

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ЗАОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГОУ ВПО РГАЗУ)**

ЗУБКОВ Н.В., ЗУБКОВА В.М., СОЛОВЬЕВ А.В.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ В СЕВООБОРОТЕ

Учебное пособие

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации
по агрономическому образованию в качестве учебного пособия
для студентов, обучающихся по направлению 110400 – «Агрономия»

Москва 2010

УДК 631. 8 (075. 8)
ББК 40. 40я 73

Разработка системы удобрения в севообороте: учеб. пособие / Н.В. Зубков, В.М. Зубкова, А.В. Соловьев; Рос. гос. аграр. заоч. ун-т. М., 2010. - 204 с.

В учебном пособии описаны условия и методика проектирования системы применения удобрений в севообороте. Изложены вопросы по известкованию кислых почв, специфике использования нетрадиционных форм органических удобрений (сидераты, солома, сапрпель, ОСВ), указана методика расчета баланса гумуса и питательных веществ. Приведены принципы распределения и использования минеральных удобрений в севообороте при ограниченной обеспеченности ими.

Предназначено для реализации в высших учебных заведениях для студентов агрономических специальностей.

Рецензенты: *Верниченко И.В.*, доктор биологических наук, профессор кафедры агрономической и биологической химии ФГОУ ВПО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»;

Старых Г.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры плодовоовощеводства им. М.В.Алексеевой ФГОУ ВПО «Российский государственный аграрный заочный университет».

© Н.В. Зубков, В.М. Зубкова, А.В. Соловьев, 2010 г.

Оглавление:

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	7
2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА	8
3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	9
3.1. Введение	9
3.2. Краткая производственная характеристика сельскохозяйственного предприятия.....	9
3.3. Анализ состояния плодородия почв в севообороте.....	10
3.4. Известкование кислых почв.....	18
3.5. Накопление и использование органических удобрений	37
3.6. Баланс гумуса	115
3.7. Определение норм минеральных удобрений на плановую урожайность сельскохозяйственных культур	131
3.8. Оптимизация фосфорного и калийного режимов почвы	136
3.9. Годовой план применения удобрений.....	139
3.10. Календарный план применения удобрений	145
3.11. Определение норм минеральных удобрений методом элементарного баланса на планируемый урожай и метод определения норм удобрений на прибавку урожая с использованием примерных нормативов баланса питательных веществ в севообороте (автор В.А. Демин).....	147
3.11.1. Баланс питательных веществ в севообороте.....	158
3.12. Применение удобрений при ограниченной обеспеченности ими	162
4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ	189
5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА.....	190

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	190
7. ГЛОССАРИЙ	190
Литература.....	195

ВВЕДЕНИЕ

Резкое уменьшение применения минеральных и органических удобрений, объемов известкования почв, недооценка других агротехнических мероприятий вызвало падение плодородия почв практически во всех земледельческих районах России. Нарастание дефицита в балансе биогенных элементов в земледелии России, формирование урожаев сельскохозяйственных культур за счет потенциального плодородия почв приводит к целому ряду негативных последствий: ухудшается гумусное состояние почв, их водно-физические и физико-химические свойства, заметно увеличиваются площади пашни с низким содержанием подвижных форм питательных макро- и микроэлементов, снижается качество продукции растениеводства по химическому составу и питательной ценности.

По сообщению К.Н. Кулика (2007), ежегодная убыль гумуса на пашне составляет 0,62 т/га, а общее содержание его за последние 100 лет снизилось на 30-40%. По оценке специалистов ВНИПТИОУ для компенсации естественной убыли гумуса в почвах сельскохозяйственного назначения в нашей стране требуется более 800 млн. т органических удобрений, однако фактически потребность удовлетворяется на 10-12%. Если учесть, что при полной мобилизации всех ресурсов навоза и помета потребность пашни в органике для воспроизводства гумуса почв может быть удовлетворена на 17-20%, возникает необходимость изыскания и применения нетрадиционных видов органических удобрений – зеленого удобрения, соломы, сапропеля, ОСВ и других.

Центральным звеном в деле повышения продуктивности земледелия в Нечерноземной зоне РФ является разработка научно обоснованных способов рационального использования удобрений, позволяющих получать различные уровни урожаев с возможным регулированием плодородия почвы.

Высокая эффективность удобрений возможна лишь при использовании их в определенной системе в сочетании с рациональной обработкой почвы и при выполнении всех других агротехнических мероприятий с учетом биологических требований культур и почвенно-климатических условий.

Под системой удобрения в хозяйстве понимают комплекс агротехнических и организационно-хозяйственных мероприятий по наиболее рациональному, плановому применению удобрений в целях повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы. Система удобрения в хозяйстве является составной частью системы земледелия, задача которой заключается в регулировании продукционного процесса в агроценозах и воспроизводстве плодородия почвы.

Система удобрения в хозяйстве конкретизируется в системе удобрения в севооборотах и в годовых планах.

Система удобрения в севообороте – это многолетний план применения удобрений в севообороте с учетом плодородия почвы, биологических осо-

бенностей растений, состава и свойств удобрений, составляемый на полную ротацию каждого севооборота хозяйства. Еще в 30-е годы академик Д.Н. Прянишников отмечал: «Чтобы получить должную отдачу от удобрений, необходимо знать где, как, когда и на какие почвы, в каких дозах их необходимо внести...»

Правильная система удобрения должна основываться на применении экономически оправданных и экологически допустимых норм минеральных и органических удобрений, позволяющих наиболее продуктивно использовать агроклиматический ресурс региона.

Настоящее учебное пособие имеет целью помочь студентам агрономических специальностей изучить особенности применения некоторых видов органических удобрений, а также самостоятельно разрабатывать систему применения удобрений в севообороте, предусматривающую рациональное использование заданных норм удобрений.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В условиях интенсификации земледелия значительно возрастают требования, предъявляемые к специалистам сельского хозяйства.

Целью курсового проектирования по агрохимии является закрепление и углубление теоретических знаний студентов, приобретение ими практических навыков разработки рациональной, экологически обоснованной системы применения удобрений и средств химической мелиорации почв в конкретных природно-экономических условиях хозяйства.

Задачей курсового проекта является разработка системы удобрения в севообороте исходя из почвенных, климатических, производственно-экономических условий конкретного хозяйства.

В процессе выполнения проекта студент обязан определить исходя из планируемой урожайности возделываемых культур оптимальные нормы, сроки и способы внесения удобрений под каждую культуру с учетом фактического плодородия почв, севооборота и экологической безопасности окружающей среды.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА

Рекомендуется следующая структура курсового проекта.

1. Введение.
2. Агроклиматическая и производственная характеристика хозяйства.
3. Анализ состояния плодородия почв.
4. Известкование почв.
5. Накопление и использование органических удобрений.
6. Баланс гумуса.
7. Определение норм минеральных удобрений на плановую урожайность сельскохозяйственных культур.
8. Баланс питательных веществ в севообороте
9. Годовой план применения удобрений
10. Календарный план применения удобрения.
11. Заключение.
12. Библиографический список.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1. Введение

Во введении дается оценка состояния и перспективы применения химических мелиорантов и удобрений в хозяйстве. Приводятся данные об эффективности органических и минеральных удобрений в регионе и их воздействии на окружающую среду.

3.2. Агроклиматическая и производственная характеристика сельскохозяйственного предприятия

По данным региональной метеорологической станции приводятся и анализируются агроклиматические показатели по влаго- и теплообеспеченности, продолжительности вегетации и т.д. (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика климатических условий

Показатели	Сведения
Средняя многолетняя сумма осадков за год, мм за вегетационный период в т.ч. за май, июнь, июль, август Средняя многолетняя температура воздуха, °C за вегетационный период в т.ч. за май, июнь, июль, август Продолжительность вегетационного периода, дней Теплообеспеченность основного периода вегетации (сумма температур выше +10°C).	

3.2. Краткая производственная характеристика сельскохозяйственного предприятия

Краткую производственную характеристику сельскохозяйственного предприятия приводят по основным показателям растениеводства и животноводства (табл. 2).

Таблица 2

Общие сведения о хозяйстве

Показатели	Сведения
Область	
Район	
Наименование предприятия	
Площадь землепользования, га	
в том числе сельхозугодий:	
пашни	
посевная площадь	
лугов и пастбищ	

сенокосов	
прочих земель	
Поголовье животных:	
КРС	
молодняк КРС	
телята	
свиньи	
овцы	
и др.	

Приводятся данные по структуре посевных площадей, урожайности возделываемых культур и т.д. (табл. 3, 4).

Таблица 3

Структура посевных площадей

Культура	Площадь, га	%
Озимая пшеница		
Озимая рожь		
Ячмень		
и т.д.		
Всего		

Принятые в хозяйстве севообороты описываются с указанием типа севооборота, схемы чередования культур, площади и урожайности (табл. 4).

