8
	V, %	75	90	85	85
Легко- и среднесуглинистый	pH_{KCl}	5,6	6,3	5,8	5,9
	V, %	80	93	90	90
Тяжелосуглинистый и глинистый	pH_{KCl}	5,8	6,5	6,0	6,0
	V, %	85	95	92	92

Известкование - один из наиболее эффективных приемов повышения урожая сельскохозяйственных культур на кислых почвах (табл. 5). Прибавки урожая от внесения извести на сильно- и среднекислых почвах составляют (ц/га): зерновых - 2-3, картофеля - 15, сахарной свеклы - 60, многолетних трав - 15, льносоломки - 3. Оптимальное значение pH для одних и тех же культур на различных почвах неодинаково. На легких почвах и с повышением содержания в них органического вещества оптимальные значения pH сдвигаются в сторону снижения.

Таблица 5 - Относительный эффект повышения продуктивности при оптимизации исходной кислотности почв ЦЧР

Кислотность почв			Прибавка продуктивности от оптимизации, %	
Класс	Степень кислотности	pH_{KCl}	Интервал	Средне-взвешенная
II	Кислые	4.1 -4.5	23 - 32	28
III	Среднекислые	4.6 – 5.0	15 - 23	19
IV	Слабокислые	5.1 – 5.5	7 - 14	11
V	Близкие к нейтральным	5.6 – 6.0	2 - 6	4

В таблице 6 приведены примерные прибавки урожая сельскохозяйственных культур от внесения извести в почву с различной кислотностью. За ротацию 6-8- польного севооборота 1 т $CaCO_3$ обеспечивает прибавку урожая сельскохозяйственных культур 6-8 ц/га зерновых единиц.

Таблица 6 - Примерные прибавки урожая различных культур в зависимости от дозы внесения извести, ц/га

Культура	Кислотность почвы, pH	Дозы внесения извести ($CaCO_3$), т/га			
		2-4	**4-6**	**6-8**	**8**
Озимая пшеница	4,6-5,0	2,7	4,0	4,6	5,0
Ячмень	4,6-5,0	3,0	3,6	4,1	4,4
Озимая рожь	4,6-5,0	1,7	2,0	2,4	2,8
Овес	4,6-5,0	1,7	2,0	2,2	2,5
Кукуруза на силос)	4,6-5,0	20	30	40	40
Яровая пшеница	4,6-5,0	1,0	1,5	2,0	2,0
Сахарная свекла	4,6-5,0	30	40	60	90
Картофель	4,6-5,0	13	17	17	10
Капуста кочанная	5,0 и ниже	40	44	41	39
Томаты	4,5 -5,0	-	22	48	18
Морковь	4,5 и ниже	-	29	-	34
Однолетние травы (сено)	4,6-5,0	6	8	10	10
	5,1-5,5	5	8	8	8
Многолетние травы (сено)	4,6-5,0	12	15	18	20
	5,1-5,5	9	12	13	15

На основе исследований баланса кальция и его расходных статей известкование целесообразно делить на

- основное, мелиоративное, обеспечивающее сдвиг реакции среды до оптимального уровня;
- поддерживающее, компенсирующее избыточные потери оснований агрогенного характера.

В связи с миграцией оснований с атмосферными осадками из пахотного и корнеобитаемого слоев, отчуждением их с растительной продукцией и при применении физиологически кислых азотных минеральных удобрений и хлоридов калия происходит постоянное подкисление почв тогда, когда потери оснований из почвы не будут компенсированы путем внесения известковых удобрений.

Общий расход $CaCO_3$ из почвы составляет в год до 300-500 кг/га. Он зависит от количества атмосферных осадков, гранулометрического состава почв, уровня применения физиологически кислых форм минеральных удобрений, их ассортимента и других условий. Поэтому известкование является ***не разовым агротехническим приемом,*** а его приходится ***периодически повторять через определенные промежутки времени по мере подкисления почв***. Методические подходы по установлению доз известковых удобрений при первичном и повторном известковании единые. Как правило, все затраты на известкование окупаются в первые 2-3 года.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕЛИОРАНТОВ

Определение норм внесения известковых материалов **для основного, мелиоративного известкования** осуществляется

- по величине гидролитической кислотности;
- по таблицам, связывающим дозы мелиоранта с величиной pH_{KCl} и гранулометрическим составом;
- по нормативам затрат на смещение ед. pH_{KCl} или по новым в этой области разработкам.

При этом расчеты изначально ведутся на чистый карбонат кальция - $CaCO_3$.

1. Мелиоративные дозы карбоната кальция по величине гидролитической кислотности находят по выражению:

$$\mathbf{И_М = 5 \cdot Hг \cdot d \cdot h,} \qquad (1)$$

где $\mathbf{И_М}$- доза $CaCO_3$, т/га на период мелиорации;

Нг –гидролитическая кислотность пахотного слоя, в мг·экв/100г почвы;

d - плотность почвы, г/см^3;

h- мощность пахотного слоя, м.

Определение доз извести по гидролитической кислотности является более точным, чем только по величине pH и гранулометрическому составу, хотя и этот метод не свободен от существенных недостатков. Теоретически количество мелиоранта, определенное этим методом, должно доводить реакцию почвы до значения

pH, применявшегося в анализе буферного раствора (pH 8,2 или 7,0). Однако из-за неполноты вытеснения ионов водорода при взаимодействии почвы с раствором фактически достигаемая при известковании реакция значительно ниже.

