

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЕСТКОВАНИЯ, КАК ФАКТОР ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Н.И. Аканова, д.б.н., ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова»
127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31А, e-mail: N_Akanova@mail.ru*

Рассмотрены основные функции известкования, применяемого для повышения плодородия почв. Представлены результаты агроэкологической эффективности различных форм кальцийсодержащих удобрений. Показано преимущество некоторых отходов промышленности в снижении избыточной кислотности почв и повышении урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: известкование, кальцийсодержащие отходы, кислотность, сыпныриты, магнийсодержащие удобрения, отход содового производства, фосфогипс, урожайность, плодородие.

Для цитирования: Аканова Н.И. Эффективность известкования, как фактор плодородия почв и охраны окружающей среды // Плодородие. – 2023. – №3. – С. 5-9. DOI: 10.25680/S19948603.2023.132.01.

Актуальность проблемы химической мелиорации почв в Российской Федерации связана с наличием значительных площадей почв с избыточной кислотностью – около 35 млн га пахотных угодий, по данным агроэкологического мониторинга агрохимической службы Минсельхоза РФ. Так, по состоянию на 01.01.2020 г. площадь кислых почв пашни в Северо-Западном ФО составляет 48%, Центральном – 50, Уральском – 50, Сибирском ФО – 32%. Выявлено, что ежегодное повышение кислотности почвенной среды происходит на 0,013-0,015 ед. pH [1]. Недобор урожая на кислых почвах может составлять более 20-22 млн т (з. е.) в год и при существующих, пока низких, темпах известкования в перспективе может не сократиться. Следует отметить, что продукцию диетическую и для детского питания можно получать только на почвах с оптимальными кислотно-основными свойствами.

Внесение различных форм мелиорантов под разные сельскохозяйственные культуры изменяет реакцию почвенного раствора и создает благоприятный питательный и окислительно-восстановительный режимы, улучшая условия произрастания семян, способствуя формированию оптимальной густоты стояния растений и повышению урожайности культур [2].

Исследование влияния сочетания известкования с удобрениями на формы почвенной кислотности и продуктивность полевого севооборота проведено в многолетнем опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве Владимирской области [3]. Результаты свидетельствуют о том, что применение высоких доз азотных удобрений на сильнокислой почве (pH 4,1, V=33%) привело к подкислению среды в почве и снижению продуктивности растений. Продуктивность севооборота в третьей ротации при внесении N_{120} без известкования снизилась на 5,3 ц з.е/га, или на 26%. Известкование повышало урожайность растений, особенно при сочетании с азотными и фосфорными удобрениями. Зависимость продуктивности севооборота от сочетания доз известковых, минеральных и органических удобрений может быть представлена следующим уравнением.

$$Y = 17,50 + 0,69P^{0,5} + 2,67H^{0,5} + 12,51Ca^{0,5} + 0,04(NP)^{0,5} + 0,75(NCa)^{0,5} + 0,02(PK)^{0,5} - 0,78(PCa)^{0,5} - 1,64(HCa)^{0,5},$$

$$R = 0,97,$$

где N, P, K – дозы, кг/га; H – доза навоза, т/га; Ca – доза извести, ед. г.к.

На сильнокислой почве эффективность органической системы удобрения выше минеральной, а при известковании – наоборот, прибавки урожая от минеральной системы удобрения выше по сравнению с органической, что объясняется различным воздействием этих систем на кислотность почвы.

Кислая реакция почвенной среды – одна из основных причин низких урожаев сельскохозяйственных культур, массовой гибели многолетних трав при перезимовке, низкого качества продукции, в том числе снижения содержания белка в зерне и кормах. Излишняя кислотность почвенной среды является причиной низкой эффективности минеральных удобрений. При высоком содержании подвижного алюминия в кислых почвах применение минеральных удобрений вообще должно быть запрещено в связи с возможным отрицательным действием на урожайность сельскохозяйственных культур и загрязнением грунтовых вод [4].

В настоящее время вся разрушенная в предыдущие годы технологическая система известкования в рамках «Проекта повышения продуктивности, сохранения и повышения плодородия почв на 2019-2024 г.» налаживается, восстанавливается инфраструктура этой отрасли химизации, которая имеет целевую направленность на повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Вследствие проведения приемов химической мелиорации существенно и на длительный срок в почвах стабилизируется уровень реакции среды в благоприятном для сельскохозяйственных культур интервале [5, 6].

