

О. К. ЗИХМАН (КЕДРОВ).

Профессор Горы-Горецкого. С.-Х. Института.

== О ВЛИЯНИИ ИЗВЕСТИ ==
на физические, химические и
биологические свойства почвы.

при участии

А. Ю. Левицкого, В. П. Ксенофонтовой, М. И. Бузюка.

И. И. В.
1934 г.

*Отдельный оттиск из „Записок
Горецкого С.-Х. Института, том
3-й 1925 года“.*

Горки, Б.С.С.Р.
Типо-литография
Горы-Горецкого. С.-Х. Института
1925 г.

631.42

Музыкальная академия
Григорий Иванович
Кромошенин
Мич. 28.11.1955

366

О влиянии извести на физические, химические и биологические свойства почвы.

Благоприятное действие извести на плодородие почвы известно человеку очень давно—уже около двух тысяч лет тому назад древние римляне применяли известкование в сельском хозяйстве с целью поднятия урожайности почвы.

В настоящее время в Западной Европе и в Северной Америке известкование почвы находит себе самое широкое применение в земледелии, как один из наиболее распространенных приемов полеводства.

У нас, в России, вопросам известкования почвы вплоть до самого последнего времени, к сожалению, уделялось слишком мало внимания, как в сельскохозяйственной практике, так и в сельскохозяйственной литературе. Между тем известкование, без всякого сомнения, должно сыграть исключительно важную роль в деле поднятия плодородия почв всей обширной нечерноземной полосы подзолистых почв СССР.

Исследования последнего времени по выяснению химизма подзолистых почв, особенно работы К.К. Гедройца*) по изучению поглощающего почвенного комплекса, проливают свет на новые, еще до этих работ неизвестные, стороны сложного процесса взаимодействия извести с почвой.

Согласно результатам этих исследований, подзолистые почвы должны быть отнесены к группе почв ненасыщенных основаниями, у которых в результате процесса подзолообразования часть поглощенных оснований, т. е. катионов почвенного поглощающего комплекса, способных обмениваться местами с катионами нейтральных солей, заменена водородным ионом. Однако такая замена наиболее распространенных поглощенных оснований—кальция и магния водородным ионом делает поглощающий комплекс менее устойчивым, в результате чего мы имеем постепенное разрушение этой, самой активной, самой ценной части почвы.

Таким образом типичный для нашей местности подзолообразовательный процесс без вмешательства человека ведет к постепенному ухудшению наших почв.

Тем не менее, с таким разрушительным действием подзолообразовательного процесса можно бороться внесением извести в почву, так как при этом кальций вытесняет водородный ион из поглощающего комплекса, в результате чего почва из ненасыщенной основаниями превращается в насыщенную, а почвенный комплекс становится значительно более устойчивым по отношению к названному процессу.

*) К.К. Гедройц. Поглощательная способность почвы и почвенные цеолитные основания. Журнал Оп. Агр. т. XVII, 1916 г. стр. 472.

Он же. Материалы к познанию поглощательной способности почв. I. Скорость поглощения, емкость поглощения и энергия поглощения и вытеснения. Там же т. XIX, 1918 г. стр. 269, т. XX, 1919 г.

Он же. Учение о поглощательной способности почв 1922 г.
Он же. Почвенный поглощающий комплекс и почвенные поглощенные катионы как основа генетической почвенной классификации.

И.И.В.
1955

Управление
И.И.В.
1955

И.И.В. 1955

Таким образом, в свете этих исследований известкование почвы для нечерноземной полосы нашего Союза, имеет исключительно важное значение—оно является не только одним из самых важных приемов полеводства, поднимающим урожайность почв, но и приемом сохранения почвы от разрушения, в результате свойственного нашей зоне подзолообразовательного процесса.

Однако, не смотря на такое чрезвычайно важное значение известкования для всей нечерноземной полосы, этот прием полеводства имеет пока у нас крайне ограниченное распространение.

Это обстоятельство в значительной степени находит себе объяснение в том, что сложное действие извести на почву еще недостаточно изучено, особенно по отношению к нашим почвам; несмотря на то, что благоприятное влияние извести на почву в общем давно уже установлено, мы систематически наталкиваемся на случаи отрицательного действия извести и не можем поэтому развить широкой пропаганды этого приема полеводства, как недостаточно еще исследованного.

Между тем с разрешением вопроса о коренном улучшении наших подзолистых почв путем известкования тесно связаны ряд других важных для нашего сельского хозяйства вопросов, как-то: вопрос о фосфоритовании, об обогащении почв органическим веществом и др. Не удивительно, что при таком положении дела большинство исследователей, интересующихся проблемой известкования почв, считают вопросом первостепенной важности постановку в самом широком масштабе работ по изучению отдельных сторон взаимодействия извести с почвой в различных условиях. Так например, профессор Д. Н. Прянишников в своей статье: „К вопросу об известковании“, в сборнике статей по известкованию почв под редакцией проф. Самойлова, подводя итоги вегетационных опытов, выполненных под его руководством, по изучению действия извести на почву, говорит: „Если влияние известкования на превращение азотистых веществ почвы является довольно хорошо выясненным, то нельзя того же сказать о действии извести на минеральную часть почвы; особенно превращение фосфатов и изменение их усвояемости заслуживает дальнейшего изучения. Вообще желательно больше расчленить вопрос о действии извести на отдельных типах почв, учитывая разные стороны этого действия, чтобы понимать, почему получается в разных случаях та или иная равнодействующая, и иметь возможность предсказать эффект известкования и для тех случаев, на которые прямой опыт еще не распространился“.

Ввиду такой исключительной важности разрешения вопроса об известковании почв, в частности для Белоруссии, кафедрой Агрономической Химии Горы-Горецкого Сельско-Хозяйственного Института также было решено поставить ряд исследований по изучению взаимодействия извести с почвой, целью которых является детальное изучение отдельных сторон влияния извести на химические, физические и биологические свойства главных почвенных типов Белоруссии в связи с применением различных известковых удобрений.

Излагаемая здесь работа и представляет собой первую часть этих намеченных нами исследований.

Прежде чем перейти к детальному изложению нашей работы, я позволю себе остановиться на тех соображениях, которыми мы руководствовались при выборе методики для постановки наших опытов.

При постановке большинства работ по изучению известкования, выводы относительно влияния извести делались на основании учета общего эффекта известкования на урожай, как при полевых так и при вегетационных опытах, т. е. принималась во внимание лишь равнодействующая целого ряда сложных процессов, возникающих в почве под влиянием извести.

Лишь при сравнительно небольшой части работ по изучению известкования имело место непосредственное определение продуктов превращения, образующихся в почве при взаимодействии с известью, путем химического анализа последней.

Считая, что одной из главных причин недостаточной разработки теории вопроса о взаимодействии извести с почвой, несмотря на многочисленные исследования, является сравнительная малочисленность работ второго рода и что в настоящее время, когда на очереди стоит детальное и углубленное изучение отдельных сторон влияния извести на почву, лабораторный метод должен сыграть особенно важную роль, мы решили при наших работах центр тяжести перенести именно на лабораторные исследования с химическим анализом самой почвы.

В общем можно сказать, что начатые нами исследования предвидят применение комбинированной методики—на ряду с основным лабораторным методом непосредственного изучения отдельных процессов, возникающих в почве при взаимодействии с известью путем химического анализа почвы, при этих работах должны иметь место дополнительные опыты, как полевые, так и вегетационные, с учетом общего эффекта влияния извести.

Влияние извести на почвенный фосфор.

При этом нами уделяется особенное внимание изучению влияния известкования на почвенный фосфор, ввиду того важного значения, которое имеет разрешение фосфорного вопроса для сельского хозяйства всей нечерноземной полосы СССР вообще и БССР в частности.

Относительно характера влияния извести на почвенный фосфор в литературе мы наталкиваемся на противоречие между результатами, полученными различными исследователями этого вопроса.