2. Мелиоративные дозы $CaCO_3$ можно также определить на планируемый сдвиг pH до оптимального уровня по нормативам затрат на смещение ед. pH_{KCl} по формуле:

$$\mathbf{И_М\ (т/га) = 10 \cdot \Delta pH \cdot a}, \quad (2)$$

где Δ $\mathbf{pH_{KCl}}$ - планируемый сдвиг pH ед;

а - норматив расхода (т/га) $CaCO_3$ для смещения pH на 0,1 ед.

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

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

где: $\mathbf{И_М}$ - мелиоративная доза $CaCO_3$, т/га;

$\mathbf{pH_i}$ и $\mathbf{pH_{opt}}$ - исходное и оптимальное значения $\mathbf{pH_{KCl}}$;

h – глубина (м);

d – плотность почвы (г/см^3);

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

М - модуль катионообменной емкости равный **0,5·(S+Нг)** – половине суммы обменно-поглощенных оснований и гидролитической кислотности**, мг·экв/100г.** Если данные параметры в почве не определялись, то показатель можно определить на основе содержания гумуса (Г,%) и физической глины (Фг,%) **М= 2·Г+0,14·Фг.**

Метод учитывает основные факторы:

1. тип, подтип почвы;
2. тип севооборота;
3. гранулометрический состав почвы;
4. содержание гумуса;
5. плотность почвы;
6. мощность пахотного горизонта.

Средние значения параметров и характеристик для оценки буферности подтипов почв Курской области по градациям гранулометрического состава представлены в таблице 7.

Наилучшим вариантом известкования является доведение реакции почвы до оптимального уровня, а в последующем — поддержание этого уровня путем внесения небольших норм мелиорантов.

Таблица 7- Средние агрохимические параметры и характеристики для оценки буферности и мелиоративных доз карбоната кальция для пахотных почв Курской области по уравнениям 1, 2, 3

Гранулометрический состав	Гумус, **%**	pH_{KCl}	Плотность почвы, г/см^3	**М,** модуль ЕКО	**τ,** показатель изменения ЕКО	**а,** норматив расхода $CaCO_3$, т/га / 0,1 ед. pH
Светло-серые лесные						
Супесчаный	1,71	5,21	1,48	5,5	0,22	**0,37**
Легко суглинистый	2,23	5,18	1,39	8,0	0,20	**0,51**
Ср. суглинистый	2,6	5,21	1,32	10,1	0,19	**0,63**
Серые лесные						
Супесчаный	2,04	5,17	1,46	6,2	0,20	**0,39**
Легко суглинистый	2,6	5,18	1,37	8,7	0,19	**0,54**
Ср. суглинистый	2,80	5,26	1,31	10,5	0,19	**0,64**
Тяж. суглинистый	3,45	5,19	1,22	13,2	0,17	**0,77**
Темно-серые лесные						
Супесчаный	2,28	5,28	1,45	6,7	0,19	**0,42**
Легко суглинистый	3,1	5,23	1,35	9,7	0,17	**0,57**
Ср. суглинистый	3,24	5,18	1,29	11,4	0,17	**0,67**
Тяж. суглинистый	3,65	5,23	1,21	13,6	0,16	**0,79**
Черноземы оподзоленные						
Легко суглинистый	3,80	5,26	1,31	11,1	0,15	**0,62**
Ср. суглинистый	4,00	5,22	1,25	12,9	0,15	**0,72**
Тяж. суглинистый	4,78	5,22	1,15	15,9	0,13	**0,85**
Глинист.	5,34	5,99	1,06	18,4	0,13	**0,97**
Черноземы выщелоченные						
Супесчаный	3,04	5,77	1,41	8,2	0,16	**0,48**
Легко суглинистый	4	5,36	1,30	11,5	0,14	**0,64**
Ср. суглинистый	4,77	5,41	1,20	14,4	0,13	**0,77**
Тяж. суглинистый	5,33	5,48	1,12	17,0	0,12	**0,89**
Глинистый	5,78	5,88	1,04	19,3	0,12	**1,00**
Черноземы типичные						
Легко суглинистый	4,43	5,83	1,28	12,4	0,13	**0,67**
Ср. суглинистый	4,96	5,95	1,19	14,8	0,13	**0,79**
Тяж. суглинистый	5,47	6,00	1,11	17,2	0,12	**0,90**
Глинистый	6,01	6,19	1,03	19,7	0,11	**1,01**

Эффективное действие полных норм мелиорантов продолжается не менее 7—10 лет, и потери извести из почвы в первые 4—6 лет, как правило, не приво-

дят к существенному снижению урожаев сельскохозяйственных культур (за исключением овощных участков с культурами, высокочувствительными к кислотности, на поливных землях). Расчет доз известковых материалов для поддерживающего известкования проводится на основании баланса оснований с учетом агроклиматических условий, почвенной и агрохимической характеристик, культур севооборота, их урожайности, внесения минеральных и органических удобрений.

Среднегодовые дозы $CaCO_3$ для поддерживающего известкования (**$И_П$**, т/га год) рассчитываются по следующему уравнению:

$$И_П = 10^{-3} \cdot (И_J + И_M + И_W - И_O), \quad (4)$$

где: **$И_J$** - потери $CaCO_3$ на вымывание из почвы, кг/ га в год;

$И_M$ - потери $CaCO_3$ при внесении минеральных удобрений, кг/ га;

$И_W$ -потери $CaCO_3$ на вынос урожаем культур, кг/ га;

$И_O$ – поступление $CaCO_3$ с органическими удобрениями, кг/ га;

Потери $CaCO_3$ на вымывание из почвы в кг/га год определяют по формуле 5:

$$И_J = 0{,}036 \cdot (\sum К_J / t) \cdot \exp(0{,}5 \cdot pH_{KCL}) \cdot SO \cdot KY^{1,5} \cdot (1 - 0{,}01 \cdot Фг), \quad (5)$$

где: **t** -количество культур севооборота**; $К_J$** – относительный коэффициент потерь оснований по культурам севооборота; **pHi** – кислотность почвы; **SO** - годовые осадки, мм; **KY** - коэффициент увлажнения; **Фг** – содержание физической глины в почве, %.

