

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
МИНСЕЛЬХОЗПРОДА**

**АГРОХИМИЯ.
СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по выполнению курсовой работы студентами высших,
учащимися средних специальных учреждений
образования по специальностям 74 02 01 «Агрономия»,
74 02 04 «Плодоовощеводство», 74 02 03 «Защита растений
и карантин» и 74 02 05 «Агрохимия и почвоведение»

Минск 2006

УДК 631.8 (07)

ББК 40. 40 Я 7

А 26

Авторы: *Ф.Н.Леонов* заведующий кафедрой агрохимии, почвоведения и сельскохозяйственной экологии Учреждения образования «Гродненский государственный аграрный университет», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

В.Н.Емельянова, И.В.Шибанова, А.В.Линкевич, П.В.Бородин, В.В.Кислый, А.К.Золотарь, доценты кафедры агрохимии, почвоведения и сельскохозяйственной экологии Учреждения образования «Гродненский государственный аграрный университет», кандидаты сельскохозяйственных наук;

М.С.Брилев, старший преподаватель кафедры агрохимии, почвоведения и сельскохозяйственной экологии Учреждения образования «Гродненский государственный аграрный университет», кандидат сельскохозяйственных наук;

Г.А.Зезюлина, декан факультета защиты растений Учреждения образования «Гродненский государственный аграрный университет», кандидат биологических наук, доцент

Рецензенты: *В.В.Лапа*, заместитель директора НИРУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В.Т.Чепиков, заведующий кафедрой педагогики Учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», доктор педагогических наук, профессор;

Г.Ф.Тарасевич, заведующий сектором науки Главного управления образования, науки и кадров Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, кандидат сельскохозяйственных наук;

В.П.Валько, главный специалист Главного управления образования, науки и кадров Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, кандидат сельскохозяйственных наук;

В.Е.Овсяников, заместитель директора по производственному обучению Учреждения образования «Краснобелорусский государственный аграрный колледж»

© Учебно-методический центр Минсельхозпрода, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	4
1. Общие сведения о хозяйстве.....	5
2. Потребность и накопление органических удобрений в хозяйстве.....	11
2.1. Определение потребности в органических удобрениях..	11
2.2. Определение накопления органических удобрений.....	13
3. Общая потребность хозяйства в минеральных удобрениях..	18
4. Многолетний план известкования почв в севообороте.....	24
5. Система удобрения в севообороте.....	32
5.1. Удобрение сельскохозяйственных культур.....	32
5.2. Дозы удобрений.....	52
5.2.1. Определение доз органических удобрений.....	52
5.2.2. Определение доз минеральных удобрений.....	54
5.3. Применение микроудобрений.....	86
5.4. План размещения удобрений.....	93
5.5. Насыщенность севооборота удобрениями.....	100
5.6. Баланс гумуса.....	101
5.7. Баланс элементов питания.....	114
5.8. Эффективность применения удобрений.....	131
5.8.1. Агрономическая эффективность.....	131
5.8.2. Энергетическая эффективность.....	134
6. Техника безопасности при работе с удобрениями.....	144
7. Охрана окружающей среды.....	146
Литература.....	153

ВВЕДЕНИЕ

Применение удобрений – один из мощных факторов интенсификации земледелия. Во всех странах мира с высокоразвитым сельским хозяйством около половины прироста урожая получают благодаря рациональному научно обоснованному применению удобрений. Поэтому специалист сельского хозяйства должен хорошо знать основы проектирования системы удобрения в хозяйстве. В учебном процессе эти навыки приобретаются студентами при подготовке курсовой работы по системе удобрений, которая способствует закреплению и углублению знаний по агрохимии.

Выполнение курсовой работы предполагает использование различной научной и учебной литературы. Вместе с тем для рационального и целенаправленного выполнения работы студент должен располагать и методической литературой.

В методических рекомендациях содержатся рекомендации по проектированию системы удобрения в хозяйстве, основными элементами которой являются:

- определение потребности в органических удобрениях и разработка плана накопления и размещения;
- определение потребности в минеральных удобрениях;
- составление плана известкования кислых почв;
- разработка многолетнего плана применения удобрений (системы удобрения) в севообороте, а также в других угодьях, в котором отражены приемы, сроки и способы внесения, формы удобрения;
- определение баланса элементов питания и гумуса в севообороте;
- оценка агрономической и энергетической эффективности разрабатываемых систем удобрения.

Кроме того, в методические указания включены нормативные справочные материалы по вопросам проектирования системы удобрения, полученные на основе многочисленных исследований научных учреждений и опыта передовых хозяйств Республики Беларусь.

Курсовая работа выполняется в специально разработанном типовом бланке, материал излагается согласно настоящим методическим указаниям. Курсовая работа должна быть выполнена и оформлена грамотно и аккуратно. Правильно подготовленная работа рекомендуется к защите (до экзамена по агрохимии). Оценка за курсовую работу выставляется по результатам ее защиты.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХОЗЯЙСТВЕ

Для проектирования системы удобрения студенты используют необходимые сведения о хозяйстве, в котором проживают, или получают задание от преподавателя с указанием хозяйства и сведений о нем. Во втором случае часть данных о хозяйстве студенты используют из курсовой работы по земледелию:

- характеристика сельскохозяйственных угодий (табл. 1);
- распределение пахотных почв хозяйства по гранулометрическому составу (табл. 2);
- принятые в хозяйстве севообороты (табл. 3);
- структура поголовья животных (табл. 6);
- план посева и урожайность сельскохозяйственных культур (табл.7);

Сведения об агрохимических показателях почв севооборотов (табл. 4) , почв пашни хозяйства (табл. 5), а также характеристику известкового материала (табл. 8) студенты получают из задания к курсовой работы по системе удобрения. Данные по агрохимической характеристике почв в задании проставлены в виде групп кислотности, содержания гумуса и подвижных форм фосфора и калия. Для перевода этих данных в абсолютные величины необходимо пользоваться информацией, представленной в таблицах 9 и 10. При этом в интервале указанных групп необходимо выбрать одну величину.

Например, указана 2-ая группа кислотности дерново-подзолистой почвы, что соответствует интервалу 4,51-5,00, выбираем любое значение в этом интервале (например, 4,93) и записываем в таблицу 4.

Последовательность и методику проектирования системы удобрения в курсовой работе рассмотрим на примере одного их хозяйств Гродненской области, сведения о котором представлены в таблицах 1-8.

Таблица 1

Характеристика сельскохозяйственных угодий

Наименование угодий	Площадь, га
1. Пашня, всего	3220
в т.ч. в севооборотах	3220
2. Кукуруза вне севооборота	-
3. Люцерна вне севооборота	-
4. Сады и ягодники	60
5. Улучшенные кормовые угодья, всего	680
в т.ч. сенокосы	470
пастбища	210
6. Естественные кормовые угодья, всего	130
в т.ч. сенокосы	100
пастбища	30
Всего сельхозугодий	4090
Слабоэродированных почв пашни - 4 %	
Среднеэродированных почв пашни - 1 %	
Сильноэродированных почв пашни - 0,5 %	
Балл пашни - 38	
Балл сельхозугодий - 35	

Таблица 2

Распределение пахотных почв хозяйства по
гранулометрическому составу

Тип и разновидность почвы	Площадь, га
1. Дерново-подзолистые	2940
а) суглинистые	965
б) супесчаные, подстилаемые суглинком, мореной	1600
в) супесчаные, подстилаемые песком	375
г) песчаные	-
2. Торфяные	280

Таблица 3

Принятые в хозяйстве севообороты

№ по- ля	Размещение куль- тур в текущем году	Чередование культур	Пло- щадь поля, га	Урожайность, ц/га	
				факти- ческая	плани- руемая
<u>6</u> <u>польный</u> <u>полевой</u> севооборот					
1.	Озимая пшеница	Горох (зерно)	80	30	33
2.	Сахарная свекла	Оз. пшеница (зерно)	79	40	45
3.	Горох	Сахарная свекла (корн.)	80	350	380
4.	Клевер	Ячмень + клевер (зерно)	82	35	38
5.	Яровое тритикале	Клевер (сено)	80	70	80
6.	Ячмень + клевер	Яровое тритикале (зерно)	81	40	45
7.					
8.					
9.					
10.					

Балл 39

<u>6</u> <u>польный</u> <u>кормовой</u> севооборот					
1.	Оз.рожь (зерно)	Оз.рожь (з.м.) + мн. травы	46	190	200
2.	Оз.рожь (з.м.) + мн. травы	Мн.травы (злаково-бобовые) 1 г.п. сено	47	80	90
3.	Мн.травы (злаково-бобовые) 1 г.п.	Мн. травы (-"-) 2 г.п. сено	47	70	80
4.	Мн. травы (-"-) 2 г.п.	Мн. травы (-"-) 3 г.п. сено	46	65	70
5.	Мн. травы (-"-) 3 г.п.	Мн. травы (-"-) 4 г.п. сено	47	65	70
6.	Мн. травы (-"-) 4 г.п.	Оз.рожь (зерно)	47	35	38
7.					
8.					
9.					
10.					

Балл 37

Таблица 4

Почвы севооборотов и их агрохимические показатели

№ по- ля	Севооборот	Тип и раз- но- видность почвы	Гу- мус, %	Груп- па кис- лот- ности	рН _{KCl}	Содержание подвижных веществ, мг/кг почвы				
						P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	B
1.	Горох	дерново-подзолистая связ- ноупесчаная, подстилае- мая мореной	1,98	III	5,50	158	170	II	III	II
2.	Озимая пшеница		1,65	II	4,93	144	155	II	III	II
3.	Сахарная свекла		1,84	III	5,35	175	169	II	III	II
4.	Ячмень + клевер		2,00	IV	5,80	194	200	II	III	II
5.	Клевер		2,04	III	5,38	210	195	II	III	II
6.	Яровое трикале		1,88	III	5,48	155	172	II	III	II
7.										
Средневзвешенные показате- ли			1,90		5,41	173	177	II	III	II
1.	Оз.рожь + мн. травы	торфяная	-	II	4,45	330	310	II	III	II
2.	Мн. травы 1 г.п.		-	III	4,80	550	420	II	III	II
3.	Мн. травы 2 г.п.		-	III	4,58	490	470	II	III	II
4.	Мн. травы 3 г.п.		-	II	4,38	485	448	II	III	II
5.	Мн. травы 4 г.п.		-	III	4,60	580	500	II	III	II
6.	Оз. рожь		-	III	4,70	550	495	II	III	II
7.										
Средневзвешенные показате- ли			-	-	4,59	4,98	4,41	II	III	II

Примечание. Для микроэлементов указана группа обеспеченности почв.

Таблица 5

Средневзвешенные агрохимические показатели
пахотных почв хозяйства

Тип почвы	Гумус, %	рН _{KCl}	Содержание подвижных веществ, мг/кг				
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	B
Дерново-подзолистая	1,88	5,52	170	174	II	III	II

Таблица 6

Структура поголовья животных

Вид и группы скота	На 20__ год
Всего крупного рогатого скота	4100
том числе: взрослых	2200
молодняка	1900
Лошадей – всего	65
Свиней – всего	380
Овец – всего	-
Птицы – всего	-

Таблица 7

План посева и урожайность сельскохозяйственных культур

Культуры и угодья	Площадь посева		Урожайность, ц/га	
	га	% от площади пашни	фактическая	планируемая
1	2	3	4	5
1. Зерновые и зернобобовые	1965	61,0		
в т.ч. озимые зерновые	870	27,0		
из них пшеница	322	10,0	40	45
рожь	160	5,0	35	38
тритикале	388	12,0	42	46
яровые зерновые	837	26,0		
из них ячмень	480	14,9	35	38
тритикале	130	4,0	40	45
овес	127	3,9	33	35
гречиха	100	3,1	17	20
зернобобовые	258	8,0		
из них люпин	-	-		
вика	160	5,0	18	20
горох	98	3,0	30	33
2. Технические культуры	355	11,0		
в т.ч. лен	-	-		
сахарная свекла	195	6,1	350	380
рапс (зерно)	160	5,0	24	27
3. Картофель	160	5,0	200	230
4. Кормовые культуры	450	14,0		
в т.ч. корнеплоды	65	2,0	450	500
кукуруза (з.м.)	160	5,0	350	400
силосные (без кукурузы), з.м.	-	-		

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
однолетние травы, з. м.	128	4,0	190	200
многолетние травы, з. м.	97	3,0	300	340
5. Многолетние травы, сено	290	9,0	70	80
однолетние травы, сено	-	-		
6. Промежуточные культуры	322	10,0		
в т.ч. озимые на зеленый корм	-	-		
пожнивные	258	8,0	140	150
подсевные	-	-		
поукосные	64	2,0	160	180
7. Улучшенные кормовые угодья	680	-	-	-
в т.ч. сенокосы, сено	470	-	35	40
пастбища, зеленая масса	210	-	150	170

Таблица 8

Характеристика применяемого известкового материала

Известковый материал	Содержание, %		
	д.в. Са- СО ₃	влаги	недеятельных частиц (>1 мм)
Доломитовая мука	97	2,5	1,8

Таблица 9

Градация почв по степени кислотности (рН_{KCl})

Группа	Степень кислотности	Дерново- подзолистые	Торфяно- болотные
1	сильнокислые	< 4,50	< 4,00
2	среднекислые	4,51-5,00	4,01-4,50
3	кислые	5,01-5,50	4,51-5,00
4	слабокислые	5,51-6,00	5,01-5,50
5	близкие к нейтральной	6,01-6,50	5,51-6,00
6	нейтральные	6,51-7,00	6,01-6,50
7	слабощелочные	> 7,00	> 6,50

Таблица 10

Градация почв по содержанию гумуса, подвижных Р₂О₅ и К₂О

Группа	Содержание	Гумус, %		Р ₂ О ₅ , мг/кг		К ₂ О, мг/кг	
		дерн.-подз.	дерн.-подз.	торф.-бол.	дерн.-подз.	торф.-бол.	
1	очень низкое	< 1,00	< 60	< 200	< 80	< 300	
2	низкое	1,01-1,50	61-100	201-300	81-140	301-400	
3	среднее	1,51-2,00	101-150	301-500	141-200	401-700	
4	повышенное	2,01-2,50	151-250	501-800	201-300	701-1000	
5	высокое	2,51-3,00	251-400	801-1200	301-400	1001-1300	
6	избыточное	> 3,00	> 400	> 1200	> 400	> 1300	

2. ПОТРЕБНОСТЬ И НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ХОЗЯЙСТВЕ

2.1. Определение потребности в органических удобрениях

Минимальная потребность в органических удобрениях определяется количеством, необходимым для восполнения потерь органического вещества почвы в результате минерализации. Нормативы потребности в органических удобрениях для достижения бездефицитного баланса гумуса приводятся в таблице 11.

Таблица 11

Нормативы потребности в органических удобрениях для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах

Гранулометрический состав почвы	Требуется органических удобрений для бездефицитного баланса гумуса, т/га		
	% пропашных в структуре посевных площадей		
	10	20	30
Суглинистые	10,0	11,0	12,0
Супесчаные, подстилаемые моренным суглинком	12,0	12,5	13,0
Супесчаные, подстилаемые песками	13,0	14,0	15,0
Песчаные	15,0	16,0	18,0

Дополнительное количество органических удобрений для достижения положительного баланса гумуса рассчитывается по нормативам, приведенным в таблице 12.

Таблица 12

Нормативы дополнительной потребности в органических удобрениях (т/га) для достижения положительного баланса гумуса

Содержание гумуса, %	Гранулометрический состав почвы		
	суглинистые	супесчаные	песчаные
До 1,50	3,0	3,5	4,5
1,51 - 2,00	2,0	2,5	3,0
2,01 - 2,50	1,0	1,5	2,0
Более 2,50	0,5	0,8	1,0

Кроме этого рассчитывается потребность в органических удобрениях для сада, сенокосов и пастбищ.

Пример расчета. В хозяйстве пахотные земли, расположенные на дерново-подзолистых почвах, занимают 2940 га, в т.ч. на суглинках - 965 га, супесях, подстилаемых мореной - 1600 га, и супесях, подстилаемых песками - 375 га с содержанием гумуса 2,1%, 1,8% и 1,7% соответственно. Площадь улучшенных сенокосов и пастбищ составляет 680 га, все они расположены на минеральных почвах с содержанием гумуса менее 2,5%. Для расчета потребности в органических удобрениях надо знать удельный вес пропашных, многолетних трав и промежуточных культур в структуре посевных площадей (из табл. 7). В рассматриваемом хозяйстве они занимают соответственно 18%, 12% и 10%.

Умножая площадь той или иной разновидности почвы на рекомендуемый норматив насыщенности органическими удобрениями, получаем их потребность на всю площадь.

Потребность пахотных земель в органических удобрениях для бездефицитного и положительного баланса гумуса оформляется в виде таблицы 13.

Таблица 13

Расчет потребности в органических удобрениях
для пахотных почв

Тип и разновидность почвы	Площадь, га	Рекомендуемая насыщенность органическими удобрениями, т/га		Требуется на всю площадь, т	
		*	**	*	**
Дерново-подзолистые а) суглинистые	965	11,0	12,0	10615	11580
б) супесчаные, подстилаемые моренным суглинком	1600	12,5	15,0	20000	24000
в) супесчаные, подстилаемые песком	375	14,0	16,5	5250	6188
Итого:	2940			35865	41768

* - для бездефицитного баланса гумуса

** - для положительного баланса гумуса

Таким образом, общая потребность в органических удобрениях для бездефицитного баланса гумуса составит **35865 т**, для положительного баланса – **41768**. При этом насыщенность пашни в сред-

нем составит 12,2 т/га для бездефицитного баланса (35865 т : 2940 га = 12,2 т/га) и 14,2 т/га - для положительного (41768т : 2940 га = 14,2 т/га).

При расчете потребности в органических удобрениях для сада исходят из того, что их вносят в дозе 40-45 т/га раз в три года, т.е. ежегодно - 15 т/га. В хозяйстве при площади сада 60 га потребность в органических удобрениях составит **900 т** (15 т/га x 60 га).

Органические удобрения на сенокосах и пастбищах вносят при коренном улучшении в дозе 30-60 т/га и при перезалужении, которое проводится раз в 4-5 лет, т.е. на 25% их площадей ежегодно, разовой нормой 30 т/га. Органические удобрения вносятся на минеральные почвы с содержанием гумуса менее 2,5%.

Пример расчета. В хозяйстве из 680 гектаров улучшенных сенокосов и пастбищ 510 гектаров размещены на дерново-подзолистых почвах с содержанием гумуса менее 2,5 %, 170 гектаров - с содержанием гумуса более 2,5 %. В таком случае потребность в органических удобрениях для культурных сенокосов и пастбищ составит 3825 т:

$$\frac{510га \cdot 25\% \cdot 30т / га}{100\%} = 3825т$$

В итоге общая потребность хозяйства для бездефицитного баланса гумуса составит **40590 т** (35865 т + 900 т + 3825 т) и для положительного – **46493 т** (41768 т + 900 т + 3825 т).

2.2. Определение накопления органических удобрений

Выход органических удобрений определяется поголовьем скота и птицы, наличием подстилочных материалов. В республике за норматив выхода экскрементов принято 9,5 т от одной условной головы в год.

Для расчета выхода экскрементов все поголовье скота переводится в условные головы по следующим коэффициентам:

коровы и быки – 1,0	свиньи – 0,3
прочий КРС – 0,6	овцы и козы – 0,1
лошади – 1,0	птица – 0,02

В рассматриваемом хозяйстве поголовье скота представлено: коровы – 2200 голов, прочий КРС – 1900, лошади – 65, свиньи – 380 голов. Расчеты выхода экскрементов приводятся в таблице 14.

Таблица 14

Выход экскрементов в хозяйстве

Вид животных	Средне-годовое поголовье	Коэффициент перевода в условные головы	Количество условных голов	Выход экскрементов, т
Коровы	2200	1,0	2200	20900
Прочий КРС	1900	0,6	1140	10830
Лошади	65	1,0	65	618
Свиньи	380	0,3	114	1083
Всего			3519	33431

Следующий этап работы – определение потребности в подстилке. Она зависит от нормы расхода подстилочного материала в сутки и продолжительности стойлового периода. Так как коровы и лошади в летний период содержатся на выпасах, то у них продолжительность стойлового периода обычно составляет 220 суток, у остальных видов животных – 365. Типовые нормы подстилки приведены в таблице 15.

Таблица 15

Нормы расхода подстилки на 1 голову скота при стойловом содержании (кг в сутки)

Вид животных	Солома злаков	Солома бобовых	Верховой слаборазложившийся торф	Торф низинный 50% влажности	Опилки, стружка
КРС	4-6	4-6	3-4	10-20	3-6
Свиноматки с поросятами	5-6	6-8	-	-	-
Холостые свиноматки и хряки	2-3	2-3	1-1,5	5-6	2-3
Откормочные свиньи	1-1,5	1,5-2	1,5-2	-	1,5-2
Овцы	0,5-1	-	-	-	-
Птица	-	-	-	0,15-0,2	0,05-0,1
Лошади	3-4	3-5	3-4	10-20	2-4

Для нашего примера расчеты потребности в подстилке приведены в таблице 16.

Таблица 16

Потребность в подстилке (солома злаков)

Вид животных	Количество голов	Стойловый период, сутки	Норма подстилки, кг/сутки	Потребность, т
Коровы	2200	220	6	2904
Прочий КРС	1900	365	6	4161
Лошади	65	220	4	57,2
Свиньи	380	365	4	554,8
Всего				7677

Таким образом, выход свежего навоза составит **41108 т** (33431 т экскрементов + 7677 т соломенной подстилки), а потребность органических удобрениях – 40590 т для бездефицитного баланса и 46493 т для положительного.

Рассмотрим другие источники накопления органических удобрений. По данным БелНИИПА, при отношении площади многолетних трав к площади пропашных более 1,5 превышение на 0,1 сверх 1,5 эквивалентно применению 15 т органических удобрений на почвах с баллом 29-39 и 20 т при балле пашни 40-50.

Пример расчета. В хозяйстве отношение многолетних трав к пропашным составляет 0,7 (387 га : 579 га) и накопления органического вещества не будет. Промежуточные культуры высевают в хозяйстве на площади 322 гектара, а каждый гектар промежуточных культур эквивалентен применению 4 т органических удобрений при балле пашни 29-39 и 5 т при балле 40-50, если зеленая масса используется на корм, и соответственно 8 и 10 т при запашке зеленой массы. В нашем примере условный выход органических удобрений за счет промежуточных культур составит 1288 т (322 га x 4 т).

Расчет производства компостов

При недостатке навоза необходимое количество органических удобрений восполняют за счет различных компостов, основными компонентами которых являются навоз, помет, навозная жижа (биологически активная часть) и биологически инертные органические вещества (торф, солома, лигнин и др.) в различных соотношениях.

В условиях Беларуси важнейшим компонентом органических удобрений является торф. В настоящее время во многих местах за-

пасы торфа закончились, и он не может быть использован как дополнительный источник органических удобрений. Но там, где запасы торфа еще остались, он может использоваться как составная часть различных компостов. Соотношение навоза и торфа при изготовлении компостов может быть 1:1, 1:2 и 1:3. Максимальное количество торфа – 700 кг на 1 т экскрементов.

В нашем примере выход органических удобрений составляет 42396 т, в т.ч. свежего навоза 41108 т. Однако при хранении навоза потери массы его составляют в среднем 15 %, а компостов – 10 %. Расчет производства компостов проще всего вести путем составления уравнения с одним неизвестным. Тогда при приготовлении торфо-навозных компостов в соотношении 1:1, масса компоста составит 2 х, при соотношении 3:1 – 4 х. Применительно к нашему хозяйству, общая потребность в органических удобрениях, составляющая 46493 т будет покрываться за счет навоза $(41108 - X) \cdot 0,85$; торфо-навозных компостов (1:1) $2X \cdot 0,9$, промежуточных культур 1288 т и уравнение примет такой вид:

$$40590 \text{ т} = (41108 - X) \cdot 0,85 + 2X \cdot 0,9 + 1288 \text{ т}$$

$$40590 \text{ т} - 34942 \text{ т} - 1288 \text{ т} = -0,85 + 1,8X$$

$$4360 \text{ т} = 0,95X$$

$$X = 4589 = 4590 \text{ т} - \text{количество торфа, необходимое для производства ТНК 1:1}$$

Все расчеты накопления органических удобрений сводятся в таблицу 17.

Таблица 17

Накопление органических удобрений в хозяйстве

Вид удобрений	Выход органических удобрений, т	Потери при хранении		Накопление за год с учетом потерь при хранении и в пересчете на усл. тверд. навоз, т
		%	т	
Навоз подстилочный	36518	15	5478	31040
Компосты	9180	10	918	8262
Навоз полужидкий				
Навоз жидкий				
Зеленое удобрение				
Многолетние травы				
Промежуточные культуры	1288			1288
Итого				40590

Примечание. Для расчета количества органических удобрений они переводятся в стандартный подстилочный навоз с влажностью 75%. Коэффициенты перевода рассчитываются по формуле:

$$K = \frac{100 - \text{фактическая влажность}}{100 - 75(\text{стандартная влажность})}$$

или используют следующие коэффициенты (если не определена влажность): все виды подстилочного навоза и компосты – 1, полужидкий бесподстилочный – 0,5, жидкий – 0,2, навозные стоки – 0,06.

Количество полужидкого и жидкого навоза за стойловый период рассчитывают по формуле:

$$N \text{ п. ж., ж} = [(K+M+B) \cdot D_c \cdot Ч_c] : 1000,$$

где К М, В – масса кала, мочи и воды от одной головы скота в сутки, кг:

D_c – продолжительность стойлового периода, сутки;

$Ч_c$ – число голов скота;

1000 – коэффициент перевода в м³.

Примерный выход бесподстилочного навоза в сутки от одной головы КРС 40-55 л (25-30 л кала, 10-15 л мочи и 5-10 л воды), от одной свиньи – 10-12 л.

При хранении жидкого навоза потери составляют 10%, 1 м³ жидкого навоза в среднем весит 0,95 т, полужидкого – 0,9 т.

Теперь надо рассчитывать обеспеченность органическими удобрениями (в %) путем деления выхода органических удобрений на потребность для бездефицитного и положительного баланса гумуса и умножением на 100 %.

В нашем примере выход органических удобрений составляет 40590 т при потребности для бездефицитного баланса 40590 т и положительного – 46493 т, а обеспеченность – соответственно 100% (40590 т : 40590 т · 100) и 87,3% (40590 т : 46493 т · 100).

После проведения расчетов делается заключение, в котором необходимо проанализировать обеспеченность хозяйства органическими удобрениями, сопоставив потребность с их производством, и разработать мероприятия, обеспечивающие получение необходимого количества органических удобрений (например, расширение посевов многолетних трав и промежуточных культур, увеличение количества соломы, используемой на подстилку и т.д.).

3. ОБЩАЯ ПОТРЕБНОСТЬ ХОЗЯЙСТВА В МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЯХ

Существуют различные методы определения потребности в минеральных удобрениях. Наиболее точным является расчет норм удобрений по культурам для каждого поля. В этом случае расчет норм удобрений ведется по методике разработанной БелНИИПА (1990), которая учитывает следующие показатели: уровень планируемых урожаев, биологические особенности выращиваемых культур, структуру посевных площадей, характеристику почвенного покрова (тип почв, гранулометрический состав, содержание гумуса, фосфора, калия, степень эродированности угодий и величина их контурности), насыщенность органическими удобрениями, загрязнение почв радиоактивными веществами.

Однако в условиях рыночной экономики спрос на отдельные виды продукции может резко изменяться, что неизбежно вызовет изменение структуры посевных площадей. Поэтому, учитывая, что вынос элементов питания в расчете на 1 ц кормовых единиц достаточно стабилен по годам и составляет 2,1 кг азота, 0,8 кг фосфора, 2,2 кг калия, потребность в минеральных удобрениях для сельскохозяйственных культур на пашне и улучшенных сенокосов и пастбищ можно рассчитывать по планируемой продуктивности этих угодий. Для этого необходимо рассчитать валовый сбор кормовых единиц на данных угодьях, для чего валовый сбор продукции по культурам умножаем на содержание кормовых единиц в них (табл. 18).

Таблица 18

Коэффициенты для пересчета продукции растениеводства
в кормовые единицы

Культура	Коэффициент пересчета
1	2
Зерновые и зернобобовые	
Озимая пшеница	1,36
Озимая рожь	1,45
Озимое и яровое тритикале	1,40
Яровая пшеница	1,37
Ячмень	1,50
Кукуруза	1,34

Таблица 19

Продуктивность угодий

Культуры и угодья	Площадь, га	Планируемая урожайность, ц/га	Валовый сбор продукции, ц	Коэффициент перевода в к.ед.	Валовый сбор к.ед, ц
1	2	3	4	5	6
1. Зерновые и зернобобовые	1965				
в т.ч. озимые зерновые	870				
из них пшеница	322	45	14490	1,36	19706
рожь	160	38	6080	1,45	8816
тритикале	388	46	17848	1,40	24987
яровые зерновые	837				
из них ячмень	480	38	18240	1,50	27360
тритикале	130	40	5200	1,37	7124
овес	127	35	4445	1,31	5823
гречиха	100	20	2000	2,19	4380
зернобобовые	258				
из них люпин					
вика	160	20	3200	1,40	4480
горох	98	33	3234	1,40	4528
2. Технические культуры	355				
в т.ч. лен					
сахарная свекла	195	380	74100	0,31	22971
рапс (зерно)	160	27	4320	2,04	8813
3. Картофель	160	230	36800	0,3	11040
4. Кормовые культуры	450				
в т.ч. корнеплоды	65	500	32500	0,18	5850
кукуруза (з.м.)	160	400	64000	0,20	12800
силосные (без кукурузы), з.м.					
однолетние травы, з. м.	128	200	25600	0,18	4608
многолетние травы, з. м.	97	340	32980	0,21	6926
5. Многолетние травы, сено	290	80	23200	0,51	11832
Однолетние травы, сено	-				

Продолжение таблицы 19

1	2	3	4	5	6
6. Промежуточные культуры	322				
в т.ч. озимые на з/к					
пожнивные	258	150	38700	0,18	6966
поукосные	64	180	11520	0,18	2074
подсевные					
Итого по пашне	3220				201083
Средняя продуктивность 1 га пашни, ц					62,4
Улучшенные сенокосы, сено	470	40	18800	0,49	9212
Культурные пастбища, з/м	210	170	35700	0,18	6426
Итого по культурным кормовым угодьям	680				15638
Средняя продуктивность 1 га улучшенных кормовых угодий, ц					23,0

Далее приступаем к расчету потребности хозяйства в минеральных удобрениях.

Нормативы выноса питательных веществ для многолетних насаждений, естественных сенокосов и пастбищ и коренного улучшения улучшенных кормовых угодий берутся из расчета на 1 га площади без учета уровня планируемых урожаев: многолетние насаждения – 80 кг азота, 60 кг фосфора, 100 кг калия, естественные сенокосы и пастбища – соответственно 20,10 и 20 кг, коренное улучшение кормовых угодий – 30,60 и 90 кг.

Пользуясь данными нормативами и зная площадь этих угодий, рассчитывается общая потребность элементов питания для них.

Рассчитав потребность хозяйства в питательных элементах, необходимо вычесть из нее поступление этих элементов с органическими удобрениями. Например, с 1 тонной подстилочного навоза с учетом действия и последействия поступает 1,4 кг азота, 0,65 кг фосфора и 2,48 кг калия (табл. 20).

Таблица 20

Потребление растениями элементов питания из органических
удобрений, кг/т

Виды удобрений	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Потребление, кг из одной тонны					
	1-й год			2-й год		
Навоз КРС на солоистой подстилке	0,90	0,50	2,00	0,50	0,15	0,48
Навоз КРС на торфяной подстилке	0,68	0,41	1,60	0,42	0,11	0,38
Навоз КРС на опилках	0,69	0,47	1,44	0,45	0,11	0,34
Навоз КРС полужидкий	0,80	0,42	2,00	0,40	0,11	0,34
Навоз КРС жидкий	0,55	0,32	1,57	0,27	0,10	0,26
Навоз лошадей	1,04	0,77	2,75	0,70	0,33	0,66
Навоз свиней на соломенной подстилке	0,84	0,70	2,24	0,42	0,30	0,53
Навоз свиней на опилках	0,65	0,70	1,47	0,21	0,30	0,34
Навоз свиней полужидкий	0,72	0,25	1,65	0,35	0,11	0,25
Навоз свиней жидкий	0,60	0,22	1,00	0,29	0,10	0,15
Навоз овец	2,07	0,60	2,80	0,82	0,24	0,60
Навозные стоки	0,15	0,15	0,40	0,04	0,08	0,13
Птичий помет	3,28	4,00	2,75	1,64	1,95	0,66
Птичий помет на торфяной подстилке	2,04	2,05	1,50	1,02	0,98	0,30
Птичий помет на опилках	1,00	0,65	1,70	0,80	0,26	0,40
Птичий помет на костре	0,87	0,55	1,05	0,69	0,22	0,24
Термически высушенный помет	8,00	8,75	10,50	2,00	3,50	2,10
Торфо-пометный компост (торф : помет 1:1)	2,04	2,05	1,50	1,02	0,98	0,30
Торфо-пометный компост (торф : помет 1:2)	2,44	2,50	1,50	1,22	1,20	0,30
Торфо-навозный компост 1:1	0,70	0,35	1,20	0,30	0,14	0,29
Торфо-навозный компост 2:1	0,51	0,25	1,08	0,20	0,12	0,26
Торфо-жижевый компост	0,95	0,15	0,50	0,40	0,05	0,20
Зеленое удобрение	1,35	0,25	0,85	0,45	0,12	0,17
Сапропели	0,50	0,22	0,75	0,27	0,09	0,18

Оставшуюся разность нужно откорректировать по рекомендуемым нормативам баланса.

Обобщение данных полевых опытов, приведенных в Республике Беларусь, показывает, что оптимальная интенсивность баланса для

пахотных почв составляет по азоту 100%, фосфору и калию – 100-110%. Исходя из этого, для производственных условий возьмем интенсивность баланса по азоту 100%, фосфору и калию – 110%.

Все расчеты сводятся в таблицу 21.

