

УДК 631.41:631.452

*И.М. БОГДЕВИЧ*

## АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ УЛУЧШЕНИЮ

*Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси*

*(Поступила в редакцию 17.05.2005)*

**Введение.** Низкий естественный уровень плодородия и неравномерные темпы окультуривания их по полям и хозяйствам предопределили необходимость долговременного управления процессами повышения плодородия сельскохозяйственных земель. Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, продукции хорошего качества, обеспечения экологической безопасности окружающей среды необходимо поддержание оптимального содержания макро- и микроэлементов в почве, что можно обеспечить дозированным внесением всех видов удобрений. Высокоплодородные почвы лучше противостоят механическим и техногенным нагрузкам, снижают негативное действие токсических веществ. Исследования, проведенные в Беларуси и других регионах Нечерноземной зоны, показали устойчивую количественную зависимость урожая сельскохозяйственных культур от агрохимических свойств почв [1, 2]. Наибольший практический интерес представляют показатели, систематически определяемые агрохимической службой на каждом поле, один раз в четыре года: степень кислотности (рН в КС1), содержание гумуса, обменного магния, подвижных форм фосфора, калия и микроэлементов [3].

Интенсификация земледелия может вызывать как повышение плодородия почв, так и их деградацию. Развитие процессов деградации земель, обусловленных уничтожением лесной и луговой растительности, эрозией, техногенным загрязнением и истощением пахотных почв, является опасным проявлением угрозы глобального экологического кризиса. По данным ООН, около 40% пахотных почв мира в разной степени деградировано и ежегодно площадь таких земель увеличивается на 15 млн га [4]. Усиление угрозы глобальной деградации земель также связывают с изменениями климата и расширением территорий, подверженных засухам земель [5]. Большинство деградированных земель принадлежит развивающимся странам, где почвозащитные и почвоулучшающие мероприятия затруднены нехваткой финансовых средств и нестабильностью экономики. В результате деградации плодородия почв за последние 50 лет в мире потеряно 13% продукции на пашне и 4% на луговых угодьях [6]. В то же время в Западной Европе и Северной Америке, наоборот, плодородие пахотных почв было улучшено за счет инвестиций в земледелие. За период 1960—1990 гг. здесь было выведено из пашни 39 млн га малопродуктивных земель для использования в качестве лесных и луговых угодий. Указанные меры позволили повысить конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции и улучшить экологическую ситуацию [6]. Эта контрастная обстановка вызвала необходимость разработки согласованных действий различных государств, ученых, практиков и широкой общественности в борьбе с опустыниванием и деградацией земель. Первым результатом стала принятая в 1994 г. и открытая для подписания всеми странами Конвенция ООН [7]. Республика Беларусь присоединилась к Конвенции в 2001 г. и взяла международную ответственность за мониторинг состояния и меры борьбы с деградацией земель. Это обязывает научные учреждения земледельческого профиля отслеживать и предупреждать развитие негативных процессов, которые могут в конечном итоге привести к деградации земель.

**Кислотность почв, известкование.** Состояние агрохимических свойств почв наиболее объективно отражает характер ведения сельскохозяйственного производства. Научно обоснованное применение минеральных, органических и известковых удобрений, соблюдение всех звеньев технологий возделывания сельскохозяйственных культур являются основными факторами,

позволяющими целенаправленно осуществлять воспроизводство плодородия почв. Оптимизация степени кислотности почв является важным условием повышением урожайности сельскохозяйственных культур и обязательной предпосылкой эффективного применения минеральных удобрений.

В результате интенсивного известкования в республике уже в начале 90-х годов был достигнут близкий к оптимальному уровень реакции почвенной среды. Средневзвешенный показатель рН на пахотных землях составил 5,88, а количество средне- и сильнокислых почв с показателем рН менее 5,0 снизилось до 8,1 % (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Динамика кислотности пахотных почв Республики Беларусь

Область	1970	1989	1992	2000	2004
рН <sub>ксл</sub>					
Брестская	4,87	5,74	5,84	5,81	5,81
Витебская	5,05	5,90	5,93	6,08	6,15
Гомельская	4,95	5,77	5,84	5,93	5,90
Гродненская	5,03	5,87	5,91	6,01	5,96
Минская	4,66	5,73	5,89	6,01	5,98
Могилевская	4,80	5,83	5,89	5,99	6,05
Беларусь	4,93	5,81	5,88	5,98	5,98
% кислых почв (рН < 5,0)					
Брестская	63,3	11,5	7,3	6,5	5,6
Витебская	52,9	11,1	9,5	6,4	4,9
Гомельская	60,8	12,3	9,0	7,1	6,9
Гродненская	57,6	14,5	8,7	5,4	5,0
Минская	76,1	10,4	5,7	3,8	2,8
Могилевская	75,1	11,7	9,0	5,2	4,5
Беларусь	64,8	11,8	8,1	5,8	4,8

На улучшенных сенокосах и пастбищах эти показатели были немного ниже, средневзвешенный показатель рН — 5,78, а количество кислых почв — 10,2% (табл. 2). В течение последующих десяти лет, благодаря вниманию и своевременным решениям руководства страны, известкование почв было отнесено к числу важнейших приоритетов хозяйственно-экономической деятельности. Это позволило практически оптимизировать состояние почвенной кислотности. Средневзвешенное значение рН пахотных почв стабилизировалось на уровне 5,98, а луговых почв 5,85–5,90 в период 1997–2004 гг. Количество кислых почв уменьшено до незначительного уровня 5–6%. В настоящее время около 75% площади пахотных почв республики имеют благоприятную реакцию среды для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур.