Потери $CaCO_3$ при внесении минеральных удобрений за севооборот в кг/га в год рассчитывают по формуле 6:

$$И_M = D_M \cdot IM, \quad (6)$$

где: **D_M** – насыщение севооборота минеральными удобрениями (N+P+K), кг д.в./га; **IM** – норматив потерь $CaCO_3$ в расчете на кг NPK, кг/кг;

Потери $CaCO_3$ на вынос урожаем культур в кг/га определяют по формуле 7:

$$И_W = 0{,}1 \cdot ПР \cdot WCa, \quad (7)$$

где: **ПР** – плановая продуктивность севооборота, ц/га; **WCa** - нормативы выноса $CaCO_3$ на единицу продуктивности, кг/т з.е.

Поступление $CaCO_3$ с органическими удобрениями в кг/ га рассчитывают по формуле 8,:

$$И_O = D_O \cdot C_И, \quad (8)$$

где**: D_O** – насыщение органических удобрений на участке, т/га**; $C_И$** – содержание $CaCO_3$ в органических удобрениях, кг/т.

Основные нормативы для оценки поддерживающего известкования приведены в таблицах (8, 9, 10, 11, 12).

Время действия доз извести зависит от гидротермических условий, а также потерь оснований на вынос урожаем культур и внесения минеральных удобрений. Для стабилизации кислотно-основных свойств возможно оценивать поддерживающие дозы извести в расчете на половину градации кислотности почв – ($pH - pH_i$) =0, 25 ед., при этом разовые дозы на серых лесных почвах и

при облегчении гранулометрического состава ниже, но периодичность их внесения выше, чем на черноземных почвах.

Таблица 8 - Относительные коэффициенты потерь оснований под культурами севооборота (**КJ**)

№	Культуры	По типам и подтипам почв		
		черноземы выщелоченные и типичные	темно-серые лесные и черноземы оподзоленные	светло-серые и серые лесные
1	Пшеница озимая	1,0	1,0	1,0
2	Пшеница яровая	1,1	1,0	1,0
3	Рожь озимая	1,0	1,0	1,0
4	Ячмень	1,0	1,1	1,0
5	Овёс	1,3	1,2	1,1
6	Кукуруза на зерно	1,6	1,4	1,3
7	Просо	1,1	1,1	1,1
8	Гречиха	1,1	1,0	1,0
9	Горох	1,2	1,3	1,3
10	Подсолнечник на зерно	1,2	1,2	1,1
11	Сахарная свёкла	1,4	1,3	1,2
12	Корнеплоды корм.	1,1	1,1	1,1
13	Картофель	1,5	1,3	1,2
14	Овощи	1,6	1,4	1,3
15	Рапс на з. к.	1,6	1,4	1,3
16	Рапс на семена	1,4	1,3	1,2
17	Кукуруза на силос	1,3	1,2	1,1
18	Подсолнечник на силос	1,4	1,3	1,2
19	Озимые на з.к.	1,2	1,1	1,1
20	Травы однолетние з/б	0,9	0,9	0,9
21	Травы многолетние з/б	0,7	0,75	0,8
22	Чёрный пар	1,9	1,8	1,5
По группе культур				
1	Сплошного сева	1,0		
2	Пропашные	1,4		
3	Травы многолетние	0,75		
4	Чёрный пар	1,8		

Наименее затратный путь использования ресурсов земледелия для предотвращения дальнейшей деградации почв - это поддержание стационарных уровней кислотно-основного состояния. Причем, чем выше интенсивность земледелия, тем выше потребность в компенсирующих и управляющих материальных и энергетических потоках (удобрениях, мелиорантах, регуляторах роста, агротехнических воздействиях и т.д.).

Таблица 9 - Гидротермические условия территорий районов Курской области и средние потери $CaCO_3$ на вымывание из почвы

№	Районы	*ST>10 °C	KY	SO мм	pH_{KCl}.	$И_J$ Ca CO_3,кг/га
1	Беловский	2513	0,94	566	**5,5**	**151**
2	Большесолдатский	2416	0,99	577	**5,5**	**172**
3	Глушковский	2538	1,01	614	**5,9**	**287**
4	Горшеченский	2435	0,89	522	**5,8**	**153**
5	Дмитриевский	2408	1,08	628	**5,2**	**242**
6	Железногорский	2408	1,08	628	**5,2**	**234**
7	Золотухинский	2301	1,09	611	**4,9**	**158**
8	Касторенский	2435	0,88	517	**5,3**	**101**
9	Конышевский	2451	1,09	643	**5,1**	**226**
10	Кореневский	2567	1,03	632	**5,6**	**261**
11	Курский	2413	1,03	600	**5,4**	**183**
12	Курчатовский	2451	1,04	614	**5,2**	**187**
13	Льговский	2451	1,05	620	**5,5**	**240**
14	Мантуровский	2514	0,91	549	**6,1**	**174**
15	Медвенский	2349	0,96	547	**5,8**	**167**
16	Обоянский	2485	0,92	549	**5,2**	**115**
17	Октябрьский	2413	1,03	600	**5,3**	**185**
18	Поныровский	2301	1,09	611	**4,9**	**155**
19	Пристенский	2456	0,92	544	**5,4**	**125**
20	Рыльский	2464	1,03	611	**5,2**	**209**
21	Советский	2372	0,93	534	**5,4**	**121**
22	Солнцевский	2440	0,93	547	**6,0**	**184**
23	Суджанский	2520	0,99	598	**5,7**	**206**
24	Тимский	2338	0,95	539	**5,5**	**143**
25	Фатежский	2376	1,08	621	**5,1**	**195**
26	Хомутовский	2354	1,07	611	**5,2**	**251**
27	Черемисиновский	2385	0,98	565	**5,3**	**141**
28	Щигровский	2385	1,03	594	**5,4**	**170**
По области		**2426**	**1,0**	**585**	**5,41**	