Таблица 21

Потребность хозяйства в минеральных удобрениях

Угодья	Площадь, га	Продуктивность, ц к.ед.	Потребность					
			кг д.в./га (ц к.ед.)			т д.в./на всю площадь		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пашня		201083	2,1	0,8	2,2	422275	160867	442383
Сады и ягодники	60		80	60	100	4800	3600	6000
Улучшенные сенокосы и пастбища		15638	2,1	0,8	2,2	32840	12510	34404
Естественные сенокосы и пастбища	130		20	10	20	2600	1300	2600
Коренное улучшение и перезалужение	170		30	60	90	5100	10200	15300
Всего по хозяйству, т						468	188	501
Имеется в хозяйстве органических удобрений, т						40590		
Потребление питательных элементов из органических удобрений с учетом действия и последействия, кг/т						0,9 + 0,5	0,5 + 0,15	2,0 + 0,48
Поступление с органическими удобрениями элементов питания с учетом действия и последействия, т						57	26	101
Необходимо довести элементов питания, т д.в.						411	162	400
Рекомендуемая интенсивность баланса элементов питания, %						100	110	110
Потребность хозяйства в элементах питания, кг д.в.						411	178	440
Потребность хозяйства в мочеvine, двойном суперфосфате, хлористом калии, т						893	415	733

Таким образом, хозяйству необходимо для получения запланированных урожаев сельскохозяйственных культур и угодий закупить 893 т мочевины, 415 т двойного суперфосфата и 733 т хлористого калия.

4. МНОГОЛЕТНИЙ ПЛАН ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВ В СЕВООБОРОТЕ

Повышенная кислотность одна из важнейших причин низкого плодородия почв и недостаточной эффективности удобрений. Радикальным средством нейтрализации почвенной кислотности является известкование, цель которого – доведение кислотности почвы до оптимального значения рН и поддержание ее на этом уровне.

Следующим этапом курсовой работы является составление многолетнего плана известкования дерново-подзолистой почвы в полевом севообороте и торфяной – в кормовом, который включает:

- установление необходимости почвы полей севооборота в известковании;
- определение доз известкового удобрения в д.в. (CaCO_3) и в физической массе;
- определение последовательности известкования почвы полей севооборота;
- написание обоснования плана известкования.

Необходимость в известковании почв возникает тогда, когда создается несоответствие между реакцией почвы и требованиями возделываемых культур к ней (табл. 22).

Для обеспечения оптимальных условий кислотности почвы для растений в соответствии с Инструкцией по известкованию кислых почв сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь известкованию подлежат почвы, представленные в таблице 23.

Таблица 23

Почвы Республики Беларусь, подлежащие известкованию

№ п/п	Почвы	рН _{КС1}	Группа кислотности
1.	Дерново-подзолистые: глинистые, суглинистые супесчаные, песчаные	≤ 6,00 ≤ 5,50	I – IV I – III
2.	Торфяные	≤ 5,00	I – III
3.	Почвы севооборотов при высоком уровне насыщенности (более 20%) картофеля, льном и люпином	<5,60	I – III
4.	Почвы рекультивируемых земель	≤ 5,50	I – III
5.	Дерново-подзолистые почвы, загрязненные Sr(>1 Ку/км ²) и Cs (>0,15 Ку/км ²): рыхлосупесчаные связносупесчаные	5,50-5,75 5,50-6,00	I – IV I – IV

Таблица 22
Группировка сельскохозяйственных культур по их отношению к кислотности почв

Группа	Отношение к кислотности почвы	pHист	Культуры					огородные	плодово-ягодные
			зерновые	зерно-бобовые	многолетние травы	пропашные	технические		
1	требуют нейтральную реакцию	6,5-7,0	-	-	люцерна клевер	свекла	рапс	капуста	смородина
2	требуют близкую к нейтральной реакцию	6,0-6,5	оздшенница ячмень	соя горох вика	мяшник овсяница	кукуруза брюква турнепс	-	фасоль огурцы лук салат	яблоня вишня земляника
3	переносит слабокислую реакцию	5,5-6,0	рожь овес гречиха	-	тиофеевка	-	-	морковь редис томаты	груша
4	переносит умеренную кислотность	5,0-5,5	-	-	-	картофель	лен подсол- нечник	-	-
5	переносит повышенную кислотность	4,5-5,0	-	люпин	сераделга	-	-	щавель	крыжовник

Таблица 24
Средние дозы известковых удобрений для известкования кислых почв, (т/га СаСО₃)

Почвы	Содержание гумуса, %	Обменная кислотность, рН _{кд}									
		4,25 и ниже	4,26-4,50	4,51-4,75	4,76-5,00	5,01-5,25	5,26-5,50	5,51-5,75	5,76-6,00		
Дерново-подзолистые: песчаные	менее 1,50	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	-	-	-	
	1,51-3,00	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	-	-	-	
	более 3,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	-	-	-	
рыхлаосупесчаные	менее 1,50	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5*	-	-	
	1,51-3,00	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0*	-	-	
	более 3,00	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5*	-	-	
связносупесчаные	2,00 и менее	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5*	3,0*	-	
	более 2,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	4,5	4,0*	3,5*	-	
легко- и среднепустынистые	2,00 и менее	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,0	4,5	3,5	-	
	более 2,00	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0	5,0	4,0	-	
тяжелопустынистые и глинистые	любое	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0	6,0	5,0	-	
Торфяные	-	8,0(12,0)*	6,5	5,0	3,0	-	-	-	-	-	
		13,0(19,0)*	10,0*	7,5*	5,0*	-	-	-	-	-	

Примечание: Q* - для почв с рН 4,0 и ниже

* - для почв с уровнем загрязнения 1-5 Кг/км² по цезию-137 или 0,15-0,30 Кг/км² по стронцию-90

После установления необходимости известкования почв приступают к расчету доз известковых удобрений. В Республике Беларусь дозы известковых удобрений принято определять по величине обменной кислотности (pH_{KCl}) с учетом гранулометрического состава почв и содержания в них гумуса (табл. 24).

Для расчета физической массы твердых известковых удобрений (табл. 25) используют формулу

$$Dф = \frac{D \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{M \cdot (100 - B) \cdot (100 - A)}$$

где Дф – физическая масса известкового удобрения, т/га;

Д – доза $CaCO_3$, т/га, (определенная по табл. 24);

М – содержание действующего вещества ($CaCO_3$), %;

В – влажность, %;

А – доля частиц больше 1 мм (недействительных), %.

Физическую массу мягких известковых материалов и отходов промышленности рассчитывают по формуле

$$Dф = \frac{D \cdot 100 \cdot 100}{M \cdot (100 - B)}$$

Таблица 25

Известковые удобрения

Удобрение	Содержание $CaCO_3$, %
Твердые породы	
Доломитовая мука*	80 – 111
Сыромолотый доломит	80 – 111
Известняковая мука*	85 – 100
Жженая известь	178
Гашеная известь	135
Мягкие породы	
Мел*	63 – 91
Известковые туфы	75 – 98
Гажа	80 – 95
Мергель	50 – 80
Торфотуфы*	10 – 70
Отходы промышленности	
Дефекат*	до 75
Сланцевая зола	65 – 80

Примечание* - удобрения применяемые в Республике Беларусь.

Далее студент определяет последовательность проведения известкования полей в севообороте. Она определяется кислотностью (pH_{KCl}) почвы и отношением к ней выращиваемых культур. С учетом этого в первую очередь известкуют дерново-подзолистые почвы первой - третьей групп кислотности, торфяные – первой и второй групп кислотности, занимаемые культурами, требующими нейтральной реакции среды (сахарная и кормовая свекла, люцерна, клевер, рапс, капуста – 1 группа).

В полевых севооборотах, насыщенных зерновыми культурами, известковые удобрения в первую очередь вносятся под озимые, яровые зерновые, покровный клевер, люцерну, сахарную свеклу, в кормовых – под корнеплоды и кукурузу. В севооборотах со льном и картофелем известкование почвы проводится непосредственно под эти культуры.

В климатических условиях Беларуси известкование можно проводить круглый год. В зимний период проводится лишь поддерживающее известкование (почвы III-IV группы кислотности) на ровных площадях с уклоном не более 5° . Лучшим способом применения известковых удобрений является внесение их вразброс по вспаханной почве с последующей заделкой культиватором или дисковой бороной.

План известкования разрабатывается на 4 года, что согласуется с периодичностью агрохимического исследования почв. При этом ежегодно в севообороте можно планировать известкование одного-двух полей.

Пример составления плана известкования в севооборотах.

Для определения необходимости проведения известкования и доз известковых удобрений используем данные pH_{KCl} и содержание гумуса (табл. 4). План известкования в севооборотах представляется в виде таблиц 26 и 27.

В **полевом севообороте** известкованию подлежит дерново-подзолистая связносупесчаная, подстилаемая мореной, почва всех полей, кроме 4, где величина pH_{KCl} больше 5,50 (IV группа). Для почвы полей севооборота, требующих известкования, по таблице 24 определяют дозы действующего вещества ($CaCO_3$). Для первого поля она составляет – 4, второго – 5, третьего – 4, пятого – 4,5 и шестого – 4 т/га.

Далее, используя характеристику доломитовой муки (табл. 8), рассчитывают ее дозу по формуле

$$D \text{ ф.м.} = \frac{D \cdot 100^3}{M \cdot (100 - B) \cdot (100 - A)}$$

Величина дозы доломитовой муки для 1, 3 и 6 полей составляет:

$$D \text{ д.м.} = \frac{4 \cdot 100^3}{97 \cdot (100 - 2,5) \cdot (100 - 1,8)} = 4,3 \text{ т/га}$$

2 поле:

$$D \text{ д.м.} = \frac{5 \cdot 100^3}{97 \cdot (100 - 2,5) \cdot (100 - 1,8)} = 5,4 \text{ т/га}$$

5 поле:

$$D \text{ д.м.} = \frac{4,5 \cdot 100^3}{97 \cdot (100 - 2,5) \cdot (100 - 1,8)} = 4,8 \text{ т/га}$$

Эти данные заносят в графу 7 таблицы 26.

Аналогично определяют дозы доломитовой муки для торфяной почвы полей кормового севооборота (табл. 27).

Далее составляют планы известкования почв в полевом и кормовом севооборотах на 4-летний период. В 2004 году указывают культуры так, как они размещаются в текущем году. Для последующих лет (2005-2007 гг.) культуры размещают по полям согласно их чередования в севообороте (табл. 3).

В полевом севообороте в первый год известкуют два поля (2 и 6), т.к. почвы этих полей имеют II и III группы кислотности и отводятся под культуры, требующие нейтральную реакцию (сахарная свекла и ячмень+клевер). Проведение известкования на этих полях указывают путем вписывания дозы известкового материала в соответствующие графы (5,4 и 4,3 т/га). В каждый последующий год известкуют по одному предназначенному под посев сахарной свеклы полю, почва которого имеет III группу кислотности, отводящаяся под сахарную свеклу.

При составлении плана известкования в **кормовом севообороте** с многолетними травами нужно учесть, что известкование почв наиболее эффективно проводить под посев многолетних трав. Однако известкование 2-го поля можно провести лишь поверхностно по вегетирующим растениям в 2004 году, что снизит его эффективность в среднем на 25 %. Учитывая это, в первый год известкованию подлежит 1 поле, почва которого имеет II группу кислотности

План известкования почв в _____ полевом _____ севообороте
 Почва _____ дерново-подзолистая _____

№ по ли	Грануло-метричес-кий состав почвен	Группа на кис-лотности почв	рН в КС1	Содер-жан. карбон. мат-ра, %	Установл. общ. дозы, т/га CaCO ₃	2004 г.		2005 г.		2006 г.		2007 г.		
						доза, т/га	критерии							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	слабозас-тощенная подзоли-стая моренной	III	5,50	1,98	4,0	4,3	03.10.06 норма		Сах. свекла	4,3	ячмень + клевер		ячмень + клевер	
2		II	4,93	1,65	5,0	5,4	Сах. свекла	5,4	ячмень + клевер		ячмень + клевер		ячмень + клевер	
3		III	5,35	1,84	4,0	4,3	горох		03.10.06 норма		Сах. свекла	4,3	ячмень + клевер	
4		IV	5,80	2,00	-	-	ячмень	-	03.10.06 норма		горох	-	03.10.06 норма	
5		III	5,38	2,04	4,5	4,8	03.10.06 норма		горох		03.10.06 норма		Сах. свекла	4,8
6		III	5,48	1,88	4,0	4,3	ячмень + клевер	4,3	ячмень + клевер		ячмень + клевер		горох	

Ежегодно будет вноситься на 1 га в среднем 0,90 т (CaCO₃) и 0,96 т известкового удобрения

Таблица 27

План известкования почв в кормовом севообороте
Почва торфяная

№ по лк	Группа почв по мощности почв	РН в КС ₂	Со-дер-жан. д.к. му-са %	Удоби-е	Удоби-е, т/га		2004 г.		2005 г.		2006 г.		2007 г.	
					СаСО ₃	общ. доза	культура	доза, т/га	культура	доза, т/га	культура	доза, т/га	культура	доза, т/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	II	4,45	-	6,5	7,0	оз.рожь оз.п. + рожь	7,0	оз.рожь (3,М) + мн. травы 1 г.п.	мн. травы 1 г.п.	мн. травы 1 г.п.	мн. травы 1 г.п.	мн. травы 2 г.п.	мн. травы 2 г.п.	
2	III	4,80	-	3,0	3,2	оз.рожь (3,М) + мн. травы	3,2	оз.рожь 1 г.п.	мн. травы 1 г.п.	мн. травы 2 г.п.	мн. травы 2 г.п.	мн. травы 3 г.п.	мн. травы 3 г.п.	
3	III	4,58	-	5,0	5,4	мн. травы 1 г.п.		мн. травы 2 г.п.	мн. травы 2 г.п.	мн. травы 3 г.п.	мн. травы 3 г.п.	мн. травы 4 г.п.	мн. травы 4 г.п.	5,4
4	II	4,38	-	6,5	7,0	мн. травы 2 г.п.		мн. травы 3 г.п.	мн. травы 4 г.п.	мн. травы 4 г.п.	оз.п. рожь	оз.п. рожь	оз.п. рожь	
5	III	4,60	-	5,0	5,4	мн. травы 3 г.п.		мн. травы 4 г.п.	оз.п. рожь	оз.п. рожь	оз.п. рожь	оз.п. рожь	оз.п. рожь	
6	III	4,70	-	5,0	5,4	мн. травы 4 г.п.		оз.п. рожь	оз.п. рожь	оз.п. рожь	оз.п. рожь	оз.п. рожь	оз.п. рожь	

Ежегодно будет вноситься на 1 га в среднем 1,29 т СаСО₃ и 1,39 т известкового удобрения

и 2 поле (III группа кислотности). Во второй год проводят известкование 5 поля (после распахки многолетних трав) и 6 поля (III группа кислотности). На третий год известкуют 4 поле (II группа кислотности), на четвертый – 3 поле (III группа кислотности) после распахки многолетних трав.

Далее необходимо рассчитать **количество известкового материала, внесенного в среднем за весь период известкования на гектар (Дс)**

$$D_c = \frac{\sum D}{n \cdot I}$$

где $\sum D$ – сумма доз известкового материала, т/га;

n – количество полей;

I – период известкования (4 года).

Для полевого севооборота:

$$D_c = \frac{4,3 + 5,4 + 4,3 + 4,8 + 4,3}{6 \cdot 4} = 0,96 \text{ т/га}$$

Для кормового севооборота D_c составляет:

$$D_c = \frac{7,0 + 3,2 + 5,4 + 7,0 + 5,4 + 5,4}{6 \cdot 4} = 1,39 \text{ т/га}$$

В заключении студент дает обоснование плану известкования почв в полевом и кормовом севооборотах. В нем необходимо отразить:

- потребность почв в известковании;
- определение доз действующего вещества (CaCO_3) и известкового удобрения;
- очередность известкования почв в севообороте;
- сроки, способы и технику для внесения известковых удобрений.

5. СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ В СЕВОБОРОТЕ

5.1. Удобрение сельскохозяйственных культур в севообороте

Разработка системы удобрения отдельных культур в севообороте – наиболее ответственная часть работы агронома, требующая максимальной мобилизации агрохимических знаний, т.к. она призвана решить задачи реализации потенциальной продуктивности каждой культуры в севообороте и воспроизводства (или хотя бы поддержания на достигнутом уровне) плодородия почвы.

При написании данного раздела курсовой работы студент должен проанализировать имеющиеся в хозяйстве севообороты. Удостовериться, что размещение в них культур является оптимальным. Также необходимо тщательно изучить характеристику почвенных условий, биологические особенности сельскохозяйственных культур, возможность использования культурой последствий ранее внесенных органических и минеральных удобрений, определиться с тем, что в конечном итоге хотим получить – максимальную урожайность той или иной культуры, или продукцию с определенными качественными показателями. Нельзя также забывать и об экологических аспектах применения удобрений.

Основная задача комплекса приемов по внесению удобрений – обеспечить для растений оптимальные условия питания в течение всей вегетации. При этом, определяясь с приемом внесения удобрений, необходимо знать потребность культуры в отдельных питательных элементах по фазам роста. Значительное влияние на выбор приемов внесения удобрений оказывают свойства самих удобрений (доступность элемента питания, агрегатное состояние удобрения, особенности взаимодействия с почвенным поглощающим комплексом, наличие в удобрении балластных и сопутствующих элементов и отношение к ним выращиваемых в севообороте культур). От выбора приема внесения и способа заделки удобрений в значительной мере зависит размещение их в пахотном слое. Например, при заделке бороной 75-98% внесенных удобрений располагается в верхнем слое почвы (0-5 см). Такой прием может быть эффективным при достаточном увлажнении почвы. При недостатке влаги эффективность его значительно снижается. В случае заделки удобрений плугом значительная их часть попадает в нижние слои почвы, где они будут эффективно использоваться лишь при мощном развитии корневой системы. В начале же вегетации сельскохозяйственные культуры, в силу неразвитости корневой системы, могут испытывать недостаток питательных веществ. В этом случае необходимо предусмотреть дополнительные приемы внесения удобрений.

Общее количество удобрений, предусмотренное планом под ту или иную культуру, вносится в один или несколько приемов с применением различных способов внесения и заделки.

Различают три приема внесения удобрений: основное (допосевное, предпосевное), припосевное (рядковое) и подкормку (последпосевное внесение).

Основное (допосевное, предпосевное) внесение удобрений

Основное внесение удобрений предназначено для обеспечения питания растений на протяжении всего периода вегетации, в т.ч. и в период интенсивного роста и развития растений, а следовательно, и наибольшего потребления питательных элементов. До посева вносят минеральные удобрения, навоз или другие органические удобрения, а так же известковые. Основную заправку проводят осенью или весной. При внесении **основного** удобрения необходимо учитывать следующие принципиальные положения:

- сельскохозяйственные культуры в каждый определенный период вегетации должны быть обеспечены достаточным количеством питательных веществ. Это может быть достигнуто как при помощи мобилизации естественного плодородия почвы, так и при помощи внесения удобрений;

- питательные вещества в почве должны находиться в оптимальном между собой соотношении. В случае его нарушения использование почвенных запасов элементов питания может быть затруднено. (Например, недостаток фосфора в почве вызывает избыточное накопление нитратного азота. При совместном же внесении N и P этого практически не бывает);

- при допосевном основном внесении обычно вносится большая часть дозы удобрений, предусмотренная под культуру на весь период вегетации;

- сроки внесения основного удобрения и способ его заделки определяются рядом условий (увлажнением и температурой, свойствами почвы и удобрений, биологическими особенностями возделываемых культур). Так, например, на легких почвах при достаточном увлажнении значительная часть азота и калия будет мигрировать по профилю почвы за пределы корнеобитаемого слоя и теряться. В этих условиях внесение азотных и калийных удобрений следует планировать весной.

Фосфорные удобрения хорошо поглощаются почвой в местах их внесения. Этот элемент слабо мигрирует по профилю почвы (0,5 см), быстро фиксируется ей, особенно на почвах с высокой емкостью поглощения и степенью насыщенности основаниями. Следовательно, опасность вымывания фосфора в этом случае не велика, а поэтому внесение фосфорных туков будет вполне оправданным с осени с последующей заделкой их плугом при вспашке зяби.

В отношении внесения калия следует иметь ввиду то обстоятельство, что этот элемент хорошо удерживается почвами более тяжелого механического состава (глинистыми, суглинистыми, и, в значительной мере, супесями подстилаемыми моренным суглинком). Поэтому калийные туки, так же как и фосфорные, на этих почвах следует вносить с осени под зябь. Этот срок внесения будет оправданным уже в силу того, что хлор, содержащийся в туке, за осенне-зимний период промоется в нижележащие слои почвы и не будет оказывать токсичного влияния на растение. В то же время на почвах легкого механического состава (супеси, подстилаемые песками и пески) в силу их невысокой емкости поглощения и меньшей доли K^+ в ней (3% вместо 5), калийные удобрения лучше применять весной. Это связано с тем, что значительная часть доступного калия не сможет быть полностью адсорбирована почвой и будет непроизводительно теряться в процессе вымывания. При этом нужно учитывать то обстоятельство, что более 95% калийных туков, применяемых в Республике Беларусь, являются хлорсодержащими формами (хлористый калий, сильвинит, калийные соли). Поэтому эти формы, вынужденно применяемые в основное предпосевное (весеннее или осеннее) внесение необходимо вносить не позднее, чем за 2 недели до посева или посадки культур. Это обусловлено необходимостью вымывания хлора в нижележащие слои почвы с целью устранения его негативного влияния на полевую всхожесть семян и дальнейшее развитие растений. Особенно недопустимо внесение в подкормки хлорсодержащих калийных удобрений под хлорофобные культуры (картофель, гречиха).

Стратегия применения основного азотного удобрения будет следующей. Под культуры, имеющие хорошо развитую корневую систему (например, картофель, корнеплоды) удобрения лучше заделывать на большую глубину в зону основной массы корней. Если корневая система менее развита и располагается на меньшей глубине (зерновые, лен) основное удобрение можно вносить под культиватор.

Важен учет формы азота в удобрении. Например, аммиачные формы азотных удобрений, применяемые в основное внесение, можно вносить как с весны, так и с осени, т.к. аммоний (NH_4^+) обладает положительной адсорбцией, и будет хорошо удерживаться ППК в силу физической поглотительной способности почвы. Нитратная же форма азота (NO_3^-) не адсорбируется почвой, находится в

почвенном растворе, передвигаясь вместе с ним по профилю почвы. Поэтому внесение нитратных форм азотных удобрений в виде основного удобрения с осени недопустимо, т.к. приведет к значительным потерям азота.

Припосевное (рядковое) внесение удобрений

Прием **припосевного** внесения удобрений предназначен для улучшения корневого питания растений в первый период их жизни. При посеве следует вносить легкоусвояемые питательные элементы, необходимые растениям в самом начале их развития. В настоящее время припосевное внесение удобрений имеет место в основном лишь для фосфорных удобрений. Это обусловлено, прежде всего, тем, что основная масса сельскохозяйственных растений имеет повышенную потребность в фосфорной кислоте в начальный период вегетации, т.к. расщепление запасных питательных веществ семян (дисахаридов на моносахариды) совершается путем их фосфоролиза. Фосфорная кислота так же участвует в процессе фотосинтеза аминокислот в растении. Следовательно, здесь имеет место тесная взаимосвязь между фосфорным питанием и азотным обменом растений. Поэтому для припосевного удобрения можно рекомендовать не только фосфорное удобрение, содержащее лишь фосфат-ионы (простой и двойной суперфосфат), но и удобрение, содержащее азот. В связи с этим в качестве припосевного удобрения можно использовать комплексные удобрения: аммофос, диаммофос, аммофосфат, нитрофос, нитрофоску, нитроаммофоску. Смеси из однокомпонентных удобрений применять не следует, т.к. это часто мажущая, трудно высеваемая масса. Калий в припосевное (рядковое) удобрение практически не применяют, т.к. это не дает эффекта и может привести к снижению урожая, особенно мелкосеменных культур.

Дозы удобрений, вносимых при севе, рассчитаны на действие в течение короткого времени и поэтому невысоки. Под зерновые и зернобобовые культуры - это 10-20 кг/га P_2O_5 . Под картофель и корнеплоды, внесенные в борозды, удобрения могут использоваться более длительное время, поэтому возможно увеличение дозы до 20-30 кг/га. Для культур, не любящих высокой концентрации почвенного раствора (кукуруза, лен, морковь, лук, огурцы, брюква,

турнепс), дозы припосевного удобрения не должны превышать 10 кг/га.

Послепосевное внесение удобрений (подкормки)

Для получения высокого урожая и улучшения его качества большое значение имеет подкормка. Этот прием позволяет усилить питание растений в определенные периоды их развития. Подкормка является приемом, дополняющим или улучшающим действие основного удобрения.

Эффективность подкормки в значительной степени зависит от вида и формы применяемых удобрений. В силу незначительной подвижности фосфат-иона фосфорные туки, как правило, должны быть внесены в основное внесение (до посева). Поэтому подкормки фосфорными удобрениями не проводят, за исключением подкормок многолетних трав, когда удобрения вносят дробно, под каждый укос.

При внесении калийных туков в основное внесение (за исключением легких почв и торфяников с не отрегулированным водным режимом) так же могут иметь место существенные потери калия. Поэтому, как и в случае с фосфорными удобрениями, подкормку калием не ведут (за исключением многолетних трав).

В наибольшей степени эффективны подкормки азотом, т.к. аммиачные (NH_4^+) и амидные (NH_2) формы азота, внесенные в больших дозах в основное внесение, при благоприятных условиях увлажнения и температуры в результате процесса нитрификации переходят в нитратную форму (NO_3), которая не поглощается почвой, мигрирует по профилю почвы вместе с влагой и поэтому может непроизводительно теряться.

Подкормка может проводиться поверхностно на почву, в почву во время вегетации растений и некорневым способом, когда раствор удобрений вносится непосредственно на вегетирующие части растений.

Поверхностная подкормка растений применяется чаще всего для культур сплошного сева (посевы зерновых, многолетние сеяные сенокосы и пастбища, естественные кормовые угодья, многолетние травы, возделываемые в севооборотах).

Для подкормки озимых и яровых зерновых культур в последнее время наряду с твердыми формами туков (аммиачная селитра,

сульфат аммония) широко используют растворы удобрений (КАС, мочевины). Подкормок может быть одна или несколько.

Общеизвестно, что у растений существует тесная взаимосвязь между всеми жизненно важными процессами, в том числе между корневым и некорневым питанием. Поэтому эффективным агроприемом является некорневая подкормка в виде растворов удобрений, т.к. в этом случае активизируются не только процессы фотосинтеза и азотного обмена в растении, но и усиливается приток в корни органического вещества и энергетического материала, что способствует более активному потреблению элементов питания, как из почвы, так и из удобрений. Поэтому, поздние некорневые подкормки азотом направлены, прежде всего, на повышение качества зерна (увеличение белковости). Так, например, подкормка мочевиной в периоды колошения и цветения увеличивают содержание белка в зерне на 1-2 %.

В системе удобрения культур в севообороте достаточно широко применяется подкормка пропашных культур (сахарная свекла, корнеплоды, картофель, кукуруза) культиваторами растениепитателями и специальными приспособлениями к орудиям междурядной обработки почвы. В этом случае удобрения вносят сухими или в виде раствора в почву междурядий.

Удобрение озимых зерновых культур

Наиболее ответственные периоды в питании озимых – от всходов до ухода в зиму, а также начало весенней вегетации. В осенний период для хорошего роста и перезимовки необходимо обеспечить растения достаточным количеством фосфора и калия, которые способствуют лучшему укоренению, кущению и развитию растений, а так же накоплению большего количества пластических веществ, необходимых для перезимовки. Азотное питание должно быть умеренным, т.к. при его избытке озимые снижают устойчивость к перезимовке.

Система удобрения озимых зерновых, как правило, трехчленная и состоит из основного допосевого внесения удобрений, припосевого удобрения и подкормок.

До посева под вспашку вносят органические и известковые удобрения. Фосфорные и калийные туки можно вносить как под вспашку, так и под предпосевную обработку почвы (если не успели

или не было в наличии). Обязательно необходимо предусмотреть припосевное внесение фосфора (в рядки).

Осеннее внесение азота зависит от ряда факторов. Азотные минеральные удобрения не вносят в следующих случаях: если посевы озимых размещаются после бобовых или пропашных культур, при внесении органических удобрений непосредственно под озимые, при содержании более 2 % гумуса в дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах и более 1,8 % на почвах песчаных и супесчаных, подстилаемых песком. Во всех остальных случаях часть дозы азота в 20-30 кг/га, но не более 20% от расчетной следует внести осенью в предпосевную культивацию.

Весной, после возобновления весенней вегетации посевы необходимо подкормить азотом. Ранневесеннюю азотную подкормку проводят на всех почвах, даже высококультурных. Доза азота в зависимости от плотности стеблестоя составляет 50-70 кг/га. Из форм туков лучше использовать КАС, аммиачную селитру, в крайнем случае, карбамид. В связи с тем, что уровень урожайности озимых зерновых закладывается в фазе начала выхода в трубку, в этот период необходимо провести вторую подкормку азотом. Доза не должна превышать 30-40 кг/га. Наряду с твердыми формами можно использовать растворы КАС (разведение 1:2 или 1:3) или водным раствором карбамида 10-15% концентрации. С целью повышения содержания белка в зерне можно в начале фазы колошения (появление – раскрытие последнего листа) провести третью подкормку. Эта подкормка будет эффективна лишь при условии нормального обеспечения растений азотом в предыдущие фазы, а так же при достаточном увлажнении почвы.

Удобрение яровых зерновых культур

Более короткий период вегетации яровых культур в сравнении с озимыми, при примерно одинаковом выносе питательных веществ и менее развитой корневой системе вызывает необходимость обеспечения их полноценного питания на протяжении всего периода вегетации.

В период от начала кущения до выхода в трубку яровые используют около 40 % азота, из потребляемого за весь период вегетации. Критическим периодом по фосфору является начальный период роста. Наибольшее количество калия яровые зерновые поглощают

так же в первые периоды роста. Поэтому система удобрения яровых должна строиться с учетом вышеперечисленных особенностей.

Фосфорные и калийные удобрения под культуры вносят с осени под зяблевую вспашку или культивацию (суглинистые и супесчаные почвы, подстилаемые мореной) или весной под предпосевную культивацию (песчаные и супесчаные почвы на песках). Обязательно внесение фосфора в рядки при посеве.

В отношении применения азотных удобрений следует учитывать следующее:

- оптимальной дозой азота для основного внесения на суглинистых почвах, а так же на супесчаных после пропашных является 60 кг/га, после зерновых, крестоцветных и других не бобовых – 80 кг/га. Максимальная доза не должна превышать 120 кг/га;

- с целью недопущения полегания культур дозы азотных удобрений, превышающие 60 кг/га вносят дробно: 60 кг/га в основное внесение, а остальную часть в подкормку в фазу конец кушения – начало трубкования. Доза для подкормки должна быть скорректирована по данным растительной диагностики.

Удобрение зернобобовых культур

Большинство зернобобовых культур (горох, вика, кормовые бобы) хорошо реагируют на фосфорно-калийное удобрение. РК-туки под эти культуры можно вносить в основное удобрение (осенью под зябь или культивацию или весной под предпосевную обработку). Под люпин, как типичный хлорофоб, хлорсодержащие калийные удобрения следует вносить только осенью. В силу того, что зернобобовые культуры хорошо отзываются на магниевые удобрения, особенно на легких почвах, то известкование под них будет эффективным агроприемом, особенно доломитовой мукой ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$).

Особенностью кормовых бобов является то, что у них периоды интенсивного роста, цветения и формирования семян совпадают и по этой причине они предъявляют высокие требования к режиму питания. Поэтому под них можно вносить до 30 т/га органических удобрений. Непосредственно под другие зернобобовые (горох и вика) органические удобрения не вносят, т.к. возможно сильное полегание посевов. Эти культуры хорошо используют последствие ра-

нее внесенной органики. На люпин же это действует отрицательно, он при этом сильно ветвится, удлиняется его период вегетации.

Как правило, азотные удобрения, под зернобобовые культуры не применяют. Однако для получения стабильных урожаев зерна гороха, вики и кормовых бобов наряду с фосфорно-калийным удобрением возможно внесение 20-30 кг/га азота, конечно при его достатке в хозяйстве.

Обязательно внесение фосфора в рядки при посеве.

Удобрение гречихи

Эта культура обладает способностью хорошо усваивать из почвы труднодоступные формы питательных веществ (фосфор), однако она требовательна к наличию в почве достаточного количества питательных веществ в легкоусвояемой форме, т.к. имеет слабо развитую корневую систему и высокий вынос элементов питания. До цветения поглощает около 60% азота и калия и 40% фосфора. Отличается повышенными требованиями к уровню калийного питания.

Общепринятая система удобрения культуры в республике двучленная, состоит из основного удобрения и припосевного. Подкормок культуры не проводят.

Фосфорно-калийные туки вносят с осени под зябь или культивацию зяби. Фосфорные удобрения возможно вносить и весной, под предпосевную культивацию. В связи с тем, что эта культура является типичным хлорофобом весеннее применение хлористого калия допускается в исключительных случаях и в дозах не более 30-35 кг/га. Под гречиху лучше использовать калийные удобрения, не содержащие хлора (сульфат калия, калимагnezия). Эффективны также сложные удобрения, магниевые, а так же борные микроудобрения (при недостатке отмирают почки, цветки и даже завязавшиеся плоды).

Обязательно внесение 15-20 кг/га фосфорных удобрений в рядки при посеве.

Культура отзывчива на внесение азотных удобрений, однако применять их нужно с учетом плодородия почвы, удобренности предшественника и скороспелости сорта. Для скороспелых и среднеспелых сортов даже на слабокультурных почвах после зерновых предшественников доза азота не должна превышать 60 кг/га,

после пропашных – 30-40 кг/га. Для скороспелых сортов дозу азота можно увеличить на 20-30 кг/га.

Удобрение льна-долгунца

Лен – это культура высокочувствительная к пищевому режиму. Высокая требовательность обусловлена слаборазвитой корневой системой, ее невысокой усваивающей способностью и относительно коротким периодом вегетации (70-80 дней). Вместе с тем общее потребление элементов питания льном в сравнении с другими культурами невелико. Культура имеет критические периоды в питании: по азоту – от фазы «елочки» до бутонизации, по фосфору – от всходов до образования 10-12 листьев, т.е. до фазы «елочки» и по калию – в первые три недели роста (фаза «елочки»), а так же в фазу бутонизации (для образования семян и волокна). Максимальное количество питательных веществ лен поглощает в период быстрого роста от конца фазы «елочки» до цветения.

При распределении доз удобрений в течение вегетационного периода следует учитывать невысокую усвояемость питательных элементов корневой системой, короткий период вегетации, а так же повышенную чувствительность культуры к концентрации почвенного раствора. В связи с этим лен требует соблюдения доз, правильного соотношения элементов питания, и, что очень важно, равномерного их распределения по полю.