Таблица 4

Севооборот №1

№ поля	Площадь поля, га	Чередование культур	Урожайность, ц/га
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
Всего			

3.3. Анализ состояния плодородия почв в севообороте

Плодородие почвы оценивается по каждому полю севооборота. При этом рассматриваются реакция почвенной среды, содержание гумуса, азота, подвижных форм фосфора, обменного калия, микроэлементов, мощность па-

хотного слоя и т.д. (табл. 5). Все эти данные студент берет из агрохимических картограмм, паспортов и книги истории полей.

Таблица 5

Характеристика почв севооборота

№ поля	Тип и разновидность почвы	Площадь, га	Мощность гумусового горизонта, см	Содержание гумуса, %	Кислотность		Степень насыщенности основаниями, %	Содержание, мг на 100 г почвы	
					pH сол	Нг мг-экв на 100 г почвы		P ₂ O ₅	K ₂ O

Для оценки плодородия почв рекомендуется использовать данные табл. 6-20.

Таблица 6

Группировка почв по степени кислотности

Класс почвы	Степень кислотности	pH _{сол.}	Гидролитическая кислотность (Нг) мг-экв./100 г почвы
1	Очень сильноокислая	Менее 4,0	более 6,0
2	Сильноокислая	4,1-4,5	5,1-6,0
3	Среднеокислая	4,6-5,0	4,1-5,0
4	Слабоокислая	5,1-5,5	3,1-4,0
5	Близкая к нейтральной	5,6-6,0	2,1-3,0
6	Нейтральная	Более 6,0	менее 2,0

Таблица 7

Группировка почв по обеспеченности подвижными формами фосфора и обменного калия (мг на кг почвы)

Класс почвы	Степень обеспеченности	По Кирсанову	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Очень низкая	менее 25	менее 40
2	Низкая	26-50	41-80
3	Средняя	51-100	81-120
4	Повышенная	101-150	121-170
5	Высокая	151-250	170-250
6	Очень высокая	более 250	более 250

Таблица 8

Группировка почв по содержанию гумуса и легкогидролизуемого азота

Класс почвы	Степень обеспеченности	Гумус, % (по Тюри-ну)	Легкогидролизуемый азот (по Тюрину и Кононовой), мг/100г почвы
-------------	------------------------	-----------------------	--

			PH < 5	PH 5-6	PH > 6
1	Очень низкая	менее 1,4	менее 4	менее 3	менее 3
2	Низкая	1,5-2,0	4-5	3-4	3-4
3	Средняя	2,1-2,5	5-7	4-6	4-5
4	Повышенная	2,6-3,0	7-10	6-8	5-7
5	Высокая	3,1-4,0	10-14	8-12	7-10
6	Очень высокая	более 4	более 14	более 12	более 10

Таблица 9

Группировка почв по содержанию микроэлементов

Класс поч-вы	Степень обес-печенности	Микроэлементы, мг/кг					
		В	Мо	Си	Зп	Со	Мп
1	Очень низкая	до 0,15	до 0,05	до 0,7	до 1,0	до 0,5	до 15,0
2	Низкая	0,15-0,22	0,05-0,07	0,7-1,0	1,0-1,5	0,5-0,7	15-20
3	Пониженная	0,22-0,33	0,07-0,1	1,0-1,5	1,5-2,0	0,7-1,0	20-30
4	Средняя	0,33-0,5	0,1-0,15	1,5-2,2	2,0-3,0	1,0-1,5	30-45
5	Повышенная	0,5 -0,7	0,15-0,22	2,2-3,3	3,0-5,0	1,5-2,2	45-70
6	Высокая	0,7-1,0	0,22-0,33	3,3-5,0	5,0-7,0	2,2-3,3	70-100
7	Очень высокая	1,0-1,5	0,33-0,05	5,0-7,0	7,0-10,0	3,3-5,0	100-150
8	Избыточная	более 1,5	более 0,5	более 7,0	более 10,0	более 5,0	более 150

Таблица 10

Группировка почв по степени окультуренности

Степень окульту-ренности	Мощность Гумусово-го гори-зонта, см	Содержа-ние гу-муса, %	PHсол	Нг, мг-экв на 100 г почвы	V%	P ₂ O ₅	K ₂ O
						мг на 100 г почвы	
Слабо-окульту-ренная	до 20	1,5-2,0	4,0-4,5	2,9-5,8	35-40	до 5	до 10
Средне-окульту-ренная	20-22	2,0-3,5	4,6-5,0	2,5-5,2	40-50	5-10	10-15
Сильно-окульту-ренная	22-25	3,5-4,0	5,1-6,0	2,1-4,2	50-70	10-25	20-30

Таблица 11

Плотность пахотного слоя почвы, г/см³ (по А.А. Юхнину, 1996)

Почва	Культура	Оптимальный параметр	
		среднее значение	интервал
Дерново-подзолистая тяже-	Зерновые колосовые	1,2	1,10-1,40

ло- и среднесуглинистая			
Дерново-подзолистая легко-суглинистая и супесчаная	Кукуруза	1,15	1,10-1,20
	Кормовые бобы	1,21	1,10-1,30
	Зерновые колосовые	1,27	1,25-1,35

Таблица 12

Оптимальный гранулометрический состав, (по А.А. Юхнину, 1996)

Гранулометрический состав	Культура
Песчаный и супесчаный	Рожь, картофель, сераделла, эспарцет, люцерна
Легко- и среднесуглинистый	Рожь, овес, просо, сорго ячмень, гречиха, картофель, горох, подсолнечник
Тяжелосуглинистый и легкосуглинистый (структурные почвы)	Пшеница, ячмень, кукуруза, подсолнечник, лен, сахарная свекла, вика, клевер

Таблица 13

Оптимальная реакция почвенного раствора для сельскохозяйственных культур (по А.А. Юхнину, 1996)

Культура	pH
Люпин	4,5-6,0
Брюква	4,8-5,5
Картофель	5,0-5,5
Чечевица	5,0-7,2
Тимофеевка	5,0-7,5
Овес	5,0-7,7
Лисохвост	5,3-6,0
Сераделла	5,4-6,5
Лен	5,5-6,5
Морковь	5,5-7,0
Редис	5,5-7,3
Озимая рожь и просо	5,5-7,5
Вика	5,7-6,4
Турнепс, цикорий, салат	6,0-6,5
Подсолнечник	6,0-6,8
Кукуруза, горох и клевер	6,0-7,0
Яровая пшеница	6,0-7,5
Кормовая свекла	6,2-7,5
Томаты	6,3-6,7
Озимая пшеница	6,3-7,3
Огурцы	6,4-7,0
Лук	6,4-7,9
Капуста	6,5-7,4
Ячмень, райграс	6,8-7,5
Сахарная свекла, костер	7,0-7,5

Люцерна	7,0-8,0
---------	---------

Таблица 14

Оптимальные значения pH_{KCl} для основных культур в зависимости от гранулометрического состава подзолистых и дерново-подзолистых почв и специализации севооборота (по А.А. Юхнину, 1996)

Почвы	Севообороты					Культурные пастбища и сенокосы	
	Полевые с высоким удельным весом льна	Полевые с травами, льном, картофелем	Полевые с сахарной свеклой и люцерной	Кормовые прифермские	Овоще-кормовые	Злаковые	Бобово-злаковые
Песчаные и супесчаные	-	5,3	-	5,6	5,6	5,2	5,4
Легко- и средне-суглинистые	5,2	5,4	6,2	5,8	6,0	5,4	5,6
Тяжелосуглинистые и глинистые	5,4	5,5	6,4	6,0	6,2	5,6	6,0
Торфяные	-	4,8	-	5,0	5,2	4,6	5,0

Таблица 15

Оптимальный уровень грунтовых вод для сельскохозяйственных культур на торфяных почвах (в среднем за вегетацию) (по А.А. Юхнину, 1996)

Культура	Средний	Максимальный
Однолетние травы	55-60	75-90
Многолетние травы	60-70	90
Зерновые	75-85	95
Картофель	95-110	130-135
Капуста	110-125	140
Корнеплоды	110-125	140
Кормовые корнеплоды	110-125	95-110
Силосные культуры	110-125	140

Таблица 16

Оптимальное содержание фосфора и калия в различных почвах для основных севооборотов (по А.А. Юхнину, 1996)

Почвы	Вид севооборота	Содержание, мг/кг почвы	
		P_2O_5	K_2O
1	2	3	4
Дерново-подзолистые	Зернотравяной	150	150
	Зернокартофельный	200	250
	Кормовой прифермский	200	250

	Кормовой сенокосно-пастбищный	150	150
	Овощной	250	300
Окончание			
1	2	3	4
Серые лесные	Зернотравяной	150	150
	Зернокартофельный	200	250
	Зерносвекловичный	250	250
	Сидеральный	150	120
	Кормовой прифермский	200	250
	Овощной	250	300

Таблица 17

Оптимальная степень насыщенность почв основаниями и зависимости от гранулометрического состава почвы и специализации севооборота, %

Почвы	Севообороты					Культурные пастбища и сенокосы	
	полевые с высоким удельным весом льна	полевые с травами, льном, картофелем	полевые с сахарной свеклой и люцерной	кормовые прифермские	овоще-кормовые	злаковые	бобово-злаковые
Песчаные и супесчаные	65	70	-	70	85	70	80
Легко- и средне-суглинистые	70	75	90	80	90	75	85
Тяжелосуглинистые и глинистые	75	80	95	85	95	80	90

Для характеристики почв, расположенных в зоне техногенной нагрузки, можно использовать шкалу экологического нормирования тяжелых металлов, предложенную А.И. Обуховым и Л.Л. Ефремовой (1988) для почв со слабокислой и кислой реакцией среды (табл. 18).