Результаты проведенных многолетних исследований в различных почвенно-климатических зонах на дерново-подзолистых, серых лесных, торфяно-болотных почвах, выщелоченных и оподзоленных черноземах и всех типах севооборотов, свидетельствуют об исключительном значении известкования почв, как природоохранного и экологического фактора. Это проявляется в сохранении положительного баланса кальция и магния в корнеобитаемом слое почвы, повышении эффективности минеральных удобрений на 35-50%, снижении в 3-10 раз подвиж-

ности в почве тяжелых металлов и техногенных радионуклидов и поступлении их в растения, повышении биологической активности почвы, улучшении ее кислотно-основных и физико-механических свойств [7].

Установлено, что применение известковых удобрений в дозах, способствующих стабилизации pH почвенной среды в интервале 6,4-6,7, приводит к снижению перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерно озимой ржи – в 1,2-1,6 раза, овса – в 0,9-1,4, вегетативной массы кормовых трав – в 1,5-2,0 и рапса – в 1,6-2,1 раза. Карбонаты кальция и магния являются «блокаторами» перехода катионов ^{137}Cs и ^{90}Sr в растения [8]. Однако, в настоящее время дозы внесения извести, в первую очередь, зависят от агрохимических свойств почвы, а не от уровня ее загрязнения. Для детоксикации и дезактивации почв высокоэффективны, в сравнении со стандартной известняковой мукой: известковый отход содового производства (ООО «Регис-Уфа»), калийный минеральный шлам (АО МХК ЕвроХим), сынныриты (ООО «ТИК»), металлургические шлаки, цементная и сланцевая зола, имеющие в своем составе избыток оксидов кальция и магния. На почвах, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами, необходимо проводить систематическое известкование, независимо от состава культур севооборота [9].

Известкование – высокорентабельный агрономический, энерго- и ресурсосберегающий, а также природоохранный прием, который повышая плодородие кислых почв, создает условия для значительного повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Все затраты на его проведение окупаются, как правило, прибавками урожая двух культур севооборота. На произвесткованных почвах целесообразно на 20-30% снижать расчетные дозы фосфорных удобрений.

Результаты многолетних исследований, характеризующие динамику изменения pH произвесткованных почв, свидетельствуют, что действие мелиоранта на реакцию среды в почве достигает максимума на второй-третий годы. Затем происходит постепенное подкисление почвенного раствора. В течение 5-летнего периода последствие теряется около трети (29%) достигнутого сдвига реакции в нейтральную сторону. Через 7-8 лет эта потеря составляет уже около половины достигнутого в первые годы уровня pH. Поэтому систематическое известкование почв очевидно [10].

Так, данные мониторинга на кислой среднесуглинистой дерново-подзолистой почве Московской области показали, что проведение повторного известкования в полевом севообороте спустя 25 лет после основного повысило уже в первый год действия урожайность сельскохозяйственных культур на 2,5-4,2 ц/га, в сочетании с внесением NPK повышение продуктивности было на 7-15 ц/га з.е. При этом отмечено существенное улучшение физико-химических свойств почв и фосфатного режима питания растений [11].

Помимо стандартных известковых мелиорантов, можно использовать природные материалы комплексного действия. Проявление нейтрализующей способности выявлено при использовании в качестве безхлорного калийного удобрения Эко-калий, получаемого путем механической обработки природных сынныритов (ООО «ТИК»). В состав удобрения помимо калия (до 17%) входят кремний, магний, кальций и ряд микроэлементов. В отличие от хлористого калия и других калийных удобрений, сынныриты можно вносить в запас до 2,0

т/га раз в 2-3 года. В полевых исследованиях ВНИИА использование сынныритов в сочетании с NР – удобрениями было более эффективно, чем комплексных NPK – удобрений (табл. 1).