Так П. А. Костычев*), К. К. Гедройц**) и ряд других авторов указывают на вероятность перехода трудно растворимых соединений фосфора почвы с полуторными окислами в более легко-растворимые соли кальция.

Результаты вегетационных и лабораторных опытов, выполненных в лаборатории Д. Н. Прянишникова, в общем говорят обратное, т. е. что мобилизация фосфорной кислоты в почве при взаимодействии

*) П. А. Костычев. Нерастворимые фосфорнокислые соединения почв, стр. 65.

**) К. К. Гедройц. Влияние известкования на доступность растениям фосфорной кислоты почвы и фосфорнокислых удобрений. Журн. Опыт. Агр. 1905 г. стр. 687.

с известью не имеет места*). М. А. Егоров приводит случай из исследований, выполненных под его руководством, относительно влияния извести на почвенный фосфор, где вегетационный и полевой опыт, поставленный с одной и той же почвой дали противоречащие друг другу результаты**).

Приведенные выше примеры достаточно свидетельствуют о том, что вопрос о влиянии извести на почвенный фосфор нельзя считать достаточно выясненным имеющимися в литературе данными. Между тем по этому вопросу приводятся указания чуть ли не во всех руководствах по различным дисциплинам агрономической науки, основанные на косвенных выводах из данных опытов по учету общего эффекта влияния извести на урожай, которых далеко не всегда достаточно для выяснения характера протекания этого сложного процесса в том или другом отдельном случае.

В связи с изучением влияния извести на почвенный фосфор нами был поставлен ряд опытов лабораторного характера и, кроме того, велись наблюдения в полевой обстановке.

Для первого из лабораторных опытов, равно как и для большинства других наших опытов, мы брали пахотный горизонт подзолистой почвы Стебутовского Опытного Поля Горы-Горецкого Сельско-Хозяйственного Института, представляющий собой в отношении механического состава лессовидный суглинок.

Исследование этой почвы дало следующие результаты, приводимые на прилагаемой таблице.

Таблица № 1.

Результаты исследования подзолистой почвы Стебутовского опытного поля, взятой для опыта.

I. Химический состав:		II. Механический состав:	
P ₂ O ₅ —общее количество	0,092 ‰	Сумма воднорастворимых веществ в почвенном растворе	0,049 ‰
„ растворимой в 1 ⁰ / ₁₀₀ лимон. к.	0,010 „	Сумма минеральных воднораств. вещ.	0,020 „
„ воднорастворимой	0,001 „	Сумма органич. воднораствор. вещ.	0,029 „
N—общее количество	0,133 „	II. Механический состав:	
Гумус	1,518 „	Диаметр частиц	
Углекислота	0,026 „	1,00—0,25	1,22 „
Емкость поглощения в Са (Са, Mg, Н)	0,271 „	0,25—0,10	0,31 „
Поглощенный Са	0,146 „	0,10—0,05	10,96 „
Поглощенный Mg	0,026 „	0,05—0,01	61,68 „
Степень ненасыщенности (водородный ион)	0,004 „	< 0,01	25,83 „

*), Д.Н. Прянишников. Опыты с фосфатами железа и глинозема. Из результатов вегетационных опытов и лабораторных работ, 1904-1907 г. г.; стр. 16.

**), М.А. Егоров. „Вопросы удобрения почв“, стр. 199.

В качестве известкового удобрения для опыта применялся образец Оршанской извести, результаты анализа которой приведены ниже:

Таблица № 2.

Химический состав Оршанской извести.

Нерастворимый остаток	2,1 %
CaO	44,4 „
MgO	39,7 „
CO ₂	9,5 „

Почва, предназначенная для опыта, в воздушно-сухом состоянии предварительно просеивалась через сито в 1 кв. м.м. Затем часть почвы тщательно перемешивалась с известью, из расчета 0,8 грамма CaO на 100 грамм абсолютно сухой почвы, после чего к обеим порциям почвы—с известью и без извести—приливалась дистиллированная вода, по 20 куб. сант. на каждые 100 грамм абсолютно сухой почвы, и увлажненная таким образом почва помещалась в кристаллизаторы по 2500 гр. абсолютно сухой почвы в каждый.

Кристаллизаторы с почвой в течение всего опыта находились в помещении, где температура колебалась от 11°С до 23,5°С, при среднем maximum'e в 17,0°С и среднем minimum'e в 14,8°С.

Далее, кристаллизаторы, вес которых после наполнения их почвой в начале опыта был установлен, периодически взвешивались и убыль испарившейся воды пополнялась приливанием новых порций; при этом почва из кристаллизаторов высыпалась в большую чашку и перемешивалась с прилитой водой, а затем переносилась обратно в кристаллизатор, который после этого каждый раз взвешивался.

Таким образом почва все время, насколько этого возможно было достигнуть в лабораторной обстановке, находилась в отношении увлажнения, температуры и аэрации в условиях, до некоторой степени приближающихся к условиям парового поля в течение вегетационного периода.

В течение опыта систематически брались отдельные порции почвы, в которых определялось содержание растворимой в 1%-й лимонной кислоте и воднорастворимой фосфорной кислоты.

При выборе растворителей для извлечения фосфорной кислоты из почвы мы остановились на 1%-й лимонной кислоте и дистиллированной воде, имея ввиду учесть путем анализа лимоннокислых вытяжек из почвы в различные моменты опыта влияние извести на легко растворимые, доступные растениям формы фосфорной кислоты, а путем анализа водных вытяжек—на фосфорную кислоту почвенного раствора.

При этом мы конечно принимали во внимание, что 1%-я лимонная кислота, равно как и другие обычно применяемые для приготовления почвенных вытяжек слабые кислоты, не может дать точного представления о содержании в почве доступной растениям фосфорной кислоты, но тем не менее о тех изменениях, которые претерпевают интересующие нас соединения фосфора в почве при

взаимодействии с известью, анализ лимоннокислых вытяжек, как видно из приведенных ниже полученных нами результатов, дает достаточно ясное представление.

Точно также и водная вытяжка, значительно отличаясь по своему составу от почвенного раствора, все же может дать представление о влиянии извести на фосфорную кислоту последнего.

Для приготовления лимонно-кислой вытяжки брали точную навеску почвы в количестве, соответствующем 60—75 граммам абсолютно сухой почвы, помещали в стеклянную банку с притертой пробкой, приливали пятерное по отношению к весу абсолютно сухой почвы количество 1%-й лимонной кислоты, при приготовлении которой принималась во внимание содержащаяся в почве вода, встряхивали в течение 5-ти минут банку и оставляли на 24 часа, встряхивая за это время через более или менее равные промежутки времени 6 раз. При этом для прекращения биологических процессов к почве, помещенной в банку, тотчас-же приливали хлороформ в количестве 1 куб. сант.

После отстаивания вытяжку фильтровали через складчатый фильтр, отбирали определенную часть фильтрата для анализа, выпаривали до небольшого объема, переносили в Кьельдалевскую колбу, сжигали смесь крепких серной и азотной (1 объем H_2SO_4 уд. вес 1,84 к 3 объемам HNO_3 , уд. вес 1,4) и определяли фосфорную кислоту молибденовым методом, придерживаясь в общем при отдельных операциях при приготовлении и анализе лимоннокислых вытяжек того более подробного описания, которое приведено в моей прежней работе: „К вопросу о взаимоотношениях между процессами нитрификации и денитрификации и процессами мобилизации и иммобилизации фосфорной кислоты в почве“. *)

Этот опыт по изучению влияния извести на почвенный фосфор был заложен 22-го декабря 1923 г.

Первые пробы почвы были взяты на третий день после закладки опыта 24-го декабря. Вообще же опыт велся до 17-го февраля 1925 года.

Результаты анализов лимонно-кислой вытяжки приведены на прилагаемой таблице

Таблица № 3.

Растворимая в 1% лимонной кислоте $P_2 O_5$ в граммах на 1 килограмм абсолютно сухой почвы.

