

В. А. БУХМАН

**ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ПЛОДОРОДИЯ
ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВ КАРЕЛИИ ПРИ ИХ ОСВОЕНИИ**

Для реализации решений Коммунистической партии и Советского правительства в области подъема и развития сельского хозяйства Карелии большое значение имеют вопросы освоения целинных и дальнейшего повышения плодородия уже бывших в культуре торфяно-болотных почв. Значение этих почв определяется их широким распространением, а также более высоким, по сравнению с подзолистыми почвами, потенциальным плодородием.

В связи с расширяющимися масштабами осушения и освоения болот, намеченными шестым пятилетним планом, вопрос о влиянии различных способов окультуривания на повышение эффективного плодородия почв болотного ряда приобретает большую теоретическую и практическую актуальность.

В результате интенсивного освоения болот и дальнейшего их изучения, осуществляемого в БССР, накоплен большой опыт и значительная литература по вопросу изменения физико-биохимических свойств и плодородия почв болотного ряда. Примером сказанного является монография И. С. Лупиновича и Т. Ф. Голуб (1952), включающая результаты долголетних исследований авторов и обобщающая значительное количество литературных источников, а также многие работы, изданные позднее (Гаркуша И. Ф., 1954; Жилко В. В., 1955 и др).

Для условий Эстонской ССР имеются обобщенные данные об изменениях, происшедших в торфяных почвах за 43 года под влиянием осушения и выращивания многолетних трав (И. В. Филипенко, 1954). Имеются также работы П. С. Савкина (1926) и Н. И. Моргунова (1953) по Новгородской опытной станции и П. А. Турнаса (1949) по Крайнему Северу и ряд других.

Широкое обобщение многолетних собственных исследований автора и имеющейся литературы по вопросу генезиса, состояния плодородия и его изменения при окультуривании болотных почв Европейского севера (без Карелии) осуществлено А. А. Немчиновым (1955).

Из литературных данных можно заключить, что в зависимости от длительности нахождения торфяно-болотных почв в культуре изменяется ход почвообразовательного процесса и что динамика многих почвенных процессов существенно различна для разных физико-

географических районов, из чего вытекает необходимость региональных исследований для каждой зоны.

Обзор имеющейся литературы и архивных материалов по вопросу культуры болотных почв показал слабую его изученность для условий Карелии. В связи со сказанным в данной статье обобщены, в основном, оригинальные данные, полученные в результате проведенных нами полевых и лабораторных исследований по данному вопросу. Исследования эти позволили установить некоторые закономерности в динамике процессов, протекающих в болотных почвах Карелии при их мелиорации и освоении под сельскохозяйственные угодия.

Возникновение почв болотного ряда и их эволюция в естественных условиях, как известно, совершается под постоянным воздействием определенного комплекса природных факторов, затрудняющих развитие аэробной микрофлоры и способствующих заторможенности процессов минерализации и превращения органического вещества.

Основными причинами, обуславливающими заторможенность биохимических процессов, являются избыток влаги и недостаток кислорода. Часто лимитирующим фактором является также недостаток важнейших зольных веществ, избыточная кислотность почв и, возможно, накопление некоторых токсических веществ. Немаловажную роль в условиях севера играют низкие температуры воздуха и почвы.

Изменение почвообразовательного процесса в желательном для сельского хозяйства направлении возможно лишь при учете природных факторов почвообразования и свойств вновь осваиваемых и окультуриваемых почв. Проведенные нами исследования верхних (до 1 м) горизонтов естественных болотных массивов республики показали, что преобладающими являются болотные почвы со слабо- и среднеразложившимся торфом, со средней и повышенной кислотностью (с pH 3—4,5). Содержание суммы $\text{CaO} + \text{MgO}$ в этих почвах колеблется в пределах 0,5—1,2%, P_2O_5 — 0,06—0,20, K_2O — 0,03—0,10, то есть преобладают болота, питаемые слабоминерализованными водами.

Общее содержание азота в большинстве торфяных почв высокое (1,5—3,5%), при незначительном содержании подвижных форм его (аммиачной, нитратной, легкогидролизуемой), что обусловлено слабой их биологической активностью.

Из сказанного о факторах почвообразования и свойствах основных групп почв болотного ряда видно, что для повышения эффективного их плодородия требуется прежде всего осушение, а затем соответствующие обработка, удобрение и биологическое их заражение.

В проблеме повышения плодородия этих почв центральным является вопрос перевода в усвояемые формы практически неисчерпаемых их запасов азота. Однако, несмотря на большое значение этого вопроса для условий Карелии, должной разработки он пока не получил.

Исследования по вопросу о влиянии осушения и сельскохозяйственного освоения на изменение агрохимических свойств и плодородие торфяно-болотных почв проводились нами как при помощи сравнительно географического, так и стационарного методов.

Поскольку при осушении и окультуривании торфяно-болотных почв существенному изменению подвергаются главным образом их верхние горизонты, то в табл. 1 для сравнения приводятся лишь результаты агрохимических анализов из образцов, взятых из верхних горизонтов целинных и освоенных (близких по генезису) торфяно-болотных почв,

собранных нами в различных частях республики. Освоение изучавшихся нами болотных почв было начато в 1929—1933 гг., то есть примерно 23—26 лет тому назад. При этом интенсивные приемы окультуривания применялись лишь в период до 1941 года. Во время Великой Отечественной войны и в послевоенные годы никаких приемов, улучшающих свойства этих почв на большинстве исследованных массивов, не проводилось. Осушительная сеть в момент исследования находилась в запущенном состоянии, порой совсем бездействовала (Зверосовхоз) или работала слабо („Полярный пионер“ и др.).

Сказанное позволяет считать, что имевшие место изменения в свойствах изучавшихся освоенных почв обусловлены периодом их интенсивного окультуривания в течение первых 8—10 лет.

Рассматривая данные этой таблицы, характеризующие изменения, происшедшие в пахотных горизонтах почв под влиянием осушения и выращивания на них сельскохозяйственных культур, следует отметить, что эти факторы существенно изменили направление и интенсивность протекающих в них почвенных процессов. Причем эти изменения оказались более значительными в почвах с более низким природным плодородием, то есть в почвах болот, питаемых слабоминерализованными водами (или верховых и переходных, как мы их для краткости будем называть в дальнейшем), что обусловлено применявшимися на них приемами коренного улучшения, как-то: известкование, пескование и внесение высоких доз минеральных удобрений (Толчинский З. Г., 1939).

Во всех остальных почвах, особенно в почвах верховых и переходных болот, наблюдается повышение степени разложения и зольности торфа. Сравнивая эти показатели для целинных и освоенных участков, можно отметить их полную корреляцию между собой, исключением являются лишь почвы Кемского болота, совхоза „Полярный пионер“ и быв. госшколы руководящих колхозных кадров, где повышение зольности обусловлено главным образом применявшимся там приемом пескования, при котором вносилось по 200—300 м³ песка на 1 гектар.

Внесение минерального грунта в сильной степени сказалось и на степени разложения торфа, которая в пахотных горизонтах окультуренных массивов увеличилась в 2—3 раза (табл. 1).

Имеющиеся литературные данные по вопросу применения приема пескования и глинования на почвах верховых и переходных болот указывают на его положительное влияние на тепловой и водно-воздушный режимы, несомненно способствующие улучшению биохимических свойств этих почв. Из приведенных в работе П. А. Турнаса (1949) данных видно, что в результате применения этого приема температура пахотного слоя почвы повышается в среднем за вегетационный период на 1,5—3,0°.

Вследствие повышения теплопроводности значительно снижаются и суточные колебания температуры, что имеет весьма существенное значение для условий Севера, так как при этом ослабевает губительное действие раннеосенних и поздневесенних заморозков.