*** ST>10-** сумма температур ,более 10°С; **KY** - коэффициент увлажнения; **SO** - годовые осадки, мм; **$И_J$** - потери $CaCO_3$ на вымывание из почвы, кг/ га год

Таблица 10 - Средний вынос кальция и магния урожаем сельскохозяйственных культур, **(WCa)** кг/т

№	Культуры	Вынос, кг/т		
		CaO	MgO	сумма в пересчете на $CaCO_3$
1	Пшеница озимая	4,9	3,2	16,8
2	Пшеница яровая	3,6	3,3	14,7
3	Рожь озимая	5,3	2,6	16,0
4	Ячмень	5,0	2,7	15,7
5	Овёс	6,2	3,1	18,8
6	Кукуруза на зерно	6,6	4,5	23,0
7	Просо	2,3	5,0	16,6
8	Гречиха	10,0	3,4	26,4
9	Горох	19,1	4,0	44,1
10	Вика	17,8	6,1	47,0
11	Подсолнечник на зерно	3,0	11,9	35,1
12	Лён (волокно)	9,5	9,1	39,7
13	Конопля (вол.)	14,0	2,1	30,3
14	Сахарная свёкла	2,5	1,7	8,7
15	Корнеплоды кормовые	1,7	1,4	6,5
16	Картофель	5,1	1,9	13,9
17	Овощи	2,6	0,9	6,9
18	Столовая свёкла	1,9	0,9	5,6
19	Лук (на репку)	2,0	1,2	6,6
20	Капуста бел.	1,8	1,0	5,7
21	Томаты	1,2	0,8	4,1
22	Огурцы	1,3	0,8	4,3
23	Морковь (стол.)	1,9	0,9	5,6
24	Рапс на з. корм	2,6	2,1	9,9
25	Рапс на семена	5,5	5,5	23,6
26	Кукуруза на силос	2,6	3,0	12,1
27	Подсолнечник на силос	3,0	6,8	22,4
28	Озимые на з.к.	1,6	0,5	4,1
29	Травы однолетние з/б (сено)	16,3	4,6	40,6
30	Травы многолетние з/б (сено)	16,6	4,3	40,4
В среднем по продуктивности, з.ед.				24

Таблица 11 - Нормативы потерь оснований при внесении минеральных удобрений **(IM**, кг/кг) в расчете на действующее вещество и физическую массу

№	Удобрения	Содержание д. в.,%			Потери $CaCO_3$, кг/кг	
		N	P_2O_5	K_2O	в расчете на действующее вещество	**в расчете на физическую массу**
	простые					
1	Сульфат аммония	20,5	-	-	6,10	1,25
2	Аммиачная селитра	34,5	-	-	2,17	0,75
3	Карбамид (мочевина)	46,0	-	-	1,74	0,80
4	Хлористый аммоний	26,0	-	-	5,38	1,40
5	Аммиачная вода	20,5	-	-	2,44	0,50
6	Аммиак жидкий	82,0	-	-	1,83	1,50
7	Суперфосфат пр. порош.	-	18,7	-	1,03	0,19
8	Суперфосфат пр. гран.	-	19,5	-	1,03	0,20
9	Суперфосфат двойной	-	46,0	-	1,03	0,47
10	Калийная соль	-	-	40,0	0,53	0,21
11	Калийная соль	-	-	30,0	0,53	0,16
	комплексные (NPK, 1:1:1)				1,15	-

Таблица 12 - Содержание $CaCO_3$ в известковых материалах и органических удобрениях

№	Известковый материал, удобрение	$CaCO_3$, %	**$C_И$,** $CaCO_3$, **кг/т**
1	Мука известняковая пылевидная	85-93	850-930
2	Мука доломитовая	98-100	980-1000
3	Мел	90-100	900-1000
4	Туф известняковый	80	800
5	Мергель	50	500
6	Цементная пыль	60	600
7	Сланцевая зола	60	600
8	Фосфоритная мука	22	220
9	Дефекат	40-70	400-700
10	Органические удобрения (в среднем)	0,70	7,0
11	Бесподстилочный навоз КРС (сырое вещество)	0,53	5,3
12	Навоз свиной	0,65	6,5
13	Птичий помет	2,55	26
14	Сапропель	30	300
15	Торф (pH более 6,0)	3	30

Для почв, попадающих в категорию поддерживающего известкования, возможно применение адаптивных приемов, предусматривающих учет характе-

ра и интенсивности действия агротехнических приемов. Стабилизация кислотности почв обеспечивается насыщением севооборота многолетними травами. Средние уровни основных мелиоративных мероприятий для разных почв Курской области представлены в таблице 13.