На почвах с содержанием двух и более процентов гумуса соотношение между азотом, фосфором и калием должно составлять 1:2:4. Если же почвы менее обеспечены азотом (содержание гумуса менее 1,5%) – 1:2:2. Общепринятой системой удобрения льна является двучленная, состоящая из основного (допосевного) внесения удобрений и припосевного (в рядки при посеве). Подкормки не планируются.

Лен очень страдает от присутствия хлора. Отрицательное действие иона хлора на лен усиливает наличие иона кальция. Повышенная концентрация CaCl_2 уменьшает содержание волокна в стеблях и снижает его качество. Поэтому фосфорно-калийные туки лучше вносить в основное внесение с осени по зяблевой вспашке и заделывать культиватором. Допустимо и весеннее внесение РК – удобрений под предпосевную культивацию. В этом случае лучше использовать бесхлорные калийные удобрения. В качестве фосфорно-

го удобрения (кроме суперфосфата) можно использовать суперфос, близкий по действию к двойному суперфосфату. При дозах фосфора и калия в пределах 10-20 кг/га д.в. рекомендуется их рядковое внесение. На почвах с рН более 6,0, а так же на вновь произвесткованных полях дозу калийных удобрений следует увеличить на 20%.

Особое внимание при разработке системы применения удобрений под культуру следует уделить азотному удобрению, т.к. при его избытке идет сильное разрастание листьев, стебель затеняется и вытягивается. При этом образуются округлые элементарные волокна с тонкими стенками. Лен полегает, что приводит к значительному снижению качества волокна. На семеноводческих посевах происходит задержка в созревании семян, ухудшается их качество.

По хорошо удобренным предшественникам, а так же при посеве льна после зернобобовых культур и многолетних бобовых трав азот можно не вносить или же его доза не должна превышать 10-15 кг/га. При возделывании культуры после зернового предшественника, а так же на менее плодородных почвах (супеси на морене) доза азота может быть увеличена до 30-40 кг/га д.в. Лучшее всего азот под лен вносить в виде аммофоса или комплексного удобрения для льна с соотношением NPK 5:16:35. В этом случае за один прием вносятся все три элемента в оптимальном для культуры соотношении.

Удобрение картофеля

При разработке системы удобрения культуры следует учитывать следующие обстоятельства: картофель обладает слаборазвитой корневой системой, имеющей высокую потребность в кислороде в период интенсивного клубнеобразования (интенсивность ее дыхания в 5 раз больше чем у злаков). Разрабатываемая система удобрения должна обеспечить не только высокий урожай, но и хорошее качество клубней, сбалансированных по химическому составу с достаточным количеством крахмала и с низким содержанием нитратов.

Наиболее интенсивно растения картофеля потребляют элементы питания в фазах бутонизации и цветения.

В нашей республике картофель возделывается по органоминеральной системе. Под картофель обязательно следует планировать применение органических удобрений. На суглинистых и су-

песчаных на морене почвах их доза должна составлять 50-60 т/га, на супесчаных на песках и песчаных – 60-80 т/га. Органические удобрения под культуру, в том числе и жидкий навоз, лучше вносить осенью под зяблевую вспашку. В случае осеннего внесения органических удобрений имеет место более полное усвоение элементов питания в течение вегетации. Для усиления этих процессов необходимо своевременное внесение, равномерное распределение по полю и быстрая заделка органических удобрений в почву (в течение 3-5 часов после разбрасывания).

Весеннее же внесение органических удобрений приводит к задержке сроков полевых работ, но самое главное, к значительному и неизбежному переуплотнению почвы при проходах техники по влажной почве, что может существенно сказаться на уровне урожайности культуры.

Лучшими формами органических удобрений под картофель являются солоmistый навоз и ТНК, которые способствуют увеличению запасов гумуса в почвах. При использовании бесподстилочного жидкого навоза дозы внесения его необходимо рассчитывать с учетом содержания в нем азота. Доля азота, вносимого с бесподстилочным навозом не должна превышать 50-80% от общей потребности в элементе.

Расчетные дозы азотных удобрений лучше вносить весной перед посадкой в один прием под культивацию или перед нарезкой гребней. Дробное внесение азота в 2-3 приема (до посадки, подкормки по всходам и при высоте куста 15-20 см) на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах менее эффективно. На супесчаных подстилаемых песками почвах, можно запланировать азотную подкормку (20-30 кг/га д.в.) под первую междурядную обработку при высоте куста 15-20 см.

Применяемые удобрения не должны ухудшать качество продукции. На качество клубней картофеля (содержание в них нитратов и крахмала) большое влияние оказывают дозы и формы применяемых азотных удобрений. Максимально допустимой дозой азота на фоне 60-70 т/га органических удобрений является 120 кг/га д.в. При соблюдении рекомендованных доз РК – удобрений внесение этой дозы обеспечивает уровень содержания нитратов в клубнях ниже ПДК (150 мг/кг сырого веса) при погодных условиях, близких к среднеголетним и густоте посадки 55-60 тыс. кустов на гектаре.

В зависимости от скороспелости сортов предельно допустимые дозы азота составляют: для раннеспелых и среднеранних – 110-120 кг/га; среднеспелых – 100-110 кг/га; для среднепоздних и позднеспелых – 80-90 кг/га. Если картофель возделывается на семена, то дозы применяемого азота не должны превышать 60-90 кг/га.

Формы азотных удобрений, по их влиянию на накопление клубнями картофеля нитратов, можно расположить следующим рядом по убыванию: аммиачная селитра, КАС, карбамид и сульфат аммония. Отсутствие газообразных потерь азота, а так же потерь элемента от вымывания делает сульфат аммония, идеальной формой азотных удобрений под культуру.

Фосфорные туки под картофель можно вносить в основное внесение как осенью под зяблевую вспашку, так и весной под предпосевную культивацию. Обязательно следует предусмотреть внесение 20-30 кг/га P_2O_5 в рядки при посадке картофеля. Оптимальными формами считаются простой аммонизированный суперфосфат и аммофос. В случае их отсутствия возможно использование двойного суперфосфата.

Под картофель можно использовать все формы калийных удобрений, производимых в Республике Беларусь. На почвах связного гранулометрического состава хлорсодержащие калийные удобрения (хлористый калий, калийная соль, сильвинит) рекомендуется вносить осенью под зябь, на легких супесчаных и песчаных почвах – весной, т.к. в этом случае удастся избежать значительных потерь калия от вымывания (до 15 кг/га в год). По влиянию на урожай КСІ и K_2SO_4 практически равноценны. В то же время применение сульфата калия по сравнению с хлористым калием способствует повышению содержания крахмала в клубнях на 0,5-0,6%. Однако широкое его использование ограничено высокой стоимостью (428 тыс.руб. тонна против 41 тыс.руб. – цены мая 2002 г.).

Удобрение сахарной свеклы

В силу того, что сахарная свекла имеет продолжительный период вегетации и с большой эффективностью использует питательные вещества органических удобрений, общепринятой системой удобрения культуры в республике является органоминеральная. Под культуру лучше использовать подстилочный навоз или торфонавозные компосты весенне-летней заготовки после 4-5 месячного

компостирования в уплотненных буртах в дозах 60 т/га. Возможно так же применение жидкого бесподстилочного навоза, вносить который можно как осенью, так и весной. Но при осеннем внесении могут иметь место некоторые потери азота, а при весеннем внесении – возможно переуплотнение почвы. На почвах более легкого механического состава лучше планировать весеннее внесение этого вида удобрений.

Сахарная свекла, потребляя питательные элементы на протяжении всего вегетационного периода, предъявляет высокие требования к плодородию почв. В начале роста она поглощает относительно небольшое их количество. Однако в силу неразвитости корневой системы в этот период молодые растения очень чувствительны к недостатку элементов питания, особенно фосфора. Поэтому в этот период питательные вещества должны быть в доступной форме. В связи с этим обязательно нужно планировать внесение 15-20 кг/га P_2O_5 в рядки при посеве. Благоприятный пищевой режим для культуры в первоначальный период роста может быть так же создан при внесении при посеве 1 ц/га нитрофоски или комплексного сложно-смешанного удобрения 16:11:20. РК-туки вносят, как правило, осенью под зябь.

В период интенсивного роста листьев свекла потребляет много азота и калия. Во время же формирования корнеплодов растениям требуется умеренное азотное и усиленное фосфорно-калийное питание. Максимальные дозы азотных удобрений составляют 130-140 кг/га. С целью улучшения качества корнеплодов и предотвращения загрязнения грунтовых вод азотистыми соединениями повышенные дозы азота следует вносить дробно: 90-100 кг/га в основное внесение и 30-40 – в подкормку одновременно с первым междурядным рыхлением.

Под сахарную свеклу можно применять все формы минеральных удобрений. На почвах с нейтральной реакцией среды сульфат аммония является идеальным азотным удобрением для культуры. Из калийных туков лучше всего использовать натрийсодержащие (калийная соль, сильвинит), т.к. культура очень отзывчива на натрий.

Удобрение кормовых корнеплодов

Данную группу культур отличает слаборазвитая корневая система. Вынос же элементов питания из почвы достигает значитель-

ных величин. При этом в течение вегетационного периода корнеплоды потребляют элементы питания не равномерно. Для формирования ассимиляционного аппарата необходимо достаточное обеспечение азотом. Фосфор поглощается в течение вегетации равномерно. Период максимального потребления калия приходится на вторую половину вегетации (формирование корнеплода). Наиболее эффективно применение комплексных удобрений в дозе 1,0 ц/га (нитрофоска) при посеве в рядки. В случае их отсутствия допустимо внесение 15-20 кг/га фосфора в рядки при посеве.

Система удобрения корнеплодов – органоминеральная. Можно использовать любые виды органических удобрений, лучшим сроком внесения которых будет осень. Весеннее внесение навоза значительно увеличивает засоренность посевов. В этом случае так же не достигается нужная степень разложения органического вещества. Следовательно, корнеплоды не с полной эффективностью смогут реализовать потенциальные возможности совместного использования минеральных туков и органических удобрений.

Под корнеплоды можно вносить любые формы азотных и фосфорных удобрений. Из калийных – предпочтительнее натрий содержащие. С целью недопущения избыточного накопления нитратов максимальная доза азота определена в 180 кг/га. Азотные удобрения под кормовую свеклу применяют в два приема: 100-120 кг/га в основное внесение под предпосевную обработку почвы и остальную часть в подкормку под первую междурядную обработку в фазу 3-4 листьев.

Фосфорные и калийные удобрения на почвах более тяжелого механического состава можно применять как осенью под вспашку, так и весной в предпосевную культивацию. На супесчаных и песчаных на песках почвах РК– удобрения должны вноситься только весной под предпосевную культивацию.

Удобрение кукурузы

Культура требовательна к почвенному плодородию, т.к. питательные элементы потребляет весь вегетационный период вплоть до восковой спелости зерна. Примерно 50% всех элементов питания поглощается в период быстрого роста – от выметывания метелок до цветения. В начальный период вегетации кукуруза растет медленно и поглощает немного элементов питания. Но они должны

быть в достатке и находиться в доступной форме. Особенно это важно в отношении фосфора. Поэтому внесение 10-15 кг/га P_2O_5 в рядки при посеве обязательно.

Система удобрения культуры органоминеральная. Использовать можно любые органические удобрения в дозах 50-60 т/га. Лучший срок их внесения – осенью под вспашку. На почвах легкого механического состава навоз и РК-туки можно вносить и весной под вспашку. В случае использования бесподстилочного навоза возможно загрязнение почвенных и грунтовых вод нитратами. Поэтому доза данного удобрения рассчитывается по азоту и не должна превышать 200 кг/га.

При использовании высоких доз азотных удобрений (более 120 кг/га) их вносят в два приема: в основное внесение в предпосевную культивацию (90-100 кг/га) и в подкормку при первой междурядной обработке (20-30 кг/га). Для основного внесения можно использовать карбамид или КАС, а для подкормки – аммиачную селитру или карбамид, но при обязательной заделке в почву последнего.

Фосфорные и калийные удобрения на почвах более тяжелого механического состава (глинистые и суглинистые) лучше вносить осенью под вспашку. Весеннее внесение РК-туков под предпосевную культивацию можно рекомендовать на супесчаных на морене почвах.

При двухлетнем возделывании кукурузы на одном поле (в прифермских севооборотах) в первый год вносятся органические удобрения (50 т/га) и полная доза минеральных. На второй год органику не вносят, а применяют только минеральные туки (NPK). Если в первый год вносится больше органических удобрений (100 т/га и более), то из минеральных следует вносить только азотные. Во второй год так же использовать чисто минеральную систему удобрения.

Во избежание накопления избыточного количества нитратов в зеленой массе культуры предельная доза азота не должна превышать 140 кг/га.

Удобрение озимого и ярового рапса

Рапс характеризуется значительно более высоким выносом элементов питания по сравнению с яровыми зерновыми культурами и в силу этого предъявляет высокие требования к плодородию почвы. Эта культура хорошо использует последствие органических

удобрений, поэтому их непосредственно под рапс вносить нерационально. Фосфорные и калийные удобрения лучше вносить после уборки предшественника под основную обработку почвы. Возможно также их внесение в предпосевную культивацию. Рапс очень отзывчив на внесение азотных удобрений, лучшей формой которых является сульфат аммония, т.к. культура положительно реагирует также на внесение серы. Азотные удобрения лучше вносить дробно. Под озимый рапс рекомендуется N_{80-90} в ранневесеннюю подкормку и N_{40-50} в фазу растягивания 4-6 настоящих листьев растений. Под яровой рапс 80-100 кг азота вносят до посева и 30-60 кг/га в подкормку в эту же фазу. На песчаных почвах с целью снижения потерь азота от вымывания дозы азота в эти два срока должны быть примерно равными.

Удобрение многолетних трав

Бобовые травы. Наиболее интенсивно многолетние бобовые травы усваивают элементы питания в фазах бутонизации и цветения. Обладая коневой системой, проникающей в глубокие слои почвы, активно поглощают элементы питания. Поэтому наиболее эффективно вносить под клевер РК-удобрения в запас под покровную культуру. В первый год жизни эта культура требует больше фосфора и калия, чем злаки, поэтому следует применять легкодоступные фосфаты. Кроме того, клевер выносит много Са (более чем в 10 раз по сравнению со льном и зерновыми), что определяет необходимость известкования почвы, если ее кислотность ниже оптимальной (рН 6,0-7,0).

В связи с тем, что многолетние бобовые травы благодаря клубеньковым бактериям способны около 2/3 потребляемого азота усваивать из воздуха, то внесение минерального азота обычно не планируют. В случае высокой и повышенной обеспеченности почвы фосфором и калием, оптимальной РН и планируемой высокой урожайности сена возможно внесение минерального азота, но в дозе не превышающей 20 кг/га.

Клевер, как правило, высевают под покров зерновых или однолетних трав идущих после пропашного предшественника. Доза удобрений в этом случае должна быть рассчитана на обе культуры.

Фосфорные и калийные удобрения вносят под покровную культуру в запас. После ее уборки и перезимовки клевера РК-удобрения

можно не вносить, но если травы растут плохо, то можно провести подкормку в дозе 30-40 кг/га P_2O_5 и K_2O . Если участок планируется на семена, то доза РК должна быть больше (50-60 кг/га каждого элемента).

Люцерна по сравнению с клевером более требовательна к плодородию почвы. Особые требования эта культура предъявляет к реакции почвенной среды, которая должна быть нейтральной или слабо щелочной. При необходимости проводят известкование. В связи с тем, что культура может произрастать на одном поле несколько лет, известкуют почву двойными или полуторными дозами извести. Одну полную дозу вносят под основную обработку почвы под плуг, а вторую (или половину) – по вспаханной почве под культиватор или дисковую борону. РК-удобрения – так же под основную обработку почвы. В дальнейшем рекомендуется планировать проведение подкормок фосфорно-калийными туками рано весной после ВВВ и после каждого укоса.

Бобово-злаковые смеси. Система удобрения клеверотимофеечной смеси состоит в следующем: известковые, органические и минеральные удобрения вносят под покровную культуру, так же как и под клевер в чистом виде. В случае успешной перезимовки травостой удобрения не вносят. Если имеет место значительное выпадение клевера и в травосмеси остался преимущественно злаковый компонент, то можно подкормить посевы азотом (40-50 кг/га). После уборки 1 укоса следует планировать внесение 30-35 кг/га азота. На второй год пользования весной (после возобновления весенней вегетации) проводят подкормку азотом (40-50 кг/га), фосфором (30-40 кг/га) и калием (50-60 кг/га). На почвах более тяжелого механического состава РК-туки возможно применять с осени. После первого укоса, если планируется второй, вносят азот в дозе 30-40 кг/га. Лучше всего для подкормки использовать аммиачную селитру, а из калийных – хлористый калий (в случае отсутствия сульфата калия).

Зеленые травосмеси. Удобрение злаковых травосмесей предусматривает внесение РК-удобрений в запас при посеве покровной культуры. После перезимовки травостой следует подкормить азотом (50-70 кг/га) и провести его подкормку после 1 укоса в дозе 40-50 кг/га. Под травы второго года пользования после ВВВ вносится полное минеральное удобрение $N_{50-70}P_{40-50}K_{50-60}$. Под второй укос достаточно внесения N_{40-50} . В случае планирования высоких урожаев желательно внести так же РК-туки.

Особенности применения удобрений на торфяных почвах

При разработке системы применения удобрений следует учитывать то, что торфяники бедны фосфором и очень бедны калием. Более 70 % торфяных почв в настоящее время занято, как правило, многолетними травами, которые в силу длительности вегетационного периода предъявляют высокие требования к пищевому режиму. Поэтому применение удобрений на луговых угодьях должно быть направлено на максимально возможное использование почвенных запасов азота при интенсивном внесении РК-удобрений.

Если травостой злаковый, то необходимо предусмотреть внесение азотных удобрений. В год залужения азотные туки не вносятся. В последующие годы азот применяют дробно под каждый укос или стравливание. Дозы под 3-й укос должны быть на 20-30% ниже, чем под первый и второй. Первое внесение азота должно совпадать с началом весенней вегетации трав и окончанием внутритпочвенного стока влаги.

Для проведения подкормок лучше использовать КАС, аммиачную селитру и сульфат аммония.

На бобово-злаковом травостое подкормки азотными удобрениями проводить не рекомендуется.

Сроки внесения фосфорных и калийных удобрений в год залужения определяются водным режимом торфяника. Если уровень грунтовых вод отрегулирован (т.е. они не подходят к поверхности ближе чем на 50 см) и торфяник не затапливается паводковыми водами, то всю расчетную дозу РК-туков можно внести совместно в один прием поздно осенью или рано весной. В последующие годы при использовании травостоя всю расчетную дозу фосфора так же следует вносить в один прием рано весной после начала отрастания трав. В случае не отрегулированного водного режима калийные удобрения вносятся только весной в предпосевную культивацию. В дальнейшем калийные туки следует применять на травостое в течение летнего сезона дробно в 2-3 приема. Первая подкормка калием должна проводиться в начале активной вегетации трав, последующие – после укосов.

В отношении других культур стратегия применения удобрений следующая:

- сроки внесения фосфорных и калийных удобрений должны определяться с учетом водного режима торфяного массива и форм удобрений;

- калийные удобрения вносят однократно перед посевом, фосфорные – двукратно, перед и во время сева;

- на маломощных и выработанных торфяниках, а так же на вновь осваиваемых массивах необходимо предусмотреть внесение 30-40 кг/га азота, т.к. эти угодья бедны азотом;

- на старопахотных торфяниках с высокой степенью разложения органического вещества азотные удобрения не вносят, а подкормки зерновых проводят только при слабом развитии растений в холодную весну;

- при планировании высоких урожаев и внесении высоких доз фосфорных и калийных удобрений азотом так же следует подкормить сахарную свеклу, овощи, кукурузу, картофель (доза не более 30-45 кг/га).

5.2 Дозы удобрений

5.2.1. *Определение доз органических удобрений*

Потребность хозяйства в органических удобрениях определяется их количеством, необходимым для восполнения потерь органического вещества почвы в результате его минерализации. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса на связных суглинистых, супесчаных дерново-подзолистых почвах необходимо вносить в среднем 10-15 т/га, а на песчаных - 15-17 т/га органических удобрений (подстилочного навоза).

Определение доз органических удобрений в конкретном севообороте проводят на основании расчета нормативной потребности (насыщенности) органическими удобрениями для обеспечения положительного баланса гумуса в почве (см. раздел 2).

Для этого необходимо знать средневзвешенное содержание гумуса (Гс.в.) в почве севооборота и насыщенность севооборота пропашными культурами (Нп), которые рассчитывают по формулам

$$Гс.в. = \frac{S_1 \cdot Г_1 + S_2 \cdot Г_2 + \dots + S_n \cdot Г_n}{S}$$

где S_{1-n} – площадь каждого поля севооборота, га;

$Г_{1-n}$ – содержание гумуса в почве каждого поля, %;

S – площадь севооборота, га.

$$Hn = \frac{Sn}{S} \cdot 100\%$$

где Sn – площадь, занимаемая пропашными культурами, га;

S – площадь севооборота, га.

Пример расчета доз органических удобрений в полевом севообороте.

$$Гс.в. = \frac{1,98 \cdot 80 + 1,65 \cdot 79 + 1,84 \cdot 80 + 2,00 \cdot 82 + 2,00 \cdot 82 + 2,04 \cdot 80 + 1,88 \cdot 81}{80 + 79 + 80 + 82 + 80 + 84} = 1,90\%$$

$$Hn = \frac{80}{80 + 79 + 80 + 82 + 80 + 81} \cdot 100 = 17\%$$

С учетом этих данных для положительного баланса гумуса в дерново-подзолистой связносупесчаной, подстилаемой мореной, почве нормативная потребность (насыщенность) севооборота в органических удобрениях составит 15,0 т/га в год (табл. 11,12).

Далее определяют потребность (П) в органических удобрениях за период ротации севооборота

$$П = Н \cdot Р$$

где Н – нормативная насыщенность 1 га севооборотной площади, т/га;

Р – ротация (число полей) севооборота.

Потребность настоящего 6-польного севооборота составляет

$$П = 15,0 \cdot 6 = 90 \text{ т/га.}$$

Исходя из общей потребности севооборота в органических удобрениях и оптимальных их доз под сельскохозяйственные растения (табл. 28), выбирают 2 культуры (реже 3), под которые целесообразно вносить органические удобрения. Это, прежде всего пропашные, овощные, озимые зерновые культуры. В настоящем севообороте органические удобрения необходимо внести под озимую пшеницу (30 т/га) и сахарную свеклу (60 т/га).

Все полученные данные заносят в таблицу 51.

**Оптимальные дозы (т/га) органических удобрений
под сельскохозяйственные культуры**

Культура	Подстилочный навоз	Жидкий навоз	
		КРС	свиней
Озимые зерновые	30-40	40-60	30-35
Картофель:			
фуражный	50-70	80-100	50-75
столовый	40-50	60-80	40-50
Сахарная свекла	50-70	80-100	50-65
Кормовые корнеплоды	60-80	120-140	75-90
Кукуруза	50-70	100-140	65-90
Однолетние травы	20-40	45-65	30-40
Многолетние злаковые и бобово- зла-ковые травы:			
перезажухение	30-40	40-80	25-50
подкормки	-	100-140	65-90
Улучшенные сенокосы	-	80-120	50-75
Культурные пастбища	-	80-120	50-75
Овощи:			
капуста белокочанная	70		
свекла столовая	40		
томаты	40		
огурцы	120		
лук-репка	40		

5.2.2. Определение доз минеральных удобрений

Определение доз минеральных удобрений является одной из главных задач системы удобрения отдельных сельскохозяйственных культур. Доза минеральных удобрений должна обеспечивать получение высокого урожая хорошего качества, повышение или сохранение оптимального уровня плодородия почвы и не представлять опасности для окружающей среды.

Существует ряд методов расчета доз минеральных удобрений, которые выделяют в следующие группы:

1 - определение на основе обобщенных данных полевых опытов.

2 - балансовые – расчет на основе выноса питательных веществ урожаем сельскохозяйственных культур и коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений.

3 - нормативные – расчет по нормативам затрат минеральных удобрений на единицу урожая или на прибавку.

4 - математические – расчет на основе производных функций y (урожайность) = $f(x$ -доза удобрений) в системе "почва-растение-удобрение".

5 - целенаправленного регулирования плодородия почв.

6 - комплексный – расчет на основе коэффициентов возврата элементов питания (с использованием ЭВМ).

Основными методами расчета доз минеральных удобрений являются комплексный, балансовые и на основе обобщенных данных полевых опытов.

Расчет доз минеральных удобрений комплексным методом

В курсовой работе этим методом рассчитывают дозы минеральных удобрений для культур полевых севооборота на дерново-подзолистой почве.

В основу этого метода положен вынос элементов питания планируемым урожаем сельскохозяйственных культур и коэффициент их возврата.

$$K_{\text{в}} = \frac{D \cdot 100}{B}$$

где $K_{\text{в}}$ – коэффициент возврата элементов питания, %;

D – оптимальная доза минеральных удобрений по результатам полевых опытов, кг/га;

B – вынос элементов питания в оптимальном варианте, кг/га.

Кроме того, в расчете учитываются почвенно-агрохимические условия, вид и количество органических удобрений, применяемых под основную и предшествующую культуры, а также бобовый предшественник.

Дозы азотных удобрений рассчитывают по формуле

$$D_N = \left[\frac{B \cdot Y \cdot K_{\text{в}}}{1000} - (H_o T_o + H_1 T_1) \right] - K_n$$

где D_N - доза азота удобрений, кг д.в./га;

Y - планируемая урожайность культуры, ц/га;

- В - нормативный вынос азота основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг/т;
 Кв - коэффициент возврата азота, %;
 Н₀ - доза органических удобрений под возделываемую культуру, т/га;
 Т₀ - количество азота, используемое из 1т органических удобрений в год их внесения, кг;
 Н₁ - доза органических удобрений под предшествующую культуру, т/га;
 Т₁ - количество азота, используемое из 1т органических удобрений во второй год действия, кг;
 К_п - поправка к дозе азотных удобрений в зависимости от предшественника, кг/га.

При размещении культуры после однолетних и многолетних бобовых трав расчетная доза азота уменьшается на К_п = 20 кг/га; после зернобобовых, многолетних бобово-злаковых трав, однолетних бобово-злаковых смесей - на К_п = 10 кг/га.

Дозы фосфорных удобрений рассчитывают по формуле

$$D_{P_2O_5} = \left[\frac{B \cdot Y \cdot K_{\text{в}}}{1000} - (H_0 T_0 + H_1 T_1) \right] \cdot K_{\text{рН}}$$

где Кв – коэффициент возврата фосфора, %;

К_{рН} - коэффициент корректировки дозы фосфора в зависимости от степени кислотности почвы:

рН _{КСl}	К _{рН}
5,00 и менее	1,2
5,01 – 5,50	1,1
5,50 и более	1,0

Дозы калийных удобрений рассчитываются по формуле

$$D_{K_2O} = \left[\frac{B \cdot Y \cdot K_{\text{в}}}{1000} - (H_0 T_0 + H_1 T_1) \right] \cdot K_{\text{рН}} \cdot K_{\text{рад}}$$

где Кв – коэффициент возврата калия, %;

К_{рН} – коэффициент корректировки доз калия в зависимости от кислотности почв

рН _{КСl}	К _{рН}
6,00 и более	1,2
5,50 – 6,00	1,1
5,50 и менее	1,0;

$K_{\text{рад}}$ – коэффициент корректировки доз калия в зависимости от уровня радиационного загрязнения территории:

Ки/км ²	Крад
Cs > 5,0	1,5
Sr > 0,3	1,5.

Расчетные дозы азота, фосфора и калия корректируются в зависимости от типа и гранулометрического состава почвы. Поправочные коэффициенты к дозам представлены в таблице 29. При этом дозы элементов питания определяют **кратным пяти**.

Расчет доз в физической массе конкретного вида удобрений проводят по формуле

$$D_{\text{НПК}} = \frac{D_{\text{НПК}}(\text{д.в.}) \cdot 100\%}{C}$$

где $D_{\text{НПК}}$ (д.в.) – доза удобрения в действующем веществе, кг/га;
C – содержание действующего вещества в удобрении, %.

Таблица 29

Поправочные коэффициенты к дозам минеральных удобрений в зависимости от типа и гранулометрического состава почв

Тип и гранулометрический состав почв	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные на морене	1,0	1,0	1,0
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные на песках	1,1	0,9	1,1
Торфяно-болотные с мощностью торфа более 0,5 м	0,0	1,1	1,1
Торфяно- и торфянисто-глеевые	0,4	1,0	1,1

Пример расчета доз минеральных удобрений комплексным методом для культур полевого севооборота. Для расчета доз минеральных удобрений используют данные агрохимической характеристики почвы полей севооборота (табл. 4), планируемой урожайности (табл. 3) и ее уровней (табл. 34), нормативного выноса (табл. 30), коэффициентов возврата азота (табл. 31), фосфора (табл. 32) и калия (табл. 33), потребления элементов питания растениями из органических удобрений (табл. 20).

Таблица 30

Нормативный (относительный или удельный) вынос основных элементов питания с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, (минеральные почвы)

Культура	Вид продукции	Элемент питания, кг/т					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S*
1	2	3	4	5	6	7	8
Озимые зерновые:	зел. масса	4,8	1,2	3,9	1,1	0,7	0,3
	пшеница зерно	28,2	10,8	19,2	4,7	3,1	5,0
	рожь - " -	28,0	12,1	23,3	4,1	3,1	6,0
	тритикале - " -	26,0	11,5	21,0	4,2	3,2	8,6
	ячмень - " -	25,0	11,1	25,0	4,6	3,0	7,1
Яровые зерновые:	зел. масса	4,2	1,2	3,8	1,2	0,6	0,3
	пшеница зерно	30,4	11,6	24,7	3,2	2,4	6,0
	тритикале - " -	26,0	11,5	21,0	4,8	3,0	7,6
	ячмень - " -	29,1	11,9	27,4	4,8	3,0	9,0
	овес - " -	25,9	12,4	28,6	4,2	3,3	12,0
	гречиха - " -	37,5	19,8	48,2	8,1	3,4	8,0
	просо - " -	30,0	12,0	30,0	3,6	1,8	1,2
	кукуруза - " -	29,5	11,5	32,9	5,0	3,1	6,1
	зел. масса	3,3	1,2	4,2	0,6	0,5	0,9
	Горох	зерно	58,9	14,0	29,0	24,0	4,8
зел. масса		6,5	1,5	5,0	3,1	0,9	0,4
Пелюшка	зерно	63,6	24,9	35,6	21,8	8,0	16,4
	зел. масса	4,5	1,1	3,5	2,3	0,7	0,3
Вика	зерно	60,0	18,0	38,0	21,4	6,6	12,1
	зел. масса	4,5	1,1	3,5	2,3	0,7	0,3
Кормовые бобы	зерно	60,0	18,0	38,0	25,0	7,4	11,9
	зел. масса	3,2	1,0	3,5	-	-	-
Сераделла	зерно	60,0	18,0	38,0	21,0	8,7	12,0
	зел. масса	4,7	1,2	4,0	1,8	0,7	0,4
Люпин	зерно	84,3	19,9	44,0	18,8	8,5	14,2
	зел. масса	5,4	1,7	3,9	2,5	0,8	0,3
Вико-овсяная смесь	зерно	43,1	15,4	30,9	13,0	5,1	11,5
Пелюшко-овсяная смесь	зерно	42,5	17,8	28,2	-	-	-
Горохо-овсяная смесь	зерно	45,5	13,4	24,4	13,1	4,1	13,1
Однолетние бобово-злаковые травы	зел. масса	4,5	1,3	4,3	0,9	0,6	0,5
	сено	17,4	5,4	25,9	4,6	2,9	2,5
Лен долгунец	волокно	58,1	22,9	73,0	15,0	7,8	16,0
Конопля	волокно	60,2	32,8	50,4	-	-	-
Картофель:	клубни	5,4	1,6	10,7	2,2	1,1	0,8
	семенной - " -	5,4	2,2	9,8	-	-	-
	технический - " -	5,4	2,0	9,5	-	-	-

Продолжение таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7	8
Сахарная свекла	корни	4,0	1,6	6,5	1,6	1,2	1,6
Кормовые корнеплоды:							
кормовая свекла	корни	3,0	1,1	5,1	1,0	0,8	1,2
кормовая брюква	- " -	3,5	1,1	7,8	0,9	0,8	1,0
турнепс	- " -	3,0	1,0	4,3	0,9	0,7	1,2
Капустные:							
озимый рапс	семена	58,0	29,0	26,0	5,2	1,9	3,3
	зел. масса	5,0	0,7	4,7	2,8	1,1	0,7
яровой рапс	семена	55,0	30,0	30,0	5,1	2,0	3,5
	зел. масса	5,0	1,0	4,9	3,0	1,2	0,8
редька масличная	семена	50,0	20,0	32,0	-	-	-
	зел. масса	4,3	1,3	5,5	1,6	1,0	0,6
горчица	семена	57,0	20,0	23,0	-	-	-
	зел. масса	4,2	1,0	5,1	-	-	-
сурепица	семена	53,0	20,0	21,0	-	-	-
	зел. масса	3,4	0,7	4,6	-	-	-
Однолетние злаковые травы	семена	195,0	75,0	185,0	-	-	-
	сено	13,9	5,5	25,4	6,9	2,8	2,5
райграс однолетний	зел. масса	2,8	1,1	5,1	1,4	0,6	0,5
	семена	195,0	75,0	185,0	-	-	-
	сено	16,6	7,0	38,5	-	-	-
Многолетние злаковые травы	семена	195,0	75,0	185,0	-	-	-
	сено	14,9	4,5	24,21	-	-	-
	зел. масса	3,0	0,9	4,8	1,0	0,4	0,4
Многолетние бобовые травы	семена	260,0	65,0	200,0	19,1	9,0	5,2
	сено	23,4	5,1	27,2	15,3	7,6	3,1
	зел. масса	4,3	1,0	4,4	3,0	1,5	0,6
Многолетние бобово-злаковые травы	сено	17,3	5,4	25,7	13,0	4,8	2,5
	зел. масса	3,5	1,1	5,1	2,4	0,9	0,5
Сенокосы:							
естественные	сено	16,8	2,6	20,7	-	-	-
культурные	сено	16,1	4,9	22,0	9,5	4,1	2,0
	зел. масса	3,2	1,0	4,4	2,0	0,8	0,4
Пастбища:							
естественные	зел. масса	4,3	0,6	6,2	-	-	-
культурные	сено	19,4	5,9	24,5	10,0	5,0	2,3
	зел. масса	5,3	0,8	4,9	2,0	1,0	0,5
Овощи:							
капуста белокочанная	кочаны	4,0	1,0	4,3	5,8	2,0	2,0
огурцы	плоды	1,3	0,5	2,3	1,5	1,0	0,7
томаты	плоды	1,6	0,5	2,8	3,0	1,7	1,0
свекла столовая	корнеплод	5,0	1,6	7,4	-	-	-
морковь столовая	корнеплод	3,4	1,1	4,5	-	-	-
лук-репка	луковицы	3,0	1,2	4,0	2,0	1,1	2,0

