



Галина ПИРОГОВСКАЯ

*заведующая лабораторией новых форм удобрений и мелиорантов,  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент*

Виктор СОРОКО

*ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук  
(Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси)*

УДК 631.8211:631.445

## Экономическая эффективность применения известковых мелиорантов на деградированных торфяных почвах

### Введение

Изучением производительной способности торфяных почв и их изменением в процессе сельскохозяйственного использования в Республике Беларусь занимались многие исследователи. Данные почвы обладают высоким потенциальным плодородием. Использование осушенных торфяных почв в зерно-пропашных севооборотах приводит к большим потерям органического вещества от минерализации и эрозии, которые в среднем составляют 10 т/га в год, в том числе под зерновыми культурами – 5–6 т/га. При постоянном возделывании многолетних трав сработка торфа в 3–4 раза ниже и находится на уровне 2,0–3,2 т/га (тонн на 1 гектар). На месте осушенных мелкозалежных торфяников в результате частичной или полной сработки торфа и припахивания подстилающей породы, преимущественно песчаного гранулометрического состава, сформировались антропогенно преобразованные деградированные торфяные почвы, в пахотном (торфяно-минеральном) горизонте которых содержание органического вещества составляет менее 50% [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Согласно «Методическим указаниям по диагностике и классификации почв», образовавшиеся в результате частичной или полной сработки торфа «деградированные» торфяные почвы в Республике Беларусь выделены на уровне самостоятельного типа. Они подразделяются на подтиповом уровне – в зависимости от степени сработки торфа, на родовом уровне – от характера подстилающих пород и их химизма, на видовом – по остаточному содержанию органического вещества в пахотном горизонте. Деградированные торфяно-минеральные почвы содержат 50,0–20,1% органического вещества, минеральные остаточно торфяные – 20,0–5,1% и минеральные постторфяные почвы – менее 5,0% органического вещества [17].

По данным реестра земельных ресурсов Республики Беларусь (2016 г.), удельный вес этих почв в составе сельскохозяйственных земель составляет 312,9 тыс. га (3,6%). Кроме того, в республике среди антропогенно преобразованных почв 19,0 тыс. га прихо-

дится на нарушенные торфяные и дегроторфяные почвы, к которым относятся естественно-восстановливаемые, выгоревшие, с насыпным верхом, деформированные, рекультивированные их типы [18].

Продуктивность, производительная способность, агрохимические свойства деградированных торфяных почв и их плодородие изменяются в очень широких пределах и зависят преимущественно от применения удобрений, известковых мелиорантов и набора культур в севооборотах.

В «Инструкции о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель» (2008 г.) для известкования кислых почв разрешены следующие виды мелиорантов: доломитовая мука, дефекат, карбонатный сапропель и мел [19].

Известкование почв в Беларуси проводится в основном доломитовой мукой, производство которой является энергоемким процессом, отражающимся на себестоимости. Эффективным путем снижения затрат на известкование почв, в том числе деградированных торфяных, может быть использование дефеката и мела за счет снижения транспортных расходов при известковании в зоне заводов, где данные мелиоранты накапливаются в больших количествах. Фосфогипс содержит около 50%  $\text{CaCO}_3$ , в связи с чем изучение возможности его использования в качестве известкового мелиоранта актуально. Утилизация дефеката, мела и фосфогипса при известковании имеет большое государственное значение не только в экономическом, но и экологическом аспекте, так как позволит сократить отчуждение дополнительных земель для их хранения.

Целью исследований явилась оценка экономической эффективности применения различных форм известковых мелиорантов в действии (2011 г. и 2012 г.) и последствии (2012–2016 гг.) на фоне  $\text{N}_{91-98}\text{P}_{62-75}\text{K}_{156-163}$ .

### Объекты и методика исследований

Исследования по изучению экономической эффективности известковых мелиорантов в действии и последствии проводились при возделывании сельскохозяйственных культур в 2-х кормовых севооборотах: 1-й севооборот – просо (2011 г.) – пелюшко-овсяная смесь с подсевом райграсса однолетнего (2012 г.) – кукуруза (2013 г.) – многолетние бобово-злаковые травосмеси (первого-третьего года, 2014–2016 гг.); 2-й севооборот – просо (2012 г.) – пелюшко-овсяная смесь с подсевом райграсса однолетнего (2013 г.) – кукуруза (2014 г.) – ячмень (2015 г.) – овес голозерный (2016 г.).

Известкование почвы было проведено в 2011 г. (поле № 1) и 2012 г. (поле № 2) различными формами известковых мелиорантов (доломитовая мука, дефекат, фосфогипс) в дозах 2,0 т/га, 4,0 т/га и 6,0 т/га  $\text{CaCO}_3$ .

Доломитовая мука в наших исследованиях использовалась по ГОСТу 14050-93, дефекат свекловичный и дефекат-сырец – ТУ РБ 37602662.630-99, фосфогипс отвалный – ТУ РБ 400069905.024-2004.