Таблица 13 - Меры по оптимизации кислотно-основного состояния почв Курской области

Гранулометрический состав	Гумус, %	pH	**M,** модуль ЕКО	**τ,** показатель изменения ЕКО	Известкование			Травы, %
					основное	поддерживающее		
					$CaCO_3$, т/га	$CaCO_3$, т/га	период, лет	
	Светло-серые лесные							
Супесч.	1,71	5,21	5,5	0,22	4,7	1,1	3	33
Легко сугл	2,23	5,18	8,0	0,20	6,3	1,4	4	24
Ср. сугл.	2,6	5,21	10,1	0,19	5,7	1,6	5	19
Серые лесные								
Супесч.	2,04	5,17	6,2	0,20	4,2	1,2	4	30
Легко сугл	2,6	5,18	8,7	0,19	5,2	1,5	4	23
Ср. сугл.	2,80	5,26	10,5	0,19	5,5	1,7	5	19
Тяж. сугл.	3,45	5,19	13,2	0,17	6,6	1,9	5	16
Темно-серые лесные								
Супесч.	2,28	5,28	6,7	0,19	3,9	1,2	4	29
Легко сугл.	3,1	5,23	9,7	0,17	5,2	1,5	4	21
Ср. сугл.	3,24	5,18	11,4	0,17	6,1	1,7	5	18
Тяж. сугл.	3,65	5,23	13,6	0,16	6,4	1,9	5	16
Черноземы оподзоленные								
Легко сугл	3,80	5,26	11,1	0,15	5,2	1,6	5	20
Ср. сугл.	4,00	5,22	12,9	0,15	6,0	1,7	5	17
Тяж. сугл.	4,78	5,22	15,9	0,13	6,5	1,9	5	15
Глинист.	5,34	5,99	18,4	0,13	-	1,8	6	14
	Черноземы выщелоченные							
Супесч.	3,04	5,77	8,2	0,16	-	1,2	4	27
Легко сугл.	4	5,36	11,5	0,14	4,8	1,6	5	20
Ср. сугл.	4,77	5,41	14,4	0,13	5,0	1,8	5	17
Тяж. сугл.	5,33	5,48	17,0	0,12	4,9	1,9	5	15
Глинист.	5,78	5,88	19,3	0,12	-	1,9	6	14
Черноземы типичные								
Легко сугл.	4,43	5,83	12,4	0,13	-	1,6	5	20
Ср. сугл.	4,96	5,95	14,8	0,13	-	1,7	6	17
Тяж. сугл.	5,47	6,00	17,2	0,12	-	1,8	6	15
Глинист.	6,01	6,19	19,7	0,11	-	1,8	6	14

Для областного уровня управления проведены расчеты и приведены оценочные данные для территорий районов Курской области (табл. 14).

Таблица 14 - Интенсивность подкисления и меры по стабилизации кислотности почв Курской области в зависимости от уровня вносимых удобрений

№	Район	до 100 кг NPK д.в./га				до 200 кг NPK д.в./га			
		Δ pH	$CaCO_3$, т/га		мн. травы, %	Δ pH	$CaCO_3$, т/га		мн. травы, %
			1 год	раз в 4 года			1 год	раз в 4 года	
1	Беловский	-0,027	0,18	1,3	13	-0,043	0,31	1,7	21
2	Большесолдатский	-0,025	0,17	1,6	12	-0,042	0,31	2,0	20
3	Глушковский	-0,032	0,18	2,2	16	-0,052	0,32	2,6	24
4	Горшеченский	-0,021	0,16	1,2	10	-0,036	0,29	1,5	17
5	Дмитриевский	-0,032	0,16	2,1	15	-0,053	0,29	2,5	25
6	Железногорский	-0,028	0,16	2,3	14	-0,047	0,30	2,6	22
7	Золотухинский	-0,024	0,17	1,8	11	-0,039	0,30	2,2	18
8	Касторенский	-0,020	0,15	1,0	10	-0,034	0,28	1,4	16
9	Конышевский	-0,029	0,16	1,9	14	-0,048	0,29	2,3	23
10	Кореневский	-0,030	0,19	2,2	14	-0,048	0,32	2,6	23
11	Курский	-0,024	0,17	1,7	12	-0,040	0,30	2,1	19
12	Курчатовский	-0,029	0,17	1,8	14	-0,047	0,31	2,2	22
13	Льговский	-0,032	0,17	2,0	15	-0,052	0,30	2,4	25
14	Мантуровский	-0,024	0,16	1,3	12	-0,040	0,30	1,7	19
15	Медвенский	-0,025	0,17	1,6	12	-0,042	0,31	1,9	20
16	Обоянский	-0,023	0,17	1,1	11	-0,038	0,30	1,5	18
17	Октябрьский	-0,027	0,17	1,7	13	-0,045	0,30	2,1	21
18	Поныровский	-0,021	0,16	1,7	10	-0,036	0,29	2,1	17
19	Пристенский	-0,023	0,16	1,3	11	-0,038	0,29	1,7	18
20	Рыльский	-0,032	0,17	1,9	16	-0,053	0,31	2,3	25
21	Советский	-0,020	0,16	1,3	10	-0,034	0,30	1,6	16
22	Солнцевский	-0,022	0,16	1,7	11	-0,037	0,30	2,1	18
23	Суджанский	-0,029	0,18	1,8	14	-0,046	0,32	2,2	22
24	Тимский	-0,024	0,16	1,5	11	-0,040	0,30	1,8	19
25	Фатежский	-0,024	0,16	1,9	11	-0,040	0,29	2,2	19
26	Хомутовский	-0,030	0,16	2,2	14	-0,050	0,29	2,5	24
27	Черемисиновский	-0,022	0,17	1,4	11	-0,036	0,31	1,8	17
28	Щигровский	-0,022	0,16	1,7	11	-0,037	0,30	2,1	18
	По области	**-0,026**	**0,17**	**1,7**	**12,4**	**-0,043**	**0,30**	**2,1**	**20,3**

По вероятным потерям оснований из ППК почв определены средние (с учетом буферности почв) темпы подкисления. В соответствии с этим для районов Курской области определены средние поддерживающие дозы извести, рассчитанные на срок 1 - 4 года, а также необходимая для стабилизации кислотности почв доля многолетних трав в структуре посевных площадей в зависимости от почвенно-климатических условий и уровней среднегодовых доз минеральных удобрений.