Продолжение таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7	8
Плодовые деревья	фрукты	5,0	1,6	5,5	-	-	-
Ягодники	ягоды	9,1	2,9	9,5	-	-	-
Растениеводческая продукция	к.ед.	21,0	8,0	22,0	8,1	4,3	4,5

Таблица 31

Возврат азота на дерново-подзолистых суглинистых
и супесчаных почвах на морене, %

№ группы	Культура	Группы урожайности				
		I	II	III	IV	V
1.	Озимые зерновые, кукуруза (зерно), картофель, кормовая свекла, редька масличная (з/м), овощи (морковь)	110	100	90	80	70
2.	Яровые зерновые (зерно), однолетние травы (зеленая масса), рапс (зеленая масса), бобово-злаковые травы (сено), многолетние и однолетние злаковые травы (семена), озимая рожь (зеленая масса)	100	90	80	70	60
3.	Сахарная свекла, естественные сенокосы и пастбища	130	120	110	100	90
4.	Кукуруза (зеленая масса), рапс, редька масличная (семена), однолетние травы (сено)	150	140	130	120	110
5.	Лен, бобово-злаковые смеси (зерно)	70	65	60	55	50
6.	Гречиха, культурные пастбища, овощи (капуста)	120	10	100	90	80
7.	Однолетние бобовые (зерно, зеленая масса)	40	35	30	25	20
8.	Однолетние бобово-злаковые травы (зеленая масса), многолетние бобово-злаковые травы (сено)	60	55	50	45	40
9.	Многолетние бобовые травы (сено, зеленая масса, семена), люпин	00	00	00	00	00
10.	Многолетние злаковые травы (сено), овощи (зеленые, лук, томаты)	180	170	160	150	140
11.	Овощи (огурцы)	400	380	360	310	320

Таблица 32

Возврат фосфора на дерново-подзолистых суглинистых
и супесчаных почвах на морене, %

№ групп-пы	Культура	Группа урожайности	Возврат при содержании P ₂ O ₅ в почве, мг/кг				
			менее 100	101-150	151-200	201-300	301-400
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Озимая пшеница, кукуруза (зерно), однолетние бобово-злаковые смеси (зерно), яровой рапс (зеленая масса), пелюшка (зеленая масса), овощи (свекла)	1	260	220	200	130	-
		2	250	210	190	125	55
		3	240	200	180	120	50
		4	220	180	160	110	45
		5	200	170	150	100	40
2.	Озимая рожь, тритикале (зерно), вика, сераделла (зеленая масса), райграс (сено), сенокосы улучшенные	1	240	200	180	120	-
		2	230	190	170	110	50
		3	220	180	160	105	45
		4	190	160	140	100	40
		5	180	150	130	90	35
3.	Ячмень, овес, яровая пшеница, тритикале (зерно), озимый и яровой рапс (семена), вика, (зерно), редька масличная, однолетние бобово-злаковые травы (зеленая масса)	1	220	180	160	110	-
		2	200	170	150	100	45
		3	190	160	140	95	40
		4	180	150	130	90	35
		5	170	140	120	80	30
4.	Картофель, райграс (зеленая масса), многолетние бобово-злаковые травы (сено), овощи (капуста)	1	370	310	280	190	75
		2	340	280	250	170	70
		3	310	260	230	160	65
		4	280	230	210	140	60
		5	250	210	190	130	55
5.	Лен, пастбища естественные, овощи (томаты, огурцы)	1	650	540	490	320	140
		2	600	500	450	300	130
		3	550	460	410	280	120
		4	500	420	380	250	110
		5	470	390	350	230	100
6.	Кормовая и сахарная свекла, горох (зерно), гречиха, кукуруза (зеленая масса), озимые зерновые (зеленая масса), пастбища культурные	1	300	250	220	150	65
		2	270	230	210	140	60
		3	250	210	190	130	55
		4	230	190	170	120	50
		5	220	180	160	110	45
7.	Зерновые + многолетние травы	1	320	270	240	160	70
		2	300	250	220	150	65
		3	280	230	200	140	60
		4	250	210	190	130	55
		5	240	200	180	120	50

Продолжение таблицы 32

1	2	3	4	5	6	7	8
8.	Многолетние бобовые травы (семена, сено, зеленая масса)	1	400	330	300	200	80
		2	360	300	270	180	75
		3	330	280	250	170	70
		4	310	260	230	160	65
		5	280	230	210	140	60
9.	Люпин, пелюшка (зерно)	1	180	150	140	80	45
		2	170	140	130	80	40
		3	160	130	120	75	35
		4	140	120	110	70	30
		5	130	110	100	60	25
10.	Многолетние злаковые травы (семена, сено), овощи (зеленые, лук, томаты)	1	550	460	410	280	120
		2	500	420	380	250	110
		3	460	380	340	230	100
		4	430	360	320	220	90
		5	410	340	310	200	80

Таблица 33

Возврат калия на дерново-подзолистых суглинистых
и супесчаных почвах на морене, %

№ группы	Культура	Группа урожайности	Возврат при содержании K_2O в почве, мг/кг				
			менее 80	81-140	141-200	201-300	301-400
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Озимая пшеница, тритикале (зерно), горох, гороховая смесь (зерно), зерновые (зеленая масса) + многолетние травы, овощи (лук)	1	220	180	165	105	-
		2	200	165	150	95	40
		3	180	150	135	85	35
		4	160	135	120	75	30
		5	140	120	110	65	25
2.	Яровой ячмень (зерно), люпин (зерно, зеленая масса, однолетние бобово-злаковые травы (зеленая масса), пастбища	1	140	120	110	70	-
		2	130	110	100	65	30
		3	120	100	90	55	25
		4	110	90	80	50	25
		5	100	80	70	40	20

Продолжение таблицы 33

1	2	3	4	5	6	7	8
3.	Озимая рожь, ячмень, яровая пшеница, тритикале + многолетние травы, кукуруза (зеленая масса), многолетние травы (сено, семена, зеленая масса)	1	200	160	145	90	-
		2	180	145	130	85	35
		3	160	130	115	80	30
		4	140	115	105	70	25
		5	120	100	90	60	25
4.	Картофель	1	100	90	80	55	20
		2	90	80	70	50	20
		3	80	70	60	40	15
		4	70	60	50	35	15
		5	60	50	40	30	10
5.	Лен, яровой рапс, редька масличная (семена), овощи (томаты, огурцы)	1	260	220	200	130	55
		2	240	200	180	120	50
		3	220	180	160	110	45
		4	200	160	145	100	40
		5	180	140	125	90	35
6.	Яровая пшеница (зерно), сахарная свекла, кормовые корнеплоды, вика (зерно), зерновые (з/м), однолетние бобовые травы (зел. масса)	1	160	130	120	70	30
		2	150	120	110	65	30
		3	140	110	100	60	25
		4	120	100	90	55	25
		5	100	90	80	50	20
7.	Озимая пшеница, тритикале + многолетние травы	1	240	200	180	120	50
		2	220	185	165	110	45
		3	200	170	150	100	40
		4	180	155	135	90	35
		5	160	135	120	80	30
8.	Овес (зерно), рапс (зеленая масса), редька масличная (зеленая масса), овощи (свекла)	1	130	110	100	60	25
		2	120	100	90	55	25
		3	110	90	80	50	20
		4	100	80	70	40	20
		5	90	70	60	35	15
9.	Озимый рапс (семена), овощи (томаты, огурцы)	1	280	240	220	140	60
		2	260	220	200	130	55
		3	240	200	180	120	50
		4	220	180	160	110	45
		5	200	160	145	100	40
10.	Яр. тритикале(зерно), гречиха, пелюшка, пелюшка-овес, вико-овес (зерно), оз.ячмень (зерно), кукуруза (зерно), сенокосы, овощи (зеленые, морковь, капуста)	1	180	140	125	85	35
		2	165	130	120	80	30
		3	150	120	110	70	25
		4	135	110	100	65	20
		5	120	100	90	55	20

Таблица 34

Уровни урожайности основных сельскохозяйственных культур

Культура	Группы и уровни урожайности, ц/га				
	I	II	III	IV	V
Зерновые	10-30	30,1-40	40,1-50	50,1-60	60,1-80
Зернобобовые	10-15	15,1-20	20,1-25	25,1-35	35,1-50
Гречиха и крестоцветные	6-10	10,1-14	14,1-18	18,1-22	22,1-30
Лен (волокно)	3-5	5,1-7	7,1-9	9,1-11	11,1-16
Сахарная свекла, овощи	100-200	201-300	301-400	401-500	501-600
Картофель	150-200	201-250	251-300	301-400	401-500
Кукуруза (зеленая масса)	200-300	301-400	401-500	501-600	601-800
Кормовые корнеплоды	200-300	301-500	501-700	701-900	901-1200
Однолетние и многолетние травы (з/м), озимая рожь (з.м.)	100-150	151-200	201-250	251-300	301-500
Однолетние и многолетние травы (сено), кукуруза (зерно)	20-30	31-40	41-60	61-80	81-120
Многолетние травы (семена)	2-3	3,1-4	4,1-5	5,1-6	6,1-8
Овощи	100-150	151-200	201-300	301-400	> 400

При выборе величины коэффициента возврата (K_v) азота, фосфора и калия (табл.31-33) следует руководствоваться видом культуры, группой урожайности (табл. 34), а для фосфора и калия – содержанием подвижных P_2O_5 и K_2O в почве. Коэффициент возврата находят на пересечении данных вида культуры, группы урожайности и содержания подвижных P_2O_5 и K_2O в почве.

1 поле – горох (зерно). Поскольку под горох используется минеральная система удобрения и под предшественник не вносятся органические удобрения, то формулы расчета доз азота, фосфора и калия будут иметь следующий вид

$$D_N = \frac{У \cdot В \cdot K_v}{1000} = \frac{33 \cdot 58,9 \cdot 25}{1000} = 49 - 50 \text{ кг/га}$$

$$D_{P_2O_5} = \frac{Y \cdot B \cdot K_в}{1000} \cdot K_{pH} = \frac{33 \cdot 14 \cdot 170}{1000} \cdot 1,1 = 79 \rightarrow 80 \text{ кг/га}$$

$$D_{K_2O} = \frac{Y \cdot B \cdot K_в}{1000} \cdot K_{pH} \cdot K_{рад.} = \frac{33 \cdot 29 \cdot 120}{1000} \cdot 1 \cdot 1 = 115 \text{ кг/га}$$

Урожайность зерна гороха 33 ц/га соответствует 4 уровню урожайности. Коэффициент возврата азота с учетом уровня урожайности равен 35%, фосфора и калия с учетом уровня урожайности и содержания подвижных P_2O_5 (158) и K_2O (170) соответственно 170 и 120%. Нормативный вынос для зерна гороха составляет: N-58,9, P_2O_5 -14, K_2O -29 кг/т. При pH_{KCl} равной 5,50 коэффициент корректировки дозы фосфора и калия на pH соответственно равен 1,1 и 1,0. Почва не загрязнена радионуклидами – Крад. = 1,0.

Поле 2 – озимая пшеница (зерно). Под озимую пшеницу применяется органо-минеральная система удобрения, а предшественником этой культуры является зернобобовая культура, оставляющая после себя 10 кг/га минерального азота. Поэтому формулы расчета доз НРК будут иметь следующий вид

$$D_N = \left[\frac{Y \cdot B \cdot K_в}{1000} - (H_o \cdot T_o) \right] - K_n = \left[\frac{45 \cdot 26,0 \cdot 90}{1000} - (30 \cdot 0,9) \right] - 10 = 68 \rightarrow 70 \text{ кг/га}$$

$$D_{P_2O_5} = \left[\frac{Y \cdot B \cdot K_в}{1000} - (H_o \cdot T_o) \right] \cdot K_{pH} = \left[\frac{45 \cdot 11,5 \cdot 200}{1000} - (30 \cdot 0,5) \right] \cdot 1,2 = 106 \rightarrow 105 \text{ кг/га}$$

$$D_{K_2O} = \left[\frac{Y \cdot B \cdot K_в}{1000} - (H_o \cdot T_o) \right] \cdot K_{pH} \cdot K_{рад.} = \left[\frac{4,5 \cdot 21,0 \cdot 135}{1000} - (30 \cdot 2,0) \right] \cdot 1 = 68 \rightarrow 70 \text{ кг/га}$$

Поле 3 – сахарная свекла. Под сахарную свеклу применяется органо-минеральная система удобрения. При этом сахарная свекла будет использовать НРК органических удобрений, внесенных под озимую пшеницу (второй год действия).

$$D_N = \left[\frac{Y \cdot B \cdot K_в}{1000} - (H_o \cdot T_o + H_1 T_1) \right] = \frac{380 \cdot 4,0 \cdot 110}{1000} - (60 \cdot 0,9 + 30 \cdot 0,5) = 98 \rightarrow 100 \text{ кг/га}$$

$$D_{P_2O_5} = \left[\frac{Y \cdot B \cdot K_{\text{в}}}{1000} - (H_o \cdot T_o + H_1 T_1) \right] \cdot K_{pH} =$$

$$= \frac{380 \cdot 1,6 \cdot 190}{1000} - (60 \cdot 0,9 + 30 \cdot 0,5) \cdot 1,1 = 89 \rightarrow 90 \text{ кг} / \text{га}$$

$$D_{K_2O} = \left[\frac{Y \cdot B \cdot K_{\text{в}}}{1000} - (H_o \cdot T_o + H_1 T_1) \right] \cdot K_{pH} =$$

$$= \frac{380 \cdot 6,5 \cdot 100}{1000} - (60 \cdot 2,0 + 30 \cdot 0,48) \cdot 1 = 113 \rightarrow 115 \text{ кг} / \text{га}$$

Поле 4 – ячмень + клевер (зерно). Под ячмень применяется минеральная система. Кроме того, ячмень будет использовать НРК органических удобрений, внесенных под предшественник.

$$D_N = \left[\frac{Y \cdot B \cdot K_{\text{в}}}{1000} - (H_1 \cdot T_1) \right] = \frac{38 \cdot 29,1 \cdot 90}{1000} - (60 \cdot 0,5) = 70 \text{ кг} / \text{га}$$

$$D_{P_2O_5} = \left[\frac{Y \cdot B \cdot K_{\text{в}}}{1000} - (H_1 \cdot T_1) \right] \cdot pH = \frac{38 \cdot 11,9 \cdot 150}{1000} - (60 \cdot 0,15) \cdot 1,0 = 59 \rightarrow 60 \text{ кг} / \text{га}$$

$$D_{K_2O} = \left[\frac{Y \cdot B \cdot K_{\text{в}}}{1000} - (H_1 \cdot T_1) \right] \cdot pH = \frac{38 \cdot 27,4 \cdot 100}{1000} - (60 \cdot 0,48) \cdot 1,1 = 83 \rightarrow 85 \text{ кг} / \text{га}$$

Поле 5 – клевер (сено). Под клевер применяется минеральная система удобрения. Формула расчета доз удобрений будет иметь следующий вид

$$N = \frac{Y \cdot B \cdot K_{\text{в}}}{1000} = \frac{80 \cdot 23,4 \cdot 0}{1000} = 0$$

$$P_2O_5 = \frac{Y \cdot B \cdot K_{\text{в}}}{1000} \cdot K_{pH} = \frac{80 \cdot 5,1 \cdot 160}{1000} \cdot 1,1 = 72 \rightarrow 70 \text{ кг} / \text{га}$$

$$K_2O = \frac{Y \cdot B \cdot K_e}{1000} \cdot K_{pH} = \frac{80 \cdot 27,2 \cdot 105}{1000} \cdot 1,0 = 228 \rightarrow 230 \text{ кг/га}$$

Поле 6 – яровое тритикале (зерно). Под яровое тритикале применяется минеральная система удобрения. При этом яровое тритикале будет использовать 20 кг/га азота, оставляемого клевером.

$$N = \frac{Y \cdot B \cdot K_e}{1000} - K_n = \frac{45 \cdot 26,0 \cdot 80}{1000} - 20 = 74 \rightarrow 75 \text{ кг/га}$$

$$P_2O_5 = \frac{Y \cdot B \cdot K_e}{1000} \cdot p_H = \frac{45 \cdot 11,5 \cdot 140}{1000} \cdot 1,1 = 80 \text{ кг/га}$$

$$K_2O = \frac{Y \cdot B \cdot K_e}{1000} \cdot p_H = \frac{45 \cdot 21,0 \cdot 110}{1000} \cdot 1,0 = 104 \rightarrow 105 \text{ кг/га}$$

Рассчитанные дозы минеральных удобрений заносят в таблицу 51.

Определение доз фосфорных удобрений в условиях их дефицита

В условиях дефицита фосфорных удобрений в республике внесение их рекомендуется проводить с учетом содержания подвижного фосфора в почве (табл. 35).

Таблица 35

Рекомендуемые дозы фосфорных удобрений

Обеспеченность почв	Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг	Доза удобрений, кг/га	Прием внесения
Очень низкая – средняя	менее 150	30 – 40	основное
Повышенная	151 – 250	15 – 20	в рядки
Высокая	более 250	не вносятся	не вносятся

Дозы фосфорных удобрений под культуры полевого севооборота согласно этим рекомендациям представлены в таблице 35 а.

Таблица 35 а

Дозы фосфорных удобрений под культуры полевого севооборота

Культура	Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг	Доза удобрений, кг/га		Прием внесения
		расчетная	рекомендуемая при дефиците	
Горох	158	80	15	в рядки
Озимая пшеница	144	105	40	основное
Сахарная свекла	175	90	15	в рядки
Ячмень + клевер	194	60	15	в рядки
Клевер	210	70	15	в рядки
Яровое тритикале	155	80	15	в рядки

Определение доз минеральных удобрений по данным полевых опытов

На основании обобщения данных полевых опытов научно-исследовательских учреждений Республики Беларусь разработаны рекомендации по применению оптимальных доз удобрений под различные культуры.

В курсовой работе определение доз удобрений этим методом проводится для культур, возделываемых в севообороте на торфяных почвах, для сенокосов и пастбищ, а также для садов.

Определение доз минеральных удобрений для культур севооборота на торфяной почве

В связи с тем, что к настоящему времени почти все торфяные почвы перешли в разряд старопахотных с высокой степенью разложения органического вещества, на этих почвах рекомендуется вносить азотные удобрения. Дозы азота определяют с учетом планируемой урожайности, фосфора и калия с учетом – содержания подвижных P_2O_5 и K_2O в торфяной почве (табл.36).

Пример определения доз минеральных удобрений под культуры кормового севооборота. Итак, для определения доз минеральных удобрений под культуры кормового севооборота по данным полевых опытов необходимы планируемая урожайность (табл. 3) и агрохимическая характеристика торфяной почвы (табл.4).

Таблица 36
 Оптимальные дозы удобрений (кг/га) под основные сельскохозяйственные культуры
 на торфяных почвах

Культура	План. урожай, т/га	Азотные удобрения, кг/га д.в.	Фосфорные удобрения (кг/га д.в.)						Калийные удобрения (кг/га д.в.)																
			201-400		401-600		601-800		801-1000		201-400		401-600		601-1000										
			<200	80-95	65-80	50-65	35-50	20-25	110-130	90-110	75-95	60-80	45-60	30-45	15-20	10-15	5-10								
Озимые зерновые (зерно)	3,0-4,0 4,1-5,0 5,1-6,0	20-25 25-30 30-40	80-95 95-100 х	65-80 80-95 х	50-65 65-80 80-90	35-50 50-60 60-70	20-25 25-30 30-40	90-110 110-130 х	65-85 85-105 х	55-75 75-95 95-110	35-55 55-75 75-90	25-35 35-40 50-60	Озимые зерновые (зерно)	3,0-4,0 4,1-5,0 5,1-6,0	20-25 25-30 30-40	80-95 95-100 х	65-80 80-95 х	50-65 65-80 70-80	35-50 40-50 50-60	20-25 25-30 30-40	90-110 110-130 х	65-85 85-105 х	55-75 75-95 95-110	35-55 55-75 75-90	25-35 35-40 50-60
Ярвые зерновые (зерно)	1,5-2,5 2,6-3,5 3,6-4,5	- - -	55-85 85-115 х	45-75 75-105 х	35-55 55-75 75-100	25-40 40-55 55-70	15-20 20-30 30-40	90-110 110-135 х	80-100 100-125 х	65-90 90-115 115-140	45-70 70-100 100-130	20-35 35-50 50-60	Зерно-бобовые (зерно)	1,5-2,5 2,6-3,5 3,6-4,5	- - -	55-85 85-115 х	45-75 75-105 х	35-55 55-75 75-100	25-40 40-55 55-70	15-20 20-30 30-40	90-110 110-135 х	80-100 100-125 х	65-90 90-115 115-140	45-70 70-100 100-130	20-35 35-50 50-60
Куркума (з/л)	15,0-20,0 20,1-25,0 25,1-30,0	20-25 25-30 30-35	65-75 75-90 х	45-55 55-70 70-85	40-50 50-60 60-70	30-35 35-45 45-55	20-25 25-30 30-35	75-95 95-115 х	55-75 75-95 95-115	45-60 60-80 80-100	30-45 45-60 60-75	20-30 30-40 40-50	Картофель (лубяки)	30,1-35,0 35,1-40,0	35-40 40-45	х х	х х	70-80 80-95	55-65 65-75	35-40 40-45	100-115 115-130	75-90 90-100	50-55 55-60		
Кормовая свекла (карни)	20,0-30,0 30,1-50,0 50,1-70,0 70,1-90,0	20-30 30-40 40-50 50-70	55-80 х х х	35-60 60-90 х х	25-50 50-75 75-100 -	20-30 30-45 45-65 65-85	15-20 20-25 25-35 35-45	70-120 х х х	50-100 100-170 х х	35-80 80-125 125-170 х	25-45 45-70 70-95 95-120	20-30 30-45 45-60 60-70													

Продолжение таблицы 3б

Культура	Плак. урожай, т/га	Азотные удобрения, кг/га д.в.	Фосфорные удобрения (кг/га д.в.)						Калийные удобрения (кг/га д.в.)					
			Содержание Р ₂ O ₅ в почве, мг/кг						Содержание К ₂ O в почве, мг/кг					
			<200	201-400	401-600	601-800	801-1000	>1000	<200	201-400	401-600	601-800	>800	1001-1300
Однолетние злаковые травы (з/л)	15,0-20,0	30-35	50-65	35-45	30-40	25-30	15-20	100-130	90-110	75-100	55-70	30-35		
	20,1-30,0	35-40	х	45-60	40-55	30-40	20-30	х	110-140	100-130	70-90	35-45		
	30,1-40,0	40-45	х	55-70	40-50	30-35	30-35	х	х	130-155	90-110	45-60		
40,1-50,0	45-60	х	х	50-60	35-40	35-40	х	х	х	110-130	60-70			
Однолетние бобово-злаковые травы (з/л)	15,0-20,0	15-20	50-65	35-45	30-40	25-30	15-20	90-120	80-100	65-90	50-65	25-30		
	20,1-30,0	20-25	х	45-60	30-40	20-30	20-30	х	100-130	90-120	65-85	30-40		
	30,1-40,0	25-30	х	55-70	40-50	30-35	30-35	х	х	120-150	85-105	40-50		
40,1-50,0	30-35	х	х	50-60	35-40	35-40	х	х	х	105-120	50-60			
Однолетние крупнозлаковые (з/л)	15,0-20,0	25-30	50-65	35-45	30-40	25-30	15-20	90-120	80-100	65-90	50-65	25-30		
	20,1-30,0	30-35	х	45-60	30-40	20-30	20-30	х	100-130	90-120	65-85	30-40		
	30,1-40,0	35-40	х	х	40-50	30-35	30-35	х	х	120-150	85-105	40-50		
40,1-50,0	40-45	х	х	50-60	35-40	35-40	х	х	х	105-120	50-60			
Многолетние злаковые травы (сено)	3,0-4,0	30-40	55-70	50-65	40-50	25-35	10-15	110-130	100-120	90-110	55-75	30-40		
	4,1-6,0	40-50	70-90	65-85	50-70	35-50	15-25	130-165	120-150	110-135	75-100	40-55		
	6,1-8,0	50-60	х	х	70-85	50-60	25-30	х	х	135-160	100-125	55-70		
8,1-10,0	60-70	х	х	85-100	60-70	30-35	30-35	х	х	160-180	125-150	70-80		
Многолетние бобово-злаковые травы (сено)	3,0-4,0	20-25	55-70	50-65	40-50	25-35	10-15	110-130	100-120	90-110	55-75	30-40		
	4,1-6,0	25-30	70-90	65-85	50-70	35-50	15-25	130-165	120-150	110-135	75-100	40-55		
	6,1-8,0	30-35	х	х	70-85	50-60	25-30	х	х	135-160	100-125	55-70		
8,1-10,0	35-40	х	х	85-100	60-70	30-35	30-35	х	х	160-180	125-150	70-80		

Примечание, х – не планируется получение данного урожая

Поле 1. Озимая рожь (з.м.) + многолетние бобово-злаковые травы.

При уровне урожайности озимой ржи (однолетние злаковые травы) 200 ц/га зеленой массы рекомендуемая доза азота под эту культуру составляет 30-35 кг/га, а при содержании в почве на этом поле 330 P₂O₅ и 310 мг/кг K₂O дозы фосфора и калия – соответственно 35-45 и 90-110 кг/га. В рамках рекомендуемого интервала выбираем любые, например, N-35, P₂O₅-45 и K₂O-110 кг/га.

Аналогично, используя данные таблицы 36, определяем дозы азота, фосфора и калия под другие культуры кормового севооборота.

Поле 2. Многолетние злаково-бобовые травы 1 года пользования.

Под бобово-злаковые травы (1 год пользования) азотные удобрения не вносят. Доза фосфора – 85, калия – 180 кг/га.

Поле 3. Многолетние травы 2 года пользования.

Под бобово-злаковые травы 2 года пользования необходимо вносить азотные удобрения в дозе 40 кг/га. Доза фосфора – 80, калия – 150 кг/га.

Поле 4. Многолетние травы 3 года пользования.

Доза азота – 40, фосфора – 80, калия – 150 кг/га.

Поле 5. Многолетние травы 4 года пользования.

Доза азота – 40, фосфора – 70, калия – 140 кг/га.

Поле 6. Озимая рожь (зерно).

Доза азота – 25, фосфора – 50, калия – 90 кг/га.

Дозы минеральных удобрений заносят в таблицу 52.

Определение доз удобрений для улучшенных сенокосов и пастбищ

При определении доз удобрений для коренного улучшения сенокосов и пастбищ используют рекомендуемые дозы (табл. 37).

Таблица 37

Дозы органических и минеральных удобрений для коренного улучшения сенокосов и пастбищ

Вид работ	Органические, т/га	Минеральные, кг/га		
		азот	фосфор	калий
Коренное улучшение и перезалужение	30-60	-	120-140	120-140
Посев многолетних трав	-	30-50	40-50	40-50

При использовании сенокосов и пастбищ дозы минеральных удобрений определяют с учетом типа почв, луга, состава травостоя, планируемого урожая. Примерные дозы минеральных удобрений при сенокосном использовании луга приведены в таблице 38, а при пастбищном – в таблице 39.

Определение доз минеральных удобрений для естественных кормовых угодий

При определении доз минеральных удобрений для естественных кормовых угодий используют рекомендуемые средние дозы:

N - 20 кг/га

P₂O₅ - 10 кг/га

K₂O - 20 кг/га

Таблица 38

Дозы минеральных удобрений (кг/га) для ежегодного внесения при сенокосном использовании луга

Тип луга	Почва	Травостой	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6
Суходольный	Дерново-подзолистая	Естественный злаково-разнотравный	60-90	20-30	40-60
		Сеянный бобово-злаковый	45-60	45-60	60-90
		Сеянный злаковый	60-120	20-40	40-80
Низинный	Дерново-болотная	Естественный злаково-разнотравный	60-90	30-40	50-60
		Сеянный бобово-злаковый	20-30	45-60	60-90
		Сеянный злаковый	60-120	30-45	60-90
Пойменный	Пойменная дерново-болотная	Естественный злаково-разнотравный	60-90	20-30	40-60
		Сеянный бобово-злаковый	20-40	30-45	60-90
		Сеянный злаковый	60-120	20-40	60-90

Продолжение таблицы 38

1	2	3	4	5	6
Сенокос на осушенном торфянике (культурные травы)	Торфяно-болотная низинного и переходного типа	Сеянный бобово-злаковый	20-40	30-45	60-90
		Сеянный злаковый	30-70	45-60	90-120

Таблица 39

Дозы минеральных удобрений (кг/га) при ежегодном внесении на культурных лугах при пастбищном использовании

Тип луга	Почва	Травостой	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Суходольный	Дерново-подзолистая	Естественный злаково-разнотравный	60-120	30-40	60-80
		Сеянный злаковый	60-120	40-50	80-90
		Сеянный бобово-злаковый	30-60	40-60	60-90
Низинный	Дерново-болотная	Естественный злаково-разнотравный	60-120	30-45	60-90
		Сеянный злаковый	60-120	40-60	80-120
		Сеянный бобово-злаковый	20-30	40-60	90-120
Пойменный	Пойменная дерново-болотная	Естественный злаково-разнотравный	60-120	30-45	40-60
		Сеянный злаковый	60-120	30-45	60-90
		Сеянный бобово-злаковый	20-40	30-60	60-120
Мелиорированный торфяник	Торфяно-болотная низинного и переходного типа	Сеянный злаковый	30-70	40-60	120-180
		Сеянный бобово-злаковый	20-40	30-60	120-180

Определение доз удобрений в садах

При определении доз удобрений под плодовые культуры используют рекомендуемые средние дозы (табл. 40).

Таблица 40

Удобрение сада								
Возрастной период	Основное				Подкормка			
	органические, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	органические, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		кг/га				кг/га		
Питомник								
Перед посевом	100	-	90-120	90-120	-	-	-	-
Сеянцы	-	-	-	-	-	50+40	-	-
Подвои, саженцы (1-2 летки)	-	-	-	-	-	50+40	-	-
Перед закладкой	80-120	-	100-120	120-140	-	-	-	-
Молодой сад								
Посадка в яму								
семечковые	25-30	-	40-60	40-60	-	-	-	-
косточковые	15-20	-	20-30	20-30	-	-	-	-
3-4 год после посадки (в приств. круг)	-	-	-	-	6-8	20+5	25	25
5-6 год "-"	-	-	-	-	7-40	25+10	35	35
7-8 год "-"	-	-	-	-	10-15	30+15	55	50
Плодоносящий сад								
Семечковые	-	-	-	-	15	40+30+30	60-90	90-120
Косточковые	-	-	-	-	15	60+30	60	90

Примечание. В молодом саду дозы органических удобрений – кг/м², минеральных – г/м².

Расчет доз минеральных удобрений методом элементарного баланса

Для освоения студентами метода элементарного баланса в курсовой работе предлагается рассчитать дозы минеральных удобрений для пропашной (органоминеральная система удобрения) и зерновой культур (минеральная система удобрения) полевого севооборота.

В основе этого метода лежит использование коэффициентов усвоения питательных веществ культурами из почвы, органических и минеральных удобрений.

Расчет доз минеральных удобрений для **органоминеральной** системы проводят по формуле

$$D_{N,P,K(\kappa\text{г/га})} = \frac{100 \cdot УВ_0 - (ПК_n + Д \cdot Т \cdot К \text{ о.у.} + Кб)}{К \text{ м.у.}}$$

где У – планируемая урожайность, т/га;

В₀ – нормативный (относительный) вынос элементов питания, кг/т;

П – запасы элементов питания в пахотном слое почвы, кг/га;

К_n, К_{о.у.}, К_{м.у.} – коэффициенты использования элементов питания соответственно из почвы, минеральных и органических удобрений, %;

Д – доза органических удобрений, т/га;

К_{б(Н)} – поправка на бобовый предшественник, кг/га;

Т – содержание элементов питания в органических удобрениях, т/га.

Для **минеральной системы** удобрения дозы минеральных удобрений рассчитывают по формуле

$$D_{N,P,K(\kappa\text{г/га})} = \frac{100 \cdot УВ - (ПК_n + Кб)}{К \text{ м.у.}}$$

Запасы подвижного азота рассчитывают по величине содержания гумуса в почве. Установлено, что почва, содержащая 1% гумуса, обеспечивает растения 20-25 кг/га подвижного азота.

Величину **запасов подвижных фосфора и калия** в почве вычисляют по формуле

$$П_{P_2O_5, K_2O} (\kappa\text{г/га}) = C \cdot H \cdot V \cdot 0,1$$

где С – содержание подвижных P₂O₅ и K₂O в почве, мг/кг;

Н – мощность пахотного слоя, см;

V – объемная масса почвы, г/см³.

При отсутствии информации о мощности пахотного слоя и объемной массе почвы используют средние данные (Н-20 см, V-1,5 г/см³). Тогда формула имеет следующий вид

$$П = C \cdot 20 \text{ см} \cdot 1,5 \text{ г/см}^3 \cdot 0,1 = C \cdot 3$$

Коэффициенты использования фосфора и калия из почвы представлены в таблице 41, минеральных удобрений – в таблице 42.

Таблица 41

Средние коэффициенты использования сельскохозяйственными культурами P_2O_5 и K_2O из дерново-подзолистых почв, %

Культуры	P_2O_5	K_2O
Зерновые, зернобобовые, однолетние и многолетние травы	6	10
Лен-долгунец	3	6
Кукуруза на силос	5	20
Картофель, сахарная и кормовая свекла, овощные культуры	7	20-25
Сенокосы	5	20
Рапс яровой, редька масличная	6	10
Промежуточные культуры	3-4	5-6

Таблица 42

Коэффициенты использования растениями питательных элементов из минеральных удобрений, %

Год действия	N	P_2O_5	K_2O
Основные культуры севооборота			
1-й	60-70	15-20*	50-60
2-й	-	10-15	15-20
3-й	-	5	-
За ротацию севооборота	60-70	30-40	65-80
Культуры в промежуточных посевах			
1-й	40-45	10-15	40-45

*При сплошном внесении вразброс. При локальном внутрипочвенном внесении – 30-35%.

Данные по содержанию элементов питания в органических удобрениях используют из таблицы 43, по коэффициентам использования элементов питания из органических удобрений – из таблицы 44.