Время взятия пробы.	24/XII 1923 г.	26/II 1924 г.	3/IV 1924 г.	10/XI 1924 г.	23/XII 1924 г.	30/I 1925 г.	17/II 1925 г.
Без извести .	0,088	0,076	0,079	0,085	—	0,094	—
С известью . .	0,190	0,190	0,209	—	0,333	0,346	0,345
Увеличение от извести . .	0,102	0,114	0,130	—	—	0,252	—

Как видно из приведенных выше результатов однопроцентная лимонная кислота извлекла из почвы с известью значительно

*) Кедров-Зихман. „Записки Горьковского Сельско-Хозяйственного Института“, т. I, стр. 102 и „Сельско-Хозяйственное Опытное Дело“ т. 2.

больше фосфорной кислоты, чем из почвы без извести. Уже на третий день после закладки опыта содержание легко растворимой фосфорной кислоты в почве под влиянием извести повысилось больше, чем вдвое (с 0,088 грамм до 0,190 грамм на кило абсолютно сухой почвы), а к концу опыта, т. е. через 13 с лишним месяцев — приблизительно вчетверо (с 0,094 гр. до 0,346 гр.)

В тех же лимоннокислых вытяжках было определено содержание полуторных окислов, давшее следующие результаты:

Содержание полуторных окислов ($Fe_2O_3 + Al_2O_3$) в лимоннокислой вытяжке соответственно 1 килограмму абсолютно сухой почвы в граммах:

Без извести	1,720
С известью	2,370

Нами было также установлено, что в лимоннокислой вытяжке под влиянием известкования повышается, как содержание железа, так и алюминия.

Из приведенных выше результатов анализа мы видим, что в лимоннокислой вытяжке в связи с известкованием одновременно с повышением содержания фосфорной кислоты повышается и содержание полуторных окислов. Это обстоятельство дает нам возможность сделать вывод, что при внесении извести в почву железо и алюминий вытесняются кальцием из трудно растворимых соединений с фосфорной кислотой и переходят в раствор, а фосфорная кислота образует с кальцием более легко растворимые соединения, чем соединения с железом и алюминием и также переходит в раствор.

Так как имеющиеся литературные данные, как уже было выше отмечено, говорят за то, что характер взаимодействия извести с соединениями фосфора в почве зависит не только от рода почвы, но и от условий, при которых это взаимодействие имеет место, то нами были поставлены еще дополнительные опыты в других условиях.

К этим опытам нужно отнести прежде всего опыт второй, заложенный в лабораторных условиях в стеклянных сосудах так же, как и первый опыт, с той же подзолистой почвой Стебутовского опытного поля, с той же Оршанской известью, при том же увлажнении, но с различным содержанием извести, а именно: часть сосудов содержала почву без извести, часть с известью в количестве 0,8 гр. СаО на 100 гр. абсолютно сухой почвы, как при первом опыте, и часть — с известью в количестве 0,08 гр. СаО на 100 гр. абсолютно сухой почвы, т. е. в количестве близком к нормам, вносимым при полевых опытах с известью на Горецкой с.-х. опытной станции в фольварке „Иваново“.

Этот опыт был заложен 28-го Декабря 1924-го года и велся в тех же условиях, как и первый опыт, описанный выше (см. стр. 152).

Через 1 $\frac{1}{2}$ месяца были приготовлены и проанализированы 1%-е лимоннокислые вытяжки, причем получились следующие результаты, приведенные ниже:

Таблица № 4.

Растворимая в 1% лимонной кислоте P_2O_5 в граммах на 1 кил. абсолютно сухой почвы.

Извлечено Внесено	P_2O_5	$F_2O_3+Al_2O_3$	Fe_2O_3	Al_2O_3
Без извести	0,095	1,615	0,297	1,318
0,08% CaO	0,164	2,166	—	—
0,80% CaO	0,321	2,239	0,566	1,673

Из приведенных результатов второго опыта мы видим: во-первых, что и при внесении извести в меньших количествах, соответствующих нормам обычно применяемым в сельско-хозяйственной практике, в почве также имеет место мобилизация фосфорной кислоты в результате вытеснения кальцием железа и алюминия из соединений с фосфорной кислотой и образования более легкорастворимых кальциевых солей фосфорной кислоты; во вторых, что по мере увеличения количества вносимой в почву извести повышается также количество образующейся при этом легко растворимой фосфорной кислоты в почве, но не прямо пропорционально количеству извести.

Третий опыт был поставлен нами в полевой обстановке. С любезного разрешения заведывающего Горюцкой Сельско-Хозяйственной Опытной Станцией проф. В. В. Винера и при содействии научного сотрудника станции А. Л. Семенова нами в 1924 году периодически в течение вегетационного периода брались пробы почвы на делянках опытного поля фольварка „Иваново“, где были заложены опыты с удобрением. При указанных опытах с минеральными удобрениями, заложенными опытной станцией, известь вносилась в виде Оршанской извести из расчета 120 пудов CaO на десятину. Из взятых при этом опыте проб почвы приготовлялась 1%-я лимоннокислая вытяжка и подвергалась анализу так же, как это делалось при лабораторных опытах. Результаты этого опыта по отношению к вопросу о влиянии извести на почвенный фосфор приведены ниже.

Растворимая в 1%-й лимонной кислоты P_2O_5 в граммах на 1 килограмм абсолютно сухой почвы:

	До внесения удобрения.	Через 3½ месяца после внесения удобрения.
Без извести	0,076	0,072
С известью	0,080	0,082

Из полученных результатов третьего опыта видно, что в полевой обстановке, при внесении извести в указанных выше нормах, наблюдалось лишь самое незначительное влияние известкования на процесс мобилизации фосфорной кислоты в почве. Изучение этого вопроса в полевых условиях требует еще постановки дальнейших опытов.

Результаты, полученные при вышеописанных опытах, стоят в противоречии с результатами не только большинства вегетационных опытов лабораторий проф. Д. И. Прянишникова, но и с опытами лабораторного характера, выполненных там же в 1907 г. В этих лабораторных опытах 1907 года в лаборатории Д. Н. Прянишникова испытывалось влияние CaCO_3 на разложение фосфатов железа и глинозема, причем получилось, что CaCO_3 не только не благоприятствует переходу фосфорной кислоты из соединений с полуторными окислами в раствор, но даже оказывает на такой переход подавляющее действие.*)

В виду такого противоречия между нашими результатами, полученными при исследовании процесса взаимодействия с почвой Оршанской извести, и результатами лаборатории профессора Д. Н. Прянишникова, при указанных опытах с чистыми препаратами CaCO_3 и фосфатов железа и алюминия, нами было решено поставить еще дополнительные опыты с той же подзолистой почвой Стебуровского опытного поля, которая применялась нами при первых двух опытах, но с заменой Оршанской извести химически чистым препаратом CaCO_3 .

Один из этих опытов—четвертый—был поставлен по той же схеме, что и первый опыт, CaCO_3 был внесен из расчета 0,8 грамма CaO на 100 грамм абсолютно сухой почвы, т. е. в таком же количестве, в каком при первом опыте была внесена Оршанская известь; степень увлажнения и другие условия, при которых протекал опыт в общем также были те же, что и при первом опыте.

Анализ 1%-х лимоннокислых вытяжек при этом опыте показал, что при взаимодействии взятой для опыта почвы с CaCO_3 точно так же, как при взаимодействии с Оршанской известью, наблюдается повышение содержания легкорастворимой фосфорной кислоты.

Растворенная в 1%-й лимонной кислоте P_2O_5 в граммах на 1 килограмм абсолютно сухой почвы:

Почва без CaCO_3 . . .	0,093
Почва с CaCO_3 . . .	0,130

Другой опыт—пятый—отличался от четвертого лишь тем, что к почве—как с известью, так и без извести—было прибавлено предварительно до опыта фосфорнокислое железо из расчета 2 грамма на каждые 100 грамм абсолютно сухой почвы.

Анализ лимоннокислых вытяжек, приготовленных через 17 дней после начала опыта, дал результаты также подтверждающие в общем данные описанных выше опытов.