Т а б л и ц а 2. Динамика кислотности почв улучшенных сенокосов и пастбищ

Область	1970	1989	1992	2000	2004
рН <sub>ксл</sub>					
Брестская	5,31	5,64	5,73	5,72	5,74
Витебская	5,35	5,87	6,00	6,04	6,09
Гомельская	5,25	5,70	5,70	5,78	5,79
Гродненская	5,73	5,99	5,99	6,03	6,01
Минская	5,04	5,57	5,72	5,84	5,88
Могилевская	5,03	5,65	5,70	5,81	5,92
Беларусь	5,13	5,71	5,78	5,85	5,90
% кислых почв (рН < 5,0)					
Брестская	36,8	12,6	8,1	7,5	5,9
Витебская	37,1	11,3	9,4	6,5	6,2
Гомельская	42,7	15,3	12,2	8,7	8,4
Гродненская	15,2	8,4	7,3	6,6	6,0
Минская	53,5	14,5	9,1	5,4	3,3
Могилевская	54,8	16,0	15,4	10,9	8,0
Беларусь	44,2	13,2	10,2	7,4	6,1

По данным агрохимического обследования в республике насчитывается 1700 тыс. га кислых почв, подлежащих известкованию. В известковании нуждается примерно каждый четвертый гектар сельскохозяйственных земель, так как внесение извести должно обеспечить бездефицитный баланс кальция и магния. Основная задача на предстоящий период — поддержание достигнутого уровня реакции почв сельскохозяйственного использования. Для этого необходимо компенсировать потери кальция и магния в результате выщелачивания из почв и выноса с отчуждаемой продукцией. На кислые земли необходимо ежегодно вносить по 1982 тыс. т  $\text{CaCO}_3$ , на площади 424,9 тыс. га (табл. 3). Это количество извести необходимо для поддержания оптимальной кислотности почв, эффективного использования удобрений, а также предотвращения загрязнения сельскохозяйственной продукции тяжелыми металлами и радионуклидами.

Т а б л и ц а 3. Ежегодные площади известкования и потребность в известковых удобрениях на период 2006—2009 гг.

Область	Площадь земель, тыс. га	$\text{CaCO}_3$ ,		Будет внесено, тыс. т ф.в.	
		доза, т/га	потребность, тыс. т	доломитовой муки	дефеката
Брестская	83,3	4,1	343	339	35
Витебская	79,3	5,3	424	445	—
Гомельская	67,4	4,3	292	307	—
Гродненская	49,2	4,7	233	219	40
Минская	74,0	4,7	347	337	45
Могилевская	71,7	4,8	343	360	—
Беларусь	424,9	4,7	1982	2007	120

Вместе с тем очень важно избежать и переизвесткования почв. Первостепенным является вопрос повышения качества известкования, поскольку технические средства для внесения извести, находящиеся на балансе районных отделений “Агросервис”, физически изношены и конструктивно давно устарели. Качество проведения работ по поддерживающему известкованию почв должно быть также и в центре внимания специалистов областных проектно-исследовательских станций по химизации сельского хозяйства.

Назрела необходимость введения специализированных севооборотов в сырьевых зонах льнозаводов с насыщением их до оптимального предела льном, люпином и картофелем, наиболее ценных культур, требующих для своего развития и высокого качества товарной продукции дерново-подзолистых почв со слабокислым диапазоном реакции почв рН 5,0—6,0. Лен-долгунец относится к наиболее чувствительным кальциефобам. Избыток кальция и высокие значения рН вызывают физиологическое угнетение растений льна и снижают устойчивость к различным заболеваниям (кальциевый, цинковый, железистый хлорозы). Это в конечном итоге приводит к низкой урожайности и ухудшению качества продукции. Важнейшим условием повышения урожайности льна и улучшения его качества, несомненно, является создание льянных (или кальциефобных) севооборотов, где возможно возделывание таких культур, как люпин, картофель, овес, озимая рожь, клевер и клеверозлаковые травосмеси. В таких севооборотах известкование должно проводиться на суглинках при рН <5,5 (на супесчаных почвах — 5,2 и ниже), что и предусмотрено ныне действующей инструкцией. Особое внимание необходимо уделять соблюдению дозы и равномерности внесения извести по площади поля.

Таким образом, состояние кислотности почв сельскохозяйственных угодий в настоящее время поддерживается на уровне, оптимальном для возделывания большинства сельскохозяйственных культур. Однако снижение объемов работ по известкованию кислых почв, наблюдаемое в предыдущие годы, может привести к ситуации, когда темпы подкисления почв превысят темпы нейтрализации почвенной кислотности, что скажется на снижении эффективности минеральных удобрений и продуктивности земель.

**Обеспеченность фосфором.** Содержание подвижных форм фосфатов является одним из основных признаков окультуренности дерново-подзолистых почв, тесно связанных с величиной урожая и качеством продукции. Фосфор и калий в почве определяется по методу Кирсанова в вытяжке 0,2М  $\text{HCl}$  —ГОСТ 26207-84 [3]. По данным многолетних полевых опытов Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси увеличение содержания фосфора в почве сопровождается достоверным приростом продуктивности севооборота вплоть до 250 мг/кг на

супесчаных и 300 мг/кг на суглинистых почвах. Соответственно на каждые 10 мг  $P_2O_5$  на кг почвы продуктивность севооборота повышается на 66 и 79 к. ед. Прирост урожая постепенно затухает по мере повышения содержания фосфора в почве до оптимального уровня.

В 1986–1990 гг. на пашне ежегодно вносили 65 кг/га д.в. фосфорных удобрений, кроме того, 26 кг  $P_2O_5$  на гектар вносилось с органическими удобрениями. В сумме это обеспечивало положительный баланс фосфора и накопление его в почвах. В дальнейшем объемы применения фосфорных удобрений значительно уменьшились. В 1994–1996 гг. дозы фосфорных удобрений в среднем по республике уменьшились до 12–15 кг д.в., что в 4–5 раз меньше по сравнению с 1990 г. Уровень применения фосфорных удобрений стал повышаться с 1997 г., и в 2004 г. составил 22 кг/га д.в. Однако и такие дозы фосфорных удобрений являются недостаточными для существенного повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий и оптимизации содержания подвижных форм фосфора в почвах. Сегодня средневзвешенное содержание подвижного фосфора в пахотных почвах составляет 177 мг/кг, а по отношению к 1992 г. оно снизилось на 11 мг/кг (табл. 4). Уменьшение запасов подвижного фосфора по отношению к предыдущему туру агрохимического обследования почв произошло в 80 районах Беларуси.