Таблица 43

Поступление питательных элементов с
органическими удобрениями, кг/т

Виды органических удобрений	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Навоз КРС на соломенной подстилке	5,2	2,6	6,2	4	2	5,2
Навоз КРС на торфяной подстилке	6,2	2	5,3	4	2	5
Навоз КРС жидкий	2,4	1,2	3	1	0,5	1
Навоз КРС полужидкий	3,7	1,7	4,3	2	1	2,2
Навоз свиной жидкий	2,8	0,9	1,8	1	0,5	1
Компост (навоз : торф = 1:2)	5,7	2,3	5,2	4	2	4
Компост (навоз : торф = 2:1)	3,3	1,8	3,2	4	2	3,5
Помет птичий	15	14	5	17	5	14
Компост (помет : торф = 1:1)	10,2	8,2	3	-	-	10
Компост (помет : торф = 2:1)	12,2	10	4	-	-	11
Навоз подстилочный и компосты в среднем	5,1	2,1	5	4	2	0,4-0,5

Таблица 44

Средние коэффициенты использования питательных элементов
из органических удобрений, %

Год действия	Подстилочный навоз			Полужидкий навоз			Жидкий навоз		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Основные культуры севооборота									
1-й	20-25	25-30	50-60	30-35	30-35	50-60	45-50	35-40	60-65
2-й	20	10-15	10-15	15-20	10	10	15-20	10	10
3-й	10	5	-	-	5	-	5	5	-
За ротацию севооборота	50-55	40-50	60-75	55-65	45-60	60-70	65-75	50-55	70-75
Культуры в промежуточных посевах									
1-й	20	15	45	25	15	50	30	20	55

Пример расчета доз минеральных удобрений методом элементарного баланса для ярового тритикале и сахарной свеклы. Результаты расчета вносят в таблицу 45.

Таблица 45

Расчет доз минеральных удобрений под две культуры (зерновая и пропашная) севооборота на минеральной почве методом элементарного баланса

Показатели	Культура <u>яровое тритикале</u>			Культура <u>сахарная свекла</u>		
	урож., ц/га 45			урож., ц/га 380		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7
1. Вынос пит. веществ 1 ц основным и соответств. количеством побочной продукции, кг (Вн)	2,6	1,15	2,1	0,4	0,16	0,65
2. Вынос пит. веществ планир. урожаем, кг/га (У · Вн)	117	52	95	152	61	247
3. Содержание гумуса (%) и пит. веществ в подвижной форме в почве, мг/кг (С)	1,88	155	172	1,84	175	169
4. Запасы питательных веществ в подвижной форме в почве, кг/га (П)	47	465	516	46	525	507
5. Коэффициенты использования пит. веществ из запасов почвы, % (Кп)	-	6	10	-	7	25
6. Количество питательных веществ, получаемых растением из почвы, кг/га (П·Кп)	47	28	52	46	37	127
7. Внесено органических удобрений, т/га (Д)	-			60		
8. Содержание в навозе питательных веществ, кг/т (Т)	-	-	-	5,2	2,6	6,2
9. Вносится пит. веществ с навозом в почву, кг/га (Д·Т)	-	-	-	312	156	372
10. Коэффициенты использования питательных веществ из органических удобрений в 1 год, % (Ко.у.)	-	-	-	25	30	60
11. Будет использовано питательных веществ из органич. удобрений, кг (Д·Т·Ко.у.)	-	-	-	78	47	223

Продолжение таблицы 45

1	2	3	4	5	6	7
12. Количество азота, остав-	20			-		

ляемого бобовым пред- шественником, кг/га (Кб)						
13.Необходимо довести питательных веществ за счет мин. уд., кг/га (Д ₁)	50	24	43	28	-	-
14.Коэффициенты использо- вания питательн. веществ из мин. уд. в 1-й год, %(Кц)	70	20	60	70	-	-
15.Следует внести питат. веществ с туками с учетом коэффициентов их использо- вания, кг/га (Дд.в.)	70	120	70	40	-	-
16.Содержание в туках пит. веществ (мочевина, супер- фосфат, хлористый калий), % (Сд.в.)	46	43	60	46	-	-
17.Рассчитанные по выносу дозы туков, ц/га (Дф.м.)	1,5	2,8	1,2	0,9	-	-

1 строка (табл. 45). Вынос (нормативный) питательных веществ (Вн) культурами определяют по таблице 30. Он составляет (кг/т)
яровое тритикале (зерно) – N -26;0 P₂O₅ - 11,5; K₂O - 21,0
сахарная свекла – N - 4,0; P₂O₅ - 1,6; K₂O - 6,5.

2 строка. Вынос питательных веществ планируемым урожаем (Вх, кг/га) определяют по формуле

$$Вх = Вн \cdot У$$

$$\text{яровое тритикале } В_N = 4,5 \cdot 26,0 = 117$$

$$В_{P_2O_5} = 4,5 \cdot 11,5 = 52$$

$$В_{K_2O} = 4,5 \cdot 21,0 = 95$$

$$\text{сахарная свекла } В_N = 38,0 \cdot 4,0 = 152$$

$$В_{P_2O_5} = 38,0 \cdot 1,6 = 61$$

$$В_{K_2O} = 38,0 \cdot 6,5 = 247$$

3 строка. Содержание (С) в почве гумуса (%) и питательных веществ (мг/кг). Эти данные используют из таблицы 4.

Поле 6 - яровое тритикале - гумус -1,88%, P₂O₅ -155, K₂O -172 мг/кг.

Поле 3 - сахарная свекла - гумус -1,84%, P₂O₅ -175, K₂O -169 мг/кг.

4 строка. Запасы питательных веществ в почве (П, кг/га).

Запасы подвижного азота рассчитывают по величине гумуса.

$$\text{Яровое тритикале } \Pi_N = 1,88 \cdot 25 = 47$$

$$\text{Сахарная свекла } \Pi_N = 1,84 \cdot 25 = 46$$

Запасы подвижного фосфора и калия при отсутствии информации о мощности пахотного слоя и объемной массе почвы рассчитывают по формуле

$$\Pi = C \cdot 3$$

$$\text{Яровое тритикале } \Pi_{P_2O_5} = 155 \cdot 3 = 465 \quad \Pi_{K_2O} = 172 \cdot 3 = 516$$

$$\text{Сахарная свекла } \Pi_{P_2O_5} = 175 \cdot 3 = 525 \quad \Pi_{K_2O} = 169 \cdot 3 = 507$$

5 строка. Коэффициенты использования питательных веществ растениями из почвы (K_n , %) определяют по данным таблицы 41.

$$\text{Яровое тритикале } K_n P_2O_5 = 6 \quad K_2O = 10$$

$$\text{Сахарная свекла } K_n P_2O_5 = 7 \quad K_2O = 25$$

6 строка. Количество питательных веществ, получаемых растениями из почвы (Π_y , кг/га) рассчитывают по формуле

$$\Pi_y = \Pi \cdot K_n$$

$$\text{Яровое тритикале } \Pi_y(P_2O_5) = \frac{465 \cdot 6}{100} = 28 \quad \Pi_y(K_2O) = \frac{516 \cdot 10}{100} = 52$$

$$\text{Сахарная свекла } \Pi_y(P_2O_5) = \frac{527 \cdot 7}{100} = 37 \quad \Pi_y(K_2O) = \frac{507 \cdot 25}{100} = 127$$

Далее для сахарной свеклы, под которую внесены органические удобрения, рассчитывают показатели, находящиеся в строках 7-11.

7 строка. Внесено органических удобрений (D) под сахарную свеклу – 60 т/га навоза КРС на соломенной подстилке.

8 строка. Содержание питательных веществ в этом навозе (T , кг/т) определяют по данным таблицы 43.

$$N - 5,2; \quad P_2O_5 - 2,6; \quad K_2O - 6,2.$$

9 строка. Вносятся питательных веществ с дозой навоза (H , кг/га). Это количество рассчитывают по формуле

$$H = D \cdot T$$

$$H_N = 60 \cdot 5,2 = 312$$

$$H_{P_2O_5} = 60 \cdot 2,6 = 156$$

$$H_{K_2O} = 60 \cdot 6,2 = 372$$

10 строка. Коэффициенты использования питательных веществ растениями из органических удобрений в 1 год (Ко.у., %) определяют по данным таблицы 44.

$$\text{Ко.у. N} = 25, \text{P}_2\text{O}_5 = 30, \text{K}_2\text{O} = 60$$

11 строка. Будет использовано питательных веществ растениями (Ио.у., кг). Эту величину рассчитывают по формуле

$$\text{Ио.у.} = \text{H} \cdot \text{Ко.у.}$$

$$\text{Ио.у.}_{(N)} = \frac{312 \cdot 25}{100} = 78$$

$$\text{Ио.у.}_{(P_2O_5)} = \frac{156 \cdot 30}{100} = 47$$

$$\text{Ио.у.}_{(K_2O)} = \frac{372 \cdot 60}{100} = 223$$

12 строка. Количество азота, оставленного бобовым предшественником (Кб, кг/га).

Предшествующей культурой для ярового тритикале является клевер, который оставляет после себя 20 кг/га азота.

13 строка. Необходимо довести питательных веществ за счет минеральных удобрений (D_1 , кг/га). Эту величину для ярового тритикале рассчитывают по формулам

$$D_{1(N)} = Y \cdot Bo - (PKn + Kб) = 117 - (47 + 20) = 50$$

$$D_{1(P_2O_5)} = Y \cdot Bo - PKn = 52 - 28 = 24$$

$$D_{1(K_2O)} = Y \cdot Bo - PKn = 95 - 52 = 43$$

Для сахарной свеклы расчет ведут по формуле

$$D_{1(N, P_2O_5, K_2O)} = Y \cdot Bo - (PKn + D \cdot T \cdot \text{Ко.у.})$$

$$D_N = 152 - (46 + 78) = 28$$

$$D_{P_2O_5} = 61 - (37 + 47) = -23$$

$$D_{K_2O} = 247 - (127 + 223) = -103$$

Под сахарную свеклу необходимо довести только 28 кг/га азота.

14 строка. Коэффициенты использования питательных веществ из минеральных удобрений в 1 год (Км.у., %) определяют по данным таблицы 42.

$$\text{N} - 70, \text{P}_2\text{O}_5 - 20, \text{K}_2\text{O} - 60$$

15 строка. Сколько следует внести питательных веществ с учетом коэффициентов их использования (D , кг/га) определяют по формуле

$$D_{д.в.} = \frac{100 \cdot D_1}{K_{м.у.}}$$

Яровое тритикале $D_N = \frac{100 \cdot 50}{70} = 71 \rightarrow 70$

$$D_{P_2O_5} = \frac{100 \cdot 24}{20} = 120$$

$$D_{K_2O} = \frac{100 \cdot 43}{60} = 72 \rightarrow 70$$

Сахарная свекла $D_N = \frac{100 \cdot 28}{70} = 40$

16 строка. Содержание в туках (мочевине, двойном суперфосфате и хлористом калии) питательных веществ (Сд.в.,%). Эти данные определяют по таблице 46.

Мочевина (м) – 46, двойной суперфосфат (д.с.)– 43, хлористый калий (к.х.)– 60.

17 строка. Дозу в физической массе удобрения (Дф.м.,ц/га) рассчитывают по формуле

$$D_{ф.м.} = \frac{D_{д.в.}}{C_{д.в.}} \cdot 100$$

Яровое тритикале $D_m = \frac{70}{46} \cdot 100 = 1,5$

$$D_{д.с.} = \frac{120}{43} \cdot 100 = 2,8$$

$$D_{к.х.} = \frac{70}{60} \cdot 100 = 1,2$$

Сахарная свекла $D_m = \frac{40}{46} \cdot 100 = 0,9$

Таблица 46

Основные виды и формы минеральных удобрений

Наименование удобрения	Химическая форма	Содержание д.в., %	Приемы внесения		
			основ-	припо-	подкормка

	мула				ное	севное	корне- вая	некор- невая
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Азотные удобрения								
<u>Нитратные</u> Натриевая селитра	NaNO ₃	16	-	-	+	+	+	+
Кальциевая селитра	Ca(NO ₃) ₂	13-15	-	-	+	-	-	+
<u>Аммонийные</u> (твердые) Сульфат * аммония	(NH ₄) ₂ SO ₄	20-21	-	-	+	-	+	-
Сульфат ам- мония-натрия	(NH ₄) ₂ SO ₄ x Na ₂ SO ₄	16	-	-	+	-	+	-
Хлористый аммоний	NH ₄ Cl	24-25	-	-	+	-	+	-
Карбонат аммония	(NH ₄) ₂ CO ₃	21-24	-	-	+	-	+	-
Бикарбонат аммония	NH ₄ HCO ₃	17	-	-	+	-	+	-
<u>Аммонийные</u> (жидкие) Без- водный амми- ак	NH ₃	82	-	-	+	-	+	-
Аммиачная вода	NH ₃ + NH ₄ OH	20	-	-	+	-	+	-
<u>Аммонийно- нитратные</u> Аммиачная * селитра	NH ₄ NO ₃	34-35	-	-	+	+	+	-
<u>Амидные</u> Мочевина * (карбамид)	CO(NH ₂) ₂	46	-	-	+	+	+	+
<u>Карбамид- аммонийно- нитратные</u> Карбамид- аммонийная смесь*	CO(NH ₂) ₂ + NH ₄ NO ₃	28-30- 32	-	-	+	-	+	+

Продолжение таблицы 46

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<u>Медленно- действующие</u> Мочевина c		39-42	-	-	+	-	-	-

гумидной, фосфатной, полимерной оболочками	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$							
Фосфорные удобрения								
<u>Воднорастворимые</u> Суперфосфат простой*	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-	20	-	+	+	+	-
Суперфосфат двойной*	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-	43-49	-	+	+	+	-
Суперфос*	-	-	38-41	-	+	+	+	-
<u>Лимонно-растворимые</u> Преципитат	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-	38	-	+	-	-	-
Термофосфат	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + \text{SiO}_2$	-	20-30	-	+	-	-	-
Обесфторенный фосфат	- " -	-	36	-	+	-	-	-
<u>Труднорастворимые</u> Фосфоритная мука	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	-	20-29	-	+	-	-	-
Виванит	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	-	12-26	-	+	-	-	-
Калийные удобрения								
<u>Концентрированные</u> Хлористый калий*	KCl	-	-	57-60	+	-	+	-
Калийная соль*	$\text{KCl} + \text{KCl} \cdot \text{NaCl}$	-	-	40	+	-	+	-
Сернокислый калий*	K_2SO_4	-	-	46-50	+	-	+	-
Калимагнезия	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$	-	-	28-30	+	-	+	-

Продолжение таблицы 46

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<u>Природные соли</u> Сильвинит	$\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$	-	-	14	+	-	-	-

Каинит	$KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$	-	-	10-12	+	-	-	-
Отходы промышленности Поташ	K_2CO_3	-	-	52-56	+	-	-	-
Цементная пыль	-	-	-	10-15	+	-	-	-
Комплексные удобрения								
Сложные Калийная селитра*	KNO_3	13	-	45	+	+	+	-
Аммофос*	$NH_4H_2PO_4$	12	46-60	-	+	+	+	-
Диаммофос*	$(NH_4)_2HPO_4$	18	50	-	+	+	+	-
Магнийаммоний фосфат	$MgNH_4PO_4 \cdot H_2O$	8-11	40-50	(26Mg)	+	+	+	-
Сложно-смешанные Нитрофос	$NH_4NO_3, Co(H_2PO_4)_2, CaHPO_4, CaSO_4$	22	23	-	+	+	+	-
Нитрофоска*	- " - + NH_4Cl, KNO_3	11	10	11	+	+	+	-
-"- для льна и оз.зерновых*	- " -	5	16	35	+	+	-	-
-"- для яровых зерновых, картофеля*	- " -	16	12	20	+	+	-	-
-"- для овощных культур*	- " -	10	20	20	+	+	-	-
Аммофосфатка (для льна)*	- " -	4	24	30	+	+	-	-
Нитроаммофос	- " -	23	23	-	+	+	+	-
Нитроаммофоска	- " -	17	17	17	+	+	+	-
Азофоска	- " -	16	16	16	+	+	+	-
Аммофосфат*	$NH_4H_2PO_4, CaHPO_4, Ca(H_2PO_4), CaSO_4$	6	46	-	+	+	+	-

Продолжение таблицы 46

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Аммонизированный суперфосфат*		3-8	22-33	-	+	+	+	-

Кристаллин*		10-19	5-40	6-20	+	+	+	+
Растворин		- " -	- " -	- " -	+	+	+	+
ЖКУ (жидкое комплексное удобрение)*		10	34	-	+	-	+	-

Примечание. * - удобрения, применяемые в РБ.

+ - рекомендуемый прием внесения

5.3. Применение микроудобрений

Эффективность применения удобрений в значительной степени определяется оптимальным соотношением в почве макро- и микроэлементов. При этом интенсификация земледелия увеличивает потребность в микроэлементах. Это связано с ростом урожайности сельскохозяйственных культур и увеличением выноса ими микроэлементов.

На почвах с низким и средним содержанием микроэлементов их внесение способно повысить урожай на 10-15% и более, существенно улучшить качество продукции. Вместе с тем химическая промышленность республики не удовлетворяет потребность сельского хозяйства в микроудобрениях. Поэтому остро стоит вопрос рационального их применения. Следует отметить, что применение микроудобрений является важным элементом высокой культуры земледелия. Поэтому в первую очередь вносить их следует при возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям с высоким уровнем планируемых урожаев, а также на почвах с низким и средним уровнем (I и II группа обеспеченности) содержания подвижных форм микроэлементов (табл.47). В настоящее время для республики наиболее важными микроэлементами являются медь, бор, цинк, молибден.

Таблица 47

Градации по обеспеченности почв подвижными формами микроэлементов, мг/кг

Группа по обеспеченности	В (Н ₂ О)	Сu (1 м НСl)	Zn (1 м НСl)	Мо (оксальный буфер)
Минеральные почвы				
I (низкая)	менее 0,3	менее 1,5	менее 3	менее 0,1
II (средняя)	0,31-0,70	1,6-3,0	3,1-5,0	0,1-0,2
III (высокая)	0,71-1,00	3,1-5,0	5,1-10,0	0,21-0,4
IV (избыточная)	более 1,0	5,1-7,0	10,1-16,0	более 0,4
Торфяно-болотные почвы				
I (низкая)	менее 1,0	менее 5,0	менее 10,0	менее 0,5
II (средняя)	1,1-2,0	5,1-9,0	10,1-15,0	0,6-0,9
III (высокая)	2,1-3,0	9,1-12,0	15,1-30,0	более 0,9
IV (избыточная)	3,1-5,0	12,1-18,0	30,1-50,0	-

Виды и формы микроудобрений

Борные удобрения. В качестве борных удобрений применяются борная кислота и комплексные борсодержащие удобрения (табл. 48). В условиях недостатка борных удобрений в первую очередь они должны использоваться под лен, сахарную свеклу, кормовые корнеплоды, семенники многолетних бобовых трав, капустовые, зернобобовые.

Медные удобрения. Наиболее широко используется сульфат меди и КАС с медью. Медные удобрения наиболее эффективны на торфяных и дерново-подзолистых легкого гранулометрического состава почвах.

Наиболее нуждающимися культурами в меди являются зерновые, многолетние травы, картофель.

Цинковые удобрения. В качестве цинковых удобрений в республике применяются сульфат цинка и комплексные цинксоодержащие туки (аммофос, аммофосфат).

Наиболее чувствительны к недостатку цинка кукуруза, лен, многолетние травы.

Молибденовые удобрения. Наиболее распространенным молибденовым удобрением является молибдат аммония. Кроме того, на Гомельском химическом заводе производятся аммофос и аммофосфат с содержанием бора и молибдена.

В первую очередь в молибдене нуждаются бобовые.

Марганцевые удобрения. В качестве марганцевого удобрения применяются сульфат марганца. Его вносят на дерново-

подзолистых почвах при $pH_{KCl} > 6,00$ под зерновые, сахарную свеклу, кормовые корнеплоды, капустные.

Таблица 48

Основные виды применяемых микроудобрений

№ п/п	Наименование удобрения	Химическая формула	Содержание д.в., %	Приемы внесения			
				основное	припосевное	некорневая подкормка	обработка семян
1	2	3	4	5	6	7	8
Борные							
1.	Борная кислота	H_3BO_3	17			+	+
2.	Суперфосфаты с В		0,2-0,4	+	+		
3.	Аммофос с В		0,8	+	+		
Медные							
4.	Сульфат меди (медный купорос)	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	23-25			+	+
5.	КАС с Cu		0,5	+		+	
Цинковые							
6.	Сульфат цинка	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	21-23			+	+
7.	Аммофос с В и Zn		1,5. 0,8(В)	+	+		
8.	Аммофосфат с В и Zn		- " -	+	+		
Молибденовые							
9.	Молибдат аммония	$(NH_4)_6 Mo_7 O_{24} \cdot 4H_2O$	50-52			+	+
10	Аммофос с Мо и В		1,4. 0,8(В)	+	+		
11	Аммофосфат с Мо и В		- " -	+	+		
Марганцевые							
12	Сульфат марганца	$MnSO_4$	23			+	+

Эффективные способы и сроки внесения микроудобрений

Применение микроэлементов под сельскохозяйственные культуры рекомендуется при возделывании их на почвах с низкой (1 группа) и средней (2 группа) обеспеченностью микроэлементами, на почвах третьей и четвертой групп обеспеченности микроудобрения не вносятся. При этом внесение комплексных удобрений с микроэлементами предусматривается на почвах, относящихся к первой группе обеспеченности. На почвах первой и второй групп обеспеченности соли микроэлементов рекомендуется вносить путем некорневых подкормок (табл. 49) и обработки семян (табл. 50). Причем обработку семенного материала микроэлементами целесообразно проводить на почвах третьей группы обеспеченности микроэлементами, где планируется получение высокой (IV и V группы) урожайности возделываемых культур. Компонентный состав микроэлементов в растворе для обработки семян должен содержать не более двух наиболее дефицитных микроэлементов. Ввиду низкой обеспеченности торфяников медью на этих почвах рекомендуется через 5-6 лет вносить в почву медные удобрения в дозе 5 кг/га меди.

Таблица 50

Нормы расхода микроудобрений для предпосевной обработки семян, г/ц семян

Культура	Борная кислота	Сульфат меди	Сульфат цинка	Молибдат аммония
Озимые и яровые зерновые	20-40	100-150	80-100	-
Зернобобовые	20-30	-	-	15-20
Сахарная свекла, кормовые корнеплоды	150-200	-	-	-
Картофель (на т)	30-50	50-60	40-60	-
Кукуруза	20-40	-	80-100	-
Лен*	100-150	-	150-200	-
Многолетние бобовые травы (семена)	20-30	-	-	15-20
Многолетние злаковые травы*	-	150-200	-	-

Примечание. * - обработка сухим способом.

Дозы и сроки некорневых подкормок сельскохозяйственных культур микроэлементами
Таблица 49

Культуры	Микроэлементы	Доза, г/га	Микроудобрения	Дозы, г/га	Сроки применения
1	2	3	4	5	6
Озимая пшеница и тритикале	Медь	50-125	Сульфат меди	200-500	Начало выхода в трубку
	Марганец	50-75	Сульфат марганца	220-330	
Ячмень, яровая пшеница	Медь	50-75	Сульфат меди	200-300	Начало выхода в трубку
	Марганец	50-75	Сульфат марганца	220-330	
Горох, вика, гречиха	Бор	50	Борная кислота	300	Бутонизация, ветвление
	Марганец	50	Сульфат марганца	220	
Люпин узколистный	Бор	80-100	Борная кислота	450-600	Бутонизация
	Молибден	60	Молибдат аммония	110	
	Марганец	50	Сульфат марганца	220	
Лен	Бор	50-90	Борная кислота	300-500	Начало фазы «елочка»
	Цинк	110-180	Сульфат цинка	500-800	
Сахарная и кормовая свекла	Бор	150-300	Борная кислота	850-1700	1-я – смыкание листьев в рядке 2-я – через 1-1,5 месяца после первой
	Марганец	50	Сульфат марганца	220	

Продолжение таблицы 49

1	2	3	4	5	6
Картофель	Бор	50	Борная кислота	300	Перед смыка- нием листьев в междурядьях
	Марганец	50-75	Сульфат марганца	220-330	
Кукуруза	Цинк	50-75	Сульфат цинка	250-350	6-8 листьев
	Марганец	50	Сульфат марганца	220	
Озимь и яровой рапс	Бор	200-300	Борная кислота	1100-1700	Бутонизация
	Медь	150-180	Сульфат меди	600-700	
	Марганец	75-100	Сульфат марганца	330-450	
Мн. бобовые травы	Цинк	100	Сульфат цинка	450	Стеблевание
	Марганец	50	Сульфат марганца	220	
Мн. злаковые травы	Медь	50-100	Сульфат меди	200-400	Начало выхода в трубку
	Марганец	50	Сульфат марганца	220	
Семенники мн. бобовых трав	Молибден	25-50	Молибдат аммония	50-100	Бутонизация
	Бор	50	Борная кислота	300	

Примечание. Мн. применяют при рНкст > 6.

Система применения микроудобрений

В курсовой работе предусмотрена разработка системы применения микроудобрений под культуры обоих севооборотов, которая включает определение вида, дозы способа и срока внесения микроудобрений. Необходимость применения микроудобрений в севообороте под отдельные культуры определяется обеспеченностью почв микроэлементами и нуждаемостью в них самих растений.

При определении дозы способа и срока внесения пользуются обобщенными данными полевых исследований, представленными в таблицах 49 и 50.

При выборе способа внесения для каждой культуры (предпосевная обработка семян или некорневая подкормка) необходимо руководствоваться возможностью совмещения применения микроудобрений с азотными удобрениями, гербицидами и инсектофунгицидами.

Пример разработки системы микроудобрений в полевом севообороте. Для определения необходимости применения микроудобрений под культуры севооборота используют данные по содержанию микроэлементов в почве (табл. 4). Культуры севооборота нуждаются в применении медных и борных удобрений (II группа обеспеченности).

Поле 1. Горох (зерно). Горох нуждается в боре. В качестве борных удобрений может использоваться борная кислота. Ввиду отсутствия подкормок на посевах гороха экономически целесообразно применять ее при предпосевной обработке семян в дозе 20 г/ц семян.

Поле 2. Озимая пшеница. Под озимую пшеницу необходимо вносить медные удобрения (CuSO_4). Их можно вносить в некорневую подкормку в дозе 100 г д.в./га в фазу выхода в трубку.

Поле 3. Сахарная свекла. Сахарная свекла нуждается в применении борных удобрений (H_3BO_3). Борные удобрения можно внести в некорневую подкормку в дозе 150 г д.в./га в период смыкания листьев в рядке и через месяц после первой подкормки.

Поле 4. Ячмень + клевер. Под ячмень необходимо вносить медные удобрения. При отсутствии азотной подкормки ими можно обрабатывать семена в количестве 100 г/ц семян.

Поле 5. Клевер. Клевер также нуждается в цинковых удобрениях. Их можно внести в некорневую подкормку в фазу стеблевания в дозе 100 г д.в./га.

Поле 6. Яровое тритикале. Под яровое тритикале необходимо вносить медные удобрения в некорневую подкормку в дозе 100 г д.в./га в фазу трубкования.

Все данные по системе применения микроудобрений (форма, дозы, сроки, прием и способы внесения) заносят в таблицу 51 (см. стр. 94-95).

Пример разработки системы микроудобрений в кормовом севообороте. Торфяная почва характеризуется низким (I группа) уровнем содержания меди и средним (II группа) уровнем содержания бора. Все культуры, возделываемые на этой почве, нуждаются в медных удобрениях.

Поле 6. Озимая рожь (зерно). Чтобы обеспечить озимую рожь и на 5 лет многолетние травы медью ее лучше внести в почву в дозе 5 кг/га под озимую рожь (зерно).

Эти результаты заносят в таблицу 52 (см. стр. 96-97).

5.4. План размещения удобрений

План размещения удобрений в севообороте – это распределение необходимого (рассчитанного) количества удобрений под каждую культуру по приемам внесения (основное, припосевное, подкормка).

Программой курсовой работы предусмотрена разработка плана размещения удобрений в полевом севообороте на дерново-подзолистой (табл.51) и кормовом - на торфяной почве (табл.52). Размещение удобрений планируется на основе знаний студентами системы удобрения отдельных сельскохозяйственных культур (раздел 5.1.), а также с учетом их чередования в севообороте, дозы удобрений и агрохимической характеристики почвы.

Пример составления плана размещения удобрений в полевом севообороте.

Поле 1. Горох (N – 50, P₂O₅ – 80, K₂O – 115 кг/га).

Система удобрений под эту культуру одночленная, азотные, фосфорные и калийные удобрения применяют в основное внесение: фосфор и калий вносят осенью или весной, азот - весной в предпосевную обработку почвы.

План размещения удобрений

№ п о л я	Чередование культур	Агрохимические показатели почв				Площадь га	Планир. урожайнос., ц/га	Удобрения (всего)				
		гумус, %	рН в КСІ	P ₂ O ₅	K ₂ O			мин., кг/га д.в.				
				мг/кг почвы				вид	т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Горох	1,98	5,50	158	170	80	33	навоз КРС на соломенной подстилке		50	80	115
2	Озимая пшеница	1,65	4,93	144	155	79	45		30	70	105	70
3	Сахарная свекла	1,84	5,35	175	169	80	380		60	100	90	115
4	Ячмень + клевер	2,00	5,80	194	200	82	38			70	60	85
5	Клевер (сено)	2,04	5,38	210	195	80	80			0	70	230
6	Яровое тритикале	1,88	5,48	155	172	81	45			75	80	105
Всего за севооборот									90	365	485	720
Насыщенность удобрениями на 1га севооборотной площади (органических - в тоннах, минеральных - в кг д.в.)									15,0	61	81	120

Почва: дерново-подзолистая связносупесчаная, подстилаемая мореной

Насыщенность севооборота пропашными культурами: 17 %

Средневзвешенное содержание гумуса в почвах севооборота: 1,90 %

Таблица 51

В ПОЛЕВОМ севообороте

орг. уд., т/га	Осн.удобрение			Припосевное			Подкормки			Внес.микроуд.		
	Минеральные, кг/га д.в.									вид удоб- рения	доза удоб- рения, г д.в./га	способ и срок внесения
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
	50	80	115							H ₃ BO ₃	30г/ц	обработ. семян
30	-	90	70		15		60 (I) + 10 III			CuSO ₄	100	некорн. подк. в фазу трубков.
60	45	75	100	15	15	15	40			H ₃ BO ₃	150	некорн. подк.: 1-ая в период смыкания листьев в рядке; 2-ая через ме- сяц после первой
	70	45	85		15					CuSO ₄	100 г/ц	обработ. семян
	-	+ 30	+ 200					40	130	ZnSO ₄	100	некорн. подк.в фазу стеблева- ния
	65	65	105		15		10 III			CuSO ₄	100	некорн. подк. в фазу трубков.

План размещения удобрений

№ п о л я	Чередование культур	Агрохимические показатели почв				Площадь, га	Планир. урожайнос., ц/га	Удобрения (всего)				
		гумус, %	рН в КС1	P ₂ O ₅	K ₂ O			органич.		мин., кг/га д.в.		
				мг/кг почвы				вид	т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Озимая рожь(з.м.) + мн. травы	-	4,45	330	310	46	200	-	-	35	45	110
2	Мн.травы (бобово-злаковые) 1 г.п.	-	4,80	550	420	47	90	-	-	-	85	180
3	Мн.травы (бобово-злаковые) 2 г.п.	-	4,58	490	470	47	80	-	-	40	80	150
4	Мн.травы (бобово-злаковые) 3 г.п.	-	4,38	485	448	46	70	-	-	40	80	150
5	Мн.травы (бобово-злаковые) 4 г.п.	-	4,60	580	500	47	70	-	-	40	70	140
6	Озимая рожь (зерно)	-	4,70	550	495	47	38	-	-	25	50	60
Всего за севооборот									-	180	410	790
Насыщенность удобрениями на 1га севооборотной площади (органических - в тоннах, минеральных - в кг д.в.)									-	30	68	132

Почва: торфяная

Таблица 52

В кормовом севообороте

орг. уд., т/га	Осн.удобрение			Припосевное			Подкормки			Внес.микроуд.		
	Минеральные, кг/га д.в.									вид удо- бре- ния	доза удо- брения	способ и срок внесения
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O				
	-	30	110		15		35			-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	85	100 + 80	-	-	-
							20 + 20	80	80 + 70	-	-	-
							20 + 20	80	80 + 70			
							20 + 20	70	80 + 60			
	-	35	60		15		25			CuSO ₄	20 кг/га	в почву до посе- ва

Система применения микроудобрений под горох и другие культуры представлена в разделе 5.3. Так, под горох вносят борное удобрение H_3BO_3 в основное внесение при предпосевной обработке семян в дозе 20 г/ц семян.

Поле 2. Озимая пшеница (навоз 30 т/га, N – 70, P_2O_5 – 105, K_2O – 70 кг/га).

Система удобрения под озимые зерновые – трехчленная, т.е. удобрения применяют в три приема: до посева, при посеве и в подкормку. Органические удобрения под эту культуру вносят до посева. Так как под озимую пшеницу применяют органические удобрения, то азотные удобрения в основное внесение не применяют. Вся доза азота вносится в подкормку. Исходя из оптимальных доз азота в подкормки, 60 кг/га будут внесены в ранневесеннюю подкормку и 10 кг/га (при совмещении с фунгицидной обработкой) в фазу начала колошения. В таблице дозы азота в подкормки обозначают 60(I)+10(III). Часть (15 кг/га) фосфорных удобрений вносят при посеве культуры, оставшееся количество (65 кг/га) фосфора и все калийные удобрения применяют в основное внесение. Фосфор и калий вносят под вспашку, азот – в предпосевную обработку почвы.

Поле 3. Сахарная свекла (навоз 60 т/га, N – 100, P_2O_5 – 90, K_2O – 115 кг/га).

Система удобрений под сахарную свеклу так же трехчленная. Органические удобрения (60 т/га) будут внесены осенью до посева сахарной свеклы. По 15 кг/га азота, фосфора и калия (в виде нитрофоски) вносят в рядки при посеве культуры. Оставшееся количество (85 кг/га) азотных удобрений для создания равномерного азотного питания лучше внести в два приема: в основное (45 кг/га) в предпосевную обработку почвы и подкормку (40 кг/га) (фаза 3-4 настоящих листьев) под первое междурядное рыхление. Остаток фосфорных (75 кг/га) и калийных (100 кг/га) удобрений необходимо внести в основное внесение осенью или весной.