Извлечено 1%-й лимонной кислотой в граммах на 1 килограмм абсолютно сухой почвы:

	P_2O_5	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$
Почва с FePO_4	2,91	4,25
Почва с $\text{FePO}_4 + \text{CaCO}_3$.	3,98	5,59

Нами было также исследовано взаимодействие химически чистого препарата углекислого кальция с фосфатом железа без почвы, причем количественное соотношение между обоими препаратами было такое же, как в опыте пятом с внесением фосфата железа в

* Д. Н. Прянишников. „Опыты с фосфатами железа и глинозема“. Из результатов вегетационных опытов и лабораторных работ 1904—1907 гг.; страница 16.

почву. При этом из смеси тщательно перемешанных препаратов углекислого кальция и фосфата железа после оставления в увлажненном состоянии в течение суток точно так же, как при пятом опыте, извлекалась фосфорная кислота и полуторные окислы 1%-й лимонной кислотой, которой приливалось (по отношению к углекислому кальцию и фосфату железа) столько же, как и при пятом опыте. Точно также была приготовлена лимоннокислая вытяжка из фосфата железа без прибавления углекислого кальция.

При этом анализ приготовленных таким образом лимоннокислых вытяжек дал следующие результаты:

Извлечено 5-ю литрами 1%-й лимонной кислоты, соответственно 1-му килогр. абсолютно сухой почвы в опытах с почвой.

В граммах

	P_2O_5	Fe_2O_3
$FeFO_4$	3,54	3,77
$FePO_4 + CaCO_3$	5,23	5,32

Таким образом мы видим, что в указанных условиях при взаимодействии углекислого кальция с фосфатом железа не только в почве, но и в искусственно приготовленной смеси химически чистых препаратов, имеет место повышение содержания легкорастворимой фосфорной кислоты и железа в лимоннокислой вытяжке.

Получив такие результаты со смесью химически чистых препаратов при анализе лимоннокислой вытяжки, противоречащие результатам исследования лаборатории проф. Д. Н. Прянишникова, мы решили повторить наши исследования с такой же смесью углекислого кальция и фосфата железа, заменив 1%-ю лимонную кислоту водой, насыщенной углекислотой, подобно тому, как это имело место при исследовании лаборатории Д. Н. Прянишникова, а также чистой дистиллированной водой, лишенной углекислоты. Анализ углекислых и водных вытяжек, приготовленных нами так же, как мы готовили при предыдущих опытах лимоннокислые вытяжки, дал следующие результаты, подтверждающие в общем данные лаборатории Д. Н. Прянишникова.

Извлечено 5-ю литрами растворителя P_2O_5 , соответственно 1 килограм. абсолютно сухой почвы в опытах с почвой.

В граммах:

	Водная вытяжка	Углекисл. вытяжка
Без извести	0,220	0,217
С известью	0,053	0,059

При этом железо, в противоположность тому, что мы наблюдали при лимоннокислой вытяжке, в раствор вовсе не перешло.

Из этих результатов явствует, что причиной противоречия между полученными нами результатами и результатами лаборатории Д. Н. Прянишникова является применение различных растворителей: нами 1%-й лимонной кислоты, лабораторией Д. Н. Прянишникова—воды, насыщенной углекислотой.

Сравнивая результаты анализа лимоннокислых, водных и угле-

кислых вытяжек из смеси препаратов углекислого кальция и фосфата железа, мы в общем можем констатировать, что хотя при взаимодействии этих соединений при определенных условиях имеет место образование более растворимых форм фосфорной кислоты, чем фосфат железа, каковыми могут быть фосфаты кальция, исследованием водных и углекислых вытяжек этот процесс не может быть обнаружен.

Вследствие применения в качестве растворителя воды, насыщенной углекислотой, при исследованиях лаборатории Д. Н. Прянишникова осталась скрытой картина взаимодействия углекислого кальция с фосфатом железа, которая при применении 1%-й лимонной кислоты выясняется.

Ввиду того, что при применении других растворителей (1%-й лимонной кислоты) переход в легко растворимые формы фосфорной кислоты фосфата железа, в результате взаимодействия с углекислым кальцием может быть констатирован, на основании результатов анализа углекислой вытяжки нельзя делать выводов о подавляющем действии извести на мобилизацию фосфорной кислоты.

Результаты вегетационных опытов в данном случае также не могут иметь решающего значения, так как понижение урожая при внесении извести может быть следствием суммарного действия различных недостаточно изученных еще процессов в почве, которые не дают возможности проявиться благоприятному влиянию мобилизации фосфорной кислоты на развитие растений. Так напр., во многих случаях отрицательный эффект известкования на урожай при достаточном содержании азота и калия, мог быть приписан недостатку доступных растению форм фосфора в почве вследствие того, что не было принято во внимание подавляющее действие извести на калийное питание растений согласно закону калийно-известкового питания*).

Кроме того в литературе имеется также ряд указаний на положительное действие извести на переход в легко растворимую форму почвенного фосфора, также основанных на результатах вегетационных опытов**).

Остановившись на упомянутом несогласии результатов наших исследований с результатами исследований лаборатории Д. Н. Прянишникова, считаю нужным отметить, что несогласие это собственно не касается окончательных выводов относительно возможности перехода в легко растворимую форму фосфатов железа и алюминия при взаимодействии с известью, так как Д. Н. Прянишников, отмечая подавляющее влияние извести на переход фосфорной кислоты в раствор при исследованиях своей лаборатории, от окончательных выводов воздерживается. „Тем не менее не приходится делать в этом случае окончательного вывода по данному вопросу“; говорит он в упомянутой выше своей статье, и дальше: „конечно, нужно еще точнее разобрать, насколько во всех этих случаях подавление урожая сводится к затрудненному усвоению P_2O_5 из $FePO_4$ “***).

*) P. Ebbenberg. Das Kalk-Kali-Gesetz Landwirtsch. Jahrbücher, 1919.

***) К. К. Гедройц. „Влияние известкования на доступность растениям фосфорной кислоты почвы и фосфорнокислых удобрений“. Журнал Оп. Agr. 1905 г. стр. 687. В. В. Семушкин. Из результатов вегетационных опытов и лабораторных работ; т. X, стр. 99 и др.

***) Д. Н. Прянишников. „К вопросу об известковании“ сборник статей: „Известкование почвы“, под редакцией проф. Я. В. Сомойлова“.

Таким образом результаты всех поставленных нами с подзолистой почвой Горецкого района опытов и исследований с химически чистыми препаратами говорят за то, что при взаимодействии извести с почвой имеет место вытеснение кальцием железа и алюминия из труднорастворимых соединений с фосфорной кислотой с образованием более легкорастворимых фосфатов кальция.

При описанных выше опытах исследовались не только лимоннокислые вытяжки с целью выяснения влияния извести на содержание в почве легко растворимых форм фосфорной кислоты вообще, но и водные вытяжки с целью выяснить влияние извести на содержание фосфорной кислоты в почвенном растворе.

Для приготвления водной вытяжки количество почвы, соответствующее 100 грам абсолютно сухой почвы, помещалось в стеклянную банку с притертой пробкой и обливалось пятерным по отношению к абсолютно сухой почве количеством дистиллированной воды минус количество воды, уже содержавшееся в почве. Затем банку 3 минуты встряхивали, одну минуту давали отстояться и фильтровали через складчатый фильтр, сливая первые мутные порции фильтрата обратно на фильтр до тех пор, пока поры фильтра достаточно не забьются частичками почвы и не начнет фильтроваться совершенно прозрачная жидкость. При этом точно так же, как и при лимоннокислой вытяжке, к помещенной в банку почве тотчас же приливался хлорофом для прекращения биологических процессов.