Таблица 18

Шкала экологического нормирования тяжелых металлов (по валовому содержанию) для геохимической ассоциации почв со слабокислой и кислой реакцией, мг/кг возд.-сух. почвы (А.И.Обухов, Л.Л.Ефремова, 1988)

Градации	Hg и Cd	Cu	Pb	Ni	Zn
Уровень содержания:					
Очень низкий	<0,05	<5	<5	<10	<15
Низкий	0,05-0,10	5-15	5-10	10-20	15-30
Средний	0,10-0,25	15-50	10-35	20-50	30-70
Повышенный	0,25-0,50	50-80	35-70	50-70	70-100
Высокий	0,50-1,00	80-100	70-100	70-100	100-150
Очень высокий	1-2	100-150	100-150	100-150	150-200
Уровень загрязнения:					
Низкий (ПДК)	1-2	100-150	100-150	100-150	150-200
Средний	2-5	150-250	150-500	150-300	200-500
Высокий	5-10	250-500	500-1000	300-600	500-1000
Очень высокий	>10	>500	>1000	>600	>1000

Следует учитывать, что на почвы с близкой к нейтральной или нейтральной реакцией среды эта шкала не распространяется.

В 1995 г. Госкомэпиднадзором РФ выпущено дополнение №1 к перечню ПДК №6229-91 (Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.020-94) «Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах с учетом механического состава и кислотности почв» (табл. 19).

Таблица 19

**Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов
и мышьяка в почвах, мг/кг почвы**

Элемент	Группа почв	ОДК с учетом фона	Агрегативное состояние вещества в почвах
Никель	а) песчаные и супесчаные	20	твердое: в виде солей, в сорбированном виде, в составе минералов
	б) кислые (суглинистые и глинистые) $pH_{KCl} < 5,5$	40	
	в) близкие к нейтральным (суглинистые и глинистые) $pH_{KCl} > 5,5$	80	
Медь	а) песчаные и супесчаные	33	Твердое: в виде солей, органоминеральных соединений, в сорбированном виде, в составе минералов
	б) кислые (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} < 5,5$	66	
	в) близкие к нейтральным (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} > 5,5$	132	
Цинк	а) песчаные и супесчаные	55	твердое: в виде солей, органоминеральных соединений, в сорбированном виде, в составе минералов
	б) кислые (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} < 5,5$	110	
	в) близкие к нейтральным (суглинистые и глинистые) $pH_{KCl} > 5,5$	220	
Мышьяк	а) песчаные и супесчаные	2	твердое: в виде солей, органоминеральных соединений, в сорбированном виде, в составе минералов
	б) кислые (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} < 5,5$	5	
	в) близкие к нейтральным (суглинистые и глинистые) $pH_{KCl} > 5,5$	10	
Кадмий	а) песчаные и супесчаные	0,5	твердое: в виде солей, органоминеральных соединений в сорбированном виде, в составе минералов
	б) кислые (суглинистые и глинистые) $pH_{KCl} < 5,5$	1,0	
	в) близкие к нейтральным (суглинистые и глинистые) $pH_{KCl} > 5,5$	2,0	
Свинец	а) песчаные и супесчаные	32	твердое: в виде солей, органоминеральных соединений, в сорбированном виде, в составе минералов
	б) кислые (суглинистые и глинистые), $pH_{KCl} < 5,5$	65	
	в) близкие к нейтральным (суглинистые и глинистые) $pH_{KCl} > 5,5$	130	

Для характеристики техногенного загрязнения тяжелыми металлами используется коэффициент концентрации, равный отношению концентрации

элемента в загрязненной почве к его фоновой концентрации. При загрязнении почвы несколькими тяжелыми металлами степень загрязнения оценивается по величине суммарного показателя концентрации (Z_c). В таблице 20 приведена схема оценки почв сельскохозяйственного использования по степени загрязнения химическими веществами.

Таблица 20

**Схема оценки почв сельскохозяйственного использования по степени
загрязнения химическими веществами
(Госкомгидромет СССР, №02-1051-233 от 10.12.90 г.)**

Категория почв по степени загрязнения	Суммарный показатель загрязнения	Загрязненность относительно ПДК	Возможное использование почв	Необходимые мероприятия
1. Допустимое	Менее 16,0	Превышает фоновое, но не выше ПДК	Использование под любые культуры	Снижение уровня воздействия источников загрязнения почв. Снижение доступности токсикантов для растений
2. Умеренное	16,1-32,0	Превышает ПДК при лимитирующем общесанитарном и миграционном водном показателе вредности, но ниже ПДК по трансляционному показателю	Использование под любые культуры при условии контроля качества продукции растениеводства	Мероприятия аналогичные категории 1. При наличии веществ с лимитирующим водным показателем производится контроль за содержанием этих веществ в поверхностных и подземных водах
3. Высокоопасное	32,1-128	Превышает ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Использование под технические культуры без получения продуктов питания и кормов. Исключить растения концентраторы хим. веществ.	
4. Чрезвычайно опасное	Более 128	Превышает ПДК по всем показателям	Исключить из с.-х. оборота	Снижение уровня загрязнения и связывания токсикантов в атмосфере, почве и водах

Тесты для самоконтроля

Укажите правильные ответы на вопросы:

1. Оптимальные уровни обеспеченности почв подвижными формами элементов соответствуют для зерновых культур:

- 1) 1-2 классу;
- 2) 3 классу;
- 3) 4 классу;
- 4) 5 классу.

2. Оптимальные уровни обеспеченности почв подвижными формами элементов соответствуют для пропашных культур:

- 1) 1-2 классу;
- 2) 3 классу;
- 3) 4 классу;
- 4) 5 классу.

3. Оптимальные уровни обеспеченности почв подвижными формами элементов соответствуют для овощных культур:

- 1) 1-2 классу;
- 2) 3 классу;
- 3) 4 классу;
- 4) 5 классу.

4. По агрохимическим показателям все почвы России классифицируют по следующим группам (классам):

- 1) 1-3;
- 2) 1-5;
- 3) 1-6;
- 4) 1-8.

5. При каком содержании гумуса дерново-подзолистая почва характеризуется средней обеспеченностью им?

- 1) 1,5-2,0;
- 2) 2,1-2,5;
- 3) 2,6-3,0;
- 4) 3,1-4,0.

3.4. Известкование кислых почв

По оценкам специалистов в Российской Федерации более 50 млн. га почв нуждаются в известковании, так как без этого невозможно интенсивное земледелие. Влияние кислой реакции на растения сложно и многосторонне. В почвах прямое вредное действие повышенной концентрации ионов водорода сочетается с косвенным отрицательным влиянием ряда сопутствующих кислой реакции условий и факторов. Повышенная кислотность почвенного раствора ухудшает рост и ветвление корней, отрицательно влияет на синтез белков в растениях, при этом содержание белка и общего азота в них уменьшается, а количество небелковых форм азота возрастает; подавляется процесс превращения моносахаров в более сложные органические соединения.

При кислой реакции среды в почве подавляется деятельность полезных для сельскохозяйственных культур микроорганизмов (азотфиксаторов, целлюлозоразлагающих и др.) и развиваются микроорганизмы являющиеся паразитами и возбудителями различных болезней (кила крестоцветных). Алюминий и марганец в кислых почвах становятся подвижными и токсичными для растений, доступность фосфора уменьшается.

Оптимальная реакция почвенной среды

Оптимальный уровень реакции почвы определяется множеством факторов, в том числе биологическими требованиями растений к реакции среды, содержанием в почве органического вещества, подвижных форм Al и Mn, обеспеченностью элементами питания, гранулометрическим составом почв и т.д. Поскольку, не всегда возможен реальный учет всех факторов, оптимальные уровни реакции для различных севооборотов устанавливаются исходя из сравнительно небольшого количества показателей (табл. 21, 22).

Для почв с содержанием гумуса менее 5% можно использовать следующие рекомендации (табл. 22).