1. Урожайность яровой пшеницы

Вариант опыта	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка урожая к фону		
		общая, ц/га	ц/га	%
Контроль (б/у)	31,9	-	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ – (нитроаммофоска)	46,9	15,0	-	-
N ₆₀ P ₆₀ + K ₆₀ (сыннырит)	48,8	16,9	1,9	4,1
N ₆₀ P ₆₀ + K ₁₂₀ (сыннырит)	51,3	19,4	4,4	9,4
N ₆₀ P ₆₀ + K ₆₀ (KCl)	48,6	16,7	1,7	3,7
HCP ₀₅	2,4			

Помимо повышения урожайности яровой пшеницы, отмечались существенное улучшение кислотно-основных свойств почв, снижение кислотности среды на 0,25-0,31 ед. pH, улучшение оструктуренности, фосфатного, калийного и азотного режимов почв.

Запасы известковых пород в Центральном округе достаточны для многолетнего использования. Наибольшее значение имеют залежи известняков и доломитов, отличающиеся невысокой прочностью – до 40 МПа. Одним из самых крупных является месторождение во Владимирской области, при размоле доломитов которого эффективны даже частицы от 1 до 3 и 3-5 мм. Применение доломитовой муки, наряду с устранением избыточной кислотности, является главным приемом оптимизации содержания подвижных форм магния в почве [12].

В структуре общих затрат на известкование, в отличие от минеральных удобрений, большую часть составляют расходы на их доставку. В связи с этим, расширение ассортимента химических мелиорантов, снижение их стоимости за счет использования отходов промышленности могут существенно увеличить объемы применения средств химизации для повышения плодородия кислых почв.

В 1992 г. в Российской Федерации была принята Научно-техническая программа «Глубокая переработка сырья в новые материалы», большое внимание в ней уделено разработке и внедрению эффективных и экологически безопасных технологий. В связи с этим рациональное, экономически выгодное и экологически безопасное использование отходов промышленности и побочных продуктов производства минеральных удобрений связывают с проблемой безотходного или наиболее полного использования природных ресурсов. Особое внимание эта проблема приобретает в обстановке возрастания стоимости удобрений и затрат на их применение, в сложившихся сложных экономических условиях, вызванных жесточайшими санкциями.

Использование кальцийсодержащих отходов промышленности может быть одним из решений продовольственной проблемы, при этом обеспечивается максимальная окупаемость всех затрат сельскохозяйственной продукцией. Однако, следует контролировать содержание в почве магния и соотношение Ca : Mg, которое целесообразно сохранять на уровне 3-5:1-2 с небольшими отклонениями (не более 20%).

В ассортимент известковых удобрений, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, включены такие отходы промышленности, как дефекат, металлургические (мартеновские, феррохромовые и сталеплавильные) шлаки, сланцевая и цементная зола,

нейтрализованный фосфогипс, отходы асбестовой и содовой промышленности, серпентинит, калийный минеральный шлам и др. Запасы шлаков, зол и фосфогипса огромны, отвалы только металлургических шлаков составляют 50-55 млн т, а применение их на 30-40% дешевле известняковой муки.

В настоящее время уже не вызывает сомнения обязательность проведения известкования черноземов. Обобщение результатов многолетних полевых исследований показало, что подкисление почвенной среды в ненасыщенных основаниями выщелоченных и оподзоленных черноземах происходит быстрее, чем в дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Выявленную закономерность следует учитывать при планировании сроков и доз внесения при проведении известкования [13].

Только в Белгородской области за последние 25 лет доля кислых черноземных почв увеличилась в 2 раза и достигла 44,5%. Проведенные исследования агроэкологической эффективности отхода свеклосахарного производства – дефеката, который содержит 45-50% CaCO_3 , 13-15% органического вещества, до 0,5% азота и столько же P_2O_5 , на выщелоченных черноземах Белгородской области выявили его высокую эффективность как химического мелиоранта. Так, в полевом опыте с сахарной свеклой внесение дефеката в дозе 7,5 т/га способствовало повышению урожая корнеплодов на 14,4% и содержания сахара в них на 2,6% (табл. 2).