Основные характеристики мелиорантов: доломитовая мука с содержанием 100% д.в. в пересчете на  $\text{CaCO}_3$  и влажность менее 1%; дефекат – 85,8%  $\text{CaCO}_3$ , влажность – 23–29%; фосфогипс отвалный – 76%  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (около 50%  $\text{CaCO}_3$ ),  $\text{P}_2\text{O}_5$  – не более 0,25%, фтор – не более 0,2%, влажность – не более 20%.

Агрохимическая характеристика пахотных горизонтов перед закладкой опытов на деградированной торфяной почве в ОАО «Хотляны» Узденского района Минской области была следующей:

поле № 1 (2011 г.) в Апах. (при определении показателей по методикам и ГОСТам, рекомендованным для торфяных почв):  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  (среднее по полю) – 4,96 (кислая); Нг – 20,4 мг-экв./100 г; содержание органического вещества в среднем по полю составило 19,7% (min 4,9% и max 38,8%); зольность – 61,2–95,1%; обменного кальция – 4668 мг/кг почвы (повышенное); обменного магния – 444 мг/кг почвы (среднее); подвижных форм фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – 127 мг/кг почвы (min 84 и max 190 мг/кг почвы) (очень низкое); подвижных форм калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ) – 149 мг/кг почвы (min 90 мг/кг и max 210 мг/кг почвы) (очень низкое); водорастворимого калия – 27 мг/кг почвы; обменного калия – 116 мг/кг почвы; необменного калия – 115 мг/кг почвы; подвижных форм меди – 3,9 мг/кг почвы (низкое), цинка – 7,9 мг/кг почвы (низкое), обменного марганца – 15,0 мг/кг почвы (среднее). В подпахотном горизонте  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – 5,11 (слабокислая); Нг – 20,1 мг-экв./100 г; содержание органического вещества в среднем по полю 23,6% (min 20,0% и max 30,5%, зольность – 69,5–80,0%); обменного кальция – 4925 мг/кг почвы (высокое) и обменного магния – 458 мг/кг почвы (повышенное);

поле № 2 (2012 г.) в Апах.:  $pH_{KCl} - 4,98$  (кислая);  $Ng - 30,4$  мг-экв./100 г; содержание органического вещества в среднем по полю составило 27,8% (min 16,7% и max 47,9%); зольность – 52,1–83,3%; обменного кальция – 6434 мг/кг почвы (очень высокое); обменного магния – 585 мг/кг почвы (повышенное); подвижных форм фосфора ( $P_2O_5$ ) – 294 мг/кг почвы (низкое); подвижных форм калия ( $K_2O$ ) – 370 мг/кг почвы (низкое); водорастворимого калия – 126 мг/кг почвы, обменного калия – 318 мг/кг почвы и необменного калия – 354 мг/кг почвы; подвижных форм меди – 3,6 мг/кг почвы (низкое), цинка – 6,9 мг/кг почвы (низкое), обменного марганца – 11,3 мг/кг почвы (среднее). В подпахотном горизонте  $pH_{KCl} - 5,30$  (слабокислая);  $Ng - 29,1$  мг-экв./100 г; содержание органического вещества – 32,8% (min 26,6% и max 37,4%, зольность – 62,6–73,4%); обменного кальция – 6661 мг/кг почвы (очень высокое); обменного магния – 578 мг/кг почвы (повышенное).

Минеральные удобрения вносились:

на поле № 1 (2011–2016 гг.) – под просо  $N_{60+30}P_{60}K_{150}$  (действующего вещества (д.в.) элемента, кг на 1 гектар), пелюшко-овсяную смесь –  $N_{60+45}P_{80}K_{200}$ , кукурузу –  $N_{80+40}P_{70}K_{180}$ , многолетние бобово-злаковые травосмеси под первый укос ( $N_{45}P_{80}K_{90}$ ) и второй укос –  $N_{45}K_{60}$ . Среднегодовая доза минеральных удобрений за севооборот составила  $N_{98}P_{75}K_{163}$  (сумма 336 кг/га д.в.);

на поле № 2 (2012–2016 гг.) – под просо  $N_{60+30}P_{60}K_{150}$ , пелюшко-овсяную смесь –  $N_{60+45}P_{80}K_{200}$ , кукурузу –  $N_{80+40}P_{70}K_{180}$ , ячмень –  $N_{70}P_{50}K_{120}$ , овес голозерный –  $N_{70}P_{50}K_{130}$ . Среднегодовая доза минеральных удобрений за севооборот составила  $N_{91}P_{62}K_{156}$  (сумма 309 кг/га д.в.).

Минеральные удобрения вносились в форме карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия.

Состав многолетней бобово-злаковой травосмеси (2014 г., поле № 1) был следующим: клевер ползучий Матвей – 4 кг/га (6,0 млн семян/га), райграс пастбищный Пашавы – 6,0 кг/га (3,0 млн семян/га), овсяница тростниковая Зарница – 8,0 кг/га (4 млн семян/га), фестулолиум морфотипа овсяницы Пуня – 15 кг/га (5,0 млн семян/га) – в сумме 33 кг/га.