Т а б л и ц а 4. Динамика содержания подвижного фосфора в пахотных почвах

Область	1970	1989	1992	2000	2004
$P_2O_5$ , мг/кг					
Брестская	69	154	172	159	147
Витебская	81	171	191	176	175
Гомельская	66	193	215	216	209
Гродненская	96	189	193	190	181
Минская	77	162	181	176	171
Могилевская	71	175	182	189	186
Беларусь	77	173	188	183	177
% слабо обеспеченных почв (<100 мг/кг)					
Брестская	89,4	33,8	24,6	28,0	33,5
Витебская	80,1	30,7	24,3	27,1	25,8
Гомельская	85,6	22,9	14,6	16,2	18,0
Гродненская	69,5	18,8	14,9	17,3	19,7
Минская	82,6	22,8	22,7	21,8	23,1
Могилевская	84,2	29,8	22,5	19,5	16,5
Беларусь	80,9	27,7	20,9	21,8	22,8

Что касается улучшенных сенокосов и пастбищ, то применение фосфорных удобрений здесь остается очень низким. Если в 1986–1990 гг. на луговых угодьях применялось 24 кг/га д.в. фосфора, то в последние годы 1–2 кг/га. Вследствие этого средневзвешенное содержание подвижного фосфора в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ по республике уменьшилось со 115 в 1992 г. до 109 мг/кг в 2004 г. (табл. 5).

Т а б л и ц а 5. Динамика содержания подвижного фосфора в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ

Область	1970	1989	1992	2000	2004
$P_2O_5$ , мг/кг					
Брестская	58	101	110	95	91
Витебская	65	130	150	142	142
Гомельская	52	120	132	125	121
Гродненская	48	111	106	98	92
Минская	47	94	99	96	95
Могилевская	38	104	109	109	118
Беларусь	48	108	115	109	109

Снижение содержания подвижного фосфора отмечено в почвах луговых угодий в 62 районах. При нынешних ресурсах применяемых удобрений ожидать какого-то повышения запасов фосфора в луговых почвах не приходится, ибо в условиях дефицита имеющиеся ресурсы фос-

форных удобрений будут направлены преимущественно под сельскохозяйственные культуры на пашне. В то же время истощение запасов фосфора в почве приводит к ускоренному вырожждению травостоев, снижению кормовых достоинств многолетних трав и снижению эффективности вносимых азотных и калийных удобрений. Очевидно, что увеличение количества вносимых фосфорных удобрений на пахотных и луговых землях является важной задачей.

**Обеспеченность почв калием.** Повышение содержания подвижных форм калия также сопряжено с увеличением продуктивности севооборотов до уровня 170—250 мг  $K_2O$  на кг супесчаных и 200—300 мг/кг суглинистых почв. Прирост продуктивности на каждые 10 мг/га  $K_2O$  в почве составляет 66—81 к. ед/га на суглинистых и супесчаных, подстилаемых мореной почвах.

Пахотные почвы республики характеризуются средней и повышенной обеспеченностью подвижным калием. Некоторое снижение объемов внесения калийных удобрений в 1994—1996 гг. сопровождалось уменьшением содержания калия в почвах в большинстве областей Беларуси. Однако в дальнейшем внесение калийных удобрений было увеличено в соответствии с потребностями сельскохозяйственных культур, и к 2004 г. средневзвешенное содержание подвижного калия в пахотных почвах республики повысилось до уровня 188 мг/кг (табл. 6). За десятилетний период не отмечено значительных изменений удельного веса пахотных почв, слабо обеспеченных калием (1—2-я группа, <140 мг/кг  $K_2O$ ). В 1992 г. такие почвы занимали 36,3 %, а в настоящее время — 37,0 % пашни.

Т а б л и ц а 6. Динамика содержания подвижного калия в пахотных почвах

Область	1970	1989	1992	2000	2004
$K_2O$ , мг/кг					
Брестская	67	164	179	168	179
Витебская	75	162	168	161	178
Гомельская	59	172	176	173	192
Гродненская	69	177	188	170	174
Минская	70	183	198	200	210
Могилевская	60	173	180	171	189
Беларусь	67	172	182	175	188
% слабо обеспеченных почв (<140 мг/кг)					
Брестская	72,1	43,0	36,8	39,6	37,5
Витебская	62,1	47,9	45,6	48,4	41,1
Гомельская	80,9	42,1	37,4	44,1	37,1
Гродненская	66,4	35,5	30,5	39,7	36,6
Минская	68,9	35,6	29,7	31,8	28,3
Могилевская	78,6	40,7	37,9	43,7	34,3
Беларусь	70,7	40,8	36,3	40,9	37,0

На улучшенных сенокосах и пастбищах средневзвешенное содержание калия в почве в течение последних десяти лет изменялось незначительно (табл. 7). Тенденция изменения уровня применения калийных удобрений на улучшенных сенокосах и пастбищах такая же, как и на пашне. Более низкие дозы калийных удобрений применялись в 1994—1995 гг., соответственно 28 и 35 кг/га д.в. Начиная с 1998 г., среднегодовые дозы калия повысились до 39—55 кг/га.