Однако метод пескования и глинования, так широко применяющийся в Скандинавских странах и вполне зарекомендовавший себя там, в наших условиях не получил широкого распространения. Основной причиной такого положения является большая трудоемкость этого приема. В настоящее же время, когда все процессы заготовки и вне-

Таблица 1

Изменение степени разложения, зольности, содержания азота и зольных элементов в торфяных почвах под влиянием осушения и окультуривания

Место взятия образцов	Угодие и вид торфа	Глубина выемки образца (в см)	Степень разложения (в %)	Содержание в % на абсолютносухую почву								
				зола	CaO + MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	А з о т			Отношение C:N
									Общий (в %)	к общему весу почвы	к органическому веществу	
„Полярный пионер“ Лоухского р-на (северная часть)	Целина; торфяно-осоковый и сфагново-пушицевый, переходный Окультуренная; травяно-пушицево-сфагновый	8—26	15—18	3,22	0,68	0,06	0,14	—	2,90	2,99	99,7	21,3
		0—20	25—30	23,86	1,64	0,07	0,16	—	2,74	3,59	77,9	19,6
Участок б. Кемского болотного опытного пункта (северная часть)	Целина; сфагновый мочажинный Окультуренная; травяно-сфагновый	15—35	15	1,63	0,61	0,06	0,09	0,13	1,63	1,66	—	—
		0—20	30	12,58	1,38	0,08	0,13	0,26	1,78	2,01	—	—
Повенецкий зверосовхоз (уч. Кон-мох)	Целина; осоково-шейхцериевый Окультуренная; осоково-сфагновый	14—34	10—15	7,28	0,86	0,10	0,21	0,52	2,13	2,30	109,2	24,1
		0—20	25—30	9,58	1,28	0,12	0,27	0,68	2,30	2,55	87,6	20,3
Болото „Падьма“ Заонежского района (южная часть)	Целина; древесно-осоковый, низинный Окультуренная; осоковый и древесно-тростниковый	5—25	25—30	7,80	3,99	0,06	0,11	0,71	2,86	3,10	97,0	19,1
		0—20	40	10,26	3,71	0,06	0,22	0,82	3,04	3,39	68,0	17,9
Совхоз „Суоярви“ (юго-западная часть)	Целина; тростниково-осоковый Окультуренная; тростниково-древесный	4—24	35	3,60	1,71	0,03	0,08	0,12	2,49	2,62	220,0	19,2
		0—20	50	4,71	2,09	0,05	0,15	0,50	3,52	3,69	390,0	16,9
Быв. школа руководящих колхозных кадров	Целина; сфагново-пушицевый, переходный Окультуренная; сфагново-шейхцериевый, переходный	5—28	25	4,07	0,56	0,05	0,14	0,64	1,86	1,94	70,14	29,2
		0—18	50	27,65	1,37	0,07	0,28	1,98	1,51	2,05	44,12	19,3
Тоже (южная часть)	Шейхцериевый, переходный	19—28	35—40	15,03	0,70	0,04	0,17	0,96	1,64	1,92	56,93	21,6

сения песка и глины в почву могут быть механизированы, прием этот должен найти широкое применение, так как в сочетании с другими приемами он может оказать длительное активизирующее воздействие на течение биохимических процессов, способствующих повышению эффективного плодородия низкосолевых слаборазложившихся торфяных почв переходных и верховых болот.

В освоенных почвах отмечается также повышение содержания щелочно-земельных элементов ($\text{CaO} + \text{MgO}$) по сравнению с целинными почвами такого же генезиса. Основными источниками пополнения почвы этими элементами является проводимое известкование и внесение минеральных удобрений.

Факт наличия большой разницы между целинными и освоенными почвами в содержании щелочно-земельных оснований до настоящего времени, даже на участках известковавшихся в последние 10—15 лет, по-видимому, является доказательством их слабой вымываемости (особенно кальция), что может быть объяснено высокой емкостью поглощения болотных почв. Данное положение подтверждается весьма слабым обогащением кальцием и магнием подпахотных горизонтов освоенных почв, которые мы наблюдали в почвах госшколы руководящих колхозных кадров, в совхозе „Полярный пионер“ и ряде других мест.

Учитывая способность торфяных почв прочно удерживать щелочно-земельные основания и предохранять их от вымывания, а также высокую эффективность известкования полными дозами, применение малых доз извести на кислых (нуждающихся в известковании) почвах может носить лишь временный характер при недостатке известковых материалов, ибо малыми дозами коренного улучшения таких почв достигнуть невозможно.

Повышение в содержании кальция и магния сказалось на понижении кислотности и на уменьшении содержания подвижной формы алюминия, а также на увеличении суммы поглощенных оснований и степени насыщенности почвы (табл. 2).

Под влиянием осушения и периодического внесения фосфорных удобрений общее содержание фосфора увеличилось в 1,5—2,5 раза. Различная степень обогащения освоенных почв фосфором связана с балансом между его внесением в почву в виде удобрений и выносом возделываемыми растениями.

Проведенные наблюдения за передвижением фосфора в почве показали, что последний аккумулируется в пахотном горизонте. Литературные данные указывают, что это характерно и для других почвенно-климатических зон (Лупинович И. С. и Голуб Т. Ф., 1952; Савкин И. С., 1926; Филипенко И. В., 1954 и другие).

Таким образом, осушение и удобрение болотных почв ведет к обогащению верхнего пахотного горизонта общим фосфором. Вместе с тем в ряде случаев отмечается его слабая доступность культурным растениям (особенно на почвах с высоким содержанием железа). На этих почвах нужно практиковать дробное внесение фосфорных удобрений с учетом потребности возделываемой культуры в этом элементе питания по фазам ее развития.

Наряду с повышением в содержании кальция и фосфорной кислоты, отмечается повышение и в содержании окисных форм железа и алюминия (табл. 1) в пахотном горизонте освоенных почв. Такая же закономерность отмечается И. С. Лупиновичем и Т. Ф. Голуб (1952).

И. С. Филипенко (1954) и рядом других авторов. Однако П. А. Турнас (1949) наблюдал снижение в содержании полутораокисей в окультуренных торфяных почвах, исследованных им массивов крайнего Севера. Можно предполагать, что им исследовались почвы ненапорного грунтового питания. Во всех других случаях обогащение верхнего, хорошо аэрируемого, с пониженной кислотностью горизонта алюминием и железом неизбежно за счет снижения их подвижности и аккумуляции в этом горизонте почвы.

Таблица 2

Изменение агрохимических показателей торфяных почв при их осушении и окультуривании

Место взятия образцов	Угодия	Глубина взятия (в см)	рН КСl вытяжки	В мг/экв. на 100 г абсолютносухой почвы			V (в %)	Подвижного Al в мг на 100 г
				ГК	S	T		
Совхоз "Полярный пионер" Лоухского района	Целинная	8—26	3,34	60,64	24,75	85,39	29,0	7,56
	Освоенная	0—20	4,55	33,53	39,81	73,34	54,30	2,40
Участок б. Кемского болотного опытного пункта	Целинная	15—35	3,10	76,18	27,42	103,60	26,42	22,0
	Освоенная	0—20	4,90	42,90	53,43	96,33	55,40	3,16
б. Повенецкий пушсовхоз	Целинная	14—34	4,51	63,12	18,53	81,65	22,60	6,71
	Освоенная	0—20	5,16	52,53	32,54	85,05	38,28	3,66
"Падьма" Заонежского района	Целинная	5—25	5,50	18,18	99,80	117,98	84,90	нет
	Освоенная	0—20	6,76	28,5	102,0	130,50	78,30	нет
Школа руководящих колхозных кадров, Прионежский район	Целинная	5—28	3,30	76,78	25,16	101,94	24,68	52,64
	Освоенная	0—18	4,63	20,11	55,90	76,01	71,42	15,34
	Целинная	19—28	3,45	58,93	50,30	108,96	46,17	79,55
Тоже (южная часть)	Освоенная	30—45	3,30	87,96	24,18	102,14	21,51	76,08
Совхоз "Суоярви"	Целинная	4—24	4,45	49,20	54,60	103,80	52,60	нет
	Освоенная	0—20	4,61	30,32	72,16	102,48	70,40	нет

Количественное изменение в содержании калия весьма незначительно, и даже освоенные почвы содержат его весьма малые количества. Это положение объясняется высоким выносом калия многими культурными растениями, особенно многолетними травами, которые обычно культивируют на торфяных почвах. Кроме того, все соединения калия хорошо растворимы и поэтому наиболее легко вымываются в глубь почвы и в грунтовые воды.

При внесении калийных удобрений необходимо учитывать их высокую подвижность и вносить их незадолго до посева и дробным способом.

В связи с повышением степени разложённости торфа, при которой происходит уменьшение величины его углеводной части, а также

благодаря обогащению верхних горизонтов продуктами разложения корневых остатков культурных растений (особенно бобовых) изменяется состав органического вещества и повышается процентное содержание в нем общего азота.

Высокое содержание в торфяно-болотных почвах общего азота (почти равного его запасам в черноземах), находящегося главным образом в виде органических устойчивых соединений, обуславливает необходимость разработки способов перевода его в доступную для питания культурных растений форму. Установлено, что мелиорация и сельскохозяйственное окультуривание почв, изменяя их питательный водно-воздушный и тепловой режимы, стимулируют жизнедеятельность почвенной микрофлоры, способствуя более интенсивному протеканию биохимических процессов и минерализации органического вещества в почвах. Это явление отмечается повсеместно. Однако интенсивность, направление и характер этих процессов неодинаковы как в различных зонах, так и в зависимости от генетических особенностей почв внутри каждой зоны.