5. ВИДЫ ИЗВЕСТКОВЫХ УДОБРЕНИЙ

Для известкования почв используются 3 группы материалов:

I — известковые удобрения, получаемые в результате промышленной переработки карбонатных пород (известняковая мука);

II — рыхлые (мягкие) карбонатные породы (мел, туф, гажа);

III — известьсодержащие отходы промышленности (цементная пыль, сланцевая зола, шлаки, дефекат).

Известковые удобрения делятся на: 1) твердые известковые породы, требующие размола или обжига; 2) мягкие известковые породы, не требующие размола; 3) отходы промышленности, богатые известью.

Основными известковыми удобрениями являются **известняки.**

Чистые известняки состоят из минерала кальцита (СаСОз), содержащего 56% СаО и 44% $C0_2$.

Тонина помола должна быть 1,6-1,0 мм. Действие этого удобрения медленное, и, конечно, по возможности надо применять известняки хорошего качества.

Доломитизированный известняк - карбонатная порода, состоящая из двойной углекислой соли кальция и магния (CaO_3- $MgCO_3$). Химический состав доломита в среднем: СаО — 30,41%, MgO — 21,8% и CO_2—47,7%. Содержание 79-109 % д.в. в пересчете на $CaCO_3$, действует также медленно. Этот вид известняка можно рекомендовать в севообороте с бобовыми, картофелем, льном, корнеплодами.

Мергель с содержанием $CaCO_3$ до 25-75 % и глины с песком до 20-40 %. Действует также медленно, целесообразно применять на легких почвах.

Мел - 90-100 % СаСОз, действует быстрее известняка.

Жженая известь - (СаО) с содержанием $CaCO_3$ больше 170 %, сильно и быстро действующий известковый материал.

Гашеная известь - $Ca(OH)_2$ с содержанием $CaCO_3$ до 135 %, сильно и быстро действующее удобрение.

Доломитовая мука с содержанием $CaCO_3$ и $MgCO_3$ около 100 %, действует медленнее, чем известковые туфы. Ее следует применять там, где требуется магний.

Гажа (озерная известь) - СаО - 48-56 %, добывается из залежей на месте древних усохших замкнутых водоемов.

Известковые туфы - 75-96 % $CaCO_3$, действуют быстрее известняка.

Фильтрационный осадок (дефекат) до 70 % $CaCO_3$ +

$Ca(OH)_2$ - отходы свеклосахарных заводов. Кроме того, в нем содержится до 15 % органического вещества, 0,5-1 % азота, 0,5-2 % фосфора, 0,6-0,9 % калия.

Все известковые удобрения, применяемые в сельском хозяйстве, содержат некоторое количество примесей (песка, глины, влаги), которые снижают их нейтрализующую способность. **Поэтому взятые из таблиц или рассчитанные дозы извести (выраженные в тоннах чистого и абсолютно сухого $CaCO_3$ на 1 га) должны быть скорректированы соответственно содержанию примесей.** В большинстве известковых удобрений (промышленных, местных, известьсодержащих отходов) содержание примесей регламентируется государственными стандартами или техническими условиями. При корректировке норм необходимо пользоваться результатами анализов агрохимлаборатории или данными сертификата известкового удобрения. У отдельных известковых материалов нейтрализующая способность может быть больше или меньше 100 %. Это объясняется различным содержанием в них других оснований (магния, реже калия), имеющих меньшую эквивалентную массу, чем кальций.

Частицы извести твердых известковых пород более 1 мм в диаметре и более 3-5 мм рыхлых пород недеятельны, то есть, мало пригодны для нейтрализации кислых почв. Поэтому при установлении доз известковых материалов, кроме учета содержания в них влаги и карбоната (в пересчете на $CaCO_3$), необходимо учитывать их гранулометрический состав. Если в известковых удобрениях имеются частицы крупнее указанных размеров, необходимо соответственно увеличить дозу их внесения.

Расчет нормы внесения конкретного известкового удобрения производится по формуле:

$$\mathbf{Н_И = 10^6 \cdot \cdot И_М / [(10^2 - W) \cdot (10^2 - Z) \cdot A],} \qquad (9)$$

где $\mathbf{Н_И}$ — количество известкового удобрения, которое нужно внести, т/га; $\mathbf{И_М}$ — расчетная доза внесения чистого и сухого $CaCO_3$, т/га; W — влажность удобрения, %; **Z** — количество недеятельных частиц (балласт), %; **A** — нейтрализующая способность удобрения, по данным анализа или сертификата, %.

Местные непылящие известковые удобрения (туфы, мел, зола, дефекат и др.), как правило, уступают промышленным по качеству, но значительно дешевле последних. Другим важным преимуществом местных известковых материалов является то обстоятельство, что для механизации процессов, связанных с их внесением, не надо приобретать или создавать новую технику. Для этой цели могут быть использованы или приспособлены машины и механизмы, уже применяемые для внесения минеральных и органических удобрений.

6 . ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ПЛАНА ИЗВЕСТКОВАНИЯ

При составлении плана известкования необходимо учитывать следующее:

1. Необходимым условием высокой отдачи от известкования является сочетание известкования с применением органических и минеральных удобрений. Сочетание известкования почв с применением удобрений осуществляется как при одновременной заделке их в почву, так и при раздельном внесении на одной и той же площади в разные годы.