Т а б л и ц а 7. Динамика содержания подвижного калия в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ

Область	1970	1989	1992	2000	2004
$K_2O$ , мг/кг					
Брестская	68	111	125	115	123
Витебская	83	125	130	130	150
Гомельская	68	111	112	110	126
Гродненская	63	86	96	85	87
Минская	71	102	113	112	118
Могилевская	58	101	109	91	113
Беларусь	66	106	114	109	122

Однако недостаточное и несбалансированное минеральное питание многолетних трав при остром дефиците фосфора является одним из важных лимитирующих факторов получения высокой продуктивности и сохранения хорошего качества травостоя, а также и достижения оптимального уровня содержания калия в почвах. Содержание подвижного калия в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ за последние 4 года уменьшилось в 30 районах Беларуси. Наименьшее содержание калия в почвах лугов отмечено в Гродненской области (87 мг/кг), что говорит о недооценке роли калийного питания растений специалистами.

Таким образом, содержание подвижного калия в почвах пахотных и лугопастбищных угодий в настоящее время поддерживается на уровне 188 и 122 мг/кг соответственно. Однако применяемые дозы калийных удобрений, особенно на сенокосах и пастбищах, еще недостаточны и несбалансированны по азоту и фосфору для получения высокой продуктивности и оптимизации калийного режима почв.

**Обеспеченность почв гумусом.** Получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур на преобладающих дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава, обладающих низким потенциальным плодородием, тесно связано с содержанием органических веществ. Последние три десятилетия на пахотных почвах поддерживался положительный баланс гумуса. Это достигали за счет большого выхода навоза на торфяной подстилке и расширения доли многолетних трав до 24% от общей площади посева. В результате средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах республики было повышено с 1,77% (1970 г.) до 2,27% (1997 г.). Потребовалось тридцать лет упорного труда и больших капиталовложений, чтобы повысить содержание гумуса в почве в среднем на 0,5 %, или на 18 т/га. В настоящее время средневзвешенное содержание гумуса начинает снижаться. В 2004 г. этот важнейший показатель плодородия дерново-подзолистых пахотных почв снизился до уровня 2,25%. Существенное снижение запасов гумуса в пахотных почвах наблюдается теперь в каждом втором хозяйстве республики и становится серьезной угрозой потери их плодородия, а также последующего снижения продуктивности полей. Только за последние четыре года средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах Брестской и Гомельской областей снизилось на 0,14% и 0,09% соответственно (табл. 8).

Т а б л и ц а 8. Динамика содержания гумуса в пахотных почвах Беларуси

Область	1980	1989	1992	2000	2004
Гумус, %					
Брестская	2,08	2,47	2,50	2,54	2,40
Витебская	2,12	2,19	2,23	2,33	2,40
Гомельская	1,89	2,21	2,47	2,38	2,29
Гродненская	1,82	1,92	1,93	2,00	1,96
Минская	2,06	2,34	2,40	2,41	2,40
Могилевская	1,62	1,99	2,06	2,00	2,06
Беларусь	1,93	2,18	2,25	2,27	2,25
% слабо обеспеченных почв (< 1,5%)					
Брестская	24,4	6,8	4,9	4,2	9,5
Витебская	16,2	13,0	8,3	6,0	4,1
Гомельская	30,3	11,2	5,0	6,1	6,9
Гродненская	32,8	24,4	23,5	19,6	21,5
Минская	17,6	5,8	5,2	4,3	3,9
Могилевская	46,5	18,9	15,1	16,4	11,1
Беларусь	27,4	13,4	10,5	9,4	9,4

Основным источником пополнения запасов гумуса в почвах являются органические удобрения, пожнивные и корневые остатки сельскохозяйственных культур. В Беларуси традиционно была высока роль органических удобрений, поскольку они являются незаменимым и повсеместно доступным источником пополнения запасов гумуса и элементов питания в почве. В связи с уменьшением поголовья скота и сокращением использования торфа, внесение органических удобрений на пахотных землях Беларуси в последние годы сократилось до уровня 6,2–6,3 т/га. Произошли также изменения и в структуре посевных площадей, связанные с интенсификацией сельскохозяйственного производства. Существенно расширились посевы

пропашных культур, особенно кукурузы. Одновременно сократились посеы многолетних трав, главного гумусообразующего и почвозащитного фактора современного земледелия. Если в 1995 г. в среднем по Беларуси на один гектар пропашных культур приходилось 2,8 га многолетних трав, то в настоящее время это соотношение снизилось вдвое — до 1,4 (табл. 9).

В нынешний период восстановление плодородия почв должно преимущественно базироваться на принципах самоокупаемости почвоулучшающих мер при ограниченных государственных капиталовложениях в наиболее важные меры, имеющие социально-экономическое и природоохранное значение [8]. Поэтому ведущую роль в достижении бездефицитного баланса гумуса в почвах республики следует отвести совершенствованию структуры посевов. Это подтверждает и практика земледелия последних лет.

Т а б л и ц а 9. Структура посевов на пашне в 2004 г.

Область	Структура посевов, %			Соотношение многолетних трав/пропашные
	зерновые	многолетние травы	пропашные	
Брестская	47,7	15,4	20,0	0,77
Витебская	45,4	26,5	7,7	3,47
Гомельская	45,3	19,3	17,3	1,12
Гродненская	48,8	20,3	16,3	1,25
Минская	50,1	18,7	14,5	1,29
Могилевская	43,8	26,5	13,7	1,93
Беларусь	47,2	20,9	14,9	1,40

В Витебской и Могилевской областях используется почвозащитная структура посевов (на 1 га пропашных приходится соответственно 3,47 и 1,93 га многолетних трав). Здесь бездефицитный баланс гумуса поддерживается даже при низких ежегодных дозах навоза 3,3—3,5 т/га пашни. А в Брестской области, при интенсивной структуре посевов, угрожающие темпы минерализации органических веществ и отрицательный баланс гумуса наблюдаются даже при ежегодном внесении 6,8 т/га навоза.