Таблица 21

Оптимальные уровни pH_{KCl} для различных севооборотов

Гранулометрический состав	Содержание гумуса, %	Типы севооборотов		
		полевые со льном, картофелем и люпином	полевые с картофелем и многолетн. травами	овощные и овощекормовые с культурами, особо чувствит. к кислотности
Песчаные Супесчаные	< 1	5,5-6,0	5,7-6,0	-
	1-2	5,0-5,5	5,2-5,8	5,5-6,0
	2-3	5,0-5,3	5,1-5,5	5,3-5,7
Легко- и средне-суглинистые	1-2	5,8-6,0	5,8-6,2	6,2-6,7
	2-3	5,3-5,8	5,5-6,0	6,0-6,5
	3-4	5,1-5,5	5,3-5,7	5,7-6,3
Тяжелосуглинистые и гли-	2-3	5,7-6,2	6,0-6,7	6,7-7,0
	3-4	5,5-6,0	5,8-6,5	6,7-7,0

нистые	4-5	5,3-5,7	5,6-6,0	6,2-6,5
--------	-----	---------	---------	---------

Таблица 22

**Ориентировочные оптимальные уровни реакции почв (рН_{KCl})
для севооборотов различных типов***

Гранулометрический состав	Типы севооборотов			
	полевые с высоким удельным весом льна, картофеля и люпина	полевые с многолетними травами, меньше льна, картофеля и люпина	кормовые (прифермские)	кормовые и овощекормовые
Песчаные и супесчаные	5,0-5,3	5,3-5,5	5,5-6,0	5,8-6,0
Легко- и среднесуглинистые	5,6-5,8	5,5-6,0	5,8-6,0	6,0-6,2
Тяжелосуглинистые и глинистые	5,5-5,8	5,8-6,2	6,0-6,2	6,2-6,5
Торфяные	4,6-4,8	4,8-5,2	5,0-5,4	5,2-5,6

* - для почв с содержанием гумуса менее 5%

В практической деятельности оптимальное значение кислотности часто увязывают с величиной степени насыщенности основаниями (V, %) (табл. 23).

Таблица 23

**Оптимальные значения рН_{KCl} и степени насыщенности основаниями
для дерново-подзолистых почв**

Почвы	Севообороты								Культурные пастбища и сенокосы			
	с высоким удельным весом льна		с травами, картофелем, льном		кормовые		овощные		злаковый травостой		бобово-злаковый травостой	
	рН _{KCl}	V, %	рН _{KCl}	V, %	рН _{KCl}	V, %	рН _{KCl}	V, %	рН _{KCl}	V, %	рН _{KCl}	V, %
Песчаные и супесчаные	5,0	65	5,3	70	5,5	70	5,6	85	5,2	70	5,4	80
Легко- и среднесуглинистые	5,2	70	5,4	75	5,8	80	6,0	90	5,4	75	5,6	80

Тяжело-суглинистые и глинистые	5,4	75	5,5	80	6,0	85	6,2	85	5,6	80	6,0	90
--------------------------------	-----	----	-----	----	-----	----	-----	----	-----	----	-----	----

Установление необходимости известкования

В пределах одного хозяйства почвы могут сильно отличаться по степени кислотности, поэтому нельзя проводить известкование вслепую, не убедившись в его необходимости.

Поскольку как недостаточное, так и избыточное известкование может привести к недобору урожая, важно правильно установить нуждаемость почв в известковании. Для диагностики можно использовать показатели pH_{KCl} и $V\%$, (табл. 24).

Таблица 24

Определение потребности почв в известковании

Потребность в известковании	pH_{KCl}	$V, \%$
Сильная	<4,5	<50
Средняя	4,6-5,0	50-70
Слабая	5,1-5,5	70-80
Отсутствует	>5,5	>80

Согласно данным Белорусского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии, торфяные почвы с pH солевой вытяжки менее 5 и степенью насыщенности основаниями менее 70% подлежат известкованию (табл. 25).

Таблица 25

Группы торфяных почв по кислотности и степени потребности в известковании

Группа торфяных почв	pH_{KCl}	H_g мг-экв/100 г почвы	$V, \%$	Необходимость известкования
Чрезмерно кислая	<3,9	>85	<35	Острая
Сильнокислая	3,9-4,3	85-70	35-50	Сильная
Среднекислая	4,3-4,7	70-50	50-60	Средняя
Слабокислая	4,7-5,0	50-40	60-70	Слабая
Умеренно кислая или неокислая	>5,0	<40	>70	Отсутствует

При отсутствии данных о величине гидролитической кислотности можно воспользоваться следующими показателями (табл. 26).

Таблица 26

Определение потребности торфяных почв в известковании

Потребность в известковании	pH_{KCl}	V, %
Сильная	<3,5	<35
Средняя	3,5-4,2	35-55
Слабая	4,2-4,8	55-65
Отсутствует	>4,8	>65

Н.А. Сапожников и М.Ф. Корнилов (1969) предложили нуждаемость почвы в известковании устанавливать по совокупности показателей с учетом гранулометрического состава почвы, с которым тесно связаны агрохимические свойства почвы (табл. 27).

Таблица 27

Нуждаемость почв в известковании в зависимости от гранулометрического состава, величины pH_{KCl} и степени насыщенности основаниями

Гранулометрический состав	Потребность в известковании							
	сильная		средняя		слабая		отсутствует	
	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %
Тяжело и среднесуглинистая	< 5,0	< 45	5,0-5,5	45-60	5,5-6,0	60-70	6,0	> 70
	< 4,5	< 50	4,5-5,0	50-65	5,0-5,5	65-75	5,5	> 75
	< 4,0	< 55	4,0-4,5	55-70	4,5-5,0	70-80	5,0	> 80
Легко-суглинистая	< 5,0	< 35	5,0-5,5	35-55	5,5-6,0	55-65	6,0	> 65
	< 4,5	< 40	4,5-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	5,5	> 70
	< 4,0	< 45	4,0-4,5	45-55	4,5-5,0	65-75	5,0	> 75
Супесчаная	< 5,0	< 30	5,0-5,5	30-45	5,5-6,0	45-55	6,0	> 55
	< 4,5	< 35	4,5-5,0	35-50	5,0-5,5	50-60	5,5	> 60
	< 4,0	< 40	4,0-4,5	40-55	4,5-5,0	55-65	5,0	> 65
Заболоченная торфянистая и торфяно-болотная	< 3,5	< 35	3,5-4,2	35-55	4,2-4,8	55-65	4,8	> 65

Потребность в известковании почв подзолистого типа устанавливают также исходя из критического уровня реакции почв различного гранулометрического состава для севооборотов различных типов, т.е. с учетом различных требований всех культур севооборота (табл. 28).

Таблица 28

Критические уровни реакции почв (pH_{KCl}) нуждающихся в известковании для севооборотов различных типов

Гранулометрический состав	Типы севооборотов		
	полевые со льном, люпином, картофелем, злаковые луга и пастбища	полевые с картофелем и бобово-злаковым травостоем	кормовые и овощные

Песчаный и супесчаный	< 5,0	< 5,3	< 5,5
Суглинистый	< 5,3	< 5,5	< 6,0
Глинистый	< 5,5	< 6,5	< 6,5

Методы определения норм CaCO_3

В практике земледелия используются различные методы определения норм известковых удобрений.

1. По pH солевой вытяжки и гранулометрическому составу почвы

Этот метод основан на взаимосвязи буферности почв с гранулометрическим составом. Шильниковым И.А. и Небольсиным А.Н. (1974) разработаны примерные нормы известки для дерново-подзолистых почв, содержащих 2-3% органического вещества (табл. 29).

Таблица 29

Нормы CaCO_3 на дерново-подзолистых почвах с содержанием гумуса 2-3% (для центральных и северо-восточных областей нечерноземной зоны, по данным ВИУА и СЗНИИСХ), т/га

Почва	pH _{KCL}								
	3,8-3,9	4,0-4,1	4,2-4,3	4,4-4,5	4,6-4,7	4,8-4,9	5,0-5,1	5,2-5,3	5,4-5,5
Песчаная	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	-
Супесчаная	7,0	5,5	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	-
Легкосуглинистая	8,0	6,5	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5
Среднесуглинистая	9,0	8,0	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Тяжелосуглинистая	10,0	9,5	7,5	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
Глинистая	14,5	10,5	9,0	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5

В севооборотах с культурами, чувствительными к кислотности (свекла, капуста белокочанная, лук, люцерна и т.д.), целесообразно увеличивать рекомендуемые нормы на 25-30%, а в севооборотах со льном и картофелем они должны быть уменьшены на такую же величину.

2. По гидролитической кислотности

Расчет нормы CaCO_3 для нейтрализации гидролитической кислотности осуществляется по формуле:

$$D_{\text{CaCO}_3} = \frac{H_{\text{г}} \cdot 500 \cdot 3000000}{1000000000} = H_{\text{г}} \cdot 1,5,$$

где D – норма CaCO_3 , т/га;

$H_{\text{г}}$ – гидролитическая кислотность, мг-экв. /100 г почвы;

500 – количество CaCO_3 , необходимое для нейтрализации 1 мг-экв. ионов H^+ в 1 кг почвы, мг;
 3000000 – масса почвы пахотного слоя на 1 га, кг;
 1000000000 – коэффициент для перевода мг CaCO_3 в тонны.