На напряженность протекания биохимических процессов оказывает влияние также и степень осушения участков, а также ряд других факторов. Однако ведущими все же являются зональные и генетические различия между болотными почвами. Так, например, в южной и юго-западной части Карелии процессы минерализации азота протекают несколько интенсивнее, чем в северной и центральной, о чем свидетельствуют наши данные по содержанию легкогидролизуемого азота в торфяных почвах совхозов „Полярный пионер“ и „Суоярви“. На это указывают и полученные Р. С. Кацнельсон (1956) данные, из которых видно, что при всех прочих равных условиях плотность микронаселения (а особенно активность его) значительно выше в южной части республики, нежели в северной. Чем дальше на юг, тем значительнее будет разница в интенсивности протекания биохимических процессов.

Из сказанного ясно, что вопросы, касающиеся усиления минерализации органических соединений азота, должны по разному решаться для различных почвенно-географических зон. Если в Белорусской ССР одно только осушение обеспечивает довольно значительную нитрификацию и образование солей азотной кислоты (Лупинович И. С. и Голуб Т. Ф., 1952), то в условиях Карелии этот процесс, даже в почвах с увлажнением жесткими водами и хорошо окультуренных (см. массив „Падьма“), протекает слабо, что главным образом обусловлено недостатком тепла в течение весенне-летнего периода.

Вместе с тем внутри отдельных зон направление и интенсивность процессов превращения органического вещества и форм азота различаются в зависимости от генетических особенностей почв, о чем свидетельствуют, например, степень разложенности торфа целинных почв Кемского болота и массива „Падьма“, а также данные наших стационарных исследований, о которых сказано ниже.

Однако, анализируя данные по содержанию общего и легкогидролизуемого азота (табл. 1) можно убедиться, что и в освоенных вариантах почв легко мобилизуемая часть азота представлена весьма небольшими величинами, составляющая 2—6% от общего его содержания, и что соотношение С: N остается еще широким. Это указывает на недостаточную интенсивность процессов минерализации органического

вещества при существующих приемах освоения и окультуривания, а также на то, что для повышения эффективного плодородия торфяно-болотных почв необходимо усилить мобилизацию запасов азота в них, что и заставило нас сосредоточить внимание на данной проблеме.

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТИ, МИНЕРАЛЬНЫХ И БОГАТЫХ МИКРОФЛОРОЙ УДОБРЕНИЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Для выяснения вопроса о влиянии извести, минеральных и богатых микрофлорой удобрений в различных формах и сочетаниях, а также посева многолетних трав на превращения органического вещества и азота и на урожай трав мы приступили в 1953 г. к закладке и проведению стационарного полевого опыта на торфяной почве переходного болота „Угольное“ (Республиканская опытная станция близ Петрозаводска).

Болотный массив, на котором заложен этот опыт, расположен в мелкой депрессии водораздела р. Лососинки и Онежского озера. Рельеф холмистый — типичный для значительной части Карелии.

Торфяная залежь в центральной части массива олиготрофная, к востоку переходит в эвтрофную, а к западной части мезотрофную с древесно-пушицевым и сфагново-пушицевым видом и торфа. На этой последней проводился нами полевой опыт.

Осушение массива было проведено в тридцатых годах открытыми канавами. Расстояние между картовыми канавами 40 м.

В связи с неисправностью осушительной сети в 1952 г. опытной станцией был проведен ее текущий ремонт.

Для характеристики свойств почв опытного участка приводим описание одного из типичных разрезов, сделанных нами при исследовании участка.

I—0—4 см. Живой очес сфагновых мхов и политрихума. Живые корни пушицы, осоки и других болотных растений.

II—5—28 см. Древесно-пушицевый торф желтой окраски, быстро темнеющий на воздухе. Степень разложения торфа 18—20%. Корни вырубленной древесной и кустарниковой растительности.

III—29—52 см. Торф древесно-сфагново-пушицевый, со степенью разложения в 16—18%, светло-желтой окраски, рыхлый. Много погребенных древесных остатков.

IV—53—102 см. Слаборазложившийся сфагново-шейхцериевый торф.

Глубина торфяной залежи на опытном участке—0,8—110 см. Подстилающая порода—завалуненная пылевато-песчаная морена. Характеристика свойств целинной почвы представлена в таблицах 5 и 12. Из этих данных видно, что почва имеет высокую кислотность ($pH\ KCl = 3,32—3,4$), содержание фосфора среднее, калия мало. Общего азота 1,9—2,0%. Степень минерализации торфа слабая. Это—одна из часто встречаемых болотных почв в республике.

Вспашка целины и перепашка с заделкой части удобрений в 1953 г. проведены кустарниково-болотным плугом, первая на глубину 30—35 см, вторая — на 18—20 см. Разделка пласта проведена тяжелой дисковой бороной БДТ-2,2 в 2—3 следа.

В 1954 году перед посевом многолетних трав проводилась только тщательная разделка почвы дисковой бороной и прикатывание налив-

ным катком в 2 следа, без вспашки. Опыт с удобрениями был заложен по следующей схеме: 1) контроль, 2) известь, 3) фосфор, 4) известь+фосфор, 5) известь+фосфор+калий (фон), 6) фон+минеральный азот, 7) фон+навоз, 8) фон+компост, 9) фон+приусадебная почва, 10) фон+АМБ.

Нормы удобрений: Рф—80,0 кг; P_2O_5 (в основное)+Рс—30 кг поверхностно при посеве трав; K_2O соответственно 60+40 кг; N в вариант 6—40 кг при посеве с последующей подкормкой после укоса трав по 20 кг на га в 1954 году. В 1955 году весной в этот вариант внесено по 55 кг (35+20) и после укоса трав по 20 кг на га в виде подкормки во все варианты.

Дозы навоза, компоста и приусадебной почвы—20+5 т на га; бактериальные удобрения АМБ по 8 ц в 1953 и 1954 годах при посеве трав. Извести—($CaCO_3$) 5 т на га (3+2 т).

В 1954 г. беспокровно была высеяна рекомендуемая для торфяно-болотных почв пятикомпонентная травосмесь: клевер (розовый с примесью белого и красного)—35%, тимофеевка—35%, овсяница луговая, лисохвост и ежа сборная по 10% каждой. Норма высева 20 кг на га, повторность 4-кратная. Размер делянок 75 м².

В течение летнего периода 1954 и 1955 гг., кроме наблюдений за растениями и учета их урожая, проводились исследования динамики аммиачной, нитратной и гидролизуемой в 0,5N H_2SO_4 (легкогидролизуемой) форм азота, рН, влажности и некоторых других свойств. Осенью определялись общее содержание углерода и азота, ряд физико-химических и физических свойств, фракционный состав органического вещества осваиваемой почвы.

Для выяснения влияния многолетних трав на динамику некоторых процессов в почве на части опытной делянки нами были оставлены „паровые“ площадки. Для этой же цели динамика форм азота и нитрификационная способность почвы определялись отдельно в слоях 0—10 и 11—25 см, так как корни растений сконцентрированы главным образом в верхнем слое почвы.

Исследования по динамике форм азота показали, что в первые годы освоения процесс минерализации азота в данной почве протекает лишь до стадии аммонификации. Лимитирующим фактором в данном случае, для вариантов с полным удобрением, по-видимому, является еще относительно высокая кислотность почвы. Еще Д. Н. Прянишниковым (1951) было отмечено, что процесс минерализации азотных соединений останавливается на стадии аммиака. Это означает, что в почве не хватает или кальция для нейтрализации кислот, или воздуха для деятельности нитрификаторов. Сказанное о роли кислотности подтверждается также нашими исследованиями нитрификационной способности. Анализ данных рис. 1 показывает, что доведение реакции среды до рН 6 обеспечивает появление нитратонакопления в почвах всех вариантов, исключением являлись целина и контроль без удобрений, в которых, даже при добавлении извести и люпиновой муки, нитратонакопление отсутствовало. Самой высокой способностью к нитратонакоплению обладала почва тех вариантов, где на известкованном фоне вносились РК с навозом, компостом и приусадебной почвой, то есть тех вариантов, где к фону (РК+известь) добавлялось биологическое заражение. При добавлении варианта с извезью+люпиновая мука накопление нитратов достигало весьма значительной величины (700—1100 мг на 100 г абсолютносухой почвы).

Вместе с тем в целинной почве и в контроле без удобрений нейтрализация кислотности и добавление люпиновой муки не обеспечили нормального хода процесса нитрификации, даже при тех оптимальных водно-воздушных и тепловых условиях, какие были созданы в лабораторном опыте. Такое положение может быть объяснено отсутствием в почве нитрифицирующих бактерий. Это подтверждается данными В. М. Данилевич (1956), проводившей исследования микробиологических свойств почвы опытного участка.