Процессы дегумификации особенно опасны на землях, подверженных водной и ветровой эрозии. Установлено, что 2,3 млн га, или около 45% общей площади пахотных земель, в Беларуси являются эрозийноопасными, из которых уже подвержены эрозии около 10%. Разработанные в Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси приемы защиты почв от эрозии предусматривают формирование почвозащитных севооборотов и соответствующей структуры посевных площадей, дифференциацию механической обработки почвы и применения удобрений [9]. Вследствие длительного использования не луговых, а интенсивных полевых севооборотов идет ускоренная минерализация торфа и снижение плодородия торфяных почв. За 35-летний период деградировало 190 тыс. га торфяных почв.

В условиях интенсивного земледелия роль органических удобрений в накоплении гумуса и повышении плодородия почв существенно возрастает. Потребность в органических удобрениях для обеспечения бездефицитного баланса гумуса определяется количеством органического вещества почвы, минерализованного при возделывании сельскохозяйственных культур. Темпы минерализации гумуса в почвах зависят от технологии возделывания сельскохозяйственных культур и способов обработки почв, структуры посевных площадей и урожайности сельскохозяйственных культур. При сложившейся структуре посевных площадей на пахотных землях минерализуется в среднем 1,0—1,2 т/га гумуса в год. За счет растительных остатков образуется от 400 до 700 кг/га гумуса. В среднем на связных почвах восстанавливается около 50%, на легких почвах — около 40% потерь гумуса. Остальное количество минерализованного гумуса должно быть восстановлено за счет внесения органических удобрений.

Для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах минимальная потребность в органических удобрениях составляет 9,4 т/га, или 43 млн т при нынешней средней республиканской структуре посевных площадей. Фактическое внесение органических удобрений в 2004 г. снизилось до 27,5 млн т. Значительная часть накапливаемого на фермах навоза на поля не вывозится, а при дефиците навозохранилищ и длительном хранении только загрязняет почву и водные источники. В общественном секторе (с учетом поголовья скота, выхода экскрементов, возможности использования 2,8 млн т соломы) реальный выход навоза оценивается в 37,5 млн т, что не обеспечивает потребности интенсивного земледелия (табл. 10).

Т а б л и ц а 10. Потребность и возможное внесение органических удобрений

Область	Потребность для бездефицитного баланса		Фактически внесено в 2004 г.		Возможное накопление навоза, млн т	Возможное привлечение из подворий, млн т	Всего	
	млн т	т/га	млн т	т/га			млн т	т/га
Брестская	8,3	11,8	4,8	6,8	6,7	0,4	7,1	10,0
Витебская	5,3	7,6	2,3	3,3	5,8	0,3	6,1	8,8
Гомельская	8,2	12,3	3,9	5,9	5,4	0,3	5,7	8,6
Гродненская	7,2	10,6	7,3	11,0	7,3	0,3	7,6	11,4
Минская	8,4	8,0	6,8	6,5	8,7	0,3	9,0	8,6
Могилевская	5,6	7,8	2,4	3,5	4,7	0,2	4,9	7,1
Беларусь	43,0	9,4	27,5	6,2	37,5	1,8	39,3	9,0

Эффективным энергосберегающим способом использования соломы в качестве органического удобрения является запашка ее с жидким навозом или азотными удобрениями. Измельчение соломы нужно проводить во время уборки зерновых культур навесными приставками к комбайнам. К сожалению, в настоящее время измельчителями соломы в республике оборудовано только 178 комбайнов ДОН-1500 и CASE. Сразу после измельчения соломы нужно внести жидкий навоз (30 т/га) и заделать его дисковыми боронами или запахать. Для широкого внедрения данной технологии в сельскохозяйственное производство нужно приобрести новые зерноуборочные комбайны, оборудованные измельчителями соломы.

Дополнительным источником увеличения объемов внесения органических удобрений на 1,8 млн т в год может быть привлечение их из сельских подворий. Для этого нужно повсеместно участки, выделяемые населению для возделывания картофеля, выносить в поля севооборотов. Это позволит ускорить достижение бездефицитного баланса гумуса, а также уменьшить заражение почв вирусной инфекцией, нематодой и др., что происходит при возделывании картофеля на постоянных приусадебных участках.

Целесообразно также увеличить заготовки торфа на удобрение с нынешних 0,2 млн т, как минимум, до 1,0 млн т. Несмотря на высокую стоимость заготовки и транспортировки торфа, в среднем в эквиваленте 5 долларов США за 1 т, применение его в качестве удобрения может быть экономически оправданно. Для этого торф следует использовать в небольших дозах из расчета 200–300 кг/т полужидкого навоза для приготовления нужной консистенции торфяного навоза или компоста, которые можно внести навозоразбрасывателями. Машин для внесения полужидкого навоза сейчас нет, поэтому значительная часть азота и других ценных элементов питания растений теряется, загрязняя окружающую среду. Эта проблема требует решения, поскольку в структуре органических удобрений около 40% занимает полужидкий и жидкий навоз. Для внесения жидкого навоза используются машины МЖТ-6. Для полной утилизации полужидкого навоза в целом по республике ежегодно необходимо использовать 2,8 млн т торфа.

Высокая себестоимость добычи сапропелей, включая расходы на транспортировку и внесение (в среднем 9,42 долл/т), многократно превышает стоимость возможной прибавки урожая за трехлетний срок действия этих удобрений, что исключает возможность их применения в качестве удобрений в обозримый период.