Полная норма извести, установленная по гидролитической кислотности, теоретически должна обеспечивать нейтрализацию почвы или создать даже щелочную среду. Полную норму целесообразно применять на вновь освоенных или окультуриваемых полях, на сильнокислых почвах, под культуры, особенно чувствительных к кислотности, при высокой концентрации подвижных соединений алюминия и марганца, при углублении пахотного слоя на полях с кислой реакцией методом подпашки подзолистого горизонта. Под культуры, малочувствительные к кислотности, норму извести уменьшают. На основании исследований предложены следующие нормы извести, выраженные в долях гидролитической кислотности, с учетом биологических особенностей ведущих культур севооборота и гранулометрического состава почв (табл. 30).

Таблица 30

Нормы CaCO_3 в различных севооборотах по величине гидролитической кислотности, т/га

Севообороты	Доза извести на почвах	
	тяжело и средне-суглинистой	легкосуглинистой, супесчаной и песчаной
Полевые с многолетними травами и зерновыми культурами, кормовые, овощные;	1-1,5 Нг	1 Нг
Полевые с многолетними травами и льном;	0,5-0,25 Нг	0,25-0,5 Нг
Полевые с картофелем	0,5-0,75 Нг	0,5 Нг

А.Н. Немчинов *для торфяных почв различных типов* с учетом большого количества органического вещества в них предложил следующие нормы CaCO_3 (т/га):

Верховые торфяные почвы:

со слаборазложившимся торфом – 8-10;
 со среднеразложившимся торфом – 6-8.

Переходные торфяные почвы:

с мощным слоем сфагнового торфа – 5-6;
 с небольшим слоем сфагнового торфа (<20 см) – 3-4.

Низинные торфяные почвы: 2-3.

3. Метод расчета норм извести по нормам для сдвига реакции почвенной среды до оптимального уровня pH с учетом типа почв

В результате методической работы, проведенной в ВИУА под руководством академика ВАСХНИЛ В.Г. Минеева, рекомендован метод расчета норм извести по нормам для сдвига реакции почвенной среды до оптимального уровня pH с учетом типа почв (табл. 31).

Таблица 31

Нормы расхода CaCO_3 для сдвига pH до оптимальных значений

Вид угодий и тип почвы	Исходное значение pH	Оптимальное значение pH	ΔpH	Нормы расхода CaCO_3 , т/га, для сдвига на	
				0,1 pH	ΔpH
Пашня Дерново-подзолистые	<4,5	5,8	1,5	0,74	11,1
	4,6-5,0	5,8	1,0	0,92	9,2
	5,1-5,5	5,8	0,5	1,20	6,0
Серые лесные	<4,5	5,9	1,6	0,77	12,3
	4,6-5,0	5,9	1,1	0,97	10,6
	5,1-5,5	5,9	0,6	1,29	7,7
Сенокосы и пастбища (среднее по всем типам почв)	<4,5	5,6	1,3	0,76	9,8
	4,6-5,0	5,6	0,8	0,94	7,5
	5,1-5,5	5,6	0,3	1,20	3,6
Многолетние насаждения (среднее по всем типам почв)	<4,5	5,8	1,5	0,76	11,4
	4,6-5,0	5,8	1,0	0,94	9,4
	5,1-5,5	5,8	0,5	1,20	6,0

Потребность в известковых материалах пашни, сенокосов, пастбищ и многолетних насаждений определяется следующим образом:

$$\Pi = \frac{\Delta\text{pH} \cdot \text{H} \cdot \text{S}}{0,1}$$

где Π – потребность в известковых удобрениях (CaCO_3), т;

ΔpH – разница между pH оптимальным и pH исходным, ед.;

H – норма расхода CaCO_3 для сдвига pH на 0,1 pH, г/га;

S – площадь пашни, сенокосов, пастбищ и многолетних насаждений, га;

0,1 – сдвиг pH, ед.

Нормы расхода извести для сдвига pH до оптимальных значений можно принять по результатам экспериментов, которыми установлено, что для смещения реакции почвенного раствора на 0,1 pH на супесчаных дерново-подзолистых почвах достаточно внести на 1 га 0,3 т, суглинистых – 0,4-0,6 т, глинистых – 0,6-0,8 т CaCO_3 .

При определении норм извести необходимо учитывать уровень применения минеральных удобрений в севооборотах и устанавливать расход CaCO_3 на их нейтрализацию, используя данные табл. 32.

Таблица 32

Расход CaCO₃ на нейтрализацию 1 ц удобрений, ц	
Удобрения	Требуется CaCO ₃
Аммиак жидкий	2,20
Аммиак водный	0,50
Аммиачная селитра	0,75
Мочевина	1,20
Сульфат аммония	1,25
Аммофос	0,65
Суперфосфат	0,10

Определение норм известковых удобрений

Норму конкретного (физического) известкового удобрения рассчитывают по следующей формуле:

$$Д = \frac{Н \times (100 \times 100 \times 100)}{\Pi \times (100 - В) \times (100 - К)},$$

где Д – норма известкового удобрения в физическом весе, т/га;
 В – содержание влаги, %;
 К – количество частиц крупнее 1 мм, %;
 П – нейтрализующая способность в пересчете на CaCO₃, %;
 Н – норма CaCO₃, т/га.

Характеристика основных известковых удобрений приведена в табл. 33.

Таблица 33

Состав основных известковых удобрений			
Удобрение	Влажность, %	Состав, % на сухое вещество:	
		СаО + MgO в пересчете на CaCO ₃	примеси
Известковая мука			
I класс	до 1,5	85-100	0-15 (глина, песок)
II класс	до 4	85-100	0-15 (глина, песок)
Известковые туфы, гаж			
I сорт	до 30	не менее 80	5-25 глина, песок
II сорт	до 30	не менее 70	5-25 глина, песок
III сорт	до 30	не менее 60	5-25 глина, песок

Сланцевая зола	до 2	не менее 60	25-30 песок до 1,5 – K ₂ O 0,5 – 1,2 P ₂ O ₅ 4 – 7 SO ₃
Доломитовая мука	до 16	не менее 80	1,5-4 глина, песок

План известкования почв в севооборотах

Для составления плана известкования почв в севообороте необходимо определить место, сроки и способы внесения.

В полевых севооборотах наиболее отзывчивы на известкование клевер, люцерна, донник. На кислых почвах под эти культуры желательно известить заделывать под покровную культуру, при этом применять полные дозы известковых удобрений.

Озимые и яровые зерновые очень хорошо отзываются на известкование не только на сильнокислых, но и на среднекислых почвах.

В льняных севооборотах известковые удобрения можно вносить не только под зерновые культуры и многолетние травы, но и непосредственно под лен. При этом необходимо вносить борсодержащие удобрения и более высокие нормы калийных удобрений. Лучше использовать известковые удобрения, содержащие магний: доломитовую муку, доломитизированные известняки и силикатные формы известковых удобрений.

Лен относительно устойчив к катионам водорода, но чувствителен к токсическому действию алюминия. Урожай льна возрастает при изменении pH под воздействием извести до 4,8-5,0, т.е. до точки осаждения алюминия из почвенного раствора. Отрицательное действие известкования на лен проявляется чаще на слабоокультуренных почвах легкого механического состава, при низком уровне применения удобрений и жаркой сухой погоде. Основной причиной отрицательного влияния известкования на качество льна является увеличение поступления кальция и избыточное накопление его в стебле. Повышенные дозы калийных удобрений повышают эффективность известкования под лен. Применение бора на фоне оптимальных доз минеральных и органических удобрений позволяет применять полные (по Нг) дозы извести без снижения урожая льна и его качества.

Картофель сравнительно легко переносит повышенную почвенную кислотность. На известкование кислых почв картофель в основном отзывается положительно, но в случаях нарушения соотношения в почве между кальцием и калием, кальцием и магнием, может проявиться отрицательное действие известкования на урожай и крахмалистость клубней, особенно на легких почвах. Кроме того, при известковании почв создаются лучшие условия для развития лучистого гриба – возбудителя парши обыкновенной, что приводит к заболеванию клубней. Парша снижает товарные качества клубней, а при сильном поражении – выход крахмала.

Под картофель известковые удобрения также можно вносить непосредственно. При этом известкование проводят при одновременном внесении под эту культуру органических удобрений, борных удобрений. Нормы калийных удобрений увеличивают на 10-15%. Лучшим известковым удобрением при непосредственном его внесении под картофель является доломитовая мука.

При известковании почв в овощных севооборотах известь можно вносить под капусту, столовую свеклу, лук, морковь, то есть практически под любую культуру. При этом для более быстрого и сильного действия известь следует заделывать послойно: $\frac{2}{3}$ - $\frac{3}{4}$ дозы осенью под зяблевую вспашку и $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ – под ранневесеннюю культивацию. Под капусту можно вносить известь локально в лунки.

Известкование можно проводить в течение всего года, однако, зимой его проводят на тех полях, где оно затруднено в другие периоды. Зимой можно известковать только участки с ровным рельефом, глубина снежного покрова не должна превышать 20 см, скорость ветра – 5-6 м/с, влажность удобрений должна быть не более 8%. По озимым зерновым известкование зимой не проводят.