Площадь делянки в полевых опытах в 2011–2016 гг. составила 30 м<sup>2</sup>, повторность вариантов 4-кратная. Почвенные образцы отбирались из пахотного и подпахотного слоев почвы перед закладкой полевых опытов. Последнюю проводили в соответствии с методическими указаниями. Статистическая обработка результатов исследований проводилась по Б. А. Доспехову с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на ПЭВМ, наименьшая существенная разность рассчитывалась с помощью компьютерной программы по годам и блокам [20].

## Основная часть

Для объективной оценки эффективности известковых мелиорантов в действии и последствии в севооборотах была проведена экономическая оценка их применения по методике, включающей следующие показатели: прибыль от удобрений и известковых мелиорантов на гектар площади, чистый доход и рентабельность их применения [21]. При расчете экономической эффективности известкования кислой деградированной торфяной почвы различными формами известковых мелиорантов использовались нормативы затрат на технологические процессы, цены на мелиоранты и растениеводческую продукцию по состоянию на 30.12.2016, цены на удобрения – на 03.03.2017, курс доллара составлял 1,91 BYN.

Суммарная стоимость известкования 1 гектара сельскохозяйственных земель доломитовой мукой (на 30.12.2016, по сводным данным ОАО «Минскоблагросервис») при дозе внесения 1,0 т/га  $CaCO_3$  составила 75,08 BYN, из которых 38,2% приходилось на стоимость мелиоранта (28,68 BYN), 15,3% – железнодорожный тариф (11,49 BYN), 15,3% – наценка РО «Белагросервис» (11,49 BYN), 14,0% – вывозка мелиоранта на расстояние 20 км от базы ОАО «Райагросервис» до хозсклада и 10 км – от склада до поля (10,51 BYN), 17,2% – стоимость внесения доломитовой муки на 1 га (12,91 BYN, см. табл. 1).

Применение в качестве известковых мелиорантов более дешевых промышленных отходов (дефеката и фосфогипса) при соблюдении экономически выгодного радиуса перевозки может снизить материальные затраты на проведение известкования. Стоимость известкования 1 га сельскохозяй-

ственных земель дефекатом (отходом свеклосахарного производства) в дозе 1 т/га  $\text{CaCO}_3$  составила 25,48 BYN, из которых 50,7% приходилось на его вывозку, 2,4% – на погрузку и 46,9% – на внесение. Дефекат отпускается хозяйствам безвозмездно (см. табл. 1).

Стоимость внесения фосфогипса из расчета дозы 1 т  $\text{CaCO}_3$  на 1 га сельскохозяйственных земель, расположенных в зоне ОАО «Гомельский химический завод», составила 51,72 BYN, из которых 15,5% приходилось на стоимость мелиоранта, 42,9% – на его вывозку, 2,0% – на погрузку и 39,6% – на внесение (см. табл. 1).

Таблица 1. Структура затрат на применение известковых мелиорантов (1,0 т  $\text{CaCO}_3$ ) для известкования деградированной торфяной кислой почвы (по сводным данным ОАО «Минскблагросервис», 2016 г.)

Доза внесения известковых мелиорантов (1,0 т $\text{CaCO}_3$ д.в.), т/га	Стоимость известковых мелиорантов	Железнодорожный тариф по доставке 1 т, наценка РО «Белагросервис»	Вывозка до поля	Внесение	Итого
Доломитовая мука					
1 т $\text{CaCO}_3$	28,68	22,98*	10,51	12,91	75,08
Дефекат					
1 т $\text{CaCO}_3$	0,00	0	12,92	12,56	25,48
Фосфогипс					
1 т $\text{CaCO}_3$	8,00	0	22,18	21,54	51,72

Примечание. \* 50% от суммы – железнодорожный тариф по доставке 1,0 т  $\text{CaCO}_3$ ; 50% – наценка РО «Белагросервис».

Среднегодовая продуктивность (за 2011–2016 гг.) в первом севообороте при возделывании сельскохозяйственных культур на зеленую массу в контрольном варианте составила 50,2 ц/га к.ед. (центнеров с гектара кормовых единиц), в фоновом, при среднегодовой дозе внесения  $\text{N}_{98}\text{P}_{75}\text{K}_{163}$  – 84,9 ц/га к.ед., в блоке с известковым мелиорантом доломитовой мукой в дозах 2 т/га, 4 т/га и 6 т/га  $\text{CaCO}_3$  – в пределах от 93,8 ц/га к.ед. до 99,7 ц/га к.ед. с прибавкой к фону в пределах от 8,9 ц/га к.ед. до 14,8 ц/га к.ед.; в блоке с дефекатом – от 88,0 ц/га к.ед. до 96,3 ц/га к.ед., с прибавкой 3,1–11,4 ц/га к.ед. и фосфогипсом – 87,2–92,2 ц/га к.ед. и прибавкой 2,3–7,3 ц/га к.ед., при  $\text{HCP}_{05}$  – 7,2 ц/га к.ед. Максимальная продуктивность была получена при известковании почвы доломитовой мукой и дефекатом в дозе 4 т/га, фосфогипсом – 2 т/га (см. табл. 2).