Полученный таким образом фильтрат сгущали выпариванием до небольшого объема—около 10 куб. сантиметров—приливали 3 куб. сант. азотной кислоты (один объем HNO_3 , уд. вес 1,4, на 4 объема дистиллированной воды) для окисления органических веществ и выпаривали в небольшой фарфоровой чашке досуха, причем операцию приливания азотной кислоты и выпаривания повторяли дважды. После этого чашку с выпавшим сухим остатком просушивали на песчаной бане, остаток обрабатывали слабой азотной кислотой и водой, нагревали на водяной бане, переносили содержимое чашки в мерную колбу в 100 куб. сант., доводили объем жидкости в колбе дистиллированной водой до метки и перемешав жидкость в колбе фильтровали. Затем отбирали пипеткой определенную часть фильтрата, нейтрализовали аммиаком, подкисляли вновь азотной кислотой и определяли фосфорную кислоту молибденовым методом в его обычной модификации.

Результаты анализа водных вытяжек первого опыта (см. стр. 152) приведены ниже на прилагаемой таблице.

Таблица № 5.

Воднорастворимая P_2O_5 в граммах на килограмм абсолютно сухой почвы.

Время взятия пробы.	24/XII 1923 г.	19/I 1924 г.	26/II 1924 г.	9/VI 1924 г.	25/XI 1924 г.
Без извести	0,012	—	0,013	0,010	—
С известью	0,012	0,015	0,012	0,013	0,010

Как видно из приведенных результатов, внесение извести в почву на содержание фосфорной кислоты в почвенном растворе заметного влияния не оказывает.

На основании этого можно заключить, что при вытеснении кальцием железа и алюминия при взаимодействии с известью в почве, фосфорная кислота, образуя с кальцием легкорастворимые соединения, не дает при этом монокальциевого фосфата, растворимого в воде, а, очевидно, переходит, главным образом, в дикальций-фосфат, хорошо растворимый в лимонной кислоте и малорастворимый в воде, и трикальцийфосфат, который в свежесаженном состоянии также растворим в лимонной кислоте, будучи в воде еще менее растворим, чем дифосфат.

Полученные нами при изложенных выше опытах данные говорят за то, что процесс мобилизации фосфорной кислоты в почве под влиянием извести в исследованных нами почвах есть результат взаимодействия извести с фосфатами железа и алюминия, т. е. с минеральной частью почвы.

Но является ли процесс взаимодействия извести с фосфатами полуторных окислов единственной причиной мобилизации фосфорной кислоты в почве под влиянием извести или наряду с этим имеют место и другие процессы, способствующие переходу почвенного фосфора в более легко растворимые соединения, на этот вопрос приведенные выше результаты ответа не дают. Между тем трудно предположить, чтобы влияние извести на почвенный фосфор ограничилось лишь взаимодействием с минеральной частью почвы, не затрагивая фосфорно-органических соединений почвы. Для выяснения этой стороны процесса взаимодействия извести с почвой нами были предприняты дополнительные исследования.

Прежде всего, для учета общего влияния извести на органические соединения почвы, было определено содержание гумуса в почве первого опыта (см. стр. 152), как из кристаллизатора без извести, так и из кристаллизатора с известью через один год и 3 месяца после начала опыта. Анализ этот, выполненный по методу Кюппа, дал следующие результаты.

Содержание гумуса в грам. на 1 килограмм абсолютно сухой почвы.

Без извести	1,94
С известью	1,59

Из результатов этого анализа видно, что значительная часть почвенного гумуса под влиянием извести в течение опыта разложилась.

Разрешение вопроса, насколько при разложении почвенного гумуса при взаимодействии с известью были затронуты фосфорно-органические соединения почвы, представляло серьезные затруднения с методической стороны, так как агрономическая химия в настоящее время не располагает достаточно разработанными методами не только для выделения всех отдельных фосфорноорганических соединений почвы, но и для определения их общего количества в почве.

Не имея, таким образом, возможности точно определить общее содержание фосфорноорганических соединений в известкованной и неизвесткованной почве и по разности установить влияние извести,

мы решили сделать это по отношению к определенной форме органического фосфора почвы, а именно: по отношению фосфора группы гуминовых веществ.

Для этого была приготовлена „matière noire“ путем обработки почвы, взятой из кристаллизаторов второго опыта, (см. стр. 155) едким натром после предварительного удаления кальция промыванием однопроцентной соляной кислотой, как из почвы без извести, так и из почвы с известью, затем было взято по 100 куб. сантим. „matière noire“ соответствующие 20 грам. абсолютно сухой почвы, и в них азотной кислотой осаждены гуминовые вещества. Полученная таким образом „гуминовая кислота“ отфильтровывалась, промывалась на фильтре, сушилась и сжигалась в Кьельдалевских колбах с крепкой азотной кислотой, после чего определялась фосфорная кислота по методу Nyssens'a.

При этом получились приведенные ниже результаты:

Содержание $P_2 O_5$ в органических веществах группы „гуминовой кислоты“ в граммах на килограмм абсолютно сухой почвы.

Без извести	0,235
С известью	0,160

Как видно из полученных результатов анализа, значительная часть фосфора органических соединений группы „гуминовой кислоты“ под влиянием извести минерализовалась и, по всем данным, образовала кальциевые соли фосфорной кислоты, подобно фосфору минеральных соединений почвы.

На основании полученных нами при анализе вытяжки гуминовых веществ почвы еще конечно нельзя составить себе точного представления о степени зависимости процесса мобилизации фосфорной кислоты в почве под влиянием извести, от разложения фосфорноорганических соединений почвы. Но факт, что такая зависимость имеет место, можно считать установленным, поскольку нельзя ожидать образования после минерализации фосфорноорганических соединений почвы неокисленных соединений фосфора, или образования более труднорастворимых соединений фосфора, чем те, которые получаются после взаимодействия минеральных фосфатов с известью, так как условия, при которых протекает процесс взаимодействия извести с соединениями почвы во первых, благоприятствуют окислительным процессам (нитрификация), во вторых, благоприятствуют также переходу труднорастворимых фосфатов железа и алюминия в более легкорастворимые фосфаты кальция.

Установив таким образом, что в исследованных нами подзолистых почвах Горьковского района при взаимодействии с известью, как минеральной части их, так и органической, имеет место переход труднорастворимых соединений фосфора в более легкорастворимые, мы задалась целью выяснить, является ли этот процесс чисто химическим, или же он носит биохимический характер.

В связи с этим в лаборатории агрономической химии поставлена отдельная работа по выяснению влияния извести на биохимические процессы почвы, связанные с превращениями почвенного фосфора. Работа эта еще не закончена и результаты ее полностью будут опубликованы позже, отдельно от настоящей работы. Сейчас мы коснемся лишь некоторых предварительных опытов, связанных с настоящей работой, которые были проведены нами по следующ. схеме.

В банки с притертой пробкой помещалась почва, в которую была внесена Оршанская известь из расчета по 0,8 грамм CaO на 100 гр. абсолютно сухой почвы, так же, как и в первом опыте (см. стр. 152). Количество почвы, помещенное в каждую банку, соответствовало 500 грамм абсолютно сухой почвы. Почва предварительно увлажнялась дистиллированной водой из расчета 20 куб. сантим. воды на 100 гр. абсолютно сухой почвы. Затем в часть банок для прекращения биологических процессов вносился хлороформ, а другая часть банок оставлялась без антисептика. Снаряженные таким образом банки оставались при комнатной температуре.

После этого, как из банок с хлороформом, так и из банок без хлороформа, извлекалась фосфорная кислота 1%-й лимонной кислотой, как описано выше, и определялась по методу Nyssens'a, причем получились следующие результаты:

Извлечено P_2O_5 1%-й лимонной кислотой в граммах на 1 кил. абсолютно сухой почвы.

Без хлороформа	0,328
С хлороформом	0,252

Как видно из полученных результатов из банок без хлороформа извлечено значительно больше фосфорной кислоты, чем из банок с хлороформом. Это дает нам право сделать вывод, что внесение извести в почву способствует развитию биологических процессов, в результате которых имеет место переход труднорастворимых соединений почвенного фосфора в более легко растворимые.

Влияние извести на азотистые соединения почвы.