Приведенные данные показывают, что при освоении кислых, необеспеченных элементами минерального питания почв, кроме

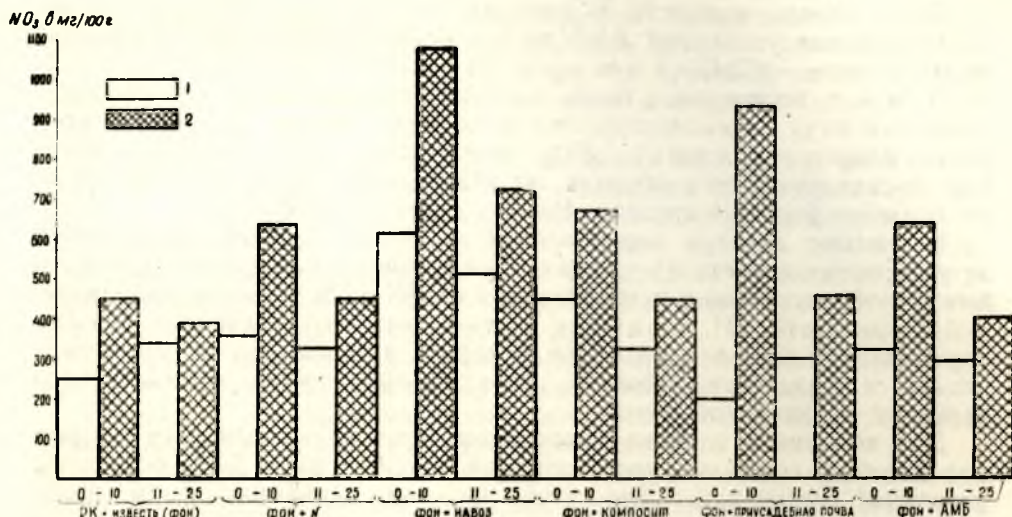


Рис. 1. Диаграмма содержания нитратов по вариантам опыта

нейтрализации кислотности и внесения элементов минерального питания, необходимо также биологическое заражение теми физиологическими группами микроорганизмов, которые не могли существовать в этих почвах, но которые имеют весьма важное значение для повышения их эффективного плодородия.

Данные этого опыта показали также, что при прочих равных условиях, потенциальная способность к нитратонакоплению выше в верхнем слое пахотного горизонта, где концентрируется больше половины корневой массы растений. Разница в нитрификационной способности между верхним и нижним слоем пахотного горизонта в основном обусловлена разным количеством корней многолетних трав, служащих источником энергетического материала и азота, а также стимулятором жизнедеятельности микрофлоры почвы.

Проведенные нами двухлетние наблюдения за динамикой накопления аммиачного азота в почве по вариантам этого опыта (табл. 3) показали, что весной содержание аммиака в почве выше, чем осенью. Это указывает и на то, что в условиях севера процесс минерализации азотосодержащих органических соединений может протекать и при низких температурах почвы. При более же высоких температурах, возможно, преобладают процессы синтеза сложных органических соеди-

Таблица 3

Содержание аммиачного азота в пахотном горизонте почвы переходного болота в весенне-осенний периоды
(в мг на 100 г абсолютносухой почвы)

Варианты опыта	1954 г.		1955 г.		
	весной	осенью	весной	осенью	
				под рас- тениями	без рас- тений
Контроль без удобрений	32,26	6,98	30,08	следы	17,16
Известь	17,30	3,29	29,98	"	18,20
Р	25,68	5,09	28,37	"	—
Известь + Р	11,09	5,62	22,99	11,05	17,0
Известь + РК фон	24,61	3,65	30,74	14,05	13,57
Фон + N	28,21	4,80	25,16	14,0	9,08
Фон + навоз	22,61	4,49	32,64	7,95	14,32
Фон + компост	20,74	4,95	29,70	8,50	—
Фон + приусадебная почва	15,70	4,29	21,71	9,57	12,22
Фон + АМБ	25,68	5,54	32,60	9,76	15,25

нений. Только биологическим поглощением можно объяснить снижение содержания аммиачного азота осенью, особенно на площадках с удаленным травостоем, где вынос его растениями отсутствовал и вымывание аммиака не могло иметь места в связи с высокой поглощательной способностью данных почв и ненасыщенностью их основаниями.

Отсутствие разницы в динамике накопления подвижных форм азота по вариантам опыта, особенно в период интенсивного роста растений (табл. 4), несомненно обусловлено их поглощением растениями. В связи со сказанным судить о количестве накопленного усвояемого азота в почве можно лишь при одновременном анализе почвы и растений.

Проведенные нами подсчеты выноса азота растениями, основанные на анализе урожая трав, показали, что в вариантах, где на известкованном фоне вносились РК и биологически активные формы удобрений (навоз, компост, приусадебная почва и АМБ), источником значительной части вынесенного урожаем азота является азот органических соединений самой почвы, мобилизовавшийся вследствие повышения интенсивности процессов минерализации. Вместе с тем результаты исследований показывают, что минерализация азота в торфяных почвах переходных болот в первые годы их освоения еще недостаточна для полного обеспечения растений и образования высокого их урожая. Сказанное обуславливает необходимость внесения в почву минерального азота, особенно в начальный период роста растений ранней весной, когда биохимические процессы в почве очень слабо развиты.

Данные по содержанию общего азота в почве по различным вариантам опыта указывают на его постепенное повышение при окуль-

Таблица 4

Динамика аммиачного азота по вариантам опыта
на торфяной почве переходного болота (в мг на 100 г)

Варианты опыта	Глубина взятия почвенного образца (в см)	Дата взятия образцов					
		23/VI		14/VII		19/IX	
		под расте- ниями	без расте- ний	под расте- ниями	без расте- ний	под расте- ниями	без расте- ний
Контроль без удобрения	0—10	13,21	—	10,70	14,80	следы	13,1
	10—25	31,16	—	16,92	33,54	.	13,01
Известь	0—10	7,90	—	14,63	23,0	.	16,09
	10—25	28,01	—	12,81	16,86	.	20,16
Р	0—10	14,37	—	11,45	19,59	.	19,37
	10—25	26,23	—	14,38	25,94	.	19,09
Р + известь	0—10	13,0	—	11,46	22,60	.	16,30
	10—25	18,09	—	15,96	21,37	.	16,71
РК + известь	0—10	10,70	—	11,88	13,94	.	—
	10—25	22,26	—	20,53	18,47	.	12,20
НРК + известь	0—10	8,76	—	10,94	21,45	.	16,13
	10—25	51,0	—	12,31	13,47	.	17,76
РК + известь + навоз	0—10	11,40	—	10,50	21,71	.	18,51
	10—25	25,35	—	16,20	21,71	.	21,18
РК + известь + компост	0—10	11,73	—	9,81	20,42	.	12,18
	10—25	16,23	—	14,60	24,76	.	23,50
РК + известь + приусадебная земля	0—10	8,76	—	10,72	21,66	.	17,09
	10—25	15,73	—	14,0	23,72	.	1,13
РК + известь + АМБ	0—10	16,50	—	12,38	25,56	.	17,19
	10—25	15,85	—	12,40	22,86	.	18,91

туривании почв (табл. 5). Более значительное повышение имело место в верхней части пахотного горизонта, где сконцентрирована большая масса корней растений, и особенно в тех вариантах, где урожай многолетних трав был более высоким. Повышение процентного содержания общего азота в данном случае обусловлено как увеличением степени разложенности торфа, так особенно накоплением в почве богатого азотом органического вещества корнями многолетних трав (главным образом клевера).

Доступность для растений азота из свежих корневых остатков почвы несомненно больше, нежели из остальной части торфа, что

подтверждается как литературными данными (Скоропанов С. Г., 1954), так и нашими опытами по изучению нитрификационной способности почв (рис. 1).

Однако слабая аэрация дернового слоя под многолетними травами не может обеспечить достаточно интенсивной минерализации азото-содержащих органических соединений почвы. В результате, несмотря

Таблица 5

Содержание общего и легкогидролизуемого азота
по вариантам опыта (бол. „Угольное“)

Варианты опыта	Глубина взятия образца (в см)	Степень разло- жения торфа (в %)	Содержание азота			Отношение C:N
			общего (в % к органиче- скому веще- ству)	легкогидролизу- емого		
				в мг на 100 г	в % от общего	
Контроль без удобрений	0—10	20	2,04	67,36	3,30	21,3
	11—25	25	1,82	56,0	3,08	—
Известь	0—10	20	2,13	63,61	2,98	22,08
	11—25	25	1,92	56,80	2,91	23,21
Р + известь	0—10	15—20	2,23	91,17	4,09	20,28
	11—25	30	1,89	57,82	3,06	24,20
РК + известь (фон)	0—10	15	2,17	74,69	3,44	22,75
	11—25	20	1,87	58,15	3,11	26,95
Фон + азот	0—10	15	2,16	68,73	3,12	—
	11—25	25	2,03	58,64	2,90	24,70
Фон + навоз	0—10	20	2,35	84,50	3,42	19,50
	11—25	30	2,04	66,21	3,24	23,50
Фон + компост	0—10	18	2,08	72,02	3,46	20,50
	11—25	25	1,98	69,14	3,59	24,40
Фон + приусадебная почва	0—10	15	2,22	88,32	4,0	20,40
	11—25	25	1,92	61,57	3,21	24,90
Фон + АМБ	0—10	20	2,23	74,87	3,36	20,90
	11—25	30	1,96	62,02	3,11	24,75

на увеличение общего содержания азота, усвояемых форм его образ-
зуется недостаточно.