Главным для поддержания бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах является расширение посевов и повышение урожайности многолетних бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей. Чем больше в структуре посевных площадей доля многолетних трав, тем меньше баланс гумуса в почве будет зависеть от доз органических удобрений. Особенно эффективны с позиции гумусонакопления посевы клеверов одного года пользования на связных почвах и клеверозлаковых травосмесей двухлетнего пользования на легких почвах. Обобщение и анализ результатов многолетних стационарных опытов показали, что минеральные удобрения, вносимые в оптимальных дозах, существенно увеличивают массу пожнивных и корневых остатков и способствуют повышению содержания гумуса в почве. По нашим оценкам, на пашне Беларуси за счет минеральных удобрений формируется около 20% запасов вновь образующегося гумуса.

В хозяйствах, где преобладают легкие почвы и выход навоза снизился до уровня менее 8 т/га пашни, необходимо использовать энергосберегающую структуру посевов из расчета не менее двух гектаров многолетних трав на каждый гектар пропашных культур. В результате будет и экономия азотных удобрений. Гектар хорошего клевера накапливает в пожнивных

и корневых остатках около 150 кг азота, из которых примерно 50 кг достается последующей культуре. Необходимо также иметь в структуре посевных площадей не менее 10 % пожнивных и поукосных культур, запашка растительных остатков которых позволит дополнительно иметь до 1,5 млн т органического вещества в целом по Беларуси. Указанный комплекс мер позволит выйти на стабильный бездефицитный или положительный баланс гумуса в пахотных почвах и обеспечить основу расширенного воспроизводства плодородия почв.

Почвы сенокосов и пастбищ содержат больше гумуса, чем пахотные почвы. В последние годы, однако, и в луговых почвах, особенно в Гомельской и Могилевской областях, наблюдается заметное снижение содержания гумуса (табл. 11).

Т а б л и ц а 11. Содержание гумуса в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ

Область	1989	1992	2000	2004
Гумус, %				
Брестская	2,82	2,89	2,96	2,92
Витебская	2,43	2,45	2,54	2,48
Гомельская	2,60	2,80	2,77	2,71
Гродненская	2,37	2,70	2,76	2,74
Минская	2,75	2,74	2,76	2,75
Могилевская	2,45	2,56	2,56	2,43
Беларусь	2,60	2,71	2,75	2,67

Процессы дегумификации луговых почв, по-видимому, связаны с вырождением злаково-разнотравных травостоев и недостаточным применением минеральных удобрений. Систематическое обновление дернины (перезалужение) сенокосов и пастбищ в комплексе с органическими и минеральными удобрениями позволит поддерживать бездефицитный баланс гумуса и постепенно повышать плодородие луговых почв.

**Обеспеченность почв микроэлементами.** Известно, что фоновое содержание ряда микроэлементов в почвах Беларуси не соответствует потребности для нормального роста и развития растений, здоровья человека и животных. Начиная с 1986 г., в республике ведется крупномасштабное обследование почв сельскохозяйственных угодий на содержание микроэлементов бора, меди и цинка.

Для этих микроэлементов установлены градации содержания в почве, которые разделяются на четыре группы: низкое, среднее, высокое и избыточное содержание. Установленные оптимальные параметры соответствуют в основном II группе обеспеченности почв, где необходимо компенсирующее вынос внесение микроудобрений в виде некорневых подкормок, обработки семян и поступающих микроэлементов с органическими удобрениями. На почвах III группы обеспеченности внесение микроудобрений не требуется, за исключением обработки семян микроэлементами или некорневых подкормок в минимальных дозах для повышения качества продукции. Специально выделена IV группа избыточного содержания микроэлементов, где исключается применение соответствующих микроудобрений. Соблюдение этих экологических ограничений особенно важно в зоне радиоактивного загрязнения почв.

Анализ результатов трех последних туров обследования показал сравнительно небольшое изменение во времени запасов подвижных форм бора меди и цинка в почвах Беларуси. Среднее содержание бора на пашне составляет 0,60 мг/кг, на сенокосах и пастбищах — 0,82 мг/кг почвы, что близко к оптимальному. Однако доля почв I и II групп обеспеченности существенно различается по областям: от 40,0% в Минской до 95,2% в Брестской области (табл. 12). Еще больше различия по районам, хозяйствам и отдельным полям. Доля почв IV группы обеспеченности, где нельзя применять борсодержащие удобрения, также различается: от 0,2 % в Брестской области до 17,9% в Минской области. Несомненно, что безопасное и эффективное применение микроудобрений возможно лишь с учетом содержания соответствующих микроэлементов в почвах.

Средневзвешенное содержание меди в пахотных почвах составляет 1,90 мг/кг, а доля I и II групп с содержанием менее 3,0 мг/кг соответственно колеблется по областям в пределах 83,5–96,3 %. Пахотные почвы сравнительно хорошо обеспечены цинком, средневзвешенное содержание колеблется по областям от 2,71 до 4,92 мг/кг. Необходимо иметь в виду,

Т а б л и ц а 12. Содержание микроэлементов в пахотных почвах, 2004 г.

Область	Бор		Медь		Цинк	
	мг/кг почвы	% почв I и II групп обеспеченности	мг/кг почвы	% почв I и II групп обеспеченности	мг/кг почвы	% почв I и II групп обеспеченности
Брестская	0,49	95,2	2,20	83,5	3,64	86,2
Витебская	0,60	82,9	2,13	88,1	2,71	96,3
Гомельская	0,55	85,8	1,80	91,7	2,88	92,5
Гродненская	0,69	60,1	1,63	96,3	2,80	94,1
Минская	0,84	40,0	1,76	93,3	3,26	89,3
Могилевская	0,61	76,2	1,78	95,7	4,92	68,9
Беларусь	0,60	77,9	1,90	91,2	3,37	87,8

что медь и цинк относятся к группе тяжелых металлов, поэтому повышение их содержания в почвах должно быть весьма умеренным, не превышающим соответственно уровни 5 и 10 мг/кг почвы, поэтому дозировки микроудобрений и равномерность их внесения по площади поля имеют первостепенное значение.