Кроме изучения процесса взаимодействия извести с соединениями фосфора в почве, нами исследовалось также влияние извести на почвенный азот. Так как важнейшие превращения азота в почве являются следствием жизнедеятельности микроорганизмов, то тут центр тяжести наших исследований переносится на выяснение влияния извести на биохимические процессы почвы—процессы аммонификации и нитрификации. Соответствующие наблюдения над ходом обоих этих процессов велись нами, как в лабораторной, так и в полевой обстановке.

Исследования в лабораторной обстановке по выяснению влияния извести на азотистые соединения почвы заключались в определении содержания аммонийного и нитратного азота в почве, взятой из кристаллизаторов с известью и без извести первого опыта (см. стр. 152) через год и 1 месяц после начала опыта.

При этом аммонийный азот определялся по методу Шлезинга путем отгонки с магниезией из приготовленной вытяжки, а нитратный азот путем восстановления в щелочной среде по методу Сиверта. При этом получились следующие результаты.

Таблица № 6.

Азот в граммах на 1 килограмм абсолютно сухой почвы.

Формы N	N аммо- нийный.	N нитратный	Сумма.
Без извести . . .	0,024	0,191	0,215
С известью	0,042	0,223	0,265
Прибавилось от вне- сения извести . .	0,018	0,032	0,050

Из приведенных выше результатов видно, что под влиянием извести в почве повысилось, как содержание аммонийного, так и содержание нитратного азота. При этом замечается очень значительное преобладание нитратного азота над аммонийным, как в почве без извести, так и в почве с известью. Это обстоятельство объясняется тем, что условия опыта благоприятствовали быстрому переводу аммонийного азота в нитратный, который при отсутствии растительности и накапливался в почве в значительных количествах, хотя, как мы увидим ниже, в почве в условиях опыта имели место и процессы, ведущие к потере азота.

При исследованиях по выяснению влияния извести на почвенный азот в полевой обстановке нами были взяты пробы почвы на тех же опытных делянках Горепкой С.-Х. Опытной станции на фольварке „Иваново“, на которых мы брали пробы для соответствующих исследований над почвенным фосфором (см. стр. 156), при этом, как в пробах с делянок без извести, так и в пробах с делянок с известью определялось содержание аммонийного и нитратного азота до начала опыта и полтора месяца спустя так же, как при описанных выше исследованиях в лабораторной обстановке. Результаты анализа, полученные нами при этом приведены ниже.

Таблица № 7.

Азот в граммах на 1 килограмм абсолютно сухой почвы.

Время взятия пробы.	30/VI			14/VIII		
	N аммо- нийный	N нит- ратный	Сумма	N аммо- нийный	N нит- ратный	Сумма.
Без извести	0,012	0,028	0,040	0,008	0,060	0,068
С известью	0,016	0,036	0,052	0,018	0,081	0,099
Прибавилось от вне- сения извести . .	0,004	0,008	0,012	0,010	0,021	0,031

Эти результаты свидетельствуют о том, что и в полевой обстановке известкование почвы благоприятствовало накоплению, как аммонийного, так и нитратного азота.

Однако приведенные выше данные нашей работы так же, как результаты прежних исследований с другими почвами в отношении влияния извести на процесс аммонификации и нитрификации, не охватывают всех сторон явления взаимодействия извести с почвенным азотом. Кроме процесса аммонификации и нитрификации в почве имел место еще ряд других процессов, обуславливающих те или другие превращения азотистых веществ в почве. Из этих процессов особенно интересны, с точки зрения практики сельского хозяйства, процессы обуславливающие потери почвенного азота, так как для сельского хозяина далеко не безразлично, какою ценой он покупает повышение плодородия почвы, насколько поднятие плодородия почвы идет за счет истощения богатства почвы. Между тем на эту сторону вопроса при прежних исследованиях обращалось недостаточно внимания, несмотря на то, что Западно-Европейская практика применения известкования без достаточного изучения влияния его на богатство почвы привела к ряду неудач, в результате которых сложилась поговорка, долженствующая служить для нас предостережением: „известь, обогащая отцов-раззоряет детей“.

Принимая во внимание развитые выше соображения, мы решили насколько возможно учесть и эту сторону вопроса. С этой целью в почве из кристаллизаторов первого опыта (см. стр. 152), как без извести, так и с известью, было определено общее содержание азота. При этом получались следующие результаты:

Общее количество азота в граммах на 1 килограмм абсолютно сухой почвы:

Без извести	1,405
С известью	1,180

Из приведенных здесь данных анализа мы таким образом видим, что известкование почвы в условиях опыта, длившегося 1 год и 1 месяц, способствовало не только накоплению в почве доступных для растений форм азота, но в еще большей степени потерям азота: прибавилось аммонийного и нитратного азота вместе под влиянием извести 0,050 грамм на 1 килограмм абсолютно сухой почвы, убавилось общего количества азота—0,220 гр. на 1 килограмм абсолютно сухой почвы.

В связи с выяснением вопроса о потерях почвенного азота при известковании нами были выполнены еще дополнительные исследования, в которых учитывалось влияние извести на общее содержание азота в почве в других условиях.

Так, нами было определено общее содержание азота в почве второго опыта (см. стр. 155) с различным содержанием извести через 6 месяцев после начала опыта. При этом были получены следующие результаты

Общее количество азота в почве в граммах на 1 килограмм абсолютно сухой почвы:

Без извести	1,262
0,08 гр. СаО	1,172
0,8 СаО	1,040

Из этих результатов мы видим, что в условиях лабораторного опыта и при внесении меньших количеств извести и при значительно менее продолжительном времени взаимодействия ее с почвой имеют место заметные потери азота.

Следовательно, внесение извести в почву усиливает не только процесс нитрификации, но и ряд других биологических процессов; при этом, по всем данным, непосредственное влияние извести на почвенный азот выражается не в преимущественном по сравнению с другими упомянутыми процессами усилении процесса нитрификации, как такового, так как в таком случае мы не наблюдаем заметного повышения содержания аммонийного азота в почве. Можно полагать, что центр тяжести влияния извести на биологические процессы почвы лежит в разложении органических веществ в ней, причем минерализуются между прочим и азотистые вещества почвенного гумуса; усиление же остальных биологических процессов носит, главным образом, вторичный характер. Накопление азотсодержащих продуктов разложения гумуса способствует усилению процесса аммонификации, в результате чего накапливается аммонийный азот; это создает в свою очередь условия, благоприятствующие развитию процесса нитрификации, а накопившиеся в результате усиленной нитрификации нитраты дают толчок к усилению процесса денитрификации. То обстоятельство, что в результате суммарного действия всех этих биологических процессов мы наблюдаем в почве накопление нитратов, есть результат большей, по сравнению с другими упомянутыми процессами, скорости протекания процесса нитрификации, а не результат преимущественного непосредственного влияния извести на усиление этого процесса.

Каково соотношение между потерей общего количества почвенного азота и накоплением аммонийного и нитратного азота в различных почвах и при различных условиях, насколько велики потери азота под влиянием известкования в почве в полевой обстановке—для полного разрешения этих вопросов необходимы еще дальнейшие исследования, как лабораторного характера, так и в полевой обстановке, которые нами уже начаты. Но и без дополнительных опытов, основываясь лишь на полученных нами данных и предварительных результатах указанных дополнительных опытов, с уверенностью можно сказать, что внесение больших норм извести без одновременного внесения органических азотсодержащих веществ, должно повести к заметному обеднению наших подзолистых почв в отношении азота.

Влияние извести на почвенный калий.

При наших исследованиях различных сторон процесса взаимодействия извести с почвой мы коснулись также вопроса о влиянии извести на соединения калия в почве, а именно, нами было исследовано, как влияет известкование на содержание в почве легкорастворимых форм калия. С этой целью было определено содержание калия в 1%-й лимоннокислой вытяжке из почвы второго опыта (см. стр. 155), как из кристаллизаторов без извести, так и из кристаллизаторов с Оршанской известью. Полученные при этом результаты приведенные ниже.

Извлечено 1%-й лимонной кислотой K_2O в граммах на 1 кг. абсолютно сухой почвы.