Поле 4. Ячмень + клевер (N – 70, P_2O_5 – 60, K_2O – 85 кг/га).

Система удобрения яровых зерновых культур может быть двух-трехчленной. Если доза азота больше 70 кг/га, то ее необходимо внести дробно: до посева и подкормку, т.е. система удобрений будет трехчленной. В нашем случае система удобрений под ячмень будет двухчленной, включающая основное внесение азота (70 кг/га) в предпосевную обработку почвы, фосфора (75 кг/га) и калия (120

кг/га) под вспашку осенью или весной и припосевное внесение (15 кг/га) фосфора.

Поле 5. Клевер ($P_2O_5 - 70$, $K_2O - 230$ кг/га).

Часть фосфора и калия ($N_{30}P_{100}$) на связносупесчаной почве лучше внести до посева в запас под покровную культуру. В таблице для обозначения запасного внесения между дозами РК ячменя и клевера необходимо поставить (+). Оставшееся количество фосфора и калия ($P_{40}K_{130}$) необходимо внести рано весной в подкормку клевера.

Поле 6. Яровое тритикале ($N - 75$, $P_2O_5 - 80$, $K_2O - 100$ кг/га).

Система удобрения ярового тритикале - трехчленная. Азотные удобрения вносятся в два приема: 65 – до посева в предпосевную обработку почвы и 10 кг/га – в фазу начало колошения (при совмещении с фунгицидной обработкой). Фосфорные применяют также в два приема: 15 – в рядки при посеве, 65 кг/га – до посева весной или осенью, калийные – до посева весной или осенью под вспашку.

В плане размещения удобрений в полевом севообороте (табл.51) необходимо указать количества, вносимые до посева, при посеве и в подкормку.

Далее по каждой культуре дают описание и обоснование доз приемов, сроков, способов внесения, форм удобрений (табл.45), а также указывается техника для их внесения, так как это указано в примере.

Пример составления плана размещения удобрений в кормовом севообороте на старопахотной торфяной почве.

Поле 1. Озимая рожь (з.м.) + многолетние бобово-злаковые травы ($N - 35$, $P_2O_5 - 45$, $K_2O - 110$ кг/га). Система удобрения под эту культуру трехчленная. Азотные удобрения вносятся в ранневесеннюю подкормку, фосфорные – до посева весной (30 кг/га) и при посеве в рядки (15 кг/га), калийные – до посева весной (110 кг/га).

Поле 2. Многолетние бобово-злаковые травы 1 года пользования ($P_2O_5 - 85$, $K_2O - 180$ кг/га). Фосфорные удобрения вносятся весной в подкормку под 1 укос, калийные – дробно под укосы (100+80 кг/га).

Поле 3. Многолетние бобово-злаковые травы 2 года пользования ($N - 40$, $P_2O_5 - 85$, $K_2O - 150$ кг/га). Фосфорные удобрения вносятся весной в подкормку под первый укос. Азотные и калийные удобрения применяют в подкормку многолетних трав дробно вес-

ной под первый укос и после первого укоса (под второй) в дозах N–20+20, K₂O–80+70 кг/га.

Поле 4-5. Многолетние бобово-злаковые травы 3 и 4 года пользования (3 г.п.: N – 40, P₂O₅ – 80, K₂O – 150 кг/га; 4 г.п.: N – 40, P₂O₅ – 75, K₂O – 140 кг/га). Размещение удобрений под многолетние травы 3 и 4 года аналогично 2 году пользования, различия состоят лишь в их количестве.

Поле 6. Озимая рожь (N – 25, P₂O₅ – 50, K₂O – 60 кг/га). Азотные удобрения вносят в ранневесеннюю подкормку, фосфорные – до посева (35 кг/га) и при посеве (15 кг/га), калийные – до посева.

В плане размещения удобрений в кормовом севообороте (табл.52) указывают количество удобрений, применяемых в основное, припосевное внесение и подкормку. Программой курсовой работы не предусмотрено описание и обоснование системы удобрений в этом севообороте. Обоснование системы студент дает устно при защите курсовой работы перед комиссией.

5.5. Насыщенность севооборота удобрениями

Насыщенность севооборота удобрениями характеризует уровень химизации. Она выражается в т/га органических и кг/га минеральных удобрений в год и рассчитывается по формуле

$$H = \frac{D_1 + D_2 + \dots + D_n}{K_n}$$

где D – доза азотных, фосфорных, калийных и органических удобрений под первую, вторую и последующие культуры, кг/га, т/га;

K_n – количество полей в севообороте.

В нашем полевом севообороте насыщенность минеральных удобрений составляет

$$H_N = \frac{50 + 70 + 100 + 70 + 75}{6} = 61 \text{ кг} / \text{га}$$

$$H_{P_2O_5} = \frac{80 + 105 + 90 + 60 + 70 + 80}{6} = 81 \text{ кг} / \text{га}$$

$$H_{K_2O} = \frac{115 + 70 + 115 + 85 + 230 + 105}{6} = 120 \text{ кг} / \text{га}$$

Насыщенность органических удобрений составляет

$$H_{орг.уд.} = \frac{90}{6} = 15,0 \text{ т/га}$$

В свою очередь в кормовом севообороте она составляет

$$H_N = \frac{35 + 40 + 40 + 40 + 25}{6} = 30 \text{ кг/га}$$

$$H_{P_2O_5} = \frac{45 + 85 + 80 + 80 + 70 + 50}{6} = 68 \text{ кг/га}$$

$$H_{K_2O} = \frac{110 + 180 + 150 + 150 + 140 + 60}{6} = 132 \text{ кг/га}$$

Полученные данные вносят в таблицы 51 и 52.

5.6. Баланс гумуса

Плодородие - специфическое свойство почвы, определяющее ее ценность как основного средства производства в сельском хозяйстве. Одним из показателей, характеризующим плодородие почвы, является содержание в ней гумуса. Вступая в комплексные соединения с глинистыми и другими минеральными частями, гумус улучшает физико-химические свойства почвы. С образованием и накоплением гумуса, в свою очередь, связаны развитие структуры, поглотительной способности почв, аккумуляция в органической форме фосфора и других элементов, вовлекаемых в биологический круговорот, в том числе и микроэлементов, необходимых для жизни растений и животных. То есть гумусированность почвы в значительной степени определяет все свойства, которые отличают почву от материнской горной породы и которыми обуславливается ее плодородие.

В богатой гумусом почве слабее фиксируется фосфорная кислота, активнее становится ее обмен, усиливается мобилизация азота. Растения, произрастающие на бедных гумусом почвах, в большей мере подвергаются отрицательному воздействию на них неблагоприятных условий внешней среды.

Исследованиями многих научных учреждений установлена прямая зависимость урожаев сельскохозяйственных культур от содержания в почве гумуса. Кроме увеличения урожаев, по мере повышения содержания гумуса в почвах, отмечено и улучшение качества растениеводческой продукции.

Таким образом, повышение содержания в почве гумуса до оптимальных параметров является необходимым условием повышения эффективности применяемых удобрений и в конечном итоге получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

В последние годы ученые и специалисты многих стран на основании многолетних исследований высказывают большую тревогу по поводу уменьшения применения органических удобрений, в особенности подстилочного навоза. Это произошло в связи с введением в производство крупных животноводческих комплексов, где содержание скота является безподстилочным, а так же по причине ограничений на использование торфа и сокращением поголовья скота в хозяйствах. Следствием этого стало снижение запасов гумуса в почвах. Это привело к уменьшению стабильности урожаев возделываемых культур, развитию водной и ветровой эрозии почв.

В связи с этим особую актуальность приобретает контроль за содержанием органического вещества в пахотных почвах. Расчет баланса гумуса позволяет своевременно принимать меры по восстановлению и подъему плодородия почвы, предотвращать снижение содержания в ней гумуса.

В настоящее время предлагается несколько методов расчета баланса гумуса (E.Welte, 1963; K.Rauhe, H.Schonmeier, 1966; M.Sebillotte, 1967; Т.Н. Кулаковская, 1973, 1978; Ф.И. Левин, 1978; А.М. Лыков, 1976, 1979; R.Kunder, H.Gorlitz, D.Eich, 1981 и др.), из которых наиболее полно учитывающим основные факторы гумусообразовательного процесса дерново-подзолистых почв является метод, предложенный кафедрой земледелия и методики опытного дела Тимирязевской сельскохозяйственной академии (А.М. Лыков, 1976). Однако следует заметить, что и данный метод по ряду основных положений требует уточнений в конкретных почвенно-климатических условиях.

В основу всех этих методов положено составление расходной и приходной частей. Расходной частью является минерализация гумуса, а также вынос его из корнеобитаемого слоя за счет вертикального и поверхностного стока. Приходная часть гумусового баланса складывается из поступления органического вещества с корневыми и пожнивными остатками полевых культур, с органическими удобрениями, семенами и посадочным материалом, а также за счет микроорганизмов.

Однако в связи с тем, что поступление органического вещества с продуктами жизнедеятельности микроорганизмов и с семенным материалом полностью возмещает расход органического вещества вследствие вертикального и поверхностного стоков, данные статьи не принято использовать при расчетах баланса гумуса.

Рассмотрим порядок расчета баланса гумуса (фактически сложившегося) в пахотных почвах на примере полевого севооборота: 1. Горох (зерно), 2. Озимая пшеница, 3. Сахарная свекла, 4. Ячмень + клевер, 5. Клевер (сено), 6. Яровое тритикале. Почва дерново-подзолистая связносупесчаная, подстилаемая мореной. Органические удобрения применяются под озимую пшеницу в норме 30 т/га и под сахарную свеклу в норме 60 т/га.

Расчет баланса гумуса в курсовой работе представляется в виде таблицы (табл.53), состоящей из 15 столбцов.

Столбец № 1 – «Культура».

В этот столбец вписываются культуры севооборота, если расчет баланса гумуса проводится для севооборота, и все культуры, возделываемые в хозяйстве, если расчет баланса гумуса проводится для хозяйства в целом. Баланс гумуса может быть рассчитан и под отдельной культурой. Баланс гумуса часто рассчитывается в среднем за год на один гектар, но наиболее полно и объективно изменение содержания гумуса в почвах отражают балансовые расчеты за всю ротацию севооборота.

Столбец № 2 – «Площадь, га».

В этом столбце указывается площадь в гектарах, которую занимает каждая культура в севообороте или в хозяйстве.

В проводимом примере площади культур колеблются от 79 до 82 га. Вся площадь севооборота составляет 482 га.

Столбец № 3 – «Урожайность основной продукции, ц/га».

Указывается фактическая урожайность по каждой культуре в ц/га. В курсовой работе эти сведения содержатся в таблице 3.

Фактическая урожайность культур севооборота следующая: горох (зерно) – 30 ц/га; озимая пшеница – 40 ц/га; сахарная свекла – 350 ц/га; ячмень+клевер – 35 ц/га; клевер – 70 ц/га сена; яровое тритикале – 40 ц/га.

Баланс гумуса

Культура	Длительность, га	Урожай гумуса				Баланс азота с урожаем гумуса				Минерализация гумуса, кг/га				Количество новообразованного гумуса, кг				Баланс гумуса	
		Урожай, ц/га	всего	в т.ч.		всего	на подпашной	на всю площадь	всего	на растении	на остатках		всего	из орг. ут.	из (+,-)	из (+,-)			
				факт.	спр.						на 1 га	на всей площади							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
Горох (зерно)	80	30	176,7	97,2	79,5	1590	2226	178080	900	72000	-	72000	-106080	-1326					
Озимая пшеница	79	40	112,8	-	28,2	564	678,6	947,5	74852	1100	86900	118500	205400	+130548	+1633				
Сахарная свекла	80	330	140,0	-	35	700	1120	1568	125440	580	46400	240000	286400	+160960	+2012				
Ячмень + клевер	82	35	101,8	-	50,9	1018	1221,6	1710,2	140236	880	72160	-	72160	-68076	-830				
Клевер	80	70	149,8	112,4	37,4	748	748	1047,2	83776	2100	168000	-	168000	+84224	+1033				
Дроздовские трипшане	81	40	104,0	-	52	1040	1248	1747,2	141523	1000	81000	-	81000	-60523	-747				
Итого	482								743907				884960	+141053	+1815				

Столбец № 4 – «Вынос азота с урожаем, всего, кг/га».

Вынос азота урожаем сельскохозяйственных культур определяется по нормативам выноса азота с единицей основной и соответствующим количеством побочной продукции (табл.30).

Для культур в примере он будет следующим:

горох (зерно) – $30 \cdot 5,89 = 176,7$ кг/га

озимая пшеница – $40 \cdot 2,82 = 112,8$ кг/га

сахарная свекла – $350 \cdot 0,4 = 140$ кг/га

ячмень + клевер – $35 \cdot 2,91 = 101,8$ кг/га

клевер, сено – $70 \cdot 2,14 = 149,8$ кг/га

яровое тритикале – $40 \cdot 2,6 = 104$ кг/га

Столбец № 5 – «Вынос с урожаем азота, фиксированного из воздуха, кг/га».

Фиксировать азот из воздуха могут только бобовые культуры. Установлено, что обеспеченность потребности многолетних бобовых растений (клевер, люцерна и др.) в азоте за счет азота атмосферы составляет 70-89%, зернобобовых (горох, вика, кормовые бобы) – 50-60, вико-овсяной смеси – 10-20%.

Определение выноса почвенного азота бобовыми культурами проводится с учетом азотфиксирующей деятельности микроорганизмов.

В связи с тем, что размеры азотфиксации могут изменяться в зависимости от вида бобовой культуры, почвенных и погодных условий, вида удобрения, активности клубеньковых бактерий и других факторов, Е.П. Трепачевым (1979) предложен метод ускоренного определения выноса азота из почвы бобовыми культурами с учетом коэффициентов азотфиксации (табл.54) по формуле:

$$\text{Вынос } N = N_{\text{общ.}} - (N_{\text{общ.}} \cdot K_{\text{ф}}),$$

где Вынос N – вынос азота из почвы бобовой культурой, кг/га;

$N_{\text{общ.}}$ – общий азот, который выносит с урожаем основной и побочной продукции бобовая культура, кг/га;

$K_{\text{ф}}$ – коэффициент азотфиксации (отношение количества фиксированного азота из атмосферы к общему азоту бобовых);

$(N_{\text{общ.}} \cdot K_{\text{ф}})$ – количество азота, которое бобовые культуры фиксируют из воздуха, кг/га.

Коэффициенты азотфиксации различных бобовых культур
(Е.П. Трепачев, 1979)

Культура	Коэффициенты азотфиксации		
	минимум	максимум	среднее
Клевер 2-го года жизни (сено)	0,65	0,85	0,75
Люцерна 2-3-го года жизни (сено)	0,60	0,85	0,72
Эспарцет (сено)	0,60	0,75	0,67
Однолетние бобовые на сено и зеленый корм	0,50	0,70	0,60
Зернобобовые на зерно (кроме люпина)	0,40	0,65	0,55
Люпин сладкий и сераделла на корм и сено	0,70	0,90	0,80
Люпин на зерно	0,70	0,87	0,80
Бобово-злаковые смеси	0,30	0,40	0,40

Выбор коэффициентов зависит от величины урожая той или иной культуры: с повышением урожайности возрастает величина коэффициента.

Коэффициент азотфиксации для бобово-злаковых смесей принимается равным 0,35.

Количество азота, фиксированного из воздуха бобовыми и бобово-злаковыми культурами в примере будет следующим:

горох (зерно) – $176,7 \cdot 0,55 = 97,2$ кг/га

клевер, сено – $149,8 \cdot 0,75 = 112,4$ кг/га

Столбец № 6 – «Вынос азота с урожаем из почвы, кг/га».

Количество азота, потребляемого растениями из почвы, определяется исходя из величин выноса урожаем с учетом данных отчета о внесении минеральных и органических удобрений под сельскохозяйственные культуры. При этом, если количество вносимого с удобрениями азота под культуру находится на уровне 90-100% к выносу и более, то принимается, что 50% выносимого с урожаем азота приходится на азот почвы (для всех культур, кроме бобовых в чистом посеве и бобово-злаковых смесей). В том случае, если с удобрениями вносится под культуру 70-80% азота от выноса его с урожаем, то на азот почвы можно отнести до 60% от общего выноса.

Для пропашных и других культур, под которые применяются органические удобрения, на долю почвенного азота приходится 25% от выноса его с урожаем.

У бобовых культур количество азота, вынесенного растениями из почвы, равняется разности между общим выносом азота и азотом, фиксируемым из воздуха.

Для бобово-злаковых смесей (клевер + тимофеевка, вика + овес) расчет доли почвенного азота в общем выносе урожая производится за минусом фиксированного из воздуха и с учетом того, вносились азотные удобрения под эти посевы или нет. В том случае, если под бобово-злаковые смеси внесено азота на уровне $\approx 35-50\%$ к общему выносу его с урожаем, то на долю почвенного азота можно отнести 40-50% от общего выноса. Если под посевы бобово-злаковых смесей азотные удобрения не вносились, то на долю почвенного азота можно отнести около 80-85% от выноса урожая. При этом допускается, что часть азота злаковые компоненты смеси используют из отмирающей корневой системы бобовых.

Для культур в примере вынос азота из почвы составит:

горох (зерно) – $176,7 - 97,2 = 79,5$ кг/га

озимая пшеница – 25 % от 112,8 = 28,2 кг/га

сахарная свекла – 25% от 140 = 35 кг/га

ячмень + клевер – 50% от 101,8 = 50,9 кг/га

клевер, сено – $149,8 - 112,4 = 37,4$ кг/га

яровое тритикале – 50% от 104 = 52 кг/га

Столбец № 7 – «Минерализация гумуса без поправок, кг/га».

Минерализация – это совокупность процессов превращения (разложения) органических веществ в минеральные соли, воду и углекислоту, которые используются растениями и микрофлорой почвы. Расчеты по минерализации гумуса проводятся на основе азотного баланса почвы. Причины этому следующие:

- в органическом веществе почвы заключено около 98% всего почвенного азота;

- отношение углерода к азоту C:N в гумусовых веществах пахотной дерново-подзолистой почве в среднем равно 1:10;

- азот для плодородия имеет более важное значение, чем накопление органического углерода, т.к. углеродное питание растений происходит в основном за счет углекислоты воздуха, тогда как азотное питание происходит в основном за счет минерализации органического вещества самой почвы. К тому же аккумуляция угле-

рода в форме гумусовых веществ находится в прямой зависимости от наличия органического азота;

- многочисленными исследованиями установлено, что урожай даже при полном обеспечении растений минеральным азотом в значительной мере (на 40-50%) формируется за счет почвенного азота, образовавшегося преимущественно из гумусовых веществ почвы.

Как уже отмечалось, расчет минерализации гумуса проводится на основе выноса растениями почвенного азота. Вынос растениями 50 кг почвенного азота (при 5% азота в гумусе) приравнивается к потере 1 т гумуса.

Под культурами в примере минерализация гумуса будет иметь следующие значения:

горох (зерно) – $79,5 \cdot 1000 : 50 = 1590$ кг/га

озимая пшеница – $28,2 \cdot 1000 : 50 = 564$ кг/га

сахарная свекла – $35 \cdot 1000 : 50 = 700$ кг/га

ячмень + клевер – $50,9 \cdot 1000 : 50 = 1018$ кг/га

клевер, сено – $37,4 \cdot 1000 : 50 = 748$ кг/га

яровое тритикале – $52 \cdot 1000 : 50 = 1040$ кг/га

Столбец № 8 – «Минерализация гумуса с поправкой на культуру, т/га».

В связи с тем, что минерализация гумуса зависит от культуры, гранулометрического состава почвы, степени рыхления почвы вводятся поправочные коэффициенты.

Поправочные коэффициенты на минерализацию гумуса в зависимости от культуры составляют:

для многолетних трав и зернобобовых – 1,0;

зерновых и других культур сплошного сева – 1,2;

пропашных культур – 1,6.

В примере минерализация гумуса с поправкой на культуру составит:

горох (зерно) – $1590 \cdot 1,0 = 1590$ кг/га

озимая пшеница – $564 \cdot 1,2 = 676,8$ кг/га

сахарная свекла – $700 \cdot 1,6 = 1120$ кг/га

ячмень + клевер – $1018 \cdot 1,2 = 1221,6$ кг/га

клевер, сено – $748 \cdot 1,0 = 748$ кг/га

яровое тритикале – $1040 \cdot 1,2 = 1248$ кг/га

Столбец № 9 – «Минерализация гумуса с поправкой на гранулометрический состав, кг/га».

Поправочные коэффициенты на минерализацию гумуса в зависимости от гранулометрического состава почвы составляют:

- для тяжелого суглинка – 0,8;
- среднего суглинка – 1,0;
- легкого суглинка – 1,2;
- супесей – 1,4;
- песка – 1,8.

Если баланс гумуса определяется под культурой или в севообороте, которые размещаются на почве одного гранулометрического состава, то поправочный коэффициент будет иметь одинаковое значение для культуры или каждой культуры в севообороте. Если культуры севооборота или хозяйства размещаются на почвах разного гранулометрического состава, то рассчитывается средневзвешенный поправочный коэффициент на гранулометрический состав почвы.

Минерализация гумуса с поправкой на гранулометрический состав почвы в примере составит:

- горох (зерно) – $1590 \cdot 1,4 = 2226$ кг/га
- озимая пшеница – $676,8 \cdot 1,4 = 947,5$ кг/га
- сахарная свекла – $1120 \cdot 1,4 = 1568$ кг/га
- ячмень + клевер – $1221,6 \cdot 1,4 = 1710,2$ кг/га
- клевер, сено – $748 \cdot 1,4 = 1047,2$ кг/га
- яровое тритикале – $1248 \cdot 1,4 = 1747,2$ кг/га

Столбец № 10 – «Минерализация гумуса всего на всей площади, кг».

Минерализация гумуса на всей площади определяется как произведение значений минерализации гумуса с поправкой на гранулометрический состав почвы и площади, которую занимает культура в севообороте или в хозяйстве.

В примере минерализация гумуса на всей площади поля составит:

- горох (зерно) – $2226 \cdot 80 = 178080$ кг
- озимая пшеница – $947,5 \cdot 79 = 74852,5$ кг
- сахарная свекла – $1568 \cdot 80 = 125440$ кг
- ячмень + клевер – $1710,2 \cdot 82 = 140236,4$ кг
- клевер, сено – $1047,2 \cdot 80 = 83776$ кг
- яровое тритикале – $1747,2 \cdot 81 = 141523,2$ кг

Минерализация гумуса всего на всей площади севооборота будет следующей:

$$178080 + 74852 + 125440 + 140236 + 83776 + 141523 = 743907 \text{ кг}$$

Столбец № 11 – «Количество новообразованного гумуса из растительных остатков на 1 га».

В современной земледелии поступление в почву органического вещества корневых и пожнивных остатков полевых культур является существенной приходной статьей гумусового баланса. Количество растительных остатков, которое оставляют после себя сельскохозяйственные культуры в пахотном слое почвы, можно найти в учебниках по агрохимии, справочной литературе. Количество сухих пожнивно-корневых остатков в пахотном слое дерново-подзолистых почв представлено в таблице 55.

Следует отметить, что масса растительных остатков изменяется непропорционально росту урожая основной продукции. Приведенные табличные данные показывают, что по мере повышения урожайности сельскохозяйственных культур количество корневых и пожнивных остатков заметно снижается на единицу урожая основной продукции, хотя их общий урожай будет возрастать.

Таблица 55

Количество пожнивно-корневых остатков в пахотном слое дерново-подзолистых почв

Культура	Урожайность, ц/га	Количество сухих пожнивно-корневых остатков на 1 ц основной продукции, ц
1	2	3
Клевер 1-го и 2-го года пользования (сено)	21-30	1,5
	31-40	1,4
	41-60	1,3
	61-70	1,2
Бобово-злаковые многолетние травы (клевер + тимофеевка) 1-го и 2-го года пользования (сено)	21-30	1,5
	31-40	1,4
	41-60	1,3
	61-70	1,2
Тимофеевка 1-го и 2-го года пользования (сено)	21-30	1,6
	31-40	1,5
	41-60	1,4
	61-70	1,3

Продолжение таблицы 55

1	2	3
Озимые зерновые (зерно)	16-20	1,5
	21-25	1,4
	26-30	1,3
	31-35	1,2
	более 36	1,1
Яровые зерновые (зерно)	11-20	1,3
	21-30	1,2
	31-35	1,1
	35-40	1,0
	более 40	0,9
Горох (зерно)	11-20	1,3
	21-30	1,2
	31-35	1,1
Кукуруза на силос (зеленая масса)	150-250	0,14
	251-350	0,12
	351-400	0,10
	более 400	0,09
Картофель (клубни)	101-200	0,13
	201-300	0,12
	300	0,11
Люпин на зеленую массу	101-150	0,19
	151-200	0,18
	201-300	0,17
	более 300	0,16
Люпин на семена (зерно)	11-15	4,4
	16-20	4,3
	21-25	4,2
	26-30	
	и более	4,1

Не все количество поступающих в почву растительных остатков превращается в гумусовые вещества. Предложены следующие коэффициенты гумификации (изогумусовые коэффициенты):

- для зерновых культур, зернобобовых, многолетних трав и льна – 25%;

- кукурузы, свеклы и силосных культур – 15%;

- картофеля и овощей – 8%;

- соломы на удобрение – 25%.

В промежуточных посевах:

- для люпина кормового, вико-овсяной и пелюшко-овсяной смеси, райграса однолетнего – 25%;

- озимой сурепицы, озимого рапса, кормовой капусты, горчицы белой, редьки масличной – 15%.

Для того чтобы определить количество новообразованного гумуса из растительных остатков, необходимо учитывать урожайность культуры, количество пожнивно-корневых остатков в пахотном слое и изогумусовые коэффициенты:

горох (зерно) – $30 \cdot 1,2 \cdot 0,25$ (25%) = 9,0 ц/га = 900 кг/га

озимая пшеница – $40 \cdot 1,1 \cdot 0,25$ (25%) = 11 ц/га = 1100 кг/га

сахарная свекла – $350 \cdot 0,11 \cdot 0,15$ (15%) = 5,8 ц/га = 580 кг/га

ячмень + клевер – $35 \cdot 1,0 \cdot 0,25$ (25%) = 8,8 ц/га = 880 кг/га

клевер, сено – $70 \cdot 1,2 \cdot 0,25$ (25%) = 21 ц/га = 2100 кг/га

яровое тритикале – $40 \cdot 1,0 \cdot 0,25$ (25%) = 10 ц/га = 1000 кг/га

Столбец № 12 – «Количество новообразованного гумуса из растительных остатков на всей площади, кг».

Количество новообразованного гумуса из растительных остатков на всей площади составит:

горох (зерно) – $900 \cdot 80 = 72000$ кг

озимая пшеница – $1100 \cdot 79 = 86900$ кг

сахарная свекла – $580 \cdot 80 = 46400$ кг

ячмень + клевер – $880 \cdot 82 = 72160$ кг

клевер, сено – $2100 \cdot 80 = 168000$ кг

яровое тритикале – $1000 \cdot 81 = 81000$ кг

Столбец № 13 – «Количество новообразованного гумуса из органических удобрений, кг».

В настоящее время принято считать, что в условиях Беларуси в среднем из одной тонны органических удобрений влажностью 70-80% образуется: на связных почвах – 50, на легких – 35-40 кг гумуса.

Если культуры севооборота или хозяйства возделываются на почвах разного гранулометрического состава, то количество гумуса, которое образуется от внесения одной тонны органических удобрений, рассчитывается как средневзвешенная величина.

В нашем примере органические удобрения применяются под озимую пшеницу и сахарную свеклу в норме 30 и 60 т/га соответственно. На всю площадь, которую занимают культуры, будет внесено 2370 т (30 т/га \cdot 79 га) под озимую пшеницу и 4800 т (60 т/га \cdot 80 га) под сахарную свеклу.

Количество новообразованного гумуса из органических удобрений составит 118500 кг (2370 т · 50 кг) под озимой пшеницей и 240000 кг (4800 т · 50 кг) под сахарной свеклой.

Столбец № 14 – «Количество новообразованного гумуса всего, кг».

В этом столбце суммируется количество новообразованного гумуса, образовавшегося из растительных остатков (на всей площади) и органических удобрений.

Все количество новообразованного гумуса будет следующим:
 $72000 + 205400 + 286400 + 72160 + 168000 + 81000 = 884960$ кг

Столбец № 15 – «Баланс гумуса, кг».

Баланс гумуса определяется как разница между всем количеством новообразованного гумуса и всем количеством минерализованного гумуса. Баланс гумуса рассчитывается под каждой культурой и в целом для всех культур севооборота или хозяйства:

горох (зерно) – $72000 - 178080 = -106080$ кг

озимая пшеница – $205400 - 74852 = +130548$ кг

сахарная свекла – $286400 - 125400 = +160960$ кг

ячмень + клевер – $72160 - 140236 = -68076$ кг

клевер, сено – $168000 - 83776 = +84224$ кг

яровое тритикале – $81000 - 141523 = -60523$ кг

Под данным набором культур – $884960 - 743907 = +141053$ кг.

Баланс гумуса в приведенном примере положительный: +141053 кг на всей площади (482 га) или +293 кг на одном гектаре в год.

Если баланс гумуса получается отрицательный, то можно спланировать прирост гумуса. При планируемом приросте гумуса +100 кг на одном гектаре в год для создания положительного его баланса необходимо дополнительно вносить 2,0 т/га органических удобрений (100 кг/га : 50 кг – количество гумуса, которое образуется из 1 т органических удобрений при данном гранулометрическом составе почвы).

Следует отметить, что аналогичным образом производятся расчетные балансы по севооборотам, району, области и т.д.

Расчетный метод определения гумусового баланса позволяет не только контролировать содержание гумуса в почве, но и моделировать необходимые и возможные в данных условиях темпы обогащения почвы органическим веществом. Только сочетание двух методов – балансового расчета накопления органического вещества и

прямого определения гумуса в почвах может дать полную картину изменения плодородия почвы.

5.7. Баланс элементов питания

Оценка состояния баланса элементов питания в системе почва-растение-удобрение является важной характеристикой эффективности использования минеральных и органических удобрений в сельскохозяйственном производстве.

Показатели баланса отражают пути превращения и расхода питательных веществ минеральных и органических удобрений, долю элементов питания, продуктивно используемую и отчуждаемую растениями из почвы и воспроизводимую за счет органических и минеральных удобрений. Баланс питательных веществ в системе почва-растение-удобрение составляет часть общего процесса взаимодействия элементов питания и относится к малому биологическому круговороту. Рассчитывается баланс путем сопоставления количества элементов питания, поступающих в почву, с их расходом на создание урожая и непроизводительными потерями.

Учет результатов баланса позволяет более обоснованно планировать производство продукции сельского хозяйства с наименьшими затратами и более высокой окупаемостью органических и минеральных удобрений, прогнозировать потребность в удобрениях и знать изменение обеспеченности почв питательными веществами, регулировать плодородие почв, обеспечивать охрану окружающей среды. Расчеты баланса питательных веществ по отдельным хозяйствам и севооборотам позволяют установить более обоснованные системы удобрения сельскохозяйственных культур, уменьшить потери питательных веществ.

Для оценки эффективности сельскохозяйственного производства крупных регионов, областей, районов, хозяйств используются различные виды баланса питательных веществ в земледелии: биологический, хозяйственный, дифференцированный и эффективный.

Биологический баланс дает наиболее полное представление о круговороте веществ. В приходные статьи биологического баланса включаются: поступление питательных веществ с органическими и минеральными удобрениями, осадками, семенами, симбиотическая и несимбиотическая азотфиксация; в расходные – содержание питательных веществ в основной и побочной продукции, отчуждаемой с поля, в корневых и послеуборочных остатках.

Хозяйственный баланс определяется по валовому поступлению и отчуждению элементов питания. При расчете хозяйственного баланса учитываются все приходные и расходные статьи, в том числе и непроемительные потери. Хозяйственный баланс характеризует не только долю участия удобрений в малом биологическом круговороте, обеспеченность сельскохозяйственных культур элементами питания, но и характер изменения их содержания в почве, позволяет количественно прогнозировать тенденции изменения плодородия почв. В то же время хозяйственный баланс не дает полного представления об условиях питания отдельных культур или севооборота в целом, так как растения используют только часть элементов питания из внесенных удобрений.

Дифференцированный баланс. При расчете этого вида баланса количество минеральных удобрений относится не на всю площадь земель, а только на площадь их первоочередного применения, то есть на почвах недостаточно обеспеченных элементами питания.

Эффективный баланс определяется с учетом возможных коэффициентов использования питательных веществ из удобрений в год их внесения или за ротацию севооборота.

Дифференцированный и эффективный балансы элементов питания в агрохимической практике используется крайне редко.

Баланс питательных веществ оценивается показателями дефицита элементов питания или их избытком, интенсивностью, структурой, емкостью, реутилизацией питательных веществ.

Дефицит или избыток элементов питания представляет разницу между всеми источниками их поступления и расхода и выражается в абсолютных (кг, т) или относительных (%) величинах на всю площадь или единицу площади.

Интенсивность баланса – отношение поступления элементов питания к их отчуждению. Выражается в виде процентов или коэффициентов.

Емкость баланса – сумма выноса из почвы и всех статей размещения питательных элементов. Она характеризует мощность круговорота веществ. Чем больше емкость баланса, тем интенсивнее земледелие в исследуемом регионе, области, хозяйстве.

Структура баланса – характеризует долевое участие отдельных статей прихода и расхода элементов питания. Анализ структуры баланса позволяет оценить источники поступления, затраты на производство единицы продукции.

Реутилизация питательных веществ определяется как отношение поступления в почву элементов питания с навозом к выносу их урожаем, т.е. реутилизация характеризует повторное использование элементов питания, поступивших с минеральными удобрениями, через растениеводческую продукцию (солома, корм животных), прошедшую через животноводческие фермы и возвращаемую на поле в виде навоза.

Степень реутилизации элементов питания определяется в основном специализацией хозяйства, концентрацией животноводства. Высокий повторный возврат элементов питания имеет место в хозяйствах животноводческого направления, где меньше товарность растениеводческой продукции.

Если в качестве органических удобрений используется не навоз, а торфонавозные компосты, то при определении степени реутилизации из общего количества элементов питания, поступивших в почву с органическими удобрениями, необходимо вычесть их наличие в торфе, используемом для приготовления компостов.

В практике агрохимического обслуживания сельскохозяйственного производства, в научных исследованиях, а также для оценки системы применения удобрений по степени обеспеченности планируемых урожаев элементами питания необходимо проводить расчет хозяйственного баланса. Расчет хозяйственного баланса представляется в виде таблицы (табл. 56).