Среднегодовая продуктивность в этом же севообороте, но при уборке проса и кукурузы на зерно, а остальных культур на зеленую массу увеличивалась в 1,1–1,2 раза (в зависимости от варианта опыта) по сравнению с возделыванием всех культур на зеленую массу. Оптимальным объемом всех вносимых известковых мелиорантов также оказалась доза 4 т/га  $\text{CaCO}_3$  (см. табл. 2).

Среднегодовая продуктивность во втором севообороте (2012–2016 гг.) при возделывании первых трех культур на зеленую массу (просо, пелюшко-овсяная смесь с подсевом райграса однолетнего, кукуруза), а ячменя и овса голозерного на зерно была следующей: в контрольном варианте она составила 53,9 ц/га к.ед., в фоновом варианте ( $\text{N}_{91}\text{P}_{62}\text{K}_{156}$ ) – 74,6 ц/га к.ед., в блоке с доломитовой мукой в дозах 2 т/га, 4 т/га и 6 т/га  $\text{CaCO}_3$  – от 80,2 ц/га к.ед. до 88,5 ц/га к.ед. с прибавкой к фону в пределах от 5,6 ц/га к.ед. до 13,9 ц/га к.ед.; в вариантах с дефекатом – от 75,9 ц/га к.ед. до 86,9 ц/га к.ед. (1,3–12,3 ц/га к.ед.) и фосфогипсом (при первых двух дозах известки) – 77,0–82,1 ц/га к.ед. с прибавкой 2,4–7,5 ц/га к.ед. Оптимальной дозой внесения всех известковых мелиорантов по продуктивности была 4 т/га  $\text{CaCO}_3$ . При уборке проса, кукурузы, ячменя и овса на зерно, а пелюшко-овсяной смеси с подсевом райграса однолетнего на зеленую массу среднегодовая продуктивность повышалась в 1,1–1,2 раза (в зависимости от варианта опыта). Как и в предыдущем севообороте, максимальная продуктивность получена при внесении известковых мелиорантов в дозе 4 т/га  $\text{CaCO}_3$  (см. табл. 3).

Таблица 2. Среднегодовая продуктивность при возделывании сельскохозяйственных культур на зеленую массу и зерно на деградированной торфяной почве в первом севообороте (2011–2016 гг.)

Варианты	Продуктивность (среднегодовая), ц/га к.ед.	Прибавка к контролю, ц/га к.ед.	Прибавка к варианту без извести, ц/га к.ед.	Продуктивность (средне-годовая), ц/га к.ед.	Прибавка, к контролю, ц/га к.ед.	Прибавка к варианту без извести, ц/га к.ед.
	Севооборот: просо (зеленая масса, 2011 г.) – пелюшко-овсяная смесь с подсевом райграса однолетнего (зеленая масса, 2012 г.) – кукуруза (зеленая масса, 2013 г.) – многолетние бобово-злаковые травосмеси (зеленая масса, 2014–2016 гг.)			Севооборот: просо (зерно, 2011 г.) – пелюшко-овсяная смесь с подсевом райграса однолетнего (зеленая масса, 2012 г.) – кукуруза (зерно, 2013 г.) – многолетние бобово-злаковые травосмеси (зеленая масса, 2014–2016 гг.)		
1. Контроль без удобрений	50,2	–	–	56,4	–	–
2. N <sub>98</sub> P <sub>75</sub> K <sub>163</sub> (фон без извести)	84,9	34,7	–	92,0	35,6	–
Доломитовая мука						
3. Фон + 2 т/га СаСО <sub>3</sub>	97,6	47,4	12,7	104,6	48,2	12,6
4. Фон + 4 т/га СаСО <sub>3</sub>	99,7	49,5	14,8	112,2	55,8	20,2
5. Фон + 6 т/га СаСО <sub>3</sub>	93,8	43,6	8,9	105,5	49,1	13,5
Дефекат						
6. Фон + 2 т/га СаСО <sub>3</sub>	93,0	42,8	8,1	100,5	44,1	8,5
7. Фон + 4 т/га СаСО <sub>3</sub>	96,3	46,1	11,4	109,9	53,5	17,9
8. Фон + 6 т/га СаСО <sub>3</sub>	88,0	37,8	3,1	104,6	48,2	12,6
Фосфогипс						
9. Фон + 2 т/га СаСО <sub>3</sub>	92,2	42,0	7,3	103,5	47,1	11,5
10. Фон + 4 т/га СаСО <sub>3</sub>	91,8	41,6	6,9	104,9	48,5	12,9
11. Фон + 6 т/га СаСО <sub>3</sub>	87,2	37,0	2,3	98,7	42,3	6,7
НСР <sub>05</sub>	7,2	–	–	9,1	–	–

Таблица 3. Среднегодовая продуктивность при возделывании сельскохозяйственных культур на зеленую массу и зерно на деградированной торфяной почве во втором севообороте (2011–2016 гг.)