На основе данных о нуждаемости почв в известковании, требованиях культур и технологии их возделывания, а также очередности известкования разработан следующий календарь по известкованию (табл. 34).

Таблица 34

Календарь работ по известкованию

Месяц	Место внесения извести
Апрель – май	Под яровые культуры, до посева, в т.ч. под покров многолетних трав; на вновь освоенных мелиорируемых землях
Июнь – июль – август	После уборки парозанимающих культур и многолетних трав 1-го и 2-го года пользования (под озимые)
Сентябрь – октябрь	После уборки озимых, яровых, пропашных культур
Ноябрь – декабрь, март, (январь, февраль обычно исключаются из-за значительного снежного покрова на полях)	Под все яровые культуры и пары (кроме льна) на всех участках, где известкование ранее не проводилось

По имеющимся в научной литературе данным поступление ТМ на загрязненных почвах в растительную продукцию в значительной степени зависит от уровня кислотности. Результаты исследований М.М. Овчаренко, И.А. Шильникова, Г.А. Графской (2000) позволили авторам рекомендовать дозы известковых удобрений, обеспечивающие на дерново-подзолистых и серых лесных почвах получение сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям, при среднем уровне загрязнения

почвы (мг/кг, по валовому содержанию, не более): Cd x 5, Zn x 300 и Pb x 200 (табл. 35).

Приведенные в таблице 35 дозы известковых удобрений в среднем в 3 раза превышают обычно рекомендуемые в полевых севооборотах на незагрязненных почвах. При их применении следует для равномерного распределения известкового материала в пахотном слое почвы использовать специальные приемы: дробное внесение с частичной заделкой под плуг и культиватор, послойное внесение, фрезерную обработку почвы. Указанные дозы не рекомендуется вносить в один прием с запахиванием в почву плугом с предплужником, так как все удобрения могут попадать на дно борозды и оставаться вне зоны влияния на пахотный слой.

Составление плана известкования почв рассмотрим на примере севооборота, приведенного в табл. 36.

Таблица 35

Дозы CaCO_3 для известкования дерново-подзолистых и серых лесных почв, загрязненных Cd, Zn и Pb, т/га

Грануломет- рический состав почвы	Очередность известкования													
	первая										вторая		третья	
	РН _{KCL}													
	<4,1	4,1- 4,2	4,3- 4,4	4,5- 4,6	4,7- 4,8	4,9- 5,0	5,1- 5,2	5,3- 5,4	5,5- 5,6	5,7- 5,8	5,9- 6,0	6,1- 6,2	6,3- 6,4	6,5- 6,6
Песчаные	16,5	15,0	13,5	12,0	11,0	10,5	9,0	7,5	7,0	6,0	5,5	5,0	4,0	3,0
Супесчаные	19,5	18,0	16,5	15,0	14,0	12,0	10,5	9,0	8,0	7,5	6,5	7,0	5,5	4,5
Легкосуглин.	24,0	22,5	20,0	18,0	17,0	16,0	14,0	12,0	11,0	10,5	9,0	8,5	7,0	6,0
Среднесуглин.	28,5	24,0	22,5	21,0	20,0	19,5	18,0	16,5	15,0	13,5	12,0	10,5	9,0	7,5
Тяжелосугл.	35,0	30,0	28,0	27,0	25,0	22,5	21,0	19,5	17,0	15,0	13,5	12,0	10,5	9,0
Глинистые	40,0	36,0	33,0	30,0	27,0	24,0	22,5	21,0	19,5	18,0	16,0	14,0	12,0	10,5

Таблица 36

Чередование культур севооборота и их урожайность

№ п.п.	Схема чередования культур	Площадь, га	Урожайность, ц/га	
			в среднем за 3 года	планируемая
1	Ячмень + многолетние травы	60	25	30
2	Многолетние травы I г.п. Много-	60	35	45
3	летние травы 2 г.п. Озимая пше-	60	35	45
4	ница	60	30	40
5	Картофель	60	200	250
6	Кукуруза на силос	60	280	400

Агрохимическая характеристика почв данного севооборота приведена в табл. 37.

Таблица 37

Агрохимическая характеристика почвы полевого севооборота

№ поля	Площадь, га	Тип почвы	Гранулометрический состав	Содержание гумуса, %	pH ксl	Нг мг-экв на 100 г почвы	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
								мг/кг почвы	
1	60	дерн.-подз	ср. суглин.	1,8	4,8	3,7	55	120	142
2	60	-	-	2,5	5,9	2,2	84	109	83
3	60	-	-	2,7	4,9	3,1	58	82	93
4	60	-	-	2,0	5,7	2,4	80	118	105
5	60	-	-	2,6	6,2	1,9	88	47	98
6	60	-	-	2,5	5,5	2,6	70	64	114

В первую очередь устанавливается нуждаемость почвы в известковании, норма CaCO₃ и известкового материала (табл. 38).

Таблица 38

Нуждаемость почв в известковании, нормы CaCO₃ и известкового материала

№ поля	Содержание гумуса, %	Гранулометрический состав	pH ксl	Нг мг-экв на 100 г почвы	V, %	Нуждаемость в известковании	Установленная норма, т/га	
							CaCO ₃	доломитовая мука
1	1,8	средний	4,8	3,7	55	средня	5,6	9,4
2	2,5	суглинок	5,9	2,2	84	отсутствует	-	-
3	2,7		4,9	3,1	58	средняя	4,6	6,5
4	2,0		5,7	2,4	80	отсутствует	-	-
5	2,6		6,2	1,9	88	отсутствует	-	-
6	2,5		5,5	2,6	70	слабая	3,9	5,6

Расчет нормы доломитовой муки осуществляется следующим образом (на примере поля №1):

а) норма CaCO₃, найденная по Нг в поле №1 составляет 5,6 т/га;

- б) влажность доломитовой муки – 10%;
- в) содержание частиц более 1 мм и примесей – 3%;
- г) нейтрализующая способность в пересчете на CaCO_3 – 80%;
- д) искомая норма доломитовой муки в поле №1 равна:

$$N_{\text{д.м.}} = \frac{5,6 \times 100 \times 100 \times 100}{80 \times (100 - 10) \times (100 - 3)} = 8,0 \text{ т/га.}$$

В основе плана известкования лежит ротационная таблица, в которой показано размещение культур севооборота по полям в период проведения известкования (табл. 39). Датой проведения известкования считается тот год, под урожай которого вносится известь. Например, в поле №1 известь вносится под урожай ячменя 2010 г, хотя фактически поле может быть произвестковано в августе – сентябре 2009 г, после уборки предшествующей культуры – кукурузы на силос.

К плану известкования необходимо представить его обоснование и описание технологии внесения. Например, в предлагаемом варианте плана известкования доломитовую муку рекомендуется вносить под ячмень, как покровную культуру, и озимую пшеницу, которая хорошо отзывается на известкование среднекислых почв. Поскольку картофель, следующий после озимой пшеницы, на произвесткованной почве может поражаться паршой, во избежание этого норму калийных удобрений под картофель в 3-м поле следует увеличить на 10-15%, рекомендуется также вносить борные удобрения, использовать магнийсодержащие известковые удобрения и т.д. Доломитовую муку вносят КСА-3 после уборки предшественников и лушения, перед проведением зяблевой обработки. Необходимость проведения повторного известкования определяют по результатам агрохимического обследования почв, проводимого в Нечерноземной зоне раз в 4-6 лет. Следует учитывать, что полная по гидролитической кислотности доза известкового удобрения (независимо от его формы) обеспечивает устойчивое положительное действие на урожай в течение 8-14 лет, заметно ослабевая к 20 годам. Ориентировочный срок последствия известкования почв того или иного поля можно установить также исходя из дозы извести и среднегодовых потерь кальция на вымывание осадками и вынос урожаем растений. Например, полная доза извести в 5 т/га при среднегодовой потере кальция в 400 кг/га будет действовать около 12 лет ($5000 / 400 = 12,5$).

Таблица 39

План известкования почвы в севообороте

№ поля	РН КСl	Нг, мг-экв на 100г почвы	Установленная норма, т/га		1-й год действия		2-й год действия		и т.д.
			CaCO ₃	доломитовая мука	культура	норма доломитовой муки	культура	норма доломитовой муки	
1	4,8	3,7	5,6	8,0	Ячмень + мн. травы	8,0	Многолетние травы 1 г.п. Многолетние травы 2 г.п. Оз. пшеница	6,5	
2	5,9	2,2	-	-	Многолетние травы 1 г.п. Многолетние травы 2 г.п. Оз. пшеница		Картофель Кукуруза на силос Ячмень + мн. травы		
3	4,9	3,1	4,6	6,5	Картофель				
4	5,7	2,4	-	-	Кукуруза на силос			5,6	
5	6,2	1,9	-	-					
6	5,5	2,6	3,9	5,6					

Среднегодовые потери кальция на вымывание уточняют на основании лизимитрических исследований или используют ориентировочные данные о потерях кальция в среднем по области, району. В частности, указанные потери кальция в среднем по Ярославской области составляли в 70-е годы 74 кг/га.