Почвы сенокосов и пастбищ характеризуются преимущественно низким и средним уровнем содержания микроэлементов. Содержание молибдена в почвах Беларуси повсеместно низкое, в пределах 0,03—0,10 мг/кг. Вышеприведенные данные подтверждают необходимость дифференцированной системы применения каждого вида микроудобрения. Цель этой системы — устранение дисбаланса макро- и микроэлементов в почве и растениях и предотвращение загрязнения почв, растений и водных источников вследствие избыточного или неравномерного внесения микроудобрений. Сельскохозяйственные культуры нуждаются в очень небольших дозах микроэлементов, поэтому наиболее эффективным, ресурсосберегающим и экологически приемлемым способом их внесения являются некорневые подкормки в период вегетации растений. В течение 2006 г. и нескольких последующих лет планируется использование сравнительно хорошо изученных пяти микроэлементов — бора, меди, цинка, марганца и молибдена.

**Минеральные удобрения.** Применение минеральных и органических удобрений в условиях преобладающих в республике дерново-подзолистых почв является одним из наиболее мощных факторов, влияющих как на состояние плодородия почв, так и на их продуктивность. Расширенное воспроизводство плодородия почв невозможно без систематического применения минеральных удобрений. Оптимальные объемы применения минеральных удобрений в сельскохозяйственном производстве республики использовались практически только в течение одной пятилетки — в 1986—1990 гг. Тогда на 1 га пашни вносилось 259 кг/га минеральных удобрений, в том числе азотных — 88, фосфорных — 66, калийных — 105 кг/га д.в. В течение последующих пятилеток применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве постепенно снижалось. В 1991—1995 гг. оно составило 177 кг/га, в 1996—2000 гг. — 149, в 2001 г. — 138, в 2004 г. — 161 кг/га, в том числе 65 кг азота, 22 — фосфора, 74 кг калия.

В целом за анализируемый период наблюдалась четкая зависимость снижения или повышения продуктивности земель при соответствующем снижении и повышении уровня применения минеральных удобрений. Ожидается, что в рамках реализации Государственной программы возрождения и развития села на 2005—2010 гг., впервые в 2006 г. на пахотных землях будет внесено 218 кг/га суммы NPK минеральных удобрений в близком к оптимуму соотношении элементов минерального питания. Прогнозируемые дозы удобрений будут достаточными как для формирования высокого уровня урожайности полевых культур, так и для воспроизводства плодородия почв.

На улучшенных сенокосах и пастбищах наблюдалась еще более негативная динамика использования минеральных удобрений, где в 2004 г. на укосную площадь внесено только 48 кг/га д.в., в том числе 29 кг азота, 1 кг фосфора и 18 кг калия. Крайне несбалансированное и недостаточное минеральное питание сенокосов и пастбищ приводит к вырождению травостоев уже через 2—3 года после залужения и в итоге ведет к удорожанию зеленых кормов. В настоящее время луговое хозяйство без должного применения минеральных удобрений бесперспективно, так как не позволяет обеспечить конкурентоспособную продукцию животноводства.

Об экономической эффективности применения минеральных удобрений можно судить по данным анализа урожайности зерновых культур за 2004 г. Каждый кг суммы NPK удобрений обеспечил прибавку урожая от 5,4 кг в Гомельской до 8,0 кг зерна в Гродненской области.

Чистый доход составил 20,2 и 56,3 долл/га соответственно. В целом применение одной тонны НРК минеральных удобрений в Беларуси в 2004 г. сопровождалось получением прибыли в эквиваленте 177 долларов. Поэтому наращивание необходимого объема применения минеральных удобрений экономически целесообразно.

Система применения удобрений в Беларуси построена таким образом, чтобы компенсировать вынос элементов питания с урожаем и обеспечивать постепенное повышение запасов в почвах фосфора и калия до нижней границы оптимального диапазона. Для того чтобы обеспечить планируемый уровень продуктивности сельскохозяйственных культур и бездефицитный баланс фосфора и калия в почвах, потребность в минеральных удобрениях на 2006 г. составляет 1420 тыс. т д.в., (512 тыс. т азотных, 242 — фосфорных и 666 тыс. т калийных), а в перспективе — 1600 тыс. т д.в. (600 тыс. т азотных, 290 — фосфорных и 710 — калийных).

**Микроудобрения.** Одним из резервов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур является применение микроудобрений. Сегодня практически решена проблема удобрения микроэлементами посевов льна. В текущем году на Гомельском химическом заводе выпущены комплексные удобрения с добавками бора и цинка на всю площадь этой культуры. Решается вопрос о выпуске комплексного удобрения, сбалансированного по содержанию макро- и микроэлементов для сахарной свеклы. Выпуск и применение комплексных удобрений с микроэлементами обеспечивает сбалансированное питание растений на начальных стадиях развития, в дальнейшем обязательным элементом в технологиях формирования высокопродуктивных посевов таких культур, как озимые и яровые зерновые, зернобобовые, кукуруза, семенники многолетних бобовых и злаковых трав должны быть некорневые подкормки растений микроудобрениями.

Для озимых и яровых зерновых культур важнейшим из микроэлементов является медь и марганец, зернобобовых, рапса, сахарной свеклы — бор и марганец, льна — бор и цинк, кукурузы — цинк, многолетних бобовых трав на семена — бор и молибден. Потребность сельского хозяйства в микроудобрениях определена с учетом ожидаемого выпуска комплексных удобрений под лен-долгунец, сахарную свеклу и озимый рапс. Кроме этого, для получения высокой урожайности на почвах I и II групп обеспеченности микроэлементами и близкой к нейтральной реакции почвенной среды (рН более 6,0) рекомендуется внесение микроэлементов в виде некорневых подкормок посевов сельскохозяйственных культур. Применение некорневых подкормок может быть эффективным и на почвах III группы обеспеченности, при интенсивных технологиях возделывания культур, ориентированных на получение высокой урожайности и качественной продукции. По прогнозным расчетам, 40—50% посевов льна размещается на почвах с рН >6,0. Здесь для предупреждения поражения растений кальцием хлорозом кроме внесения комплексных минеральных удобрений с бором и цинком необходимо дополнительное внесение этих микроэлементов в виде некорневых подкормок. Для получения высокой урожайности сахарной свеклы и озимого рапса, также бывают необходимы дополнительные некорневые подкормки в период вегетации растений.