Варианты	Продуктивность (среднегодовая), ц/га к.ед.	Прибавка к контролю, ц/га к.ед.	Прибавка к варианту без извести, ц/га к.ед.	Продуктивность (среднегодовая), ц/га к.ед.	Прибавка к контролю, ц/га к.ед.	Прибавка к варианту без извести, ц/га к.ед.
	Севооборот: просо (зеленая масса, 2012 г.) – пелюшко-овсяная смесь с подсевом райграса однолетнего (зеленая масса, 2013 г.) – кукуруза (зеленая масса, 2014 г.) – ячмень (зерно, 2015 г.) – овес голозерный (зерно, 2016 г.)			Севооборот: просо (зерно, 2012 г.) – пелюшко-овсяная смесь с подсевом райграса однолетнего (зеленая масса, 2013 г.) – кукуруза (зерно, 2014 г.) – ячмень (зерно, 2015 г.) – овес голозерный (зерно, 2016 г.)		
Контроль без удобрений	53,9	–	–	65,8	–	–
N <sub>91</sub> P <sub>62</sub> K <sub>156</sub> (фон без извести)	74,6	20,7	–	85,5	19,7	–
Доломитовая мука						
Фон + 2 т/га СаСО <sub>3</sub>	80,2	26,3	5,6	91,8	26,0	6,3
Фон + 4 т/га СаСО <sub>3</sub>	88,5	34,6	13,9	101,4	35,6	15,9
Фон + 6 т/га СаСО <sub>3</sub>	81,7	27,8	7,1	87,1	21,3	1,6
Дефекат						
Фон + 2 т/га СаСО <sub>3</sub>	79,7	25,8	5,1	89,3	23,5	3,8
Фон + 4 т/га СаСО <sub>3</sub>	86,9	33,0	12,3	102,6	36,8	17,1
Фон + 6 т/га СаСО <sub>3</sub>	75,9	22,0	1,3	88,8	23,0	3,3
Фосфогипс						
Фон + 2 т/га СаСО <sub>3</sub>	77,0	23,1	2,4	90,3	24,5	4,8
Фон + 4 т/га СаСО <sub>3</sub>	82,1	28,2	7,5	94,6	28,8	9,1
Фон + 6 т/га СаСО <sub>3</sub>	72,4	18,5	–2,2	82,6	16,8	–2,9
НСР <sub>05</sub>	6,1	–	–	7,2	–	–

По результатам исследований установлено, что к концу севооборота (2016 г.) отмечалось снижение степени кислотности ( $pH_{KCl}$ ) деградированной торфяной почвы при внесении всех известковых мелиорантов. Например на блоке с 4 т/га  $CaCO_3$  при внесении доломитовой муки снижение кислотности составило 0,36 единиц, сдвиг  $pH$  от 1 т д.в. – 0,09 единиц; соответственно от применения дефеката – на 0,18 единиц со сдвигом  $pH$  от 1 т д.в. на 0,04 единиц; при внесении фосфогипса – на 0,20 единиц со сдвигом  $pH$  от 1 т д.в. на 0,05 единиц. Расход  $CaCO_3$  для сдвига реакции почвенной среды на 0,1 единиц  $pH$  к 2016 г. находился в пределах от 1,11 т/га  $CaCO_3$  (доломитовая мука) до 2,22 т/га (дефекат свекловичный) при нормативном значении данного показателя для торфяных почв 1,62 т/га  $CaCO_3$  (см. табл. 4).

Кроме  $pH_{KCl}$ , для оценки потенциальной кислотности почв применяют показатель гидролитической кислотности (Нг). Гидролитическая кислотность при известковании деградированной торфяной почвы снижалась более существенно, чем обменная ( $pH_{KCl}$ ). Исходная гидролитическая кислотность деградированной торфяной почвы по вариантам опыта составляла 26,2–35,0 мг-экв./100 г почвы. При внесении 4 т/га  $CaCO_3$  при оптимальном уровне применения минеральных удобрений ( $N_{98}P_{75}K_{163}$ ) гидролитическая кислотность к концу севооборота снижалась от доломитовой муки на 7,0 мг-экв./100 г почвы, от дефеката – на 14,0 мг-экв./100 г, от фосфогипса – на 10,5 мг-экв./100 г почвы (см. табл. 4).

Таблица 4. Динамика  $pH_{KCl}$  деградированной торфяной кислой почвы при внесении различных форм и доз известковых мелиорантов в дозе 4 т/га  $CaCO_3$  в первом севообороте (2011–2016 гг.)

Варианты	$pH_{KCl}$ (навеска почвы 1 г)					Нг, мг-экв./100 г почвы		
	2011 г.	2016 г.	+/- 2016 г. к 2011 г.	сдвиг $pH$ от 1 т д.в. (через 5 лет)	расход $CaCO_3$ (т/га) для сдвига $pH$ на 0,1 ед. (через 5 лет)	2011 г.	2016 г.	+/- 2016 г. к 2011 г.
1. Контроль	4,87	5,41	0,52	–	–	26,2	14,0	–12,2
2. Фон + доломитовая мука 4 т/га $CaCO_3$	4,85	5,21	0,36	0,09	1,11	35,0	28,0	–7,0
3. Фон + дефекат свекловичный 4 т/га $CaCO_3$	4,91	5,09	0,18	0,04	2,22	35,0	21,0	–14,0
4. Фон + фосфогипс 4 т/га $CaCO_3$	4,85	5,05	0,20	0,05	2,00	35,0	24,5	–10,5

Аналогичные закономерности прослеживаются и во втором севообороте.