2. В полевых севооборотах с многолетними травами и зерновыми культурами известь вносят под покровную культуру или под наиболее чувствительные к кислотности культуры – яровую пшеницу, ячмень, горох, кукурузу.

3. Лучшим местом для проведения известкования кислых почв является паровое поле. При этом известь вносят перед мелкой обработкой почвы. Мелиорант заделывают орудиями, применяемыми для поверхностной обработки почвы (лущильники, дисковые бороны) на глубину 8-10 см. Вспашку на полную глубину пахотного слоя проводят плугом без предплужника. После заделки известковых удобрений проводят посев зерновых культур.

4. Под картофель известь можно вносить непосредственно при условии повышения нормы органического удобрения и увеличении (на 10-20 %) нормы калийных удобрений.

5. На песчаных и супесчаных почвах с низкой емкостью поглощения и в большинстве своем бедных магнием в первую очередь следует применять магний содержащие известковые удобрения: доломитовую, доломитизированную и магнезиальную известняковую муку.

6. Известкование изменяет соотношение в почве между кальцием и калием в сторону резкого преобладания кальция. Для нормализации соотношения между этими элементами дозы калийных удобрений на произвесткованных почвах следует увеличивать.

7. При совместном внесении с навозом известь, понижая кислотность, существенно изменяет условия его разложения, усиливая процессы перехода питательных веществ в усвояемые для растений соединения. Углекислые формы известковых удобрений можно вносить совместно с навозом.

8. Следует учитывать, что подвижность большинства микроэлементов, за исключением молибдена, при известковании снижается.

9. Известкование почв проводят только по выровненному полю. При внесении известковых удобрений, при увеличении неравномерности известкования более 15% от допустимой техническими требованиями работы бракуются. Отклонение от заданной дозы не должно превышать ± 10 %.

7. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА НОРМ ВНЕСЕНИЯ ИЗВЕСТКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОСНОВНОГО, МЕЛИОРАТИВНОГО ИЗВЕСТКОВАНИЯ ДЛЯ ЧЕРНОЗЕМОВ И СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

В данном разделе представлены примеры расчета норм внесения известковых материалов **для основного, мелиоративного известкования**

- по величине гидролитической кислотности (1);
- по таблицам, связывающим дозы мелиоранта с величиной pH_{KCl} и гранулометрическим составом (2);
- по нормативам затрат на смещение ед. pH_{KCl} или по новым в этой области разработкам (3).

При этом расчеты изначально ведутся на чистый карбонат кальция - $CaCO_3$.

Исходные условия для примера – почва чернозем оподзоленный среднесуглинистый с содержанием гумуса 4,2 %, pH солевой вытяжки 5,0 ед., гидро-

литической кислотностью 4,8 мг·экв/100 г и суммой обменно-поглощенных оснований 22 мг·экв/100 г.

1. Расчет мелиоративной дозы карбоната кальция ($И_М$) по величине гидролитической кислотности (на чистый карбонат кальция - $CaCO_3$)

Известно, что гидролитическая кислотность пахотного слоя (**Нг**) равна **4,8** мг·экв/100г почвы, мощность пахотного слоя (**h**) равна 0,22 м, с учетом исходных данных согласно таблицы 7 (Средние агрохимические параметры…) плотность почвы (**d**) равна **1,25** г/см^3. Определим дозу $CaCO_3$ по формуле 1:

$$\mathbf{И_М = 5 \cdot Нг \cdot d \cdot h = 5 \cdot 4{,}8 \cdot 1{,}25 \cdot 0{,}22 = 6{,}6\ (т/га)}$$

Таким образом, доза $CaCO_3$, т/га на период мелиорации **6,6** т/га.

2. Расчет мелиоративной дозы карбоната кальция ($И_М$) на планируемый сдвиг pH до оптимального уровня (с учетом высеваемых культур) по нормативам затрат на смещение ед. pH_{KCl} (на чистый карбонат кальция - $CaCO_3$)

Если на данной территории планируется *зерновой севооборот*, то с учетом среднесуглинистого гранулометрического состава почвы оптимальному значению показателя pH по таблице **4** соответствует 5,8 ед., а по исходным условиям $\mathbf{pH_{KCl}}$ -5,0, тогда планируемый сдвиг (Δ $\mathbf{pH_{KCl}}$) равен 0,8 единиц. Мелиоративную дозу ($\mathbf{И_М}$) рассчитаем по формуле 2 с использованием таблицы 7 (графа - Нормативы расхода $CaCO_3$ (т/га) для смещения pH на 0,1 ед.(**a=0,72**)):

$$\mathbf{И_М = 10 \cdot \Delta pH \cdot a = 10 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}72 = 5{,}76\ (т/га)}$$

Таким образом, доза $CaCO_3$, для достижения уровня pH_{KCl} 5,8 ед. и сдвига (Δ $\mathbf{pH_{KCl}}$) на 0,8 единиц равна **5,76** т/га.