Общая среднегодовая потребность земледелия республики в микроудобрениях в расчете на действующее вещество на период 2006—2010 гг. составляет: бора — 481, марганца — 175, цинка — 111, меди — 128, молибдена — 2 т. Учитывая опасность передозировки микроудобрений, их следует применять только из расчета удовлетворения потребности растений, не ставя задачу накопления микроэлементов в почвах, так как накопление их в почвах до оптимального уровня должно идти постепенно, по мере окультуривания почв.

В настоящее время начаты комплексные исследования по потребности, экологии и технологии применения селена, йода и кобальта в составе удобрений. Масштабное практическое их применение станет возможным через 4—5 лет.

**Заключение.** За последние десять лет в целом продолжались процессы агрохимического улучшения свойств почв. Однако ускоренное окультуривание почв требует огромных материальных и трудовых затрат, поэтому в большинстве хозяйств окультуривание почв идет медленно. Основные массивы пахотных почв еще находятся в средне- и слабоокультуренном состоянии.

В результате целенаправленного систематического известкования кислых почв около 75 % площади сельскохозяйственных земель характеризуются благоприятной реакцией для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур. В ближайшей перспективе стоит задача поддержания реакции почв на достигнутом уровне. Годовая потребность в доломитовой муке на период 2006—2010 гг. с учетом производимого в стране дефеката, который также относится к известковым материалам, составляет 2007 млн т. Проблемными являются

вопросы реконструкции емкостей для хранения доломитовой муки по районам республики и обновления машин для ее внесения.

Оптимальное содержание подвижного калия в почве и положительный баланс калия достигнуты на большей части пашни, но луговые земли по-прежнему испытывают недостаток калийных удобрений.

Установлена устойчивая негативная тенденция снижения запасов подвижного фосфора в пахотных почвах 80 районов республики, что связано с внесением фосфорных удобрений в низких дозах, не компенсирующих вынос этого элемента с урожаем. За последние 10 лет среднее содержание подвижного фосфора в пахотных почвах уменьшилось на 11 мг/кг почвы, или на 6% от общего запаса. Формирование урожая луговых трав все эти годы идет за счет истощения запасов фосфора в почве.

Интенсивная структура посевов с большой долей пропашных культур и недостаточные объемы органических удобрений (27—30 млн т) не позволяют поддерживать бездефицитный баланс гумуса в пахотных почвах. За четырехлетний период между турами агрохимического обследования в половине хозяйств отмечено снижение содержания гумуса в почвах. Особенно сложное положение установлено в Брестской и Гомельской областях, где процессы дегумификации идут практически повсеместно, на каждом гектаре в среднем потеряно 5,0 и 3,2 т гумуса соответственно. Вследствие долговременного использования не луговых, а интенсивных полевых севооборотов идет ускоренная минерализация торфа и снижение плодородия торфяных почв. За 35-летний период деградировало 190 тыс. га торфяных почв.

Для сохранения и повышения плодородия почв Беларуси требуется обеспечить бездефицитный или положительный баланс гумуса и элементов минерального питания, выполнить следующие мероприятия:

1. Сохранить существующую систему известкования кислых почв в объеме 2,0 млн т доломитовой муки ежегодно (425 тыс. га).

2. Обеспечить применение минеральных удобрений на период 2006—2010 гг. в объемах 1420—1600 тыс. т д.в., в соотношении и ассортименте, предложенном Институтом почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, организовав ритмичную работу химических предприятий республики и поставки удобрений хозяйствам в течение всего года.

3. Провести комплексное совершенствование структуры посевов и организовать введение специализированных севооборотов на землях, подверженных водной и ветровой эрозии, на маломощных торфяных почвах и на минеральных почвах, где наблюдается угрожающий отрицательный баланс гумуса.

4. Обеспечить ежегодное накопление и внесение органических удобрений в объеме не менее 40 млн т. Для этого ежегодно использовать 3,2—3,6 млн т соломы, 2,8 млн т торфа, а также иметь в структуре посевных площадей не менее 10 % пожнивных и поукосных культур.

## Литература

1. Оптимальные параметры плодородия почв. М., 1984.
2. Кулаковская Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. М., 1990.
3. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных угодий Беларуси: Метод. указ. Мн., 2001.
4. Fisher G. et al. Climate Change and Agricultural Vulnerability. Laxenburg, Austria, 2002.
5. Rosezweig C., Parry M. L. Potential impacts of climate change on world supply. Nature. Vol. 367. 1994. 133—138.
6. Wood S. et al. Agroecosystems, 2000. World Resources Institute, USA, Library of Congress Catalog Card N. 00-110966.
7. United Nation Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or Desertification, particularly in Africa. Bonn, 1994.
8. Богдевич И. М., Смеян Н. И., Лапа В. В. // Ахова раслін. 2002. № 1. С. 8—11.
9. Яцухно В. М., Черныш А. Ф. Проблема деградации земель Беларуси. Мн., 2003.

*I.M.BOGDEVICH*

## AGROCHEMICAL INDEXES OF SOILS FERTILITY AND THEIR IMPROVEMENT

### Summary

Dynamics of main agrochemical properties of Belarus soils which indicate the yield and quality of agricultural production has been shown for last 3 decades. The needed measures for soil fertility improvement and for maintenance of optimal soil property values have been discussed.