Тесты для самоконтроля

Укажите правильные ответы на вопросы:

1. Как регулируют соотношение и состав обменно-поглощенных катионов на кислых почвах?

- 1) внесением гипсовых материалов;
- 2) внесением калийных удобрений;
- 3) внесением известковых материалов;
- 4) внесением азотных удобрений.

2. Какие виды кислотности относят к потенциальной?

- 1) актуальную;
- 2) обменную;
- 3) гидролитическую.

3. По какому виду кислотности можно определить нуждаемость почвы в известковании?

- 1) актуальной;
- 2) гидролитической;
- 3) потенциальной;
- 4) обменной.

4. По каким показателям можно рассчитать степень насыщенности почв основаниями?

- 1) по гидролитической кислотности и сумме поглощенных оснований;
- 2) по актуальной и гидролитической кислотности;
- 3) по емкости, поглощения и актуальной кислотности;
- 4) по обменной кислотности и сумме поглощенных оснований.

5. На сколько групп по отношению к кислотности делят сельскохозяйственные растения?

- 1) 4;
- 2) 3;
- 3) 5;
- 4) 6.

6. По какой кислотности устанавливают полную дозу извести?

- 1) актуальной;
- 2) гидролитической;
- 3) обменной;
- 4) потенциальной.

7. Для нейтрализации какого удобрения необходимо наибольшее количество CaCO_3 ?

- 1) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$;
- 2) NH_4NO_3 ;
- 3) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;
- 4) KCl .

8. При какой степени насыщенности почвы основаниями она сильно нуждается в известковании?

- 1) $<50\%$;
- 2) $51-70\%$;
- 3) $71-80\%$;
- 4) $>80\%$.

9. Повышенное содержание каких элементов в почве является дополнительным показателем нужды в известковании?

- 1) кальция и магния;
- 2) алюминия и марганца;
- 3) кальция и натрия;
- 4) кальция и калия.

10. Какой вид поглощательной способности почвы зависит главным образом от гранулометрического состава, структуры и сложения почвы?

- 1) Механическая;
- 2) Физическая;
- 3) Химическая;
- 4) Биологическая.

11. Как называют максимальное содержание обменно-поглощенных катионов в почве?

- 1) Сумма поглощенных оснований;
- 2) Сумма поглощенного водорода и алюминия;
- 3) Емкость катионного обмена;
- 4) Содержание в ППК одновалентных щелочных катионов.

12. Рассчитайте значение ЕКО (Т), если в 100 г почвы содержится в обменно-поглощенном состоянии 160 мг кальция, 24 магния, 3 мг водорода:

- 1) 10;

- 2) 13;
- 3) 20;
- 4) 33.

13. Укажите наиболее чувствительную к подвижному алюминию культуру:

- 1) Сахарная свекла;
- 2) Лен;
- 3) Люпин;
- 4) Овес.

14. Назовите устойчивую к подвижному алюминию культуру:

- 1) Сахарная свекла;
- 2) Лен;
- 3) Люпин;
- 4) Овес.

15. Назовите высокоустойчивую к подвижному алюминию культуру:

- 1) Сахарная свекла;
- 2) Лен;
- 3) Люпин;
- 4) Овес.

16. Нуждаемость почв в известковании устанавливают по:

- 1) рН KCL;
- 2) V%;
- 3) Содержание подвижного AL;
- 4) Совокупности 1-3.

17. Укажите оптимальный интервал реакции почвы ($pH_{\text{сол}}$) при выращивании сахарной свеклы:

- 1) 4,5-5,0;
- 2) 5,0-5,5;
- 3) 5,5-6,5;
- 4) 6,5-7,5.

18. Укажите оптимальный интервал реакции почвы ($pH_{\text{сол}}$) при выращивании озимой пшеницы:

- 1) 4,5-5,0;
- 2) 5,0-5,5;
- 3) 5,5-6,5;
- 4) 6,5-7,5.

19. Укажите оптимальный интервал реакции почвы ($pH_{\text{сол}}$) при выращивании картофеля:

- 1) 4,5-5,0;
- 2) 5,0-5,5;
- 3) 5,5-6,5;
- 4) 6,5-7,5.

20. Укажите оптимальный интервал реакции почвы при выращивании люпина:

- 1) 4,5-5,0;
- 2) 5,0-5,5;
- 3) 5,5-6,5.

3.5. Накопление и использование органических удобрений

В системе мер по повышению плодородия дерново-подзолистых почв важнейшее место отводится органическим удобрениям, которые не только обогащают пахотный слой питательными веществами, но и улучшают свойства почвы, а также условия минерального питания растений.

При длительном применении органические удобрения существенно улучшают физико-химические, агрофизические и биологические свойства почвы, увеличивают запас питательных веществ, повышают поглощательную способность и буферность, влагоемкость, скважистость и водопроницаемость, уменьшают сопротивление почвы при механической обработке, усиливают ее биологическую активность. В качестве органических удобрений используют подстилочный и бесподстилочный навоз, торф, торфонавозные компосты, птичий помет, солому, сидераты и др.

Примерное содержание основных элементов питания в отдельных органических удобрениях указано в табл. 40.

Таблица 40

Средний химический состав основных видов органических удобрений, %

Удобрение	Сухое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Навоз подстилочный:				
смешанный	30,0	0,50	0,25	0,60
КРС	23,8	0,45	0,33	0,50
конский	32,3	0,60	0,28	0,63
овечий	34,5	0,83	0,23	0,67
свиной	28,0	0,84	0,39	0,60
Навоз бесподстилочный				
полужидкий:	10,0	0,43	0,28	0,50
КРС	14,5	0,77	0,44	0,76
молодняк КРС	9,8	0,72	0,47	0,21
свиной	28,3	0,95	0,22	0,75
овечий	7,8	0,45	0,25	0,37

Жидкий:				
КРС	5,0	0,25	0,09	0,26
свиной	1,2	0,05	0,02	0,07
Стоки:				
КРС	0,15	0,008	0,002	0,01
свиной	16,1	1,20	0,64	0,50
Птичий помет				
Компосты на торфяной основе:				
торфонавозные (1:1)	33	0,60	0,16	0,30
торфонавозные (1:2)	33	0,65	0,15	0,25
торфожижевые (1:1)	33	0,70	0,08	0,28
торфопометные (1:4)	33	1,35	1,22	0,50
торфофосфоритные				
2-4% фосфоритной муки	33	1,0-1,15	0,6-0,85	0,05-0,12

Возможное накопление в хозяйстве органических удобрений зависит от численности имеющегося поголовья, вида животных, количества и качества используемых кормов и подстилочных материалов, продолжительности стойлового периода, наличия компонентов для компостирования, сроков и способов хранения органических удобрений в период накопления и других условий.

Подстилочный навоз

Накопление подстильного навоза можно определить различными способами:

а) определение выхода свежего навоза по методу Вольфа:

Способ Вольфа основан на том, что примерно половина сухого вещества корма переваривается животными, а вторая переходит в навоз так же, как и все сухое вещество подстилки. Так как в свежем навозе содержится $\frac{1}{4}$ сухого вещества, и $\frac{3}{4}$ воды, то общее количество навоза (Н) в 4 раза больше половины сухого вещества корма суммированного с сухой подстилкой (П).

$$H_{\text{сут.}} = \left[K/2 + П \right] \times 4;$$

где Н сут. – суточный выход свежего навоза, кг;

К – скармливаемое количество корма, кг сухого вещества;

П – масса подстилки, кг.

Метод Вольфа применим для определения выхода навоза как от одной головы, так и от всего стада в целом. Для этого суточный выход навоза от 1

головы (Нсут) следует умножить на число животных (Чс), продолжительность стойлового периода в днях (Дс) и перевести в тонны:

$$N_{\text{общ.}} = \frac{N_{\text{сут}} \times \text{Чс} \times \text{Дс}}{1000}$$

ПРИМЕР:

Стадо 400 голов

Стойловый период – 220 дней

Количество корма на 1 голову в сутки – 10 кг

Количество подстилки на 1 голову в сутки – 5 кг

$N_{\text{сут}} = (10 / 2 + 5) \times 4 = 40 \text{ кг}$

$N_{\text{общ.}} = 40 \times 400 \times 220 / 1000 = 3520 \text{ кг}$

Примерные нормы подстилки для различных животных приведены в табл. 41.

Таблица 41

Примерные нормы подстилки для животных в сутки, кг

Животные	Солома зерновых культур	Верховой слаборазлож. торф с влажностью 40-50%	Сухая торфяная крошка переходного и низинного торфа	Древесные опилки, стружки
КРС при стойловом содержании	4-6	3-4	10-20	4-6
телята	2-3	4-6	8-10	2-4
лошади	3-5	2-3	8-10	2-4
овцы и козы	0,5-1,0	-	-	-
свиноматки	5-6	3-4	-	-
хряки	2-3	-	-	2-3

б) определение выхода подстилочного навоза в зависимости от количества подстилки и продолжительности стойлового периода.