Баланс питательных веществ в севообороте чаще рассчитывается в среднем за год в кг на 1 гектар. Для более полной оценки и объективной характеристики обеспеченности питательными элементами получаемых и планируемых урожаев в хозяйстве необходимо иметь данные по балансу не менее чем за 5 лет, а лучше за ротацию севооборота.

При расчете хозяйственного баланса питательных веществ в севообороте сопоставляются величины прихода и расхода элементов питания и выражаются в абсолютных значениях, \pm кг/га.

Поступление элементов питания включает следующие приходные статьи баланса:

- с минеральными удобрениями;
- с органическими удобрениями;
- с семенами;
- с атмосферными осадками;
- азот, накопленный бобовыми (симбиотический);

несимбиотический азот.

Расход элементов питания состоит из следующих статей балан-
са:

- вынос планируемыми урожаями;
- потери от вымывания (выщелачивания);
- потери от эрозии почв;
- газообразные потери азота.

Таблица 56

Общий и эффективный баланс азота, фосфора
и калия в севообороте, кг/га

Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4
1. Приход			
а) с минеральными удобрениями	61	81	120
б) с органическими удобрениями	78,0	39	93
в) с семенами	3	1,3	1,5
г) с атмосферными осадками	10,9	0,3	9,2
д) азот, накопленный бобовыми (симбиотический)	33,3	-	-
е) несимбиотический азот	10	-	-
ВСЕГО	196,2	121,6	223,7
2. Расход			
а) вынос планируемыми урожаями	106,0	48,5	138,2
б) потери от вымывания	6	-	7
в) потери от эрозии	0,4	0,2	0,3
г) газообразные потери азота	34,5	-	-
ВСЕГО	146,9	48,7	145,5
3. Общий баланс (+ -)	49,3	72,4	78,2
Интенсивность общего баланса, %	134	249	154
4. Коэффициенты использования питательных веществ из минеральных удобрений, %	65	35	70
Коэффициенты использования питательных веществ из органических удобрений, %	55	45	70
Будет усвоено растениями из минеральных источников	46,7	28,8	90,4
Будет усвоено растениями из органических источников	67,8	17,9	65,3
Будет усвоено растениями из минеральных и органических источников всего	115,1	46,7	155,7

Продолжение таблицы 56

1	2	3	4
Эффективный баланс (+ -)	+9,1	-1,8	+17,5
Интенсивность эффективного баланса, %	109	96	113
5. Средневзвешенное содержание в почвах севооборота питательных веществ в подвижной форме, %, мг/кг	1,9	173	177
Запасы питательных веществ в почве в подвижной форме, кг/га	47,5	519	531
Коэффициенты использования питательных веществ из запасов почвы, %	100	8	15
Возможное усвоение питательных веществ из почвы, кг/га	47,5	41,5	79,6

Расчет приходных статей баланса

Для определения количества элементов питания, поступающих с минеральными и органическими удобрениями необходимо воспользоваться данными плана размещения удобрений в севообороте (табл. 51). Количество азота, фосфора и калия, поступающее с минеральными удобрениями будет соответствовать значениям насыщенности минеральными удобрениями 1 га севооборотной площади в кг д.в. В примере эти значения составляют: N–61, P₂O₅–81, K₂O–120 кг/га.

Поступление азота, фосфора и калия с органическими удобрениями определяется с учетом насыщенности органическими удобрениями 1 га севооборотной площади в тоннах (план размещения удобрений в севообороте, табл.51) и химического состава применяемых органических удобрений (табл. 43).

Пример. Насыщенность органическими удобрениями 1 га севооборотной площади составляет 15,0 т. Применяемый вид органических удобрений – навоз КРС на соломенной подстилке. В 1 т такого навоза содержится 5,2 кг N, 2,6 кг P₂O₅ и 6,2 кг K₂O. Поступление элементов питания с органическими удобрениями будет следующим: N-78,0 кг/га (15,0 т · 5,2 кг), P₂O₅-39 кг/га (15,0 т · 2,6 кг), K₂O-93 кг/га (15,0 т · 6,2 кг).

С семенами в среднем в год по Республике Беларусь поступает N – 3 кг/га, P₂O₅ – 1,3, K₂O – 1,5, Ca – 0,3, MgO – 0,1 и серы – 0,2 кг/га.

С атмосферными осадками (по многолетним данным Белгидрометцентра Республики Беларусь в среднем за год) поступает N-10,9 кг/га, P₂O₅-0,3, K₂O-9,2, CaO-29, MgO-7,6, серы (SO₄)-39,4 кг/га, (S)-11 кг/га.

Азот, накопленный бобовыми (симбиотический).

Обеспеченность растений азотом происходит также за счет введения в севооборот бобовых культур, которые благодаря симбиотической азотфиксации обеспечивают азотом как себя, так и последующие культуры. По обобщенным данным Географической сети полевых опытов на одном гектаре за счет клубеньковых бактерий фиксируется на посевах гороха 40-60 кг азота, вики – 40-65, люпина – 80-120, клевера лугового – 120-180, люцерны – 140-210, многолетних бобово-злаковых травосмесей на пашне – 60-90 кг/га в год. Для расчета баланса азота на пахотных землях следует принять средние размеры фиксации: по гороху – 50 кг/га, вике – 52, люпину – 100, клеверу луговому – 150, люцерне – 175, многолетним бобово-злаковым травосмесям – 75 кг/га.

Пример. В севообороте на площади 482 га (6 полей по 79-82га) имеются две культуры, осуществляющие симбиотическую азотфиксацию: горох – 80 га и клевер луговой – 80 га.

Симбиотического азота в почве остается:

после гороха – 50 кг/га, на 80 га – 4000 кг.

после клевера – 150 кг/га, на 80 га – 12000 кг;

Всего симбиотического азота в севообороте: 200 кг/га (50+150) или 16000 кг (4000+12000).

В среднем на 1 га севооборотной площади: 33,3 кг (200 кг/га : 6 полей или 16000 : 482 га).

Несимбиотический азот.

Размеры фиксации азота свободноживущими микроорганизмами в зависимости от почвенно-климатических условий составляют от 5 до 50 кг/га. Для дерново-подзолистых почв республики, характеризующихся относительно невысоким содержанием гумуса, при расчете баланса азота на пашне рекомендуется принимать средний норматив несимбиотической азотфиксации 10 кг/га в год.

Сумма приходных статей баланса:

по азоту – 196,2 кг/га (61 + 78 + 3 + 10,9 + 33,3 + 10);

по фосфору – 121,6 кг/га (81 + 39 + 1,3 + 0,3);

по калию – 223,7 кг/га (120 + 93 + 1,5 + 9,2).

Расчет расходных статей баланса

Вынос элементов питания планируемыми урожаями определяется с учетом планируемой урожайности культур в севообороте и нормативов выноса азота, фосфора и калия с единицей основной и соответствующим количеством побочной продукции (табл.30). Запись расчетов представляется в табличной форме (табл.57).

Вынос азота, фосфора и калия с 1 га в кг д.в. каждой культурой определяется как произведение планируемой урожайности культуры на соответствующий норматив выноса.

При подсчете выноса питательных веществ с 1 га (кг д.в.) всего за севооборот суммируется вынос элемента каждой культурой севооборота.

Таблица 57

Вынос азота, фосфора и калия с урожаем
сельскохозяйственных культур

Культуры севооборота	Площадь, га	Вынос с 1 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг д.в.			Вынос питательных веществ с 1 га, кг д.в.		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Горох (зерно)	80	5,89	1,40	2,90	194,4	46,2	95,7
Озимая пшеница	79	2,82	1,08	1,92	126,9	48,6	86,4
Сахарная свекла	80	0,4	0,16	0,65	152	60,8	247
Ячмень + клевер	82	2,91	1,19	2,74	110,6	45,2	104,1
Клевер	80	2,14	0,48	2,52	51,4	38,4	201,6
Озимое тритикале	81	2,60	1,15	2,10	117	51,8	94,5
Всего за севооборот					635,7	291	829,3
В среднем на 1 га					106,0	48,5	138,2

Если имеются сборные поля (площадь 1 поля севооборота 30 га, 10 га занимает картофель и 20 га занимают кормовые корнеплоды), то на таких полях рассчитывается средневзвешенный вынос пита-

тельных веществ с 1 га. Полученные значения учитываются при определении общего выноса.

Вынос питательных веществ в среднем на 1 га определяется как частное значений выноса всего за севооборот на количество полей в севообороте. В примере он будет следующим:

по азоту – 106,0 кг/га (635,7 кг : 6 полей);

по фосфору – 48,5 кг/га (291 : 6 полей);

по калию – 138,2 кг/га (829,3 кг/га : 6 полей).

Потери элементов питания от выщелачивания (вымывания) зависят от доз минеральных удобрений, типа и гранулометрического состава почв, метеорологических условий (количества осадков). Чем легче почва по гранулометрическому составу и обильнее осадки, тем выше потери питательных веществ.

Согласно имеющимся научным данным, фосфор практически не вымывается из почвы и не загрязняет грунтовые воды, поэтому при балансовых расчетах потери фосфатов по данной статье не учитываются.

Потери азота, калия, кальция, магния и серы определяются по таблице 58.

Известно, что потери кальция за счет вымывания зависят от кислотности почвы. На почвах с рН (в КСl) более 6,0 они возрастают в среднем на 40% по сравнению со средними данными лизиметрических опытов на почвах без известкования.

В то же время на кислых почвах с рН (в КСl) менее 5,0 вымывание кальция примерно на 20% ниже.

Таблица 58

Потери элементов питания от выщелачивания на пахотных почвах Республики Беларусь

Почвы	Вынос с инфильтрационными водами, кг/га в год					
	N	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄	S
Дерново-подзолистые суглинистые	3	9	45	12	20	14
Дерново-подзолистые супесчаные на морене	6	7	68	18	30	24
Дерново-подзолистые супесчаные на песке и песчаные	10	25	75	28	48	28
Торфяно-болотные почвы (пашня)	14	10	104	16	48	15

В связи с этим для расчетов баланса кальция средний нормативный показатель потерь этого элемента на почвах с рН (в КСl) более 6,0 необходимо умножить на 1,4, а на почвах с рН (в КСl) менее 5,0 – на 0,8.

В примере для дерново-подзолистой связносупесчаной, подстилаемой мореной, почвы потери от вымывания составят: азота – 6 кг/га, калия – 7 кг/га. Фосфор из почвы не выщелачивается.

Потери элементов питания от эрозии колеблются в широких пределах и зависят от интенсивности эрозионных процессов и использования склоновых земель.

Наиболее высокий смыв элементов питания отмечается на эродированных почвах, а также на зяби и под пропашными культурами. При возделывании на эродированных почвах озимых зерновых культур смыв элементов питания незначительный, а под многолетними травами он практически отсутствует. Размеры потерь элементов питания с эрозией на сенокосах и пастбищах так же незначительные.

Приведенные в табл. 59 нормативы потерь макроэлементов на пахотных почвах в зависимости от степени их эродированности рекомендуется использовать при расчетах баланса элементов питания в отдельных хозяйствах или районах с высоким удельным весом (более 30%) эродированных почв. При расчете баланса по областям и в целом по республике их можно не учитывать.

Таблица 59

Потери основных элементов питания при эрозии почв

Степень эродированности почв	Потери, кг/га							
	элементов питания							гумуса
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄	S	
Слабая	5	3	3	5	2	0,05	2	100
Средняя	10	6	7	12	4	0,10	4	150
Сильная	20	10	15	25	8	0,20	6	280

При расчетах потерь от эрозии по каждому элементу рассчитывается средневзвешенный норматив потерь с учетом количества эродированных почв в хозяйстве или севообороте.

Пример. Площадь севооборота 482 га. Со слабой степенью эродированности имеется 4% почв, со средней – 1% и с сильной – 0,5% (данные задания, табл. 1). Средневзвешенный норматив потерь азота от эрозии в расчете на 1 га севооборотной площади составит:

$$\frac{(4\% \cdot 5\text{кг} / \text{га}) + (1\% \cdot 10\text{кг} / \text{га}) + (0,5\% \cdot 20\text{кг} / \text{га})}{100} = 0,4\text{кг} / \text{га}$$

Аналогичным образом рассчитывается средневзвешенный норматив потерь фосфора и калия от эрозии.

На сенокосах и пастбищах потери элементов питания от вымывания и эрозии не учитываются.

Газообразные потери азота на пахотных и лугопастбищных угодьях колеблются в пределах от 10 до 50% от внесенного с удобрениями. В атмосферу выделяются молекулярный азот, закись, окись и двуокись азота, аммиак. Это обусловлено происходящими в почве процессами денитрификации, аммонификации, нитрификации и др.

В среднем газообразные потери азота составляют 25% от общего количества, внесенного с минеральными и органическими удобрениями.

В примере: 25% от (61 + 77) = 34,5 кг/га

Сумма расходных статей баланса:

по азоту 146,9 кг/га (106,0 + 6 + 0,4 + 34,5);

по фосфору 48,7 кг/га (48,5 + 0,2);

по калию 145,5 кг/га (138,2 + 7 + 0,3).

Общий баланс (хозяйственный) элементов питания определяется как разность между суммами приходной (П) и расходной (Р) статей и выражается в кг/га

$$(Б = П - Р).$$

$$Б^N = 49,3 \text{ кг/га} (196,2 - 146,9)$$

$$Б^P = 79,9 \text{ кг/га} (121,6 - 48,7)$$

$$Б^K = 78,2 \text{ кг/га} (223,7 - 145,5)$$

Интенсивность общего баланса (I_B) – отношение поступления элементов питания к их расходу. Интенсивность баланса выражается

в процентах ($I_B = \frac{П}{Р} \cdot 100$) или в виде коэффициентов

($I_B = \frac{P}{P}$). Величина интенсивности менее 100% характеризует дефицитный, 100 – бездефицитный, более 100% - положительный баланс.

На основании расчетов баланса элементов питания, проведенных в длительных стационарных полевых опытах при различных почвенных условиях и уровнях применения удобрений (N₄₅₋₁₈₀, P₂₀₋₁₃₀, K₆₀₋₂₂₀) Белорусским НИИ почвоведения и агрохимии предложены оптимальные параметры интенсивности баланса фосфора и калия в зависимости от содержания их в почвах (табл. 60).

Таблица 60

Оптимальная интенсивность баланса в зависимости от обеспеченности почв фосфором и калием

Содержание, мг/кг почвы	Почвы	
	суглинистые и супесчаные на морене	супесчаные на песках и песчаные
P₂O₅	Возврат фосфора, %	
Менее 60	200	160
60-100	160	140
101-150	120	110
151-250	100	90
251-300	50	0-30
301-400	0-30	-
K₂O	Возврат калия, %	
Менее 80	130	140
81-140	120	130
141-200	110	100
201-300	100	90
301-400	60	-
Более 400	-	-

Чем меньше содержание в почве подвижных форм фосфора и калия, тем большая интенсивность баланса рекомендуется.

Обобщенные данные полевых опытов, проведенных в Республике Беларусь за 10-летний период, показывают, что оптимальная интенсивность баланса для пахотных почв в производственных условиях составляет по азоту – 100-120%, фосфору и калию – 100-110%.

Дефицитный баланс питательных элементов (превышение расхода над поступлением) предупреждает о том, что происходит истощение почв, снижение их плодородия.

Значения интенсивности баланса по азоту, превышающие оптимальные показатели, предупреждают об накоплении нитратов в почве, растениях, водоемах и грунтовых водах, об непроизводительных потерях этого элемента.

Если интенсивность баланса по фосфору значительно превышает его оптимальные значения, это указывает на зафосфачивание почв, на загрязнение почв и грунтовых вод фтором, на загрязнение почв тяжелыми металлами.

Нежелательно также, чтобы интенсивность баланса по калию превышала его оптимальные значения. В этом случае калий может вымываться из почвы, накапливаться в корме и вызывать отравление животных. Хлор, который в большом количестве вносится с калийными удобрениями, может загрязнять водоемы и грунтовые воды.

В примере интенсивность баланса будет следующей:

по азоту 134% ($196,2 : 146,9 \cdot 100$);

по фосфору 250% ($121,6 : 48,7 \cdot 100$);

по калию 154% ($223,7 : 145,5 \cdot 100$).

Эффективный баланс характеризует отношение между выносом растениями элементов питания и возможным их усвоением из поступивших в почву.

Для расчета возможного усвоения элементов питания из поступивших в почву применяются **коэффициенты использования питательных веществ из минеральных (табл.42) и органических (табл.44) удобрений за ротацию севооборота.**

Минеральными источниками поступления питательных веществ в почву являются: поступление питательных веществ с минеральными удобрениями и атмосферными осадками.

Азота поступит 71,9 кг/га ($61 + 10,9$).

Будет усвоено растениями из минеральных источников 46,7 кг/га (65% от 71,9 кг/га).

Органическими источниками поступления питательных веществ в почву являются: поступление питательных веществ с органическими удобрениями, семенами, а при расчете эффективного баланса по азоту так же симбиотический и несимбиотический азот.

Азота поступит 124,3 кг/га ($78 + 3 + 33,3 + 10$).

Будет усвоено растениями из органических источников 68,4 кг/га (55% от 124,3 кг/га).

Будет усвоено из минеральных и органических источников всего 115,1 кг/га (46,7 + 68,4).

Эффективный баланс определяется как разность между количеством элемента питания, усвоенного из минеральных и органических источников, и выносом элемента питания планируемыми урожаями.

По азоту он составит +9,1 кг/га (115,1 – 106,0).

Интенсивность эффективного баланса – отношение количества элемента питания, усвоенного из минеральных и органических источников, и выноса элемента питания планируемыми урожаями.

По азоту интенсивность эффективного баланса составит 109% (115,1 : 106,0 x 100).

Эффективные балансы и их интенсивность по фосфору и калию рассчитываются аналогичным образом.

Для оценки системы применения удобрений по эффективному балансу проводится расчет возможного усвоения азота, фосфора и калия из почвенных запасов. Систему применения удобрений можно считать разработанной правильно в том случае, если дефицит элементов питания по эффективному балансу будет компенсироваться за счет возможного усвоения из почвы.

Запасы питательных веществ в почве определяются исходя из **средневзвешенных показателей содержания в почвах севооборота гумуса (%), подвижных форм фосфора и калия (мг/кг почвы)**, которые рассчитываются по исходным данным (табл. 4).

В примере эти показатели будут следующими: содержание гумуса – 1,9 %, подвижных форм фосфора – 173 мг/кг почвы, калия – 177 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 5,41.

Запасы азота в почве оцениваются по содержанию гумуса. По данным БелННИПА, растения могут усвоить азота из запасов почвы по 20-25 кг/га на каждый процент гумуса в почве. В нашем примере это составит 47,5 кг/га (1,9 % · 25 кг/га).

Расчет запасов подвижных форм фосфора и калия в почве выполняется путем умножения средневзвешенных значений этих показателей на коэффициент 3,0. Запасы фосфора в почве будут равны 519 кг/га (173 мг/кг · 3), калия – 531 кг/га (177 мг/кг · 3).

Коэффициенты использования питательных веществ из запасов почвы составляют: азота – 100%, фосфора – 6-8%, калия –

10-15%. В примере эти коэффициенты принимаются следующими: азота – 100%, фосфора – 8%, калия – 15%.

Возможное усвоение питательных веществ из почвы будет следующим:

азота – 47,5 кг/га (100% от 47,5 кг/га);

фосфора – 41,5 кг/га (8% от 519 кг/га);

калия – 79,6 кг/га (15% от 531 кг/га).

Рациональность разработанной системы удобрений в севообороте оценивается путем сопоставления значений эффективного баланса и значений возможного усвоения питательных веществ из почвы. Систему удобрения следует считать рационально разработанной, если возможное усвоение питательных веществ из почвы компенсирует дефицит их эффективного баланса.

В примере система удобрений разработана правильно (N – +9,1 и 47,5 кг/га, P₂O₅ – -1,8 и 41,5 кг/га, K₂O – 17,5 и 79,5 кг/га).

Расчет баланса кальция, магния и серы

При расчете баланса кальция, магния и серы, также как и при расчете баланса азота, фосфора и калия, сопоставляются величины прихода и расхода элементов питания и выражаются в абсолютных значениях, ± кг/га.

Поступление кальция, магния и серы включает следующие приходные статьи баланса:

с известковыми удобрениями;

с органическими удобрениями;

с минеральными удобрениями;

с осадками;

с семенами.

Расход кальция, магния и серы состоит из следующих статей баланса:

вынос планируемыми урожаями;

потери от выщелачивания;

потери от эрозии.

Расчет баланса кальция, магния и серы представляется в виде табл. 61.

Таблица 61

Баланс кальция, магния и серы в севообороте, кг/га

Показатели	CaO	MgO	S
Приход (статьи поступления):			
с известковыми удобрениями	270	180	-
с органическими удобрениями	59,2	29,6	77,0
с минеральными удобрениями	95,9	-	41,8
с осадками	29	7,6	11
с семенами	0,3	0,1	0,2
Поступление всего:	454,4	217,3	13,0
Расход (статьи отчуждения):			
вынос планируемыми урожаями	53,5	27,0	33,2
потери от выщелачивания	68	18	24
потери от эрозии	0,4	0,2	0,2
Отчуждение всего:	121,9	45,2	57,4
Баланс + -	332,5	172,1	72,6

Статьи прихода кальция, магния и серы с органическими удобрениями, осадками и семенами, а также статьи отчуждения (вынос планируемыми урожаями, потери от выщелачивания и потери от эрозии) рассчитываются также, как и аналогичные статьи баланса азота, фосфора и калия.

Поступление кальция и магния с известковыми удобрениями рассчитывается по количеству CaCO_3 или известковых удобрений, применяемых в среднем за 4 года на 1 га севооборотной площади, с учетом химического состава известкового материала. Количество CaCO_3 или известкового удобрения определяется по составленному плану известкования (табл. 26). Содержание кальция и магния в известковых удобрениях определяется по таблице 62.

Таблица 62

Поступление кальция, магния и серы с удобрениями

Удобрения, известковые материалы	CaO	MgO	S, %
	кг на 100 кг основного д.в.		
Суперфосфат простой	117		51
Суперфосфат двойной	46	-	
Молотый известняк	56	-	
Молотый доломит	30	20	
Молотый доломитизированный известняк	50	5	
Мел	56	-	
Гашеная известь	56	-	
Доломитовая мука	30	20	
Дефекат	56	-	
Сланцевая зола	58	5	3,0
Цементная пыль	58	1	1,5
Сульфат аммония			112
Сульфат калия			33
Сульфат магния			
Сульфат натрия			
Фосфогипс (на 100 кг физической массы)	23		13
Подстилочный навоз (с 1 т)	4,0	2,0	5,2

Пример. В среднем в год на 1 га севооборотной площади вносятся 0,9 т CaCO_3 (табл. 26). В качестве известкового материала применяется доломитовая мука. С 0,9 т (900 кг) CaCO_3 доломитовой муки в почву поступит:

270 кг/га CaO ($900 \cdot 30 : 100$)

180 кг/га MgO ($900 \cdot 20 : 100$)

Поступление кальция, магния и серы с минеральными удобрениями определяется по насыщенности минеральными удобрениями 1 га севооборотной площади и с учетом форм применяемых в севообороте удобрений (план размещения удобрений в севообороте, табл. 51). В примере насыщенность 1 га севооборотной площади минеральными удобрениями составляет: N – 61 кг, P_2O_5 – 81 и K_2O – 120 кг. Основные удобрения, применяемые в севообороте,

КАС, карбамид, суперфосфат простой, калий хлористый. Из применяемых удобрений только в суперфосфате простом содержится СаО и S (табл. 62). С 81 кг P₂O₅ поступит 94,8 кг СаО (81 · 117 : 100) и 41,3 кг S (81 · 51 : 100).

Поступление всего:

СаО – 453,3 кг/га (270 + 59,2 + 94,8 + 29 + 0,3)

MgO – 217,3 кг/га (180 + 29,6 + 7,6 + 0,1)

S – 129,5 кг/га (77,0 + 41,3 + 11 + 0,2)

Расчет выноса СаО, MgO и S с урожаем сельскохозяйственных культур представлен в таблице 63.

Таблица 63

Вынос кальция, магния и серы с урожаем сельскохозяйственных культур

Культуры севооборота	Планируемая урожайность, ц/га	Вынос с 1 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг д.в.			Вынос питательных веществ с 1 га, кг д.в.		
		СаО	MgO	S	СаО	MgO	S
Горох (зерно)	33	2,40	0,48	1,05	79,2	15,8	34,6
Озимая пшеница	45	0,47	0,31	0,5	21,2	14,0	22,5
Сахарная свекла	380	0,16	0,12	0,16	60,8	45,6	60,8
Ячмень + клевер	38	0,48	0,30	0,80	18,2	11,4	30,4
Клевер	80	1,50	0,77	0,21	120,0	61,6	16,8
Озимое тритикале	45	0,48	0,30	0,76	21,6	13,5	34,2
Всего за севооборот					321	161,9	199,3
В среднем на 1 га					53,5	27,0	33,2

Потери от выщелачивания: СаО – 68 кг/га; MgO – 18 кг/га и S – 24 кг/га (табл. 58).

Потери от эрозии (используются данные табл. 1 и 59):

$$P_{\text{эр.}}^{\text{СаО}} = [(4 \cdot 5) + (1 \cdot 12) + (0,5 \cdot 25)] : 100 = 0,4 \text{ кг / га}$$

$$P_{\text{эр.}}^{\text{MgO}} = [(4 \cdot 2) + (1 \cdot 4) + (0,5 \cdot 8)] : 100 = 0,2 \text{ кг / га}$$

$$P_{\text{эр.}}^{\text{S}} = [(4 \cdot 2) + (1 \cdot 4) + (0,5 \cdot 6)] : 100 = 0,2 \text{ кг / га}$$

Отчуждение всего:

СаО – 121,9 кг/га (53,5 + 68 + 0,4)

MgO – 45,2 кг/га (27,0 + 18 + 0,2)

S – 57,4 кг/га (33,2 + 24 + 0,2)

Баланс

CaO – 331,4 кг/га (453,3 – 121,9)

MgO – 172,1 кг/га (217,3 – 45,2)

S – 72,1 кг/га (129,5 – 57,4)

В примере баланс по всем трем элементам питания (кальцию, магнию и сере) положительный. Поступление кальция и магния в почву намного превышает их отчуждение.

5.8. Эффективность применения удобрений

Эффективность удобрений является качественной характеристикой системы применения удобрений и служит одним из критериев хозяйственной деятельности сельхозпредприятий.

В курсовой работе предусматривается определение агрономической эффективности применения удобрений в полевом севообороте и энергетической эффективности применения удобрений под 2 его культуры, под одну из которых используется минеральная, под другую – органоминеральная система удобрений.

5.8.1. Агрономическая эффективность

Агрономическая эффективность удобрений – это результат их действия на выход основной продукции культуры, выраженной прибавкой урожая с гектара (ц/га) или на единицу вносимых удобрений (для минеральных – кг/кг NPK, для органических – кг/т).

Агрономическую эффективность можно определить 2 методами:

1. прямым (по результатам производственных опытов);
2. косвенным (расчетным).

В курсовой работе планируется использование расчетного метода, разработанного в БелНИИПА. Суть метода состоит в расчете прогнозируемой урожайности культуры с учетом качества почвы и количества вносимых удобрений и сравнении ее с фактической урожайностью.

Прогнозируемый урожай вычисляют по формуле

$$Упр.(ц/га) = [(Bn \cdot Цб) + (Д_{NPP} \cdot O_{NPP}) + (Д_{o.y.} \cdot O_{o.y.})] : 100$$

где Bn – балл пашни;

$Цб$ – нормативная цена балла, кг;

$D_{\text{НРК}}$ – доза минеральных удобрений, кг/га;

$O_{\text{НРК}}$ – нормативная окупаемость минеральных удобрений, кг/кг;

$Do.y.$ – доза органических удобрений, т/га;

$Oo.y.$ – нормативная окупаемость органических удобрений, кг/т.

Фактическую окупаемость удобрений вычисляют по формуле

$$O_{\text{факт.}} = K \cdot O_{\text{норм.}}$$

где K – коэффициент использования плодородия почв и удобрений:

$$K = \frac{Y_{\text{факт.}}}{Y_{\text{прогн.}}}$$

Фактическую прибавку урожая рассчитывают по формуле

$$П = [(D_{\text{НРП}} \cdot O_{\text{НРП(факт)}}) + (Do.y. \cdot Oo.y.(факт))]:100$$

Пример расчета агрономической эффективности применения удобрений в полевом севообороте

1. Определение фактической урожайности (продуктивности) севооборота (Уф), ц к.ед./га

Расчет средневзвешенной величины фактической продуктивности севооборота (Уф, ц к.ед./га) проводят по формуле

$$Уф = \frac{Y_1 \cdot S_1 \cdot K_1 + Y_2 \cdot S_2 \cdot K_2 \dots + Y_n \cdot S_n \cdot K_n}{S}$$

где $Y_{1,2,n}$ – урожайность культур севооборота, ц/га;

$S_{1,2,n}$ – площадь полей севооборота, га;

$K_{1,2,n}$ – коэффициент перевода в к.ед. (табл. 18).

Все расчеты проводят в таблице 64.

2. Определение прогнозируемой урожайности на дерново-подзолистой почве (Упрогн.)

Балл дерново-подзолистой почвы равен 39 (табл. 3), дозы органических и минеральных (сумма НРК) удобрений (насыщенность севооборота удобрениями) составляют соответственно 15,0 т/га и 262 кг/га (табл. 51). Нормативы цены балла почвы и окупаемости органических и минеральных удобрений урожаем в целом на пашне севооборота составляют соответственно 65, 30 и 8,8 к.ед. (табл. 65).

$$Уп \text{ (ц к.ед./га)} = [(Bn \cdot Цб) + (D_{\text{НРК}} \cdot O_{\text{НРК}}) + (Do.y. \cdot Oo.y.)]:100 = \\ = [(39 \cdot 65) + (262 \cdot 8,8) + (15,0 \cdot 30)]:100 = 52,9 \text{ ц к.ед./га}$$

Таблица 64

Средняя фактическая продуктивность (урожайность) севооборота

Культура	Площадь, га	Фактическая урожайность, ц/га	Валовый сбор, ц	Коэффициент перевода в к.ед.	Валовый сбор, ц к.ед.
Горох (зерно)	80	30	2400	1,40	3360
Озимая пшеница	79	40	3160	1,36	4298
Сахарная свекла	80	350	28000	0,31	8680
Ячмень + клевер	82	35	2870	1,50	4305
Клевер	80	70	5600	0,51	2850
Яровое тритикале	81	40	3240	1,37	4439
Площадь севооборота	482				
Валовый сбор урожая, ц к.ед.					27938
Средняя урожайность, ц к.ед./га					58,0

3. Определение уровня использования плодородия почвы и удобрений (К).

$$K = \frac{Уфакт.}{Упрогн} = \frac{58,0}{52,9} = 1,1$$

Таблица 65

Нормативы цены балла почвы и окупаемости удобрений урожаем

Культуры	Вид продукции	Цена балла почвы, кг продукции	Оплата удобрений урожаем, кг продукции	
			1 т органических	1 кг NPK
1	2	3	4	5
Зерновые в целом	зерно	50	20	6,2
Озимая рожь	зерно	52	20	6,1
Озимая пшеница	зерно	63	20	7,8
Озимое тритикале	зерно	60	20	7,4
Яровая пшеница	зерно	52		6,1
Ячмень	зерно	54		6,5
Овес	зерно	55		6,0

Продолжение таблицы 65

1	2	3	4	5
Гречиха	зерно	17		2,3
Горох	зерно	37		3,9
Вика	зерно	30		2,6
Люпин	зерно	37		4,4
Лен-долгунец	волокно	20		2,7
Рапс	семена	35		5,4
Картофель	клубни	332	106	27
Сахарная свекла	корни	438	125	39
Кормовые корнеплоды	корни	883	168	73
Кукуруза	зел. масса	469	193	86
Однолетние травы	зел. масса	263		48
Многолетние бобово-злаковые травы	сено	106		16,6
	зел. масса	530		70
Сенокосы и пастбища	сено	70		14,3
	зел. масса	350		72
Все с.-х. культуры на пашне, к.ед.		65	30	8,8

4. Определение фактической окупаемости удобрений.

$$Of_{(NPK)} = K \cdot On_{(NPK)} = 1,1 \cdot 8,8 = 9,7 \text{ кг к.ед./кг}$$

$$Of_{(o.y.)} = K \cdot On_{(o.y.)} = 1,1 \cdot 30 = 33,0 \text{ кг к.ед./т}$$

5. Определение фактической прибавки урожая от применения удобрений.

$$Pf = [(D_{NPK} \cdot Of_{NPK} + D_{o.y.} \cdot Of_{o.y.})] : 100 = \\ = [(262 \cdot 9,7 + 15,0 \cdot 33,0)] : 100 = 30,4 \text{ ц к.ед./га}$$

5.8.2. Энергетическая эффективность

Энергетическая оценка рассматривает все затраты на применение удобрений в виде затрат энергии, а продуктивность культур – в виде энергии, накопленной в урожае, используя для этого установленные экспериментально энергетические эквиваленты, выраженные в МДж.

Основным показателем энергетической эффективности является биоэнергетический коэффициент, вычисляемый по формуле

$$Кбэ = \frac{Эп}{Эз}$$

где Эп – накопление энергии в прибавке урожая, МДж;

Эз – энергия затрат ($\sum Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5$), МДж.

Система удобрения является энергетически эффективной, когда биоэнергетический коэффициент больше 1.

Энергию, накопленную в прибавке урожая от применения удобрений, вычисляют по формуле

$$Эп = П \cdot С \cdot 100$$

где П – прибавка урожая от удобрений, ц/га,

С – содержание энергии в 1 кг урожая, МДж.

Данные по содержанию энергии в единице урожая представлены в таблице 66.

Таблица 66

Содержание общей энергии в 1 кг урожая в натуре

Культура	Общая энергия в 1 кг урожая в натуре, МДж
Пшеница озимая (зерно)	16,46
Рожь (зерно)	16,76
Ячмень (зерно)	16,45
Овес (зерно)	16,17
Гречиха (зерно)	16,67
Фасоль (зерно)	17,78
Горох (зерно)	17,69
Кукуруза (зерно)	15,14
Кукуруза (зеленая масса)	4,10
Лен-долгунец (волокно)	18,01
Лен-долгунец (семена)	20,68
Сахарная свекла (корни)	4,56
Картофель (клубни)	4,02
Кормовые корнеплоды (корни)	4,10
Овощные культуры	1,44
Многолетние травы (сено)	3,78
Однолетние травы (сено)	3,28
Люцерна (сено)	5,46
Лугопастбищные травы (сено)	3,28

Общие энергозатраты включают следующие статьи:

1. Производство удобрений – Z_1 ;
2. Доставка удобрений в хозяйство – Z_2 ;
3. Хранение удобрений в хозяйстве – Z_3 ;
4. Подготовка к внесению, погрузка, транспортировка до поля, внесение удобрений Z_4 ;
5. Уборка, доработка и реализация дополнительного урожая – Z_5 .