Интенсивный ход процессов минерализации и большое накопление подвижных форм азота будет иметь место лишь после вспашки пласта. Поэтому чередование многолетних и однолетних растений на торфяно-болотных почвах является мероприятием, которое должно обеспечить значительное повышение их эффективности плодородия.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

Как было отмечено выше, одной из задач наших опытов являлось также выяснение влияния извести, форм и сочетаний удобрений на урожайность многолетних трав. Из приведенных в таблице 6 данных видно, что в опыте на торфяной почве переходного болота самый высокий урожай многолетних трав был получен в варианте, где к фону (известь + РК) был добавлен навоз. В этом варианте опыта повышение урожайности, по сравнению с контролем без удобрений, достигло 498%.

Второе место занял вариант фон + приусадебная почва (492%), затем следуют варианты: фон + компост (485%), фон + минеральный азот (450%). Одна известь в нашем опыте повысила общий урожай сена на 162,8%.

Кроме количественных различий в урожайности по отдельным вариантам опыта, следует обратить внимание и на различия в качественном составе сена. Так, в контроле и в варианте с одним фосфором, то есть в вариантах без внесения извести, значительной составной частью урожая являлись возобновившиеся на посеве болотные растения — пушица, осока, щавель и другие, то, что объединено под названием „сорняки“, появившиеся вместо выпавших культурных растений. Как видно из таблицы 7, внесение одной только извести повышает процентное содержание культурных растений (главным образом злаков) с 18 до 60%. В вариантах, где абсолютная величина урожая была самой высокой, процент сорных растений (в весовом выражении) колебался в пределах 2—6%. Содержание же бобовых увеличилось с 0,94% на контроле до 28—35%.

Таким образом, в известкованных и удобренных вариантах происходит увеличение количества получаемых кормовых единиц не только за счет повышения абсолютной массы урожая, но и за счет улучшения его качественного состава.

ОПЫТ С УДОБРЕНИЯМИ НА ТОРФЯНО-ПЕРЕГНОЙНОЙ ПОЧВЕ

В 1954 г. так же был заложен мелкоделяночный опыт с удобрениями на торфяно-перегнойной почве с эвтрофными древесно-осоковыми и осоково-травянистыми богатыми по содержанию фосфора торфами. Участок этот также расположен на территории Республиканской опытной станции близ Петрозаводска. В прошлом он был покрыт елово-березовым лесом. Современный растительный покров целинной почвы представлен щучкой дернистой, осокой, разнотравием. До закладки опыта участок использовался в качестве сенокоса. Глубина торфяной залежи 0,8—1 м. Подстилающая порода — слоистые пески и глины.

Для характеристики почвенного профиля опытного участка приводим описание следующего типичного разреза.

0—25 см. Древесно-осоковый, высокой степени разложения (50—55%) торф, темно-коричневого цвета, пронизан корнями живых растений.

26—50 см. Лесной низинный, сильноразложившийся торф, темного, почти черного цвета. На глубине 40—45 см небольшие прослойки и гнезда виванита.

Таблица 6

Урожайные данные многолетних трав по вариантам опыта
на торфяной почве переходного болота

Варианты опыта	Повторения	Урожай сена в ц/га		Отклонения от среднего (а)	Квадрат откло- нения (а²)	Средняя ошибка (m) в ц/га	Урожай сена в % к контролю
		по повто- рению	средний по варианту (M)				
Контроль без удоб- рений	I	9,4	11,30	- 1,9	3,61	0,84	100,0
	II	13,0		+ 1,7	2,89		
	III	12,0		+ 0,7	0,49		
	IV	10,8		- 0,5	0,25		
Известь	I	16,0	18,4	- 2,4	5,76	1,40	162,8
	II	21,5		+ 3,1	9,61		
	III	20,0		+ 1,6	2,56		
	IV	16,0		- 2,4	5,76		
Р	I	12,6	14,2	- 1,6	2,56	1,12	125,7
	II	16,0		+ 1,8	3,24		
	III	16,2		+ 2,0	4,0		
	IV	11,9		- 2,3	5,29		
Р + известь	I	27,9	28,1	- 0,2	0,04	1,32	248,7
	II	30,7		+ 2,6	6,76		
	III	29,1		+ 1,0	1,0		
	IV	24,5		- 3,6	12,96		
РК + известь (фон)	I	36,8	39,7	2,2	4,84	2,07	351,3
	II	42,1		2,4	5,76		
	III	44,5		+ 4,8	23,04		
	IV	35,5		4,2	17,64		
Фон + N	I	47,8	56,9	- 3,1	9,61		450,5
	II	53,3		+ 2,4	5,76		
	III	57,9		+ 7,0	49,00		
	IV	44,7		- 6,2	38,44		
Фон + навоз	I	53,5	56,4	- 2,9	8,41	1,93	498,8
	II	59,5		+ 3,1	9,61		
	III	60,1		+ 3,7	13,69		
	IV	52,8		+ 3,6	12,96		

Продолжение таблицы 6

Варианты опыта	Повторения	Урожай сена в ц/га		Отклонения от среднего (а)	Квадрат отклонения (а²)	Средняя ошибка (m) в ц/га	Урожай сена в % к контролю
		по повторению	средний по варианту (M)				
Фон + компост	I	50,7	54,8	— 4,1	16,81	2,39	485,0
	II	56,9		+ 2,1	4,41		
	III	60,6		+ 5,8	33,64		
	IV	51,1		+ 3,7	13,69		
Фон + приусадебная почва	I	55,8	55,6	+ 0,2	0,04	2,45	492,4
	II	59,3		+ 3,7	13,69		
	III	58,8		+ 3,2	10,24		
	IV	48,6		+ 7,0	49,0		
Фон + АМБ	I	51,0	50,6	+ 0,4	0,16	1,57	450,0
	II	51,5		+ 1,1	1,21		
	III	54,1		+ 3,50	12,25		
	IV	45,6		— 4,0	16,0		

50—80 см. Осоково-древесный, низинный, с небольшой примесью минеральных частиц торф. Степень разложения торфа 60%.

С глубины 80 см подстилающая порода — слоистые супеси и суглинки.

Мелиоративная сеть открытая, с расстоянием в 30 м между картовыми канавами. Водоприемником является река Лососинка.

Таблица 7

Качественный состав урожая сена по вариантам опыта

Варианты опыта	Ботанический состав (в %)		
	бобовые (клевер)	злаки	сорные растения
Контроль без удобрений	0,94	18,16	80,90
Известь	5,65	42,24	53,11
Р	1,77	16,61	81,63
Р + известь	14,10	46,44	40,46
РК + известь (фон)	28,32	60,28	11,46
Фон + N	28,62	65,56	5,82
Фон + навоз	34,73	62,75	2,52
Фон + компост	28,17	67,33	4,50
Фон + приусадебная почва	29,72	68,36	1,92
Фон + АМБ	27,21	66,29	6,51

В связи со значительным уклоном к реке массив хорошо дренирован, несмотря на выходы грунтовых вод, затопляющих его.

Почва по всему профилю характеризуется слабокислой реакцией — рН солевой вытяжки от 5,30—5,60. Степень насыщенности основаниями достигает 82—84%. Характеристика химических свойств почвы представлена в табл. 8.

Таблица 8

Характеристика химических свойств разреза № 3
(пойма Лососинки)

Глубина выемки образцов (в см)	Содержание в процентах на абсолютносухую почву									В пересчете азота на органическое вещество			
	Зола	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅		аммиач- ный в мг на 100 г	общий (в %)	легко- гидроли- зуемый
									общий (в %)	подвиж- ный (в мг)			
0—25	30,82	3,67	2,81	16,29	1,12	3,52	1,07	0,03	0,25	12,5	3,01	3,77	0,181
26—50	10,15	0,83	0,44	3,64	—	3,34	0,62	—	0,51	7,60	7,04	3,0	0,104
51—80	14,77	3,78	2,49	3,35	—	3,64	0,67	0,04	0,38	1,85	6,25	3,22	0,109
81—100	98,37	77,24	12,30	2,18	—	1,93	0,91	1,49	0,11	7,50	—	—	—

Из приведенных данных видно, что почва опытного участка характеризуется высоким содержанием суммы щелочно-земельных катионов (CaO + MgO), при относительно узком отношении между CaO и MgO.