Без извести	0,052
0,08 CaO	0,057
0,80 CaO	0,084

Из этих результатов видно, что на мобилизацию калия в почве известь также, как и на мобилизацию фосфора и азота, влияет благотворно не только при больших нормах извести, но и при нормах, соответствующих нормам, применяемым в сельскохозяйственной практике, какую мы имеем во втором опыте. Кроме того, мы здесь также, как при описанных выше исследованиях относительно фосфора, наблюдаем, что повышение содержания легкорастворимых форм калия тем значительнее, чем больше внесено извести в почву.

Что касается характера этого процесса, то можно полагать, что мы имеем здесь дело с вытеснением ионом кальция иона калия из почвенного поглощающего комплекса, так как количества калия, обнаруженные в лимоннокислой вытяжке, не превышают тех количеств, которые могли бы содержаться в поглощенном состоянии.

Заканчивая изложение наших исследований по выяснению влияния извести на процесс мобилизации важнейших питательных веществ в почве — фосфора, азота и калия, мы считаем нужным отметить, что в исследованных нами подзолистых почвах влияние это проявилось далеко не одинаково, по отношению к каждому из этих трех элементов. Больше всего влияние известкования коснулось почвенного фосфора и притом наиболее выгодным для сельского хозяина образом, так как почвенный фосфор переходит под влиянием известкования в растворимую в слабых кислотах, доступную растениям форму, в то же время не растворимую в воде, следовательно не способную вымываться. Влияние известкования на почвенный азот также очень значительно, но здесь, в противовес тому, что мы наблюдаем при фосфоре, мы имеем дело не только с переходом почвенного богатства в плодородие, но и с весьма значительным разрушением почвенного богатства при сравнительно незначительном повышении плодородия почвы. Наконец, что касается влияния известкования на почвенный калий, то он, по сравнению с фосфором и азотом почвы, повидимому, вообще мало затрагивается при взаимодействии с известью наших подзолистых почв, что не противоречит данным исследований Горецкой с.-х. опытной станции, выполненных под руководством проф. В. В. Винера, согласно которым известкование наших почв заметно влияет на калийное питание растений неблагоприятным образом в силу закона калийно-известкового питания.

Влияние извести на физические свойства почвы:

Кроме изучения химической и биологической сторон взаимодействия извести с почвой, нами выяснялось также влияние извести на физические свойства почвы. В связи с этим нами исследовалась почва, взятая из кристаллизаторов первого опыта (см. стр. 152), как без извести, так и подвергшаяся в течение 13-ти месяцев дей-

ствию извести, внесенной в почву в количестве 0,8 СаО на 100 гр. абсолютно сухой почвы. Исследования эти заключались в следующем.

Был определен механический состав почвы по методу Сабанина, причем получились следующие результаты:

Таблица № 8.

Механический состав почвы по Сабанину в ‰.

Диаметр частиц в мм.	1—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	0,001
Без извести	2,78	7,60	34,18	31,06	18,37	0,43	5,58
С известью	0,31	6,03	33,96	31,32	14,14	2,79	11,45
	2,47	1,57	0,22	0,26	4,23	2,36	5,87

Как видно из этих результатов, под влиянием внесения Оршанской извести в исследованной подзолистой почве Стебуровского Опытного Поля заметно уменьшилось содержание частиц размера от 1 мм. до 0,25 мм. (с 2,78 ‰ до 0,31‰) и увеличилось содержание илстых частиц размеров меньших 0,001 мм. в диаметре с 5,58‰ до 11,45‰ (при 6-ти часовом кипячении почвы).

Таким образом под влиянием Оршанской извести в условиях опыта мы наблюдаем в исследованной нами подзолистой почве заметное распыление почвы, что давало себя также знать заметным образом при приготовлении водных вытяжек. Почва с известью при этом значительно дольше оставалась во взмученном состоянии и значительно труднее фильтровалась, чем почва без извести.

Такое распыляющее действие извести на почву при наших опытах стоит в противоречии с обычно наблюдаемым при известковании почвы в полевых условиях улучшением физических свойств почвы.

Случаи распыляющего действия извести на почву отмечены также при ряде прежних исследований, на которые имеются указания в капитальном труде Геттингенского профессора Ehrenberg'a: „Die Bodenkolloide“).

Профессор Ehrenberg объясняет такую разницу в действии едкой извести на физические свойства почвы в лабораторной и полевой обстановке тем, что в полевой обстановке едкая известь сравнительно скоро переходит в углекислый кальций, в связи с чем в почвенном растворе катиону кальция противостоит уже не гидроксил, а НСО₃. Это подтверждается также наблюдениями хозяев—практиков, отмечающих неблагоприятное действие едкой извести, внесенной в больших количествах на физические свойства некоторых почв.**)

*) Цитирую по Ehrenberg'y „Die Bodenkolloide“, s. 568 Given, Inauguraldissertation, Göttingen, (1915) 7. Durham Chem. News. 30. 57 (1874).

A. D. Hallu C. G. T. Morison, Journ. Agric. Science, 2. 251, (1907-8).

**) Цитирую по Ehrenberg'y „Die Bodenkolloide“, s. 573. Rosenberg—Lipinsky. Prakt. Ackerbau, 2. 428. Given 1. c. 12—13.

В связи с этим нами были поставлены дополнительные опыты, целью которых было выяснить, наблюдается ли такое распыляющее действие Оршанской извести на наших почвах и при внесении меньших норм извести, как в лабораторной обстановке, так и в полевых условиях.

Результаты этих опытов, при которых определялось содержание почвенных частиц, не оседающих в течение 6-ти и 24-х часов при взбалтывании почвы с известью и без извести, помещенной в цилиндре с водой, говорят за то, что распыляющее действие извести у исследованных нами подзолистых почв заметно только в больших количествах извести. При нормах же, применяемых при полевых опытах на Горецкой с.-х. станции, распыляющего влияния извести не наблюдается, как в почве, взятой с опытных делянок с известью в поле фольварка „Иваново“ так и в почве при внесении извести в лабораторной обстановке.

Таблица № 9.

Влияние извести на иловатую часть почвы.

Почва с опытных делянок Горецкой сельскохозяйственной опытной станции в Иваново, в ‰.

Диаметр частиц в мм.	До известкования		Через 2½ месяца	
	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,001
Без извести	0,34	0,16	0,37	0,10
С известью	0,40	0,11	0,33	0,13

Таблица № 10.

Влияние извести на иловатую часть почвы.

Лабораторные исследования, в ‰.

Диаметр частиц в мм.	< 0,005
Без извести	1,31
0,08‰ CaO	1,34
0,80‰ CaO	2,09

Дальнейшими опытами, результаты которых приводятся ниже, было установлено, что при замене Оршанской извести химически чистым препаратом CaCO₃ также не наблюдается распыляющего действия извести на почву.

Таблица № 11.

Влияние CaCO_3 на иловатую часть почвы.

Лабораторные исследования, в ‰.

Диаметр частиц в мм.	< 0,005	< 0,001
Без извести	2,41	0,78
0,80‰ CaO	1,88	0,73

Таким образом, основываясь на полученных нами результатах при исследовании влияния извести на физические свойства почвы, мы должны отметить применявшиеся при наших опытах подзолистые почвы Стебуговского опытного поля и фольварка „Иваново“ к категории почв, у которых внесение больших количеств едкой извести не только не улучшает физические свойства, но определенно ухудшает их. Можно предполагать, что даже сравнительно незначительное повышение норм извести, применяемых при опытах Горещкой с.х. опытной станции окажет уже отрицательное действие на физические свойства почв. Нами были выполнены еще другие исследования относительно влияния извести на физические свойства почвы с почвой первого опыта, в которую были внесены большие количества извести (см. стр. 152).

Результаты этих исследований, которые нужно считать предварительными, в общем сводятся к следующему:

При исследовании влияния извести на величину почвенных агрегатов оказалось, что при известковании повышается содержание более крупных агрегатов, что видно из приведенных ниже результатов.