2. Влияние дефеката на урожай сахарной свеклы и сбор сахара [14]

Вариант	Урожай корней, т/га	Прибавка урожая		Сахар		
		т/га	%	содержание, %	сбор, т/га	± к контролю, %
1. Контроль (б/у)	49,8	-	-	12,2	6,07	-
2. NPK	53,2	3,4	6,9	13,5	7,18	10,6
3. NPK + дефекат	56,9	7,1	14,4	14,8	8,19	21,3
HCP _{0,5}	2,4			0,9		

В полевом опыте на оподзоленных слабокислых черноземах Пензенской области с яровым ячменем также четко проявилось положительное действие дефеката на его урожайность. При этом отмечено повышение уровня рН с 5,0 до 5,8 при дозе мелиоранта по 1,5 г.к. (табл. 3).

3. Влияние дефеката на урожайность ярового ячменя (по данным Г.Е. Гришина)

Вариант	Урожай зерна, т/га	Прибавка урожая	
		т/га	% к контролю
Контроль (б/у)	1,32	-	-
Дефекат, 0,5 г.к. (6,5 т/га)	1,48	0,16	12
Дефекат, 1,0 г.к. (13,0 т/га)	1,73	0,41	31
Дефекат, 1,5 г.к. (19,5 т/га)	1,89	0,57	43
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	2,03	0,71	54
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + дефекат, 0,5 г.к.	2,14	0,82	62
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + дефекат, 1,0 г.к.	2,34	1,02	77
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + дефекат, 1,5 г.к.	2,40	1,08	82
HCP _{0,5}	0,12		

Проведенные полевые исследования на слабокислых дерново-подзолистых почвах Рязанской области с яровым ячменем показали, что применение отхода содового производства (Республика Башкортостан) в дозах по 0,5, 1,0, 1,5 и 2,0 г.к. в качестве химического мелиоранта способствовало получению прибавки

урожае зерна в сравнении с фоновым вариантом на 3,7; 5,1; 6,3 и 6,8 ц/га, или на 14,1; 19,4; 24,0 и 25,9% соответственно (табл. 4). При этом существенно улучшились кислотно-основные свойства почвы, сдвиг рН при дозе по 1,5 и 2,0 г.к. уже в первый год действия составил 0,18 и 0,24 ед. [15].

4. Влияние возрастающих доз мелиоранта на урожай зерна ячменя

Вариант опыта	Масса 1000 зерен, г	Урожай зерна, ц/га	Прибавка урожая		
			общая	от извести	%
Контроль (б/у)	37,2	13,1	-	-	-
NPK	39,6	26,3	13,2	-	-
NPK + мелиорант по 0,5 г.к.	41,7	30,0	16,9	3,7	14,1
NPK + мелиорант по 1,0 г.к.	42,9	31,4	18,3	5,1	19,4
NPK + мелиорант по 1,5 г.к.	44,3	32,6	19,5	6,3	24,0
NPK + мелиорант по 2,0 г.к.	42,5	33,1	20,0	6,8	25,9
HCP _{0,5}	1,83	1,7			

В состав мелиоранта, помимо CaCO_3 , входят гидроксид кальция и магния и сульфат кальция. Вследствие этого, при внесении этого мелиоранта в почву, возможно достижение рН почвенной среды >7. Скорость взаимодействия протонов с гидроксидами и оксидами кальция и магния больше, чем с карбонат-ионом. Поэтому если задача химической мелиорации кислых почв состоит в быстрой нейтрализации избыточной кислотности, то применение мелиоранта – отхода содового производства, предпочтительнее, чем стандартного известкового удобрения [15].

Установлен высокий агрономический эффект побочного продукта гидрометаллургической переработки серпентинита (ООО «Горно-химическая компания «Ультра Си»), как магний-серио-кремнийсодержащего удобрения. Агрохимикат обладает мелиорирующими свойствами, содержит до 24% Mg, до 28 серы и 17% кремния. В полевых исследованиях с соей на черноземных почвах Самарской области при внесении его в дозах 400-800 кг/га получена прибавка урожая зерна 18,2-27,7% (табл. 5). При этом улучшились не только качество продукции, но и существенно агрохимические свойства почвы: уровень рН, магниевый, серный и азотный режим почв.