Содержание железа в верхнем горизонте почвы весьма высоко, что и обуславливает значительно более высокую зольность данного горизонта по сравнению с нижележащими. Так, в слое почвы 0—25 см железо составляет 52,5% общего состава зола. Источником накопления в почве железа и других зольных элементов являются грунтовые воды.

При общем высоком содержании фосфора подвижные его формы, определяемые по методу Кирсанова, не превышают 12,5 мг на 100 г почвы. Это указывает на недостаточную доступность большей части фосфора для растений, что, очевидно, связано с высоким содержанием железа, образующего с фосфорной кислотой устойчивые соединения.

Обращает на себя внимание весьма низкое содержание калия.

Данные по содержанию различных форм азота указывают на относительно более высокое, по сравнению с другими группами почв, содержание легкогидролизуемых фракций.

Микробиологическое исследование образцов почвы опытного участка обнаружило высокую плотность в ней микронаселения. Содержание всех физиологических групп микроорганизмов было значительным; исключение представляли лишь аэробные азотфиксаторы (азотобактер), которые не были обнаружены. Невысоким было также и содержание так называемых минерализаторов гуматов. В почве обнаружено высокое содержание аммонификаторов, целлюлозоразлагающих, нитрификаторов.

По своим физико-химическим, химическим и биологическим свойствам почва типична для эвтрофных болотных почв, распространенных

близ пригорода Петрозаводска. Аналогами рассматриваемых почв являются торфяные почвы агробиологической опытной станции Института биологии, совхоза им. Зайцева и ряда других.

Опыт был заложен по следующей схеме:

- 1) Контроль без удобрений; 2) известь; 3) К; 4) РК; 5) NPK;
- 6) РК + навоз; 7) РК + АМБ.

Нормы вносимых удобрений: извести 2 тонны, K_2O 90 кг (60 при посеве и 30 после первого укоса трав); P_2O_5 — 60 кг (40 + 20); азота в вариант с NPK — 50 кг (30 + 20); навоза — 15 тонн и АМБ — 8 ц на га. Подкормка азотом проведена только в год посева трав из расчета 20 кг на га.

Способ внесения — под лопату и поверхностно.

Обработка почвы — ручная. Размер делянок 4 м² (2 × 2 м). Повторность четырехкратная.

Состав травосмеси и норма высева трав были применены такие же, как и на опытном участке торфяной почвы переходного* болота. Наблюдения за посевами и методика исследования почвы применялись аналогичные предыдущим.

Исследования динамики форм азота показали, что минерализация азотосодержащих органических соединений в данной почве может протекать до стадии нитрификации. Наблюдения за температурой почвы в момент взятия образцов для анализа показали, что процесс нитрификации в данной почве имел место только в период, когда температура почвы была выше 12°. При более низких температурах процесс минерализации азота протекал лишь до стадии аммонификации.

Под растениями нитратный азот не был обнаружен, вероятно в связи с его поглощением. Количество аммиачного азота, так же как и в опыте на почве переходного болота, в период интенсивного роста трав хотя и снижалось, но все же он был обнаружен. Из сказанного можно заключить, что в торфяных почвах поглощение растениями нитратного азота протекает более интенсивно, нежели аммиачного. Данное положение, по нашему мнению, может быть объяснено высокой емкостью поглощения торфяных почв. Исследования в этом направлении будут продолжены.

После уборки второго укоса трав количество аммиачного азота сначала сильно возрастало, а затем было отмечено резкое снижение его содержания в почве (табл. 9), что может быть объяснено его потреблением микрофлорой. Это подтверждается данными В. М. Данилевич (1956), из которых видно, что в данной почве имел место осенний максимум общего количества микроорганизмов.

Закономерно повторяется также повышение количества аммиачного азота весной по сравнению с поздней осенью (табл. 10).

Изменения в содержании общего и легкогидролизуемого азота незначительны, что объясняется, по-видимому, краткостью периода освоения данной почвы и высокой степенью гумификации ее органического вещества.

В течение вегетационного периода 1955 года было снято 2 укоса сена. Данные учета урожая, приведенные в таблице 10, показывают весьма высокую эффективность калийных удобрений на этой почве, что объясняется низким содержанием в почве калия (табл. 8).

При высоком общем содержании фосфора, особенно в подпахотных горизонтах, внесение фосфорных удобрений повысило урожай на 57%

Таблица 9

Динамика аммиачного и содержание других форм азота
в верхних горизонтах торфяно-перегнойной почвы

Варианты опыта	Глубина выемки образца (в см)	Содержание азота							Общего (в % к орга- ническому веществу)	Легкоид- ролизуемо- го (в мг на 100 г)
		Аммиачного в мг на 100 г								
		16/X	16/V	27/VI	26/VII	16/IX	12/XI			
Целина	0—25	4,51	36,90	7,30	11,29	29,84	7,07	2,69	115,32	
Контроль без удобрений . .	.	8,61	22,41	24,85	11,73	60,59	13,15	—	156,10	
Известь	.	8,99	30,84	23,36	11,26	37,23	11,47	2,85	—	
К	.	7,07	37,07	11,92	10,55	57,65	12,81	2,68	139,50	
РК	.	9,99	37,85	11,66	10,56	72,11	—	2,82	118,10	
НРК	.	12,18	41,66	10,11	13,43	59,50	13,11	2,92	118,0	
РК+навоз	.	8,57	51,84	19,23	11,49	52,90	24,60	3,02	112,20	
РК+АМБ	.	11,05	43,0	14,90	12,27	57,19	8,62	2,88	125,0	

по сравнению с одним калием, что подтверждает недостаточную доступность имеющихся запасов фосфора, обусловленную большим содержанием железа в данной почве.

При внесении минерального азота не было обнаружено такого положительного эффекта, какой был получен в опыте на торфяной почве переходного болота. Это указывает на большую обеспеченность почвы усвояемым азотом. Ввиду этого на описываемых почвах можно ограничиться только ранневесенней подкормкой многолетних трав дозой в 20 кг азота на га.

Внесение навоза и на данной почве обеспечило самый высокий урожай (прибавка в варианте РК + навоз равна 443,3%). Следует отметить, что внесение бактериального препарата АМБ дало лишь незначительную прибавку урожая по сравнению с вариантом, где вносились РК. Это, очевидно, обусловлено малой устойчивостью данного препарата во времени, так как он вносился лишь при посеве трав в 1954 году.

Кратковременность действия и необходимость обязательной заделки препарата АМБ сильно ограничивают его применение при посевах многолетних трав.

Данные по изменению в содержании золы и зольных элементов в почвах опытных участков, представленные в таблице 11, показывают ту же, хотя несколько менее выраженную, закономерность в отношении повышения общей зольности, количества щелочно-земельных элементов, фосфора, полуторных окислов и других зольных элементов в осваиваемых почвах по сравнению с целинными, которая была нами отмечена при рассмотрении почв переходного болота.

Полученные данные указывают также на высокое содержание марганца в почве низинного болота, а также на дальнейшее повышение его содержания при окультуривании.

Таблица 10

Урожайные данные многолетних трав по вариантам опыта на торфяной почве низинного болота

Варианты опыта	Повторение	Урожай сена в кг/4 м ²		Отклонения от среднего (а)	Квадрат отклонения (а ²)	Средняя ошибка (m) в кг/4 м ²	Урожай сена (в % к контролю)
		по повторениям	средний по вариантам (М)				
Контроль без удобрений	I	1,17	1,04	+0,13	0,017	0,089	100
	II	1,19		+0,15	0,023		
	III	0,81		-0,23	0,053		
	IV	0,99		-0,05	0,02		
Известь	I	1,18	0,99	+0,19	0,036	0,10	95,20
	II	1,15		+0,16	0,026		
	III	0,79		-0,20	0,04		
	IV	0,86		-0,13	0,017		
К	I	3,19	2,84	+0,35	0,123	0,137	273,2
	II	3,10		+0,26	0,068		
	III	2,26		-0,58	0,034		
	IV	2,80		-0,04	0,0016		
РК (фон)	I	3,40	3,44	-0,04	0,0016	0,051	330,8
	II	3,45		+0,01	0,0001		
	III	3,55		+0,11	0,012		
	IV	3,35		-0,09	0,008		
Фон+N	I	4,38	3,85	+0,53	0,28	0,165	370,2
	II	3,63		-0,22	0,048		
	III	3,88		+0,03	0,0009		
	IV	3,49		0,36	0,13		
Фон+навоз	I	5,08	4,61	+0,47	0,24	0,249	443,3
	II	4,93		+0,32	0,102		
	III	4,42		-0,19	0,036		
	IV	4,0		-0,61	0,37		
Фон+АМБ	I	3,97	3,64	+0,33	0,099	0,12	350,0
	II	3,73		+0,09	0,008		
	III	3,42		-0,22	0,044		
	IV	3,47		-0,17	0,029		