3. Расчет мелиоративной дозы карбоната кальция ($И_М$) с учетом основных факторов, определяющих буферность почв (на чистый карбонат кальция - $CaCO_3$)

Известно, что исходное значения ($\mathbf{pH_i}$) $\mathbf{pH_{KCl} = 5{,}0}$; оптимальное ($\mathbf{pH_{opt}}$) **5,8** ед.; плотность почвы (**d)=1,25** г/см^3, мощность пахотного слоя (**h**) = 0,22 м. Сумма обменно-поглощенных оснований равна 22 мг·экв/100г, а гидролитическая кислотность = 4,8 мг·экв/100г. Модуль катионообменной емкости (**M**) определяется равен половине суммы обменно-поглощенных оснований и гидролитической кислотности - 0,5·(22+4,8) = 13,4 мг·экв/100г. Согласно таблице 7 (Средние значения параметров и характеристик для оценки буферности…) для чернозема оподзоленного среднесуглинистого показатель относительного изменения емкости катионного обмена почвы при изменении pH_{KCl} на единицу ($\boldsymbol{\tau}$) равен 0,15. Расчет ведется по уравнению 3:

$$\mathbf{И_М = ((pH_{opt} - pH_i)/pH_i) \cdot 5 \cdot h \cdot d \cdot M \cdot (1 + \tau \cdot pH_i) =}$$
$$\mathbf{((5{,}8-5{,}0)/5{,}0) \cdot 5 \cdot 0{,}22 \cdot 1{,}25 \cdot 13{,}4 \cdot (1 + 0{,}15 \cdot 5{,}0) = 5{,}16\ т/га}$$

Таким образом, при учете большего числа почвенных параметров мелиоративная доза $CaCO_3$ несколько отличается от чисто нормативного расчета и составляет **5,16** т/га.

Чтобы пересчитать на фактический известковый материал, необходимо учесть влажность удобрения, количество недеятельных частиц и нейтрализующую способность удобрения по уравнению 9 (стр.28). Так, например, если к внесению предполагается использовать дефекат с нейтрализующей (**А**) способностью (содержанием $CaCO_3$) равной 70 %, влажностью удобрения (**W),** соответствующей 10 %, то без учета количества недеятельных частиц (для рыхлых материалов **Z** =0) норма внесения составит:

$$\mathbf{H_{ИМ} = 10^6 \cdot \cdot И_М / [(10^2 - W)\cdot(10^2 - Z)\cdot A] = 10^6 \cdot 5{,}16/[(100-10)\cdot(100-0)\cdot 70] = 8{,}2\ т/га}$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чекмарев П.А., Лукин С.В., Сискевич, Юмашев Н.П., Корчагин В.И., Хижняков А.Н. Мониторинг кислотности пахотных почв Центрально-черноземного района// Достижения науки и техники АПК. 2011. №7. С. 6 –8.
2. Хижняков А.Н., Цыганков Д.Н. Динамика изменения состояния плодородия пахотных почв Курской области за 50 лет// Достижение науки и техники. – 2014. - №10. – С.11-13.
3. Хижняков А.Н. Характеристика почв Курской области // Комплексный подход как средство управления урожайностью и качеством сельскохозяйственной продукции: материалы семинара 14 марта 2018г. - Курск: БЦ «Гринн». – 2018. – выступление 8.
4. Лазарев В.И, Айдиев А.Я., Золотарева И.А. , А.И. Стифеев А.И., Трутаева Н. Н, Пироженко В.В., А.Н. Хижняков А.Н. Динамика физико-химических свойств чернозема типичного в различных агроценозах при его длительном сельскохозяйственном использовании - Курск : изд.-во Курская ГСХА, 2014, - 121 с.
5. Муха, В.Д. Почвы Курской области: Учебное пособие / В.Д. Муха, А.Ф. Сулима, В.И. Чаплыгин. – Курск: Изд-во Курск. Гос. с.-х. ак., 2006. -119 с.
6. Бровкина, Е.А. Известкование почв в районах свеклосеяния. /Е.А. Бровкина. - Киев, 1976. - 88 с.
7. Воробьева, Л.А. Химический анализ почв. /Л.А. Воробьева. - М.: МГУ, 1998. - 271 с.
8. Гедройц, К.К. Учение о поглотительной способности почв. /К.К. Гедройц. -М.: Сельхозгиз, 1933. - 208 с.
9. Козловский, Е.В. Известкование почв. /Е.В. Козловский, А.Н. Небольсин, Ю.В. Аленев, П.В. Чуриков. - М.: Колос, 1983. - 286 с.
10. Методическое руководство по проектированию применения удобрений в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия. Под редакцией А.Л. Иванова, Л.М. Державина. Москва, 2008. – 392 с.

11. Небольсин, А.Н. Определение оптимальных доз извести по комплексу показателей. /А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина. // Агрохимия. - 1997. - № 9. - С.29-33.

12. Нормативы расхода известковых материалов для сдвига реакции почвенной среды до оптимального уровня pH на различных типах почв – М.: МСХ СССР, 1980. - 92 с.

13. Нормативы расхода известковых материалов для сдвига реакции почвенной среды до оптимального уровня pH на различных типах почв. - М., 1986. - 70 с.

14. Рекомендации по составлению проектно – сметной документации на комплексное агрохимическое окультуривание полей в Центрально-Черноземном экономическом районе – Воронеж, 1983. - 71 с.

15. Соколова, Т.А. Химические основы буферности почв. /Т.А. Соколова, Г.В. Мотузова, М.С. Малинина. -М.: Изд.-во МГУ, 1991. - 108 с.

16. Сычев, В.Г. Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, калия, гумуса, кальция / В.Г. Сычев, П.Д. Музыкантов, Н.К. Панкова – М.: Изд-во ЦИНАО, 2000.- 40 с.

17. Шильников, И.А. Потери питательных элементов с инфильтрационными водами и способы их снижения. /И.А. Шильников, М.Н. Мельникова, Н.М. Варюшкина, С.Н. Лебедева. – Москва, 1989. - 162 с.

18. Чуян О.Г. База данных для регулирования физико-химических свойств кислых почв в адаптивно-ландшафтном земледелии (для Центрального Черноземья). - Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012. - 78 с.

19. Эколого-экономические основы и рекомендации по известкованию, адаптированные к конкретным почвенным условиям. //Под ред. А.Н. Небольсина, В.Г. Сычева М.: Изд-во ЦИНАО, 2000. - 80 с.