5. Урожай зерна сои

Вариант опыта	Без орошения			На орошении		
	урожай зерна, т/га	прибавка т/га	%	урожай зерна, т/га	прибавка т/га	%
Контроль (б/у)	1,62	-	-	1,74	-	-
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ (Фон)	1,85	0,23	14,2	2,03	0,29	16,6
Фон + Ультра-Си, 400 кг/га	1,92	0,30	18,2	2,09	0,35	20,1
Фон + Ультра-Си, 600 кг/га	2,02	0,40	24,6	2,18	0,44	25,2
Фон + Ультра-Си, 800 кг/га	2,07	0,45	27,7	2,24	0,50	28,7
HCP _{0,5}	0,15	-	-	0,18	-	-

Отметим, что действие магний-серио-кремнийсодержащего удобрения Ультра-Си было более эффективным в сравнении с такими же дозами по магнию с сульфатом магния, урожай зерна был в среднем на 1,5-2,5%

выше. Усиление положительного эффекта Ультра-Си отмечено при орошении. Учет урожая зерна показал, что объем его сборов в среднем на 7,4-8,4% больше, чем без орошения (см. табл. 5).

Необходимый уровень плодородия дерново-подзолистых почв может быть достигнут за счет комплексного применения минеральных удобрений и нейтрализованного фосфогипса. Это обеспечит оптимизацию кальциевого, фосфорного, серного и кремниевого питания растений и повышение их продуктивности на дерново-подзолистых почвах, существенно улучшит их кислотно-основные свойства и водно-воздушный режим. Применение фосфогипса будет также способствовать решению проблемы более полного и рационального использования природных ресурсов.

Отметим, что на почвах с избыточной кислотностью кремнекальциевые соединения, содержащиеся в фосфогипсе, способствуют повышению количества доступного фосфора растениям и их устойчивости к неблагоприятным условиям внешней среды.

При использовании фосфогипса на слабокислых почвах Московской области не установлено отрицательного влияния на кислотно-основные свойства почв, в том числе подкисляющего действия фосфогипса, напротив, отмечено улучшение показателей кислотности почвы. На 2-й год действия фосфогипса в посевах яровой пшеницы произошло увеличение значения pH в зависимости от дозы фосфогипса на 0,20-0,33 ед., или на 4,0-6,6% в условиях совместного применения с минеральными удобрениями и на 0,25-0,37 ед., или на 5,0-7,4% при использовании только ФГ. Наилучшие показатели pH, т.е. достоверное снижение кислотности почвенного раствора на 0,37 ед. pH, или на 7,0%, получены при внесении максимальной дозы фосфогипса – 3 т/га. При этом установлено достоверное повышение подвижного фосфора в пахотном слое почвы: в вариантах с внесением ФГ в дозах 1-3 т/га – на 15-43 мг/кг, максимальные значения прироста подвижного фосфора – на 32-43 мг/кг выявлены на фоне доз ФГ 2,0 и 3,0 т/га [16].

6. Влияние фосфогипса на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы в посевах яровой пшеницы

Вариант опыта	pH _{KCl}			Hг			S			V, %		
				мг-экв/100 г почвы								
				2019 г.	2022 г.	ΔHг	2019 г.	2022 г.	ΔS	2019 г.	2022 г.	ΔV
1. Контроль (б/у)	5,01	4,98	-0,03	3,93	3,96	+0,03	4,05	4,06	0,01	44,8	45,0	0,2
2. NPK	5,03	4,98	-0,05	3,91	3,95	+0,04	3,97	4,00	0,03	44,6	45,1	0,5
3. NPK + 1,0 т/га ФГ	4,95	5,15	+0,20	3,98	3,83	-0,15	3,92	4,13	0,21	44,2	46,0	1,8
4. NPK + 2,0 т/га ФГ	5,03	5,34	+0,31	3,97	3,76	-0,21	3,95	4,23	0,28	44,4	46,8	2,4
5. NPK + 3,0 т/га ФГ	5,00	5,33	+0,33	3,91	3,64	-0,27	3,97	4,32	0,35	44,5	47,6	3,1
6. 1,0 т/га ФГ	5,05	5,30	+0,25	3,95	3,74	-0,21	4,02	4,28	0,26	44,8	46,7	1,9
7. 2,0 т/га ФГ	4,98	5,29	+0,31	3,94	3,63	-0,29	3,92	4,24	0,32	44,0	46,7	2,7
8. 3,0 т/га ФГ	5,02	5,39	+0,37	3,97	3,61	-0,36	3,96	4,34	0,38	44,5	47,9	3,4
HCP ₀₅	0,14	0,17		0,15	0,17		0,18	0,21		1,5	1,8	

Накопленный научный и практический опыт использования отходов промышленности позволяет расценивать их как комплексные ценные удобрения и наличие в их составе силикатов, макро- и микроэлементов определяет их высокую агрономическую эффективность, а применение в научно обоснованных дозах – экологическую безопасность. При этом следует иметь в виду, что если в гранулометрическом составе таких удобрений преобладают частицы крупнее 1 мм, то они малоэффективны.