Таблица 11

Изменение в содержании золы и зольных элементов

Варианты опыта	Глубина выемки образца (в см)	В % на абсолютносухую почву								
		Золы	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MnO	K ₂ O	P ₂ O ₅	MgO
Почвы переходного болота („Угольное“)										
Целина	3,28	4,80	2,40	0,76	0,54	0,43	0,09	0,07	—	—
„	30,52	4,07	1,92	0,64	0,56	0,46	0,10	0,05	0,14	—
Контроль без удобрений	0—25	4,15	1,61	0,78	0,56	0,53	0,10	0,05	0,20	—
Фон+навоз . .	„	6,25	2,85	0,93	0,55	1,22	0,16	0,07	0,31	—
Фон+приуса- дебная почва	„	6,39	2,87	0,94	0,56	1,20	0,12	0,08	0,30	—
„	30—52	5,13	3,71	0,82	0,18	0,68	0,04	0,09	0,12	—
Перегнойно-торфяная почва (Лососинка)										
Целина	0—25	30,82	3,67	2,81	16,29	3,52	1,07	0,03	0,25	1,12
„	26—50	10,15	0,83	0,44	3,64	3,34	0,62	0,04	0,51	—
Контроль . . .	0—25	32,25	5,17	—	15,86	3,66	1,15	0,05	0,42	1,50
РК+навоз . .	„	24,70	4,30	—	11,82	3,46	0,75	0,12	0,36	1,24
„	27—50	14,77	3,78	2,49	3,35	3,64	0,67	0,07	0,72	—

Данные об изменениях агрохимических показателей почвы по опытным участкам (табл. 12) также подтверждают сказанное выше. Здесь наблюдается та же общая закономерность в отношении снижения в освоенных почвах кислотности и подвижного алюминия,

Таблица 12

Изменение агрохимических показателей торфяной почвы переходного болота

Варианты опыта	Глубина выемки образца (в см)	РН вытяжки KCL	Кислотность в м/экв. на 100 г		Подвижный N мг на 100 г	Поглощенные основания	Емкость поглощения (г)	Степень насыщенности (в %)
			обменная	гидролитическая				
Целина	0—28	3,28	8,23	79,05	68,14	34,2	113,25	30,20
Контроль без удобрений	„	3,42	7,66	71,19	65,06	44,30	115,49	38,35
Известь	„	3,97	4,46	53,61	15,39	77,30	130,91	59,05
Р+известь	„	3,82	4,35	51,78	16,05	65,30	117,08	55,70
РК+известь	„	4,01	3,13	49,39	16,07	96,10	145,49	66,06
НРК+известь	„	3,89	6,78	56,03	26,84	94,20	149,23	63,13
РК+известь+навоз . .	„	4,06	2,92	50,53	18,19	82,80	133,33	62,12
РК+известь+компост .	„	4,15	3,42	53,57	14,07	88,0	141,57	62,20
РК+известь+приусадбная почва	„	3,87	2,01	58,22	10,07	76,1	134,32	56,66
РК+известь+АМБ . .	„	3,92	2,65	57,56	15,94	65,3	122,86	53,15

повышении суммы поглощенных оснований и увеличении степени ее насыщенности; различия отмечаются лишь по вариантам опыта.

По вопросам, касающимся общего содержания гумуса в минеральных почвах СССР и различий в его групповом и фракционном составе, а также в формах связи гумуса с минеральной частью почвы в различных географических условиях имеется обширная литература.

Сейчас уже достаточно твердо установлено, что большая часть веществ, из которых состоит гумус, принадлежит к веществам специфической природы, образовавшимся в процессе гумификации органических остатков растительного и животного происхождения.

Установлены также значительные различия группового и фракционного состава перегноя, зависящие от генетических особенностей почвы (Тюрин И. В., 1949; Кононов М. М., 1951; Пономарева В. В., 1940 и другие). Имеются также некоторые данные об изменении характера гуминовых кислот в различных типах почв (Тищенко В. В. и Рыдалевская, 1936).

Однако, несмотря на большую необходимость познания состава и свойств органического вещества торфяно-болотных почв, изучение данного вопроса только начинается и литература по нему весьма ограничена.

Основной причиной этого, по нашему мнению, является отсутствие унифицированных методов анализа для торфяных почв и их трудоемкость. Это ограничивало возможность накопления материалов и получение сравнимых данных. Кроме того, сложность решения данной проблемы заключается еще и в том, что в анализ обычно включается вся масса органического вещества торфяных почв вместе с неразложившимися растительными остатками.

В последнее время В. В. Пономарева (1956) работает над вопросом унификации имеющихся методов анализа и их упрощения, что, во-первых, даст возможность сравнивать результаты, получаемые различными авторами и, во-вторых, позволит накопить значительно больше материалов для суждения об особенностях состава органического вещества болотных почв в зависимости от их генезиса.

В нашей работе мы руководствовались рукописным описанием сокращенной методики исследования качественного состава гумуса для почв подзолистого пояса, составленной В. В. Пономаревой.

Последовательный ход анализа был следующий:

1. Экстракция битумов спирто-бензольной смесью (1:1).

2. Декальцинирование 0,1 H_2SO_4 и определение в кислом фильтрате агрессивной фракции фульвокислот (1а).

3. Обработка декальцинированной почвы 0,1 NaOH и определение в щелочной вытяжке общих углерода и азота.

4. Осаждение гуминовой кислоты и отдельное определение углерода в гуминовой кислоте и фульвокислотах.

5. Определение гуминовых веществ, не связанных с кальцием (фракции 1 гуминовых кислот и фульвокислот), в отдельной навеске без декальцинирования почвы.

Вторые фракции гуминовых и фульвокислот получены по разности путем вычитания от величин, полученной после декальцинирования величины, полученной при их определении без декальцинирования.

Углерод определяется по методу И. В. Тюрина, азот по микрометоду Кьельдаля.

Результаты исследования состава органического вещества целинной части опытного участка и его изменения в процессе окультуривания приведены в табл. 13. В этой же таблице приводятся данные по исследованию фракционного состава органического вещества почв быв. госшколы руководящих колхозных кадров, которые по своему характеру близки к почве опытного участка переходного болота, только находятся более длительное время в культуре.

Как видно из приведенных данных, в первые годы сельскохозяйственного освоения торфяно-болотных почв переходного типа со слаборазложившимся торфом происходит увеличение количества растворимого гумуса. Отношение гуминовых кислот к фульвокислотам изменяется незначительно.

При некотором увеличении второй фракции гуминовых кислот преобладающей остается первая. Следовательно основная масса растворимого гумуса находится либо в свободном состоянии, либо в форме непрочных связей с минеральной частью почвы, легко разрушаемой обработкой 0,10N раствором щелочи, что сближает их с подзолистыми почвами. Так, по данным Н. П. Бельчиковой (1951), гуминовые кислоты подзолистых почв извлекаются нацело однократной обработкой почвы 0,10N раствором щелочи без предварительного декальцирования. Значительным отличием является широкое отношение гуминовых кислот к фульвокислотам, которое значительно выше, нежели в черноземных почвах, что указывает на специфику состава органического вещества торфяных почв.

Приводимые в таблице данные анализа фракционного состава торфяной почвы низинного болота показали, что в данной почве в результате освоения уже через 2 года произошло некоторое уменьшение количества растворимого гумуса, главным образом за счет уменьшения первой фракции гуминовых кислот и фульвокислот. Отношение же между этими группами остается почти без изменения. Из приведенных данных анализа также видно, что в почве низинного болота количество растворимого гумуса незначительно, несмотря на высокую степень разложения торфа. Это указывает на высокое содержание в составе гумуса данной почвы веществ, прочно связанных с минеральной частью почвы. Существенно различаются почвы обоих опытных участков по содержанию битумов, которые в почве переходного болота в 4—5 раз выше, чем в почве низинного. При освоении переходных болот с сфагново-пушицевым торфом происходит увеличение содержания этой группы веществ, в почве же низинного болота количество их остается почти без изменения.

По содержанию веществ переходящих в спирто-бензольную вытяжку почвы переходного болота также сходны с подзолистыми почвами. Эти вещества, по мнению В. В. Пономаревой (1940), являются промежуточными продуктами распада, как наиболее устойчивые против разложения, особенно в анаэробных условиях.

Все вышеизложенное позволяет сделать следующие выводы.