Общие производственные затраты на получение прибавки продуктивности от минеральных удобрений в кормовых севооборотах в фоновых вариантах находились в следующих пределах: в первом севообороте – от 197,5 USD/га до 199,7 USD/га, чистый доход – 76,7–81,5 USD/га, рентабельность – 39–41%; соответственно во втором севообороте – производственные затраты составили 146,4–148,9 USD/га, чистый доход – 9,3–14,7 USD/га при рентабельности – 6–10% (см. табл. 5).

Таблица 5. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений при возделывании кормовых культур на деградированной торфяной почве (2011–2016 гг., севообороты 1 и 2)

Вариант	Стоимость прибавки, USD/га	Затраты (среднегодовые), USD/га				Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
		стоимость NPK	внесение	на уборку и доработку дополнительной продукции	Всего		
Севооборот 1: при возделывании всех культур севооборота на зеленую массу (2011–2016 гг.)							
Контроль без удобрений	396,6	–	–	–	–	–	–
$N_{98}P_{75}K_{163}$ (фон без известки)	670,7	92,5	18,2	86,8	197,5	76,7	38,8
Севооборот 1: при возделывании проса и кукурузы на зерно, пелюшко-овсяной смеси с подсевом райграса однолетнего и многолетних бобово-злаковых травосмесей на зеленую массу (2011–2016 гг.)							
Контроль без удобрений	445,6	–	–	–	–	–	–
$N_{98}P_{75}K_{163}$ (фон без известки)	726,8	92,5	18,2	89,0	199,7	81,5	40,8
Севооборот 2: при возделывании на зеленую массу проса, пелюшко-овсяной смеси с подсевом райграса однолетнего и кукурузы, ячменя и овса голозерного на зерно (2012–2016 гг.)							
Контроль без удобрений	425,8	–	–	–	–	–	–

Вариант	Стоимость прибавки, USD/га	Затраты (среднегодовые), USD/га				Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
		стоимость NPK	вне-сение	на уборку и доработку дополнительной продукции	Всего		
N <sub>91</sub> P <sub>62</sub> K <sub>156</sub> (фон без извести)	589,8	80,5	16,6	51,8	148,9	14,7	9,9
Севооборот 2: при возделывании на зеленую массу пелюшко-овсяной смеси с подсевом райграса однолетнего, проса, кукурузы, ячменя и овса голозерного на зерно (2012–2016 гг.)							
Контроль без удобрений	519,8	–	–	–	–	–	–
N <sub>91</sub> P <sub>62</sub> K <sub>156</sub> (фон без извести)	675,5	80,5	16,6	49,3	146,4	9,3	6,3

Экономическая эффективность различных форм известковых мелиорантов при внесении 4 т/га CaCO<sub>3</sub> приведена в таблице 6.

Таблица 6. Экономическая эффективность применения известковых мелиорантов при дозе внесения 4 т/га CaCO<sub>3</sub> в кормовых севооборотах на деградированной торфяной почве (2011–2016 гг.)

Вариант	Стоимость прибавки от извести (за севооборот), USD/га	Затраты (за севооборот), USD/га			Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
		стоимость известковых мелиорантов, погрузка, внесение	уборка и доработка дополнительной продукции	Всего		
Севооборот 1 (2011–2016 гг.): при возделывании всех культур севооборота на зеленую массу						
Фон + доломитовая мука 4 т/га CaCO <sub>3</sub>	701,5	157,2	222,0	379,2	322,3	85
Фон + дефекат 4 т/га CaCO <sub>3</sub>	640,4	53,4	171,0	224,4	316,0	141
Фон + фосфогипс 4 т/га CaCO <sub>3</sub>	327,1	108,3	103,5	211,8	115,2	54
Севооборот 1 (2011–2016 гг.): при возделывании проса и кукурузы на зерно, пелюшко-овсяной смеси с подсевом райграса однолетнего и многолетних бобово-злаковых травосмесей на зеленую массу						
Фон + доломитовая мука 4 т/га CaCO <sub>3</sub>	957,5	157,2	303,0	460,2	497,2	108
Фон + дефекат 4 т/га CaCO <sub>3</sub>	848,5	53,4	268,5	321,9	526,6	164
Фон + фосфогипс 4 т/га CaCO <sub>3</sub>	611,5	108,3	193,5	301,8	309,6	103
Севооборот 2 (2012–2016 гг.): при возделывании проса, пелюшко-овсяной смеси с подсевом райграса однолетнего и кукурузы на зеленую массу, ячменя и овса голозерного на зерно						
Фон + доломитовая мука 4 т/га CaCO <sub>3</sub>	549,1	157,2	173,8	331,0	218,1	66
Фон + дефекат 4 т/га CaCO <sub>3</sub>	485,9	53,4	153,8	207,1	278,7	135
Фон + фосфогипс 4 т/га CaCO <sub>3</sub>	296,3	108,3	93,8	202,1	94,2	47
Севооборот 2 (2012–2016 гг.): при возделывании пелюшко-овсяной смеси с подсевом райграса однолетнего на зеленую массу, проса, кукурузы, ячменя и овса голозерного на зерно						
Фон + доломитовая мука 4 т/га CaCO <sub>3</sub>	628,1	157,2	198,8	356,0	272,1	75
Фон + дефекат 4 т/га CaCO <sub>3</sub>	675,5	53,4	213,8	267,1	408,3	153
Фон + фосфогипс 4 т/га CaCO <sub>3</sub>	359,5	108,3	113,8	222,1	137,4	62