В настоящее время большое значение уделяется карбоновой проблеме в земледелии. В связи с этим следует отметить, что известкование играет существенную роль в снижении поступления оксида углерода в атмосферу. Это проявляется в связывании CO₂ увеличивающимся при внесении извести количеством биомассы, а также в миграции с инфильтрационными водами бикарбоната кальция, содержащего на 5% больше углерода, чем CaCO₃, особенно при известковании силикатными или безуглеродными формами известковых удобрений – CaO, Ca(OH)₂.

Таким образом, альтернативы высокоэффективной, энергоресурсосберегающей химической мелиорации почв нет. Для всех типов почв с кислой реакцией среды можно также определять дозы известковых удобрений, используя разработанные нами «Нормы расхода известковых материалов для сдвига реакции почвенной среды до оптимального уровня pH».

На основании выявленных в многочисленных длительных опытах закономерностей динамики форм почвенной кислотности от доз, форм и сроков действия извести, разработаны технологические приемы оптимальной периодичности известкования при окупаемо-

сти 1 т CaCO₃ более 1 т сельскохозяйственной продукции (в пересчете на зерно) и для снижения потерь кальция и магния из корнеобитаемого слоя почв на 25-35%, рассчитана научно обоснована потребность в известковых удобрениях.

Вопрос о дозах извести – центральный. Результаты многолетних полевых опытов показали, что применение полных доз, обеспечивающих уровень реакции среды в почве, соответствующий pH 5,6-6,0, в течение двух ротаций полевого севооборота, оказывает устойчивое положительное влияние на урожай сельскохозяйственных культур. На их фоне применение минеральных удобрений в средних за севооборот дозах 100-160 кг NPK позволяет достигать окупаемости 1 кг NPK 7-12 кг с.-х. продукции в пересчете на зерно при средней продуктивности зерновых 30-40 ц/га. Применение более высоких, полуторных и двойных по гидролитической кислотности, доз мелиорантов, не имея существенного преимущества, резко снижает окупаемость известковых удобрений и сильно увеличивает вымывание кальция и магния из почвы. Половинные дозы извести применимы в условиях дефицита мелиоранта и финансовых возможностей. Однако окупаемость 1 т CaCO₃ в течение ротации севооборота будет на 25-35% выше. Экспериментальной и теоретической проработки требует вопрос об оптимальных дозах силикатных форм известковых удобрений (шлаки, золы), так как их нейтрализующее влияние на кислотность почвы в 1,5 раза слабее, чем у карбонатных форм, а окупаемость прибавкой урожая 1 т действующего вещества – существенно выше.

Проблема известкования почв в настоящее время, как высокоэффективного энерго- и ресурсосберегающего фактора, актуальна и чрезвычайно перспективна. Очень важно природоохранное значение применения известьесодержащих отходов промышленности, так как при этом не только освобождаются тысячи гектаров плодородных земель, занятых отвалами, но и обогащаются почвы кальцием, магнием, кремнием, фосфором, серой и комплексом микроэлементов. Применение высокоэффективных и недорогих мелиорантов на площади хотя бы 1 млн га позволит ежегодно экономить не менее 1,7-2,0 млрд. руб.

В перспективе основные исследования по развитию теории и практики известкования почв следует направлять на решение следующих задач:

- совершенствование теоретических основ оптимальной периодичности известкования;
- исследование закономерностей динамики форм почвенной кислотности и насыщенности почвенного поглощающего комплекса основаниями, а также факторов, влияющих на эти процессы;
- исследование природоохранного значения известкования почв;
- выявление эффективности известкования в экстремальных метеорологических условиях;
- определение количественных параметров баланса и миграции кальция и магния из почвы и факторов их обуславливающих;
- определение параметров эмиссии CO₂ в агросфере за счет известкования почв в различных почвенно-климатических зонах страны;
- установление сортовой реакции культур на уровень кислотности почвы;
- разработка наиболее эффективных и ресурсосберегающих приемов сочетания известкования с применением органических и минеральных удобрений, а также нетрадиционных агроруд и отходов промышленности комплексного действия для высокоэффективной мелиорации земель.