Особенности климата, почвообразующих пород и рельефа Карелии обусловили широкое распространение на территории республики болотных почв. Преобладающими среди них являются кислые, слабо-насыщенные основаниями почвы, с малозольным слабо- и среднеразложившимся торфом. В этих почвах содержится мало калия, недостаточное количество фосфора и много азота, однако он находится

Данные степени разложения и фракционного состава органического вещества

Наименование почв	Глубина выемки образца (в см)	Исходная почва					С о д е р ж а н и е											
		Степень раз- ложения тор- фа (в %)	C	N	C:N	Битумов (в % к почве)	Фульвокислот				Гуминовых кислот			% раство- рого гумуса	В % к раство- римому гумусу			
							1a	1	2	сумма	1	2	сумма		фульво- кислот	гумино- вых кис- лот	Г. К. Ф. К.	
Почвы опытного участка переходного болота																		
Целина	4—28	20	52,60	1,82	28,70	11,50	0,60	7,0	—	7,60	16,90	1,30	18,20	25,90	29,0	71,0	2,41	
Контроль без удоб- рений	0—25	25	49,07	1,93	25,20	13,30	0,92	8,33	—	9,25	20,30	—	20,30	29,35	31,17	68,83	2,21	
Известь+РК . . .	"	20	50,35	2,09	24,10	12,88	2,09	8,72	2,21	13,02	18,10	3,12	21,22	34,34	37,89	62,11	1,83	
Известь+РК+на- воз	"	20—25	49,56	2,08	23,80	13,36	1,45	7,04	1,79	10,28	23,73	2,86	26,59	36,87	27,88	72,17	2,54	
Почвы госшколы руководящих кадров																		
Залежь	3—15	25	37,18	1,35	27,40	10,94	2,30	6,77	—	9,07	16,50	2,63	19,13	28,20	32,10	67,90	2,11	
Пласт многолет- них трав (3 года)	0—18	50	21,40	0,70	30,60	13,50	1,10	12,14	2,32	15,56	17,30	6,70	24,0	39,56	39,33	60,62	1,54	
Почвы опытного участка низинного болота																		
Целина	0—20	50—55	22,0	1,47	14,90	3,10	2,30	14,50	—	16,80	18,70	2,90	21,60	36,10	40,12	59,88	1,41	
Контроль без удоб- рений	"	55	32,54	2,68	11,10	2,89	3,27	10,38	—	13,65	9,08	7,20	17,28	26,66	38,90	61,10	1,57	
РК+навоз	"	55—60	33,74	3,02	11,17	2,73	2,11	9,57	1,8	13,48	8,10	9,60	17,70	31,18	43,20	56,80	1,40	

в недоступных формах благодаря слабой биохимической активности почвенной микрофлоры.

Проведенные нами при помощи сравнительно-географического и стационарного методов исследования показали, что мелиорация и сельскохозяйственное окультуривание повышают интенсивность биохимических процессов, протекающих в верхних горизонтах освоенных почв.

Известкование и внесение удобрений обеспечили снижение кислотности, уменьшение количества подвижного алюминия и повышение содержания щелочно-земельных оснований ($\text{CaO} + \text{MgO}$). При этом наблюдения показали слабую вымываемость из почвы кальция.

Слабая подвижность кальция и заторможенность биохимических процессов в кислых почвах позволяет считать, что их коренное улучшение и повышение эффективного плодородия может быть осуществлено лишь при внесении полных доз извести.

Высокое содержание железа в верхних горизонтах ряда торфяных почв низинных болот снижает доступность имеющейся в почве и вносимой в виде удобрений фосфорной кислоты вследствие ее ретроградации, поэтому фосфорные удобрения на таких почвах целесообразно вносить дробным методом с учетом требований возделываемой культуры по фазам ее развития.

Литературные данные и наши исследования указывают на высокую подвижность всех соединений калия в почве, вследствие которой неусвоенная растениями часть внесенных калийных удобрений легко вымывается из почвы. Это обуславливает слабое обогащение пахотного горизонта калием при освоении торфяных почв. Из сказанного следует, что калийные удобрения нужно вносить незадолго до посева; еще лучше если они будут вноситься дробно.

Увеличение степени разложения торфа и изменение его ботанического состава за счет накопления в пахотном горизонте корневых остатков культурных растений (особенно клевера и других бобовых) ведет к повышению процентного содержания общего азота в органическом веществе этого горизонта почв.

Более значительное повышение содержания азота отмечено в верхнем слое, где сконцентрирована основная масса корней многолетних трав.

Исследованиями установлено, что свежие корневые остатки многолетних трав значительно повышают потенциальную способность торфяной почвы переходного болота к нитратонакоплению. Однако превращение этой потенциальной способности в эффективную возможно лишь при слабокислой или нейтральной реакции и при создании оптимальных условий аэрации. В целях повышения биохимической активности и эффективного плодородия торфяных почв, кроме нейтрализации кислотности, необходимо также чередование многолетних и однолетних растений, то есть введение специальных севооборотов.

Исследования, проведенные на двух почвенных разностях в полевых условиях, показали, что в болотных почвах Карелии господствуют процессы аммонификации, что обусловлено спецификой климатических и почвенных ее условий.

Процесс нитрификации, в обычные по погодным условиям для Карелии годы, протекает очень недолго, даже на хорошо окультуренных почвенных разностях вследствие недостатка тепла. На кислых почвах нитрификационный процесс совсем отсутствует.

При наблюдении за динамикой форм азота под произрастающей растительностью на торфяно-перегнойной почве нитраты даже во время

теплого периода не были обнаружены, что является косвенным доказательством их первоочередного использования растениями.

Исследования показали различную отзывчивость торфяных почв на внесение минерального азота. Почвы переходных болот в первые годы их освоения недостаточно обеспечивают растения усвояемым азотом для образования высоких урожаев, поэтому на таких почвах на первом месте по эффективности оказались азотные удобрения. На торфяно-перегнойной почве низинного болота наиболее эффективным оказались калийные удобрения. На второй год освоения эти почвы обеспечили высокий урожай трав без внесения минерального азота.

Наиболее высокий урожай многолетних трав, коррелирующий с биохимической активностью почв, получен в вариантах с внесением богатых микрофлорой удобрений. Исследования показали, что использование растениями труднодоступного азота самой почвы было также выше в этих вариантах, что указывает на большую эффективность приема биологического заражения торфяных почв.

Изучение фракционного состава целинных и освоенных торфяно-болотных почв показали его специфические особенности, по сравнению с минеральными почвами, а также на необходимость унификации методов анализа, которая бы дала возможность установить различия в фракционном составе органического вещества болотных почв в зависимости от их зональных и генетических особенностей.

ЛИТЕРАТУРА

Барановская А. В. Распределение, состав и свойства гумуса в некоторых типичных почвах европейского Севера. Ученые зап. Карело-Финского гос. ун-та. Петрозаводск, Госиздат КФСР, 1949.

Бельчикова Н. П. О закономерностях состава гумуса и свойств гуминовых веществ. Труды Почвенного ин-та, т. 38, 1951.

Гаркуша И. Ф. Изменение болотных почв под влиянием окультуривания. Труды Белорусской с.-х. академии, т. 20, 1954.

Жилко В. В. Роль мелиорации в повышении плодородия торфяно-болотных почв. Автореферат канд. дисс., 1955.

Кононова М. М. Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения. Изд. АН СССР, 1951.

Лупинович И. С. и Голуб Т. Ф. Торфяно-болотные почвы БССР и их плодородие. Изд. АН БССР, Минск, 1952.

Моргунов Н. И. Влияние продолжительности и характера сельскохозяйственного использования осушенных почв на изменение условий их плодородия. Автореферат канд. дисс., Л., 1953.

Немчинов А. А. Болотные почвы Европейского Севера. Докторская дисс., 1955.

Пономарева В. В. Материалы по изучению органического вещества в почвах Хибинского массива. Труды Кольской базы АН СССР, вып. 5, 1940.

Прянишников Д. Н. Избранные сочинения. Т. 1, Изд. АН СССР, 1951.

Савкин И. С. Вопросы мелиорации и культуры болот. Труды Новгородской с.-х. опытной станции, вып. 10, 1926.

Толчинский З. Г. Опыты по земледелию на севере Карелии. Каргосиздат, Петрозаводск, 1939.

Турнас П. А. Освоение болот Карело-Мурманского севера. Л., 1949.

Тюрин И. В. Географические закономерности гумусообразования. Труды юбилейной сессии, посвященной 100-летию со дня рождения В. В. Докучаева. Изд. АН СССР, 1949.

Тищенко В. В. и Рыдалевская М. П. Опыты химического исследования гуминовых кислот различных почвенных типов. ДАН СССР, т. 4, 1936.

Филипенко И. В. Изменение степени разложения органического вещества торфяно-болотных почв и содержание зольных элементов в зависимости от сроков сельскохозяйственного использования. Изв. АН БССР, № 3, Минск, 1954.