Установлена экономическая целесообразность внесения всех известковых мелиорантов на деградированной торфяной почве. Так, общие производственные затраты на получение прибавки продуктивности от известковых мелиорантов в первом севообороте, в зависимости от возделывания сельскохозяйственных культур на зеленую массу или зерно, составили от 212 USD/га (фосфогипс) до 460 USD/га (доломитовая мука), соответственно чистый доход – 115,2–526,6 USD/га, рентабельность – 54–164%. Во втором севообороте эти показатели были следующими: общие производственные затраты изменялись в зависимости от варианта опыта в пределах от 202 USD/га до 356 USD/га, чистый доход – 94,2–408,3 USD/га, рентабельность – 47–153% (см. табл. 6).

## Выводы

Данные по изучению эффективности известковых мелиорантов в действии и последствии (2011–2016 гг.) на деградированной торфяной кислой почве в севооборотах позволяют сделать перечисленные далее выводы.

1. Применение известковых мелиорантов в разных кормовых севооборотах на фоне внесения НРК на деградированных торфяных почвах обеспечило высокую продуктивность:

в первом севообороте при возделывании всех культур на зеленую массу (просо – пелюшко-овсяная смесь с подсевом райграсса однолетнего – кукуруза – многолетние бобово-злаковые травосмеси первого – третьего года) максимальная среднегодовая продуктивность была получена при внесении 4 т/га  $\text{CaCO}_3$  доломитовой муки (99,7 ц/га к.ед.), 4 т/га  $\text{CaCO}_3$  дефеката (96,3 ц/га к.ед.) и 2 т/га  $\text{CaCO}_3$  фосфогипса (92,2 ц/га к.ед.) с прибавками к фону (НРК без известки) – 14,8 ц/га к.ед., 11,4 ц/га к.ед. и 7,3 ц/га к.ед.; соответственно при возделывании проса и кукурузы на зерно, а пелюшко-овсяной смеси с подсевом райграсса однолетнего и многолетних бобово-злаковых травосмесей на зеленую массу продуктивность увеличивалась при внесении всех известковых мелиорантов с наибольшей эффективностью при дозе 4 т/га  $\text{CaCO}_3$  (112,2 ц/га к.ед., 109,9 ц/га к.ед. и 104,9 ц/га к.ед.) с прибавками в размере 20,2 ц/га к.ед., 17,9 ц/га к.ед. и 12,9 ц/га к.ед. по сравнению с вариантом, где применялись минеральные удобрения без известкования.

во втором севообороте при возделывании 3-х культур на зеленую массу (просо – пелюшко-овсяная смесь с подсевом райграсса однолетнего – кукуруза), а ячменя и овса голозерного на зерно максимальная среднегодовая продуктивность была получена при внесении 4 т/га  $\text{CaCO}_3$  всех известковых мелиорантов, в том числе от доломитовой муки 88,5 ц/га к.ед., дефеката – 86,9 ц/га к.ед. и фосфогипса – 82,1 ц/га к.ед. с прибавками к фону НРК – 13,9 ц/га к.ед., 12,3 ц/га к.ед. и 7,5 ц/га к.ед.; при возделывании проса, кукурузы, ячменя и овса голозерного на зерно, а пелюшко-овсяной смеси с подсевом райграсса однолетнего на зеленую массу продуктивность увеличивалась при применении всех известковых мелиорантов и была самой высокой при дозе 4 т/га  $\text{CaCO}_3$  (101,4 ц/га к.ед., 102,6 ц/га к.ед. и 94,6 ц/га к.ед.) с прибавками к фону (НРК без известкования) на уровне 15,9 ц/га к.ед., 17,1 ц/га к.ед. и 9,1 ц/га к.ед.

2. Общие затраты на применение известковых мелиорантов (стоимость, железнодорожный тариф, затраты РО «Белагросервис» – наценка, вывозка до поля, стоимость 1 га на внесение) на 1 т  $\text{CaCO}_3$  составили: при внесении доломитовой муки – 75,1 BYN, дефеката – 25,5 и фосфогипса – 51,7 BYN.