Таблица № 12.

Количество почвенных агрегатов в ‰ к воздушно сухой навеске.

Диаметр комочков в мм.	> 4 mm.	4—3	3—2	2—1	1— $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$	< $\frac{1}{4}$
Без извести	8,8	3,5	11,7	10,8	5,7	10,5	49,0
С известью	12,8	4,4	11,8	11,9	5,1	11,4	42,6
	4,0	0,9	0,1	1,1	0,6	0,9	6,4

Наконец нами были поставлены опыты по выяснению влияния извести на удельный вес почвы, влагоемкость и гигроскопичность причем оказалось, что в результате взаимодействия извести с почвой в течение 13-ти месяцев, удельный вес почвы понизился, гигроскопичность и влагоемкость повысились. Результаты этих исследований приведены ниже.

Таблица № 13.

Влияние извести на физические свойства почвы.

	Удельный вес.	Гигроско- пичность в 0/0 0/0.	Влагодем- кость в 0/0 0/0.
Без извести	2,59	1,32	38,7
С известью	2,45	1,76	43,3
	0,14	0,44	4,6

В общем из результатов этих опытов видно, что известь, внесенная в больших количествах, оказывает на физические свойства исследованных нами почв очень заметное действие. Поэтому нужно признать, что влияние извести на физические свойства наших почв заслуживает более глубокого изучения, для чего должны быть поставлены дальнейшие опыты.

В ы в о д ы:

В заключение приводим важнейшие выводы, к которым мы пришли, основываясь на полученных нами при вышеописанных исследованиях результатах:

§ 1. При внесении извести в почву имеет место повышение содержания легкорастворимой фосфорной кислоты (растворимой в однопроцентной лимонной кислоте).

§ 2. Одной из причин повышения содержания легкорастворимой фосфорной кислоты в исследованных ползolistых почвах Горьковского района под влиянием извести является вытеснение кальцием железа и алюминия из труднорастворимых соединений последних с фосфорной кислотой с образованием более легкорастворимых фосфорнокислых солей кальция.

§ 3. Другой причиной повышения содержания легкорастворимой фосфорной кислоты в почве под влиянием известкования является процесс разложения фосфорноорганических соединений при взаимодействии с известью с образованием легкорастворимых форм фосфора.

§ 4. Повышение содержания легкорастворимой фосфорной кислоты в почве тем значительнее, чем больше внесено извести, но не прямо пропорционально количеству последней.

§ 5. На содержание фосфорной кислоты в почвенном растворе (воднорастворимой фосфорной кислоты) внесение извести в почву заметным образом не влияет.

§ 6. Внесение извести в почву способствует развитию биохимических процессов, обуславливающих переход труднорастворимых форм почвенного фосфора в более легкорастворимые.

§ 7. При внесении извести в почву имеет место повышение содержания легкорастворимых форм калия (растворимых в 10%-й лимонной кислоте).

§ 8. Повышение содержания легкорастворимых форм калия, также тем значительнее, чем больше внесено в почву извести.

§ 9. Внесение в почву извести способствует разложению органических веществ в почве.

§ 10. Внесение в почву извести влечет за собой повышение содержания аммонийного азота в почве.

§ 11. Внесение в почву извести влечет за собой значительное повышение содержания нитратного азота в почве в результате усиления процесса нитрификации.

§ 12. Внесение извести в почву влечет за собой значительные потери общего количества азота при усилении процесса денитрификации.

§ 13. Внесение извести в почву отражается на физических свойствах последней, причем может иметь место:

- а) повышение содержания более крупных агрегатов;
- б) повышение содержания илистой части почвы;
- в) понижение удельного веса почвы;
- г) повышение влагоемкости почвы;
- д) повышение гигроскопичности почвы*).

Заканчивая изложение нашей работы, считаю необходимым отметить, что в выполнении ее в той или иной форме принимали участие все мои сотрудники по лаборатории.

Кроме научных сотрудников А. Ю. Левицкого, В. И. Ксенофонтовой и М. И. Бузюка, принимавших систематическое участие в общей работе, участвовали также научные сотрудники П. А. Кучинский, Г. И. Протасеня и О. Э. Кедрова-Зихман, выполняя отдельные части различных исследований и отдельные анализы и оказывая помощь при постановке опытов.

Всем названным лицам считаю долгом выразить свою признательность.

О. К. Зихман (Кедров).

*) Результаты настоящей работы были доложены на конференции по изучению производительных сил Западной Области 23-29 марта 1925 г. в Смоленске и в заседании Научного Общества при Горькогорском С.-Х. Института, 15 июня 1925 г.

O. K. Sichman (Kedrow). Über die Wirkung des Kalkes auf die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften des Bodens.

§ 1. Beim Einführen von Kalk in den Boden findet eine Erhöhung des Gehaltes an leichtlöslichen Phosphorsäuren (löslicher in einprocentiger Citronensäure) statt.

§ 2. Eine der Ursachen für die Erhöhung des Gehaltes an leichtlöslicher Phosphorsäure in den von uns untersuchten Podsol-Boden des Gorkischen Rayons unter dem Einfluss von Kalk, besteht in der Verdrängung des Eisens und Aluminiums durch Calcium aus den schwerlöslichen Verbindungen derselben mit Phosphorsäure, unter Bildung leichter löslicher phosphorsaurer Salze des Calciums.

§ 3. Als zweiter Grund der Erhöhung des Gehaltes an leichtlöslicher Phosphorsäure im Boden unter der Einwirkung der Kalkung tritt ein Process der Zersetzung organischer phosphorhaltiger Verbindungen unter Mitwirkung des Kalkes und unter Bildung leichtlöslicher Verbindungen des Phosphors hervor.

§ 4. Die Erhöhung des Gehaltes an leichtlöslicher Phosphorsäure im Boden ist um so bedeutender, je mehr Kalk demselben zugeführt wird, jedoch nicht direct proportional im Verhältniss zur Menge desselben.

§ 5. Auf den Gehalt an Phosphorsäure in der Bodenlösung (im Wasser löslicher Phosphorsäure) wirkt die Einführung von Kalk in den Boden nicht in merklicher Weise ein.

§ 6. Das Einbringen von Kalk in den Boden begünstigt die Entwicklung der biochemischen Prozesse, welche dazu dienen, den Uebergang schwerlöslicher Formen der Boden-Phosphorsäure in leichter lösliche zu vermitteln.

§ 7. Beim Einführen von Kalk in den Boden findet eine Erhöhung des Gehaltes an leichtlöslichen Verbindungen des Kali (löslich in einprocentiger Citronensäure) statt.

§ 8. Die Erhöhung des Gehaltes an leichtlöslichen Salzen des Kali ist gleichfalls um so bedeutender, je mehr Kalk dem Boden zugeführt wurde.

§ 9. Das Einführen des Kalkes in den Boden begünstigt den Zerfall organischer Stoffe im Boden.

§ 10. Das Einführen von Kalk in den Boden hat eine Erhöhung des Gehaltes an Ammonium-Stickstoff im Boden zur Folge.

§ 11. Das Einführen von Kalk in den Boden verursacht eine bedeutende Erhöhung des Gehaltes an Nitrat-Stickstoff im Boden, in Folge erhöhter Thätigkeit der Nitrifications-Processe.

§ 12. Das Einführen von Kalk in den Boden veranlasst einen bedeutenden Verlust des Allgemein gehaltes an Stickstoff, wobei die Denitrificationsvorgänge in erhöhtem Masse auftreten.

§ 13. Das Einführen des Kalkes in den Boden äussert auf die physikalischen Eigenschaften desselben ihre Wirkung, wobei folgende Vorgänge auftreten können:

- a. eine Erhöhung des Gehaltes an gröberen Aggregaten;
- b. eine Erhöhung des Gehaltes an thonigen Theilen des Bodens;
- c. eine Verringerung des specifischen Gewichts des Bodens;
- d. eine Erhöhung der Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens;
- e. eine Erhöhung der Hygroscopicität des Bodens.