Литература

1. Некрасов Р.В., Аканова Н.И., Шкуркин С.И. Агроэкологическая и социально-экономическая перспектива химической мелиорации почв//Плодородие. – 2021.- №3. – С. 52-55,

2. Шильников И.А., Сычёв В.Г., Аканова Н.И. К вопросу о состоянии и эффективности химической мелиорации почв в земледелии Российской Федерации // Плодородие. – 2013.- №1.- С. 9-14.
3. Лукин С.М., Золкина Е.И., Марчук Е.В. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность севооборота, содержание и качественный состав органического вещества почвы//Плодородие. – 2021.- №3. – С. 93-98.
4. Небольсин А.Н, Небольсина З.П, Яковлева Л.В., Сычев В.Г. Эколого-экономические основы и рекомендации по известкованию, адаптированные к конкретным почвенным условиям. – М. – Санкт-Петербург, 2000. – 79 с.
5. Некрасов Р. В, Шеуджен А. Х., Байбеков Р. Ф., Аканова Н. И., Шкуркин С. И. Агроэкономические и экологические аспекты химической мелиорации засоленных почв // Земледелие. – 2021. – №8. – С. 3-7.
6. Сычёв В.Г., Аканова Н.И. Современные проблемы и перспективы химической мелиорации кислых почв // Плодородие. – 2019.- №1.- С. 3-8.
7. Белоус Н.М. Эффективность действия известкования на снижение поступления цезия-137 из почвы в растения. В сб. научн. трудов «Вопросы известкования почв». – М., 2002. – С. 41-43.
8. Орлов П.М., Аканова Н.И. Радиологический мониторинг черноземных почв России//Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – Т. 64. – № 2. – С. 73-77.
9. Аканова Н.И., Орлов П.М., Ермаков А.А. Методические указания по детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами. - М.: ВНИИА, 2022. – 36 с.
10. Литвинович А.В., Небольсина З.П. Продолжительность действия известковых мелиорантов в почвах и эффективность известкования//Агрохимия, - 2012. – №10. – С. 79-94.
11. Шильников И.А., Сычёв В.Г., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И. Потери элементов питания растений в агробиохимическом круговороте веществ и способы их минимизации. – М., 2012. – 350 с.
12. Окорков В.В. Основные направления исследований по известкованию кислых почв // Владимирский земледелец. – 2011. – №4. – С. 17-23.
13. Аничин В.Л., Орлов Н.И. Экономическая эффективность известкования кислых почв // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – №6. – С. 34-38.
14. Корнейко Н.И., Поддубный А.С. Программа известкования кислых почв в Белгородской области//Достижение науки и техники АПК. – 2012. – №12. – С. 17-19.
15. Аканова Н.И., Орлов П.М., Зинатуллин Р.Р., Смирнов М.О. Эффективность отхода содового производства в качестве мелиоранта известкового для сельского хозяйства // Плодородие. – №1. – 2023. – 68-72.
16. Косодуров К.С., Аканова Н.И. Эффективность применения фосфогипса на дерново-подзолистых почвах. В сборнике: Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы. – Изд-во: Майкопского ГТУ, 2018. – С. 77-83.

LIMING EFFICIENCY AS A FACTOR OF SOIL FERTILITY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Akanova N.I.

FGBNU "All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov"
127434, Russia, Moscow, Pryanishnikova str., 31, info@vniia-pr.ru

The main functions of liming used to increase soil fertility are considered. The results of agroecological efficiency of various forms of calcium-containing fertilizers are presented. The advantage of some industrial wastes in reducing excess acidity of soils and increasing crop yields is shown.

Keywords: liming, calcium-containing waste, acidity, synnyrites, magnesium-containing fertilizers, soda production waste, phosphogypsum, yield, fertility.