Энергетические затраты на производство удобрений (Z_1) вычисляют по формуле

$$\text{Эз1} = (D_N \cdot Z_N) + (D_P \cdot Z_P) + (D_K \cdot Z_K) \text{ (минеральные удобрения)}$$

где $D_{N,P,K}$ – доза внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений, кг/га;

$Z_{N,P,K}$ – энергетические затраты, МДж/кг.

$$\text{Эз}_3 = (D_{O.Y.} \cdot Z_{O.Y.}) \cdot 100 \text{ (органические удобрения)}$$

где $D_{O.Y.}$ – доза органических удобрений, т/га;

$Z_{O.Y.}$ – энергетические затраты, МДж/кг.

Данные по энергетическим затратам на производство удобрений представлены в таблице 67.

Таблица 67

Энергозатраты на производство промышленных и местных удобрений

Виды удобрений	Энергозатраты, МДж
<i>Промышленные минеральные удобрения</i>	<i>На 1 кг д.в.</i>
Азотные	86,8
Фосфорные	12,6
Калийные	8,3
Комплексные (нитроаммофоска и др.)	51,5
<i>Местные удобрения</i>	<i>На 1 кг физической массы</i>
Навоз 80%-ной влажности	0,42
Торфонавозные компосты 60%-ной влажности	1,70
Известковые удобрения	3,80
Местные минеральные удобрения	2,90

Затраты на доставку удобрений (в физической массе) в хозяйство (Z_2) в среднем по республике составляют **22 МДж** на 1 т/км, а затраты на хранение в складах хозяйства (Z_3) – **38,8 МДж/т**.

Затраты, связанные с подготовкой, погрузкой, транспортировкой и внесением минеральных удобрений (Z_4) рассчитывают по формуле

$$Z_4 = 171,4 + 8,1 \cdot D + 1,3 \cdot R + 2,8 \cdot D \cdot R - 0,16 \cdot R^2$$

где D – доза минеральных удобрений в физической массе, ц/га;

R – расстояние перевозки удобрений от склада хозяйства до поля, км.

Энергозатраты (Z_4) для органических удобрений при расстоянии перевозки 5 км представлены в таблице 68.

Таблица 68

Энергозатраты на погрузку, транспортировку и внесение органических удобрений при разных технологиях

Прямоточная		Перевалочная	
доза внесения, т/га	энергозатраты, МДж/га	доза внесения, т/га	энергозатраты, МДж/га
20	4363	20	5387
40	8475	40	10366
60	12379	60	14937

Срок действия органических удобрений для условий республики определен в 3 года и на первую культуру относят 60%, вторую – 25 и третью – 15% затрат Z_1 и Z_4 .

Энергозатраты на уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая (Z_5) рассчитывают по формуле

$$Z_5 = П \cdot Эп$$

где $П$ – прибавка урожая, ц/га;

$Эп$ – затраты на уборку, доработку и реализацию 1 ц дополнительной продукции, МДж/ц.

Затраты ($Эп$) приведены в таблице 69.

Таблица 69

Энергетические затраты на уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая полученного за счет удобрений

Наименование культур, угодий	Вид продукции	Энергозатраты, Мдж/ц
1	2	3
Озимая рожь	зерно	276
Яровой ячмень	зерно	256
Лен долгунец	льносоломка	443
Картофель	клубни	78

Продолжение таблицы 69

1	2	3
Сахарная свекла	корни	62
Кормовые корнеплоды	корни	45
Кукуруза	силос	30
Улучшенные сенокосы	сенаж	84
	зеленая масса	35
Многолетние травы	зеленая масса	37
	сенаж	62
	сено пресованное	85
	сено рассыпное	108
Однолетние травы	зеленая масса	34
	силос	36
Викоовсяная и др. смеси	зеленая масса	40

Пример расчета энергетической эффективности применения удобрений под культуры полевого севооборота: яровое тритикале и сахарную свеклу.

1. Определение накопления энергии в прибавке. Расчет проводят в таблице 70.

Прибавку урожая от удобрений определяем по нормативам оплаты (табл. 65) внесенного количества под эти культуры удобрений (табл. 51).

Яровое тритикале

$$П = D_{NPK} \cdot O_{NPK} = 275 \cdot 7 = 1925 \text{ кг/га}$$

Сахарная свекла

$$П = D_{NPK} \cdot O_{NPK} + D_{o.y.} \cdot O_{o.y.} = 305 \cdot 39 + 60 \cdot 130 = 19395 \text{ кг/га}$$

Далее по содержанию энергии в 1 кг урожая (табл. 66) вычисляют накопление энергии в прибавке (Эп).

Яровое тритикале $Эп = П \cdot C = 1925 \cdot 16,61 = 31974 \text{ МДж/га}$

Сахарная свекла $Эп = П \cdot C = 15150 \cdot 4,56 = 88441 \text{ МДж/га}$

2. Определение затрат энергии.

Затраты энергии на производство удобрений (З₁). Расчет проводят в таблице 71.

Эти затраты рассчитывают по нормативам затрат энергии на производство 1 кг удобрений (табл. 67).

Таблица 70

Накопление энергии в прибавке урожая за счет
применения удобрений

Культура	Дозы удобрений		Нормативная оплата удобрений урожаем, кг продукции		Планируемая прибавка урожая, кг/га	Содержание энергии в единице урожая, МДж/га	Накопление энергии в прибавке урожая, МДж/га
	органических, т/га	НРК, кг/га	1 т орг.уд.	1 кг НРК			
Яровое тритикале	-	260	-	7	1820	16,61	30230
Сахарная свекла	60	305	125	39	19395	4,56	88441

Яровое тритикале

$$Z_1 = D_N \cdot Z_N + D_P \cdot Z_P + D_K \cdot Z_K =$$

$$= 75 \cdot 86,8 + 80 \cdot 12,6 + 105 \cdot 8,3 = 8390 \text{ МДж / га}$$

Сахарная свекла

$$Z_1 = D_N \cdot Z_N + D_P \cdot Z_P + D_K \cdot Z_K + D_{o.y.} \cdot Z_{o.y.} \cdot 1000 =$$

$$= 100 \cdot 86,8 + 90 \cdot 12,6 + 115 \cdot 8,3 + 60 \cdot 0,42 \cdot 1000 \cdot 0,6 = 25888,5 \text{ МДж / га}$$

Таблица 71

Энергетические затраты на производство удобрений (Z_1)

Виды удобрений	Нормы внесения удобрений под культуры, кг/га, т/га		Энергозатраты на производство 1 кг удобрений, применяемых под культуры		
	зерновая	пропашная	единицы удобрения	зерновая	пропашная
Азотные	75	100	86,8	6510	8680
Фосфорные	80	90	12,6	1008	1134
Калийные	105	115	8,3	872	954,5
Сложные					
Микроудобрения					
Известковые					
Органические	-	60	0,42	-	15120
Всего затрат				8390	25888

Затраты энергии на доставку удобрений из прирельсовых складов (З₂). Расчет проводят в таблице 72.

Сначала необходимо рассчитать дозу в физической массе удобрения. Для расчета используем мочевины, двойной суперфосфат и хлористый калий.

Яровое тритикале

$$N_m = \frac{75 \cdot 100}{46} = 163 \text{ кг (0,163 т)}$$

$$P_{д.с.} = \frac{80 \cdot 100}{43} = 186 \text{ кг (0,186 т)}$$

$$K_{к.х.} = \frac{105 \cdot 100}{60} = 175 \text{ кг (0,175 т)}$$

Сахарная свекла

$$N_m = \frac{100 \cdot 100}{46} = 217 \text{ кг (0,217 т)}$$

$$P_{д.с.} = \frac{90 \cdot 100}{43} = 209 \text{ кг (0,209 т)}$$

$$K_{к.х.} = \frac{115 \cdot 100}{60} = 192 \text{ кг (0,192 т)}$$

Далее с учетом норматива затрат энергии на 1 т/км (22 МДж) рассчитывают затраты на доставку суммарного количества удобрений на расстояние 30 км.

Яровое тритикале

$$1 \text{ т/км} - 22 \text{ МДж}$$

$$0,52 \text{ т/30 км} - X$$

$$X = \frac{0,52 \cdot 30 \cdot 22}{1} = 343 \text{ МДж}$$

Сахарная свекла

$$1 \text{ т/км} - 22 \text{ МДж}$$

$$0,62 \text{ т/30 км} - X$$

$$X = \frac{0,62 \cdot 30 \cdot 22}{1} = 409 \text{ МДж}$$

Таблица 72

Энергетические затраты на доставку минеральных удобрений из прирельсовой базы РО «Сельхозхимия» (З₂)

Культура	Доза внесения минеральных удобрений						Всего удобрений		Расстояние, км	Затраты на доставку, МДж	
	кг д.в./га			кг физ.массы/га			кг физ. массы/га	т физ. массы/га		1 т/км	всех удобрений
	азотн.	фосф.	кал.	азотн.	фосф.	кал.					
Яровое тритикале	75	80	105	163	186	175	520	0,52	30	22	343
Сахарная свекла	100	90	115	217	209	192	618	0,62	30	22	409

Затраты энергии на хранение удобрений в складах хозяйства (З₃). Расчет проводят в таблице 73. С учетом норматива затрат энергии на хранение 1 т удобрений (38,8 МДж) рассчитывают затраты вносимого количества удобрений.

$$1 \text{ т} - 38,8 \text{ МДж}$$

Яровое тритикале $0,52 \text{ т} - X$

$$X = 0,52 \cdot 38,8 = 20 \text{ МДж}$$

$$1 \text{ т} - 38,8 \text{ МДж}$$

Сахарная свекла $0,62 \text{ т} - X$

$$X = 0,62 \cdot 38,8 = 24 \text{ МДж}$$

Таблица 73

Энергетические затраты на хранение минеральных удобрений в складах хозяйства (З₃)

Культура	Доза внесения минеральных удобрений						Всего удобрений		Затраты на доставку, МДж	
	кг д.в./га			кг физ.массы/га			кг физ. массы/га	т физ. массы/га	1 т	всех удобрений
	азотн.	фосф.	кал.	азотн.	фосф.	кал.				
Яровое тритикале	75	80	105	163	186	175	520	0,52	38,8	20
Сахарная свекла	100	90	115	217	209	192	618	0,62	38,8	24

Затраты энергии на подготовку, погрузку, транспортировку и внесение удобрений (Z_4).

Эти затраты вычисляют по формуле с учетом 5 км расстояния перевозки минеральных удобрений.

$$Z_4 = 171,4 + 8,1 \cdot D + 1,3 \cdot R + 2,8 \cdot D \cdot R - 0,16 \cdot R^2$$

Яровое тритикале

$$Z_4 = 171,4 + 8,1 \cdot 5,2 + 1,3 \cdot 5 + 2,8 \cdot 5,2 \cdot 5 - 0,16 \cdot 5^2 = 289 \text{ МДж / га}$$

Сахарная свекла

$$Z_4 = 171,4 + 8,1 \cdot 6,2 + 1,3 \cdot 5 + 2,8 \cdot 6,2 \cdot 5 - 0,16 \cdot 5^2 = 311 \text{ МДж / га}$$

Затраты энергии на внесение 60 т/га органических удобрений под сахарную свеклу при прямоточной технологии при расстоянии перевозки 5 км составляем 12379 МДж (табл.68), а с учетом затрат (60%) на первую культуру:

$$12379 \cdot 0,6 = 7426 \text{ МДж}$$

$$Z_4(\text{общие}) = 311 + 7426 = 7737 \text{ МДж}$$

Затраты энергии на уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая (Z_5).

Расчет проводят в таблице 74.

$$\text{Яровое тритикале } Z_5 = П \cdot Z_n = 18,2 \cdot 276 = 5023 \text{ МДж / га}$$

$$\text{Сахарная свекла } Z_5 = П \cdot Z_n = 151,5 \cdot 62 = 9393 \text{ МДж / га}$$

Общие затраты энергии (Эз).

Яровое тритикале

$$\begin{aligned} \text{Эз} &= Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 = 8390 + 343 + 20 + 289 + 5023 = \\ &= 14065 \text{ МДж / га} \end{aligned}$$

Сахарная свекла

$$\begin{aligned} \text{Эз} &= Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 = 25888 + 409 + 24 + 311 + 7426 = \\ &= 4345 \text{ МДж / га} \end{aligned}$$

Все данные заносят в таблицу 75.

Таблица 74

Энергетические затраты на уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая, полученного за счет применения удобрений (Z_5)

Культура	Дополнительный урожай, ц/га	Энергозатраты на единицу продукции, МДж/ц	Всего энергозатрат, МДж/га
Яровое тритикале	18,2	276	5023
Сахарная свекла	151,5	62	9393

Энергетическая эффективность применения удобрений.

Расчет проводят в таблице 75.

1. Выход энергии, Э МДж/га.

Яровое

тритикале

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_n - \mathcal{E}_z = 30230 - 14065 = 16165 \text{ МДж/га}$$

Сахарная свекла $\mathcal{E} = \mathcal{E}_n - \mathcal{E}_z = 88441 - 43431 = 44990 \text{ МДж/га}$

2. Биоэнергетический коэффициент ($K_{БЭ}$).

Яровое тритикале $K_{БЭ} = \frac{\mathcal{E}_n}{\mathcal{E}_z} = \frac{30230}{14065} = 2,15$

Сахарная свекла $K_{БЭ} = \frac{\mathcal{E}_n}{\mathcal{E}_z} = \frac{88441}{43451} = 2,04$

Таблица 75

Энергетическая эффективность применения удобрений

Культура	Суммарное количество энергии, воспроизведенной с прибавкой урожая, МДж/га	Общие энергетические затраты ($Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5$), МДж/га	Выход энергии с 1 га, МДж	Биоэнергетический коэффициент
Яр. тритикале	30230	14065	16165	2,15
Сах. свекла	88441	43451	44990	2,04

На основании данных расчетов делают заключение об агрономической и энергетической эффективности применения удобрений.

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С УДОБРЕНИЯМИ

При работе со средствами химизации необходимо хорошо знать санитарные правила и технику безопасности по разгрузке-погрузке, транспортировке и внесению минеральных и органических удобрений и мелиорантов.

Планирование материально-технической базы и решение оперативных вопросов должно быть направлено на обеспечение экономической эффективности применения средств химизации при сохранении здоровья людей, животных и улучшении состояния окружающей среды.

Основные правила техники безопасности. Необходимо знать химическую и санитарную характеристику средств химизации, с которыми предстоит работать. В хозяйствах должен быть организован строгий учет поступления и расхода всех средств химизации с сертификатами и характеристиками препаратов. Ответственные за эту работу лица назначаются специальным приказом соответствующей организации, они несут материальную и иную ответственность согласно действующему законодательству.

К работе со средствами химизации могут быть допущены лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и при наличии об этом медицинской справки. Беременные и кормящие женщины, а также лица с заболеваниями органов дыхания к работе со средствами химизации не допускаются.

Перед началом работ необходимо проводить инструктаж с работниками, непосредственно выполняющими операции по хранению, транспортировке и применению средств химизации. Проведение инструктажа нужно фиксировать в специальном журнале, где инструктируемый обязательно должен расписываться. Правила техники безопасности и санитарные правила при обращении с удобрениями вывешивают в помещении склада.

Работник арендного и других видов подряда, приобретая средства химизации, должен пройти инструктаж на выполнение той или другой операции по их применению в районном объединении по химизации.

Ежегодно специалисты хозяйств составляют конкретный план применения удобрений с учетом принятых нормативов при консультации с проектно-изыскательскими станциями химизации и

утверждают их с руководителями хозяйств. В этих планах предусматривают дозы и способы внесения средств химизации. Указанные планы подлежат строгому исполнению. Все изменения, связанные с обеспечением технологического процесса согласовывают с главными специалистами хозяйства.

Для получения и транспортировки с прирельсового (пристанционного) склада, с завода или базы химизации минеральных удобрений, известковых материалов должен быть задействован специализированный транспорт. Выпускаются закрытые автомобилесамосвалы и специализированные автомобили для перевозки химических препаратов.

При работе с удобрениями на складе все работающие должны надеть рекомендуемую для данного вида работы спецодежду и защитные приспособления: комбинезон, рукавицы, очки, респираторы или (при работе с жидким аммиаком) противогазы.

В складе, где хранят аммиачную селитру, нельзя курить, пользоваться открытым огнем и обогревательными приборами. Возникший пожар следует тушить только водой. При тушении пожара необходимо пользоваться противогазом, чтобы избежать отравления выделяющимися окислами азота.

При попадании жидких азотных удобрений на кожу их необходимо быстро смыть водой. При сильном поражении кожи аммиаком в этих местах делают примочки 5 %-ным раствором уксусной, лимонной или соляной кислоты. При отравлении газовой аммиачной смесью пострадавшего до прихода врача следует вывести на чистый воздух и отпаивать теплым молоком с водой (1 чайная ложка на стакан молока). При прекращении дыхания пострадавшему необходимо немедленно сделать искусственное дыхание. На месте работы постоянно должны быть запас чистой воды и аптечка.

Перевозка продуктов питания, питьевой воды и предметов домашнего обихода вместе с минеральными удобрениями запрещается.

Запрещается перевозить людей в кузовах прицепов, разбрасывателей, на прицепных устройствах, крыльях тракторов, лестницах минераловозов, на подножках, в самосвалах и кузовах, специально не оборудованных бортовых автомобилей и т.д.

Во время внесения удобрений нельзя находиться вблизи разбрасывающих органов машины, а при работе дисковых разбрасывателей - ближе 50-80 м от них. Загрузку машин удобрениями можно

производить только при полной их остановке. Все приводы машины должны быть закрыты щитами. Смазку и регулировку рабочих органов следует проводить только при полной остановке машины и выключенном двигателе трактора. Нельзя находиться между трактором и машиной при транспортировке и внесении удобрений. Скорость движения машины при внесении удобрений не должна быть выше установленной техническими условиями.

Запрещается вносить жидкие органические удобрения дождеванием или разбрасыванием в 30-метровой зоне от линий электропередач.

Работы связанные с утилизацией навоза, нужно выполнять в спецодежде. Категорически запрещается спускаться в колодец или навозосборник без противогаза и предохранительного пояса с веревкой. Предварительно в колодце, соблюдая меры безопасности, скопившийся газ удаляют выжиганием.

При непрерывной работе в респираторе с удобрениями рекомендуется делать пятиминутные перерывы через каждые полчаса работы. По окончании работы с удобрениями следует принять душ. Строгое соблюдение правил техники безопасности и санитарных правил предотвращает несчастные случаи и производственные травмы у работающих с удобрениями и другими химическими средствами.

7. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Одним из факторов роста продуктивности земледелия является интенсивное применение минеральных удобрений, за счет которых обеспечивается получение примерно половины выращиваемых в республике зерна и овощей, третьей части картофеля.

В странах Западной Европы и США в настоящее время около трети всей сельхозпродукции получают за счет минеральных удобрений.

Однако минеральные удобрения являются одним из источников загрязнения окружающей среды. Но полный отказ от них приведет к катастрофическому сокращению производства продовольствия и к голоду. Поэтому единственно возможный путь улучшения экологической ситуации – не отказываться от удобрений, а коренным образом улучшать технологии их применения, используя рацио-

нальные дозы и соотношения, правильно их хранить, наладить четкий контроль за качеством продукции сельского хозяйства.

Основные причины загрязнения природной среды удобрениями, их потеря и непроизводительного использования:

1. Несовершенство технологии транспортировки, хранения, ту-космешания и внесения.

2. Нарушение агрономической технологии их применения в севообороте под отдельные культуры.

3. Низкое качество минеральных удобрений.

4. Водная и ветровая эрозия почв.

5. Интенсивное использование различных промышленных, городских и бытовых отходов в качестве удобрения без систематического и тщательного контроля их химического состава.

Концепция экологически чистого земледелия должна предусматривать такую систему применения удобрений, которая обеспечивала бы получение растениеводческой продукции высокого качества (в пределах действующих стандартов) с допустимым содержанием нитратов, тяжелых металлов и других вредных ингредиентов, исключала бы загрязнение окружающей среды и в то же время обеспечивала планируемую урожайность.

Существуют организационные, агротехнические и химические мероприятия по охране окружающей среды. К организационным мероприятиям относятся: рациональное размещение складов удобрений и площадок для хранения навоза, исключаящее вымывание удобрений талыми и ливневыми водами. Склады размещаются на расстоянии не менее 500 м от открытых водоемов. Перевозить удобрения нужно в специально оборудованном транспорте. Неиспользованные в течение дня удобрения должны быть возвращены на склад.

К агротехническим мероприятиям относятся: применение дифференцированных (расчетных) норм удобрений, соблюдение сроков и способов их внесения.

Загрязнение окружающей среды нитратным азотом происходит в основном из-за несбалансированного применения азотных удобрений и необоснованного завышения их доз под отдельные культуры.

Доля азота удобрений в общих потерях его от вымывания (по результатам исследований), составляет 10-15 процентов, остальная часть потерь – азот почвы. В целом способность почвы удерживать

питательные элементы определяется ее разновидностью: песок < суглинок < глина. Но она всегда ограничена. Поэтому избыток элементов питания, внесенных в почву с удобрениями, является потенциальным источником их вымывания. Зависимость между вымыванием питательных элементов и видом сельскохозяйственных культур можно представить следующим порядком: овощные > корнеплоды > зерновые > кормовые травы.

Загрязнение не наблюдается, если минеральные удобрения вносятся в строгом соответствии с планами их применения, разработанными на ЭВМ, в которых дозы и соотношение элементов минерального питания установлены с учетом основных почвенных характеристик: типа и гранулометрического состава, запаса питательных веществ, степени кислотности, уровня планируемой урожайности и т.д. Такая система обязательно содержит ограничение максимальных доз азотных удобрений, которые не рекомендуется превышать при любых проектных уровнях урожайности культур.

По данным Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии и Белорусского НИИ картофелеводства и плодоовощеводства, для районированных в настоящее время сортов предельные дозы азота под картофель составляют 120, кормовую и полусахарную свеклу - 150-180, кукурузу на силос - 150, капусту - 150, свеклу столовую и томаты - 120, морковь, огурцы - 90 килограммов действующего вещества на 1 га. Более высокие дозы не способствуют повышению урожайности, усиливают полегание растений, снижают качество продукции. Во влажные годы с большим количеством пасмурных дней дозы азота должны уменьшаться. При возделывании зерновых культур рекомендуемые дозы азотных удобрений необходимо корректировать по данным почвенной и растительной диагностики, что позволит регулировать состояние азотного режима почвы в течение периода вегетации.

С каждым конкретным полем нужно работать индивидуально: одинаковых полей нет и доза конкретной подкормки азотом должна определяться прежде всего весенним запасом азота в корнеобитаемом слое почвы с учетом фосфорно-калийного фона, а также физиологического состояния растений и густоты посева. При проведении подкормок с учетом данных диагностики в среднем можно добиться экономии до 20 кг/га д.в. азота.

Для картофеля, наоборот, всю расчетную дозу минерального азота следует вносить до посадки. Объясняется это тем, что приме-

нение азотных подкормок в период вегетации картофеля не повышает его урожай, а только способствует увеличению количества нитратов в клубнях.

На качество растениеводческой продукции большое влияние оказывают формы удобрений. В опытах, проведенных на дерново-подзолистой суглинистой почве, меньше всего нитратного азота в клубнях картофеля накапливалось при использовании сульфата аммония, больше - при применении аммиачной селитры. Карбамид и КАС по влиянию на накопление нитратов занимают промежуточное положение между указанными удобрениями.

При внесении в почву избытка фосфора нарушаются оптимальные соотношения между макро- и микроэлементами, снижается урожай, возникают проблемы экологического и экономического характера: расточительно расходуется дефицитное и дорогостоящее сырье, а почва и растения обогащаются радиоактивными и токсическими примесями- "спутниками" фосфоритов. Последствия избыточного потребления фосфора с пищей и кормами до сих пор практически не изучены, хотя в литературе имеются некоторые указания на развитие заболеваний зубов и десен, костной ткани, печени и почек при нарушении соотношения между кальцием и фосфором в пищевом рационе человека и животных.

Однако потери фосфора как биогенного элемента меньше в окружающую среду вследствие малой его подвижности в почве и он не представляет такой экологической опасности как азот. Потери фосфора чаще всего происходят в процессе эрозии почвы (от 2 до 8 кг/га в зависимости от степени ее эродированности). Потери же водорастворимых фосфатов с поверхностными стоками небольшие. При вымывании из почвы потери фосфора составляют до 1 кг/га. Высокая фиксирующая способность глинистых и суглинистых почв препятствует его миграции по профилю почвы, тем более до грунтовых вод.

Значительное количество калия (до 70 - 80% внесенной дозы) фиксируется в почве в необменной форме. По мере оттока из почвенного раствора более подвижных соединений калия необменные формы трансформируются в обменные. С позиции доступности растениям, сохранения плодородия почв и чистоты природной среды фиксация калия удобрений в необменной форме положительна. Благодаря этому снижается содержание калия в почвенном растворе и практически исключается его вымывание с внутрисочвенным

стоком. Хотя следует иметь в виду, что потери калия более значительны, чем фосфора. Потери калия от вымывания составляют 7-15 кг/га на пашне и зависят от: а) вида культур, б) количества атмосферных осадков, в) степени эродирования почв (на слабоэродированных почвах потери калия составляют 5, среднеэродированных - 10, сильноэродированных - 20 кг/га), г) гранулометрического состава почвы (суглинистые почвы - 7, супесчаные, подстилаемые мореной - 8, супесчаные, подстилаемые песком - 15 кг/га).

Агрохимической наукой разработаны экологические ограничения, предусматривающие максимальное поступление азота с органическими и минеральными удобрениями (в сумме) не более 250 кг/га в год на суглинистых, 200-230 - на супесчаных и 160-180 кг/га на песчаных почвах во избежание загрязнения грунтовых и подземных вод нитратами. Экологически опасно вносить фосфорные удобрения при содержании P_2O_5 в суглинистых почвах свыше 400 мг/кг почвы, супесчаных 300 и песчаных 250 мг/кг. Ограничения введены и для калийных удобрений при содержании K_2O соответственно 400-300-200 мг/кг почвы.

Снижает достоинства многих минеральных удобрений наличие в них сопутствующих балластных элементов (фтора, хлора) и тяжелых металлов. Тяжелые металлы - один из основных загрязнителей окружающей среды. К ним относятся элементы, плотность которых больше 6 г/см^3 , а атомная масса больше 40. Это кадмий, ртуть, свинец, мышьяк, никель, медь, цинк, хром и др.. Наиболее токсичны ртуть, мышьяк, кадмий и свинец. Некоторые из этих элементов в небольших количествах могут оказывать положительное действие на рост и развитие растений. При систематическом же внесении повышенных доз удобрений балластные элементы могут накапливаться в почве в значительных количествах, отрицательно влияя на ее свойства и плодородие, на урожай и его качество, а мигрируя в грунтовые воды, повышать в них концентрацию солей. Так, с каждой тонной двойного суперфосфата в почву может поступать до 4кг фтора, 3.5 кг кадмия, 0.32 кг мышьяка, 0,038 кг свинца. В фосфорных удобрениях в небольших количествах содержатся также радионуклиды уран, радий, торий и др. Снижению поступления тяжелых металлов в растения способствуют такие простые агротехнические мероприятия, как известкование почв и внесение органических удобрений, комплексное агрохимическое окультуривание нуждающихся в этом полей.

Значительный ущерб окружающей среде наносит бессистемное использование подстилочного и бесподстилочного навоза, навозных стоков и других отходов животноводства при нарушении научно-обоснованных рекомендаций их применения.

Основная масса органических удобрений с ферм сбрасывается в земляные траншеи или просто на поверхность. Это неизбежно приводит к тому, что жидкая фракция с растворенными в ней минеральными и органическими веществами фильтруется в грунтовые воды стекает в ближайшие водоемы. Огромная масса скопившегося за зиму жидкого навоза и стоков сбрасывается в реки и водоемы паводковыми весенними водами. Животноводческие комплексы, крупные фермы стали источником загрязнения грунтовых вод, водоемов, питьевых водоисточников нитратами, хлоридами, другими токсичными органическими и минеральными соединениями.

Существенное местное влияние на атмосферу оказывает неправильное сильное хранение и использование бесподстилочного навоза. При хранении его в открытых емкостях выделяются и попадают в атмосферу аммиак, молекулярный азот и другие его соединения. Содержание аммиака в подстилочном навозе достигает 50, а в навозной жиже до 60 процентов весового содержания азота. Внесение бесподстилочного навоза и животноводческих стоков от крупного рогатого скота и свиней вызывает интенсивное бактериозное загрязнение. Патогенные бактерии сохраняются в почве в течение 4-5 месяцев. Исследованиями установлено, что при внесении стоков в почву методом дождевания по воздуху на расстояние до 400 м распространяются так же и яйца гельминтов.

Основным критерием применения жидких органических удобрений должна быть предельно допустимая нагрузка по азоту – 200 кг, а в условиях орошения – 300 кг на гектар. Максимальной дозой потребляемого растениями азота, покрываемой бесподстилочным навозом, считается для сахарной свеклы и кукурузы (на силос), многолетних трав и кормовых культур - 75 %, картофеля и яровых зерновых культур - 50 %. Мероприятия по охране окружающей среды от загрязнения бесподстилочным навозом в основном заключаются в следующем:

- вносить жидкий навоз под наиболее отзывчивые культуры (многолетние злаковые травы, кукуруза, кормовые корнеплоды);
- соблюдать сроки внесения. Приближение внесения к периоду максимального потребления элементов питания (особенно азота)

должно стать основным принципом использования. В первую очередь это необходимо учитывать при выращивании культур на супесчаных с низкой поглотительной способностью почвах. Наиболее оптимальным сроком внесения жидких органических удобрений для большинства сельскохозяйственных культур считается весенний период. Наиболее эффективное использование жидкого навоза обеспечивается при дробном его внесении в начале отрастания многолетних трав и после каждого укоса.

В природоохранных целях между зоной применения бесподстилочного навоза и водоемами следует оставлять защитную полосу шириной 20-100 м в зависимости от местных водоохранных условий.

К химико-технологическим мероприятиям относится применение медленно действующих форм азотных, комплексных удобрений в защитных оболочках из органических и неорганических материалов, которые позволяют снизить потери азота от вымывания, повысить его использование растениями, и в результате будут способствовать росту урожаев сельскохозяйственных культур.

Применительно к разработанной системе удобрений культур полевого или кормового севооборота студент указывает основные мероприятия по охране окружающей среды при интенсивном применении удобрений (выбор рациональных способов применения удобрений, организационные, агротехнические, химические мероприятия), влияние химизации на качество растениеводческой продукции. На основе данных по используемым удобрениям в хозяйстве, насыщенности ими севооборота и принятых экологических ограничений делается заключение об их экологической безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров Т.Ф., Белбухов В.А., Бородин П.В. и др. Возделывание сельскохозяйственных культур по интенсивной технологии /Практ.рук. – Гродно. ГГАУ, 2001. – 333 с.
2. Босак В.Н. Краткий нормативный агрохимический справочник. – Мн., 2003. – 67 с.
3. Вильдфлуш И.Р., Цыганов А.Р., Лапа В.В. и др. Рациональное применение удобрений. – Горки, 2002. – 322 с.
4. Вильдфлуш И.Р., Кукреш С.П., Ионас В.А. и др. – Агрохимия. - Мн.: «Ураджай», 2001. – 487 с.
5. Донских И.Н. Курсовое и дипломное проектирование по системе применения удобрений. – М.: Колос, 1989.
6. Дубиковский Г.П. Система удобрений в хозяйстве. Справочное пособие. – Мн.: 1994. – 119 с.
7. Дудук А.А., Кожан В.М., Линкевич А.В. Оценка эффективности технологических операций, агроприемов и технологий в земледелии/Методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию для студентов агрономических специальностей. – Гродно, 1996. – 59 с.
8. Ефимов В.Н., Донских И.Н., Царенко В.П. Система применения удобрений. – М.: «Колос», 2002. – 319 с.
9. Ионас В. А., Вильдфлуш И.Р., Кукреш С.П. Система удобрения сельскохозяйственных культур. – Мн.:Ураджай, 1998. – 287 с.
10. Кукреш С.П., Вильдфлуш И.Р., Цыганов А.Р. и др. Применение удобрений на основе материалов агрохимического и радиологического обследования почв. – Мн., 2003. – 131 с.
11. Лапа В.В., Босак В.Н. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности. – Мн., 2002. – 181 с.
12. Лапа В.В., Босак В.Н. Оптимальные дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры (рекомендации). – Мн., 2002. – 24 с.
13. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь/ В.В. Лапа и др., - Мн., 2001. – 20 с.
14. Справочная литература по удобрениям. Методические разработки кафедры.

Учебное издание

**Леонов Федор Николаевич
Емельянова Валентина Николаевна
Шибанова Ирина Владимировна
Линкевич Александр Васильевич
Бородин Павел Владимирович
Кислый Владимир Владимирович
Золотарь Алла Казимировна
Брилев Михаил Сергеевич
Зезюлина Галина Анатольевна**

**АГРОХИМИЯ.
СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

**Методические рекомендации по выполнению
курсовой работы студентами высших,
учащимися средних специальных учреждений
образования по специальностям 74 02 01 «Агрономия»,
74 02 04 «Плодоовощеводство», 74 02 03 «Защита растений
и карантин» и 74 02 05 «Агрохимия и почвоведение»**

2-е издание, переработанное и дополненное

Редактор А.И. Черноусова
Компьютерная верстка Е.П. Арлюкевич
Ответственный за выпуск В.Н. Карак

Подписано в печать _____
Формат 60x80/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл.печ.л. _____ Уч.-изд. л. _____
Тираж _____ экз. Заказ № _____

Издатель: Государственное учреждение «Учебно-
методический центр Минсельхозпрода»
220034, г.Минск, ул.Краснозвездная, 8
тел.(017) 2881601, тел./факс (017) 2881494

Учреждение образования
«Гродненский государственный аграрный университет»
Л.И. № 02330/0133326 от 29.06.2004.
2300008, г. Гродно, ул. Терешковой, 28

Отпечатано на технике издательско-полиграфического отдела
Учреждения образования «Гродненский государственный
аграрный университет»
2300008, г. Гродно, ул. Терешковой, 28