3. В первом севообороте при известковании деградированной торфяной почвы известковыми мелиорантами в дозе внесения 4 т/га  $\text{CaCO}_3$ , при возделывании кормовых культур на зеленую массу или зерно, чистый доход от известкования доломитовой мукой находился в пределах от 322 USD/га до 497 USD/га с рентабельностью 85–108%, дефекатом – 316–527 USD/га и 141–164%, фосфогипсом – 115–310 USD/га и 54–103%; во втором севообороте от известкования доломитовой мукой чистый доход был на уровне 218–272 USD/га с рентабельностью 66–75%, дефекатом – 279–408 USD/га и 135–153%, фосфогипсом – 94–137 USD/га и 47–62%.

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Лупинович, И. С. Торфяно-болотные почвы БССР и их плодородие / И. С. Лупинович, Т. Ф. Голуб. – Минск: АН БССР, 1958. – 240 с.
2. Кулаковская, Т. Н. Торфяно-болотные почвы / Т. Н. Кулаковская // Агрохимическая характеристика почв СССР. – М: АН СССР. – 1962. – С. 68–96.
3. Мееровский, А. С. Азотный режим окультуренных торфяно- болотных почв автореф. дис... канд. с/х наук: 06.01.04 / А. С. Мееровский; БелНИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 1966. – 28 с.
4. Скоропанов, С. Г. Освоение и использование торфяно- болотных почв / С. Г. Скоропанов. – Минск: изд. Академии с.-х. наук БССР, 1967. – 251 с.
5. Окулик, Н. В. Влияние сельскохозяйственного использования торфяных почв на изменение их зольности и состава органического вещества / Н. В. Окулик // Мелиорация и использование торфяников Полесья: науч. тр. – Минск, 1975. – С. 58–67.
6. Пилько, В. М. К оценке содержания и доступности растениям калия в торфяно-болотных почвах / В. М. Пилько, З. Н. Герус // Сб. науч. тр. Ин-та почвоведения и агрохимии АН БССР. – Минск, 1977. – Вып. 13: Почвоведение и агрохимия. – С. 116–123.

7. Скоропанов, С. Г. Динамика плодородия торфяных почв / С. Г. Скоропанов, П. Ф. Тиво // Плодородие почв и пути его повышения. – М., Колос. – 1983. – С. 133–138, 398.
8. Эволюция почв мелиорируемых территорий Белоруссии / С. М. Зайко [и др.]. – Минск: Университетское, 1990. – 287 с.
9. Лиштван, И. И. Научно-техническое решение проблем освоения Полесской низменности / И. И. Лиштван, Н. Н. Бамбалов, Л. М. Ярошевич / Проблемы Полесья. – Минск, 1991. – Вып. 14. – С. 3–25.
10. Серая, Т. М. Особенности питания многолетних трав на торфяных почвах автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Т. М. Серая; НИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 1991. – 16 с.
11. Трансформация торфяно-болотных почв юго-западной части Республики Беларусь под влиянием осушения и длительного сельскохозяйственного использования (на примере Брестской области). / Н. И. Смян [и др.] // Изв. акад. агр. наук РБ. – 2000. – № 3. – С. 54–57.
12. Роль адаптивного земледелия в повышении продуктивности и сохранении торфяных почв / А. С. Мееровский [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 5. – С. 21–23.
13. Рекомендации по получению травяных кормов в пределах РДУ на торфяно-болотных почвах, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  / И. М. Богдевич [и др.] // Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, Ин-т радиологии, Междунар. ин-т калия; под ред. И. М. Богдевича. – Минск, 2005. – 44 с.
14. К вопросу о диагностике деградированных остаточных оглеенных / Г. С. Цытрон [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 6. – С. 33–36.
15. Семененко, Н. Н. Торфяно-болотные почвы Полесья: трансформация и пути эффективного использования / Н. Н. Семененко. – Минск: Бел. наука, 2015. – 282 с.
16. Цытрон, Г. С. Проблемы органогенных почв Беларуси / Г. С. Цытрон, Т. Н. Азаренок, С. В. Шульгина // Белорусское сельское хозяйство. – 2015. – № 6. – С. 88–89.
17. Смян, Н. И. Методические указания по диагностике и классификации почв, образовавшихся после сработки торфа (для целей крупномасштабного картографирования) / Н. И. Смян, Г. С. Цытрон, А. Ф. Черныш // БелНИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 1991. – 8 с.
18. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь. – Минск, 2016. – 57 с.
19. Инструкции о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель / В. В. Лапа [и др.] // Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2008. – 30 с.
20. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
21. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.] // Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.

## РЕЗЮМЕ

В статье рассматривается агрономическая и экономическая эффективность известковых мелиорантов (доломитовая мука, дефекация, фосфогипс) в действии и последствии. Показано влияние известковых мелиорантов (2011–2016 гг.) на продуктивность севооборотов, приведены ежегодные производственные затраты, показатели чистого дохода и рентабельности при возделывании сельскохозяйственных культур на деградированных торфяных почвах.

## SUMMARY

Agronomic and economic efficiency of lime means (dolomite meal, defecation mud, phosphorus gypsum) in action and aftereffect are given in this article. The effect of lime means (2011–2016) on crop rotation productivity, annual production expenses, net income and profit in agricultural crops cultivation on degraded peat soils is shown.

*Поступила 23.05. 2017*