При расчете выхода навоза используются табличные данные, составленные с учетом количества подстилки на 1 голову скота (табл. 42). Общий выход свежего навоза от всего стада за стойловый период (Вс) рассчитывают по формуле:

$$V_{\text{с}} = \frac{V \times \text{Дс} \times \text{Чс}}{1000},$$

где В – выход свежего навоза (кг за 1 день);
Дс – продолжительность стойлового периода, дни;
Чс – численность стада (поголовье).

Таблица 42

Количество свежего навоза, накапливаемого за одни сутки от одной головы при различных дозах соломенной подстилки (по Асарову Х.К. 1975)

Норма подстилки в день, кг	Выход навоза в день от головы, кг			
	КРС	лошадей	свиней	овец и коз
без подстилки	25	17	1,2	2,0
1	28	21	4,7	4,0
2	32	24	8,0	5,0
3	37	25	9,0	5,0
4	39	26	9,0	5,0
5	42	27	9,0	5,0
6	44	28	9,0	5,0

в) при отсутствии данных о количествах скармливаемого корма и применяемой подстилки можно использовать сведения *по примерному выходу навоза за стойловый период* (табл. 43).

Таблица 43

Примерное количество навоза, получаемого в год от данного животного, т (по Артюшину А.М., Державину Л.М., 1971)

Животные	Продолжительность стойлового периода			
	240-220	220-200	200-180	менее 180
КРС	9-10	8-9	6-8	4-5
лошади	7-8	5-6	4-4,5	2,5-3,0
свиньи	2,25	1,75	1,5	1,0
овцы	1,0	0,9	0,6-0,8	0,4-0,5

г) выход навоза можно определить *путем перевода поголовья всех видов животных во взрослый крупный рогатый скот с помощью коэффициентов перевода, которые устанавливаются в зависимости от структуры стада* (табл. 44).

Таблица 44

Коэффициенты перевода в КРС разных видов животных в зависимости от структуры стада

Удельный вес коров, %	Коэфф. перевода	Уд. вес маток, %	Коэфф. перевода	Уд. вес маток, %	Коэфф. перевода	Уд. вес взрослых голов	Коэфф. перевода
КРС		Свиньи		Овцы		Лошади	
40	0,77	6	0,25	40	0,12	55	0,75
45	0,80	8	0,29	45	0,13	60	0,77
50	0,84	10	0,32	50	0,14	65	0,78
60	0,91	15	0,37	55	0,14	70	0,80
65	0,93	17	0,40	60	0,15	75	0,82
70	0,97	20	0,43	65	0,15	75	0,82

75	0,99	25	0,49	65	0,15	75	0,82
----	------	----	------	----	------	----	------

Иногда этот пересчет осуществляется следующим образом: к 1 голове КРС (по выходу навоза) приравнивают 1,5 лошади, 2 головы молодняка КРС до 2-х лет, 3-5 телят, 4-5 взрослых свиней, 10 овец. Примерный выход навоза в год от 1 условной головы при использовании соломенной подстилки берется из справочника в зависимости от продолжительности стойлового периода: менее 180 дней – 4,5 т; 180-200 дней – 6-8 т; 200-220 дней – 8-9 т; 220-240 дней – 9-10 т. Умножив выход навоза от одной условной головы за год на общее переводное поголовье, определяют общее количество навоза.

При наличии птицы в хозяйстве считают, что в течение года от каждой курицы накапливается 6-7 кг помета, утки 7-9 кг и гуся 10-12 кг.

При определении выхода навоза необходимо предусматривать уменьшение его в зависимости от степени разложения при хранении, пользуясь следующими коэффициентами:

Навоз полуперепревший – 0,7-0,8;
перепревший – 0,5;
перегной – 0,25.

ПРИМЕР:

Свежий навоз – 400 т;
Полуперепревший – 300 т (400 х 0,75);
Перегной – 100 т (400 х 0,25).

Применение подстилочного навоза необходимо увязывать со степенью разложения. Требования к степени разложения навоза зависят от ряда условий. Культуры с более коротким вегетационным периодом (ранние сорта капусты, картофеля и т.п.) лучше развиваются при применении более разложившегося навоза, в то время как поздно убираемые культуры (поздние сорта капусты и картофеля, свеклы и т.д.) и озимые зерновые хлеба хорошо используют и менее разложившийся навоз, внесенный заблаговременно. Из овощных культур на свежий навоз хорошо отзываются огурцы, а на перегной и сильно разложившийся навоз или компосты – лук и морковь.

Глубина заделки навоза колеблется от 15 до 30 см в зависимости от конкретных условий. На тяжелых почвах северной части Нечерноземной зоны требуется относительно более мелкая заделка, а на легких – более глубокая.

В Нечерноземной зоне, в зависимости от обеспеченности хозяйств навозом, удобрения могут применяться в пониженных, средних и повышенных нормах (табл. 45).

Примерные нормы органических удобрений в зависимости от плановых урожаев культур для хозяйств Нечерноземной зоны РФ

Культура, продукция	Плановая урожайность, ц/га	Дозы удобрений, т/га	
		средние	колебания
Капуста (кочаны)	до 400	30	20-45
	400-600	40	30-50
	более 600	50	40-60
Картофель (клубни)	до 160	20	15-20
	160-200	30	20-40
	200-300	40	30-50
Кормовые корнеплоды (корнеплоды)	до 250	30	20-40
	250-500	40	30-40
	более 500	50	40-60
Силосные (зеленая масса)	до 250	25	20-30
	250-400	35	30-40
	400-600	45	40-50
Озимые зерновые (зерно)	до 35	20	15-25
	более 35	30	25-35

Для окультуривания малоплодородных почв вносят повышенные дозы органических удобрений (60-80 т/га).

Обобщение данных, полученных в условиях производства и научно-исследовательских учреждений, позволят рекомендовать средние дозы подстилочного навоза под основные сельскохозяйственные культуры: под овощи – 60-80 т/га; под картофель, кормовые корнеплоды, сахарную свеклу, коноплю – 40-60 т/га; под озимые на дерново-подзолистых почвах – 20-30 т/га.

Бесподстилочный навоз

Бесподстилочный навоз – это текучая смесь кала и мочи животных иногда в разной степени разбавленная водой. Нередко в состав смеси попадает небольшое количество остатков корма и подстилки.

Бесподстилочный навоз в зависимости от содержания в нем воды подразделяют на полужидкий – смесь экскрементов (влажность до 92%) и жидкий – смесь экскрементов с примесью воды (влажность до 92-97%). Смесь экскрементов значительно разбавленную водой (влажность более 97%), называют навозными стоками.

На фермах удаление навоза, как правило, осуществляется 3-мя способами: с применением транспортеров различных систем; по самотечным сплавным каналам (гидросплав); с использованием гидросмыва. При первых двух способах получают бесподстилочный навоз с влажностью до 92%, при гидросмыве – с влажностью более 92%.

Годовой выход полужидкого (Нпж) и жидкого (Нж) навоза (м³) при бесподстилочном содержании определяют по формулам:

$$\text{Нп.ж.} = \frac{\text{Дс} \times \text{Чс} \times (\text{К} + \text{М})}{1000};$$

$$\text{Нж} = (\text{К} + \text{М} + \text{В}) \times \text{Дс} \times \text{Чс} / 1000,$$

где К + М – количество кала и мочи за сутки от одного животного (кг);

В – суточная норма воды (л);

Дс – продолжительность стойлового периода в днях;

Чс – численность поголовья;

1000 – коэффициент для пересчета в тонны.

Сведения по ежесуточному выделению кала и мочи различными животными, а также необходимому количеству воды приведены в табл. 46.

Таблица 46

Нормы выхода экскрементов и потребность в воде на одного животное в сутки

Животные	Экскременты (кал + моча), кг	Вода, л
КРС на откорме	17-33	70
Коровы дойные	55	74-100
Телята и молодняк	7-14	20-40
Нетели	27-40	60
Свиньи на откорме		
и взрослые свиньи	7-9	15
ремонтный молодняк	3	15

При расчетах 1 м³ полужидкого навоза приравнивается к 0,9 т, а жидкого – к 0,95 т.

Количество бесподстильного навоза базовой влажности (90%) можно определить с использованием имеющихся нормативных показателей для разных видов и возрастных групп скота (табл. 47).

Таблица 47

Суточный выход экскрементов у разных видов и возрастных групп животных, кг на 1 голову (по данным ВИЖ)

Крупный рогатый скот			Свиньи		
группа животных	влажность, %	кг в сутки	группа животных	влажность, %	кг в сутки
Быки-производители	90	40	Хряки	89	11
Коровы	90	55	Свиноматки: холостые супоросные с поросятами	91	9
Нетели	90	27		91	10
Телята до 4-6 мес.	90	8		90	15
Молодняк 6-12 мес. (на откорме 4-6 мес.)	90	14	Поросята-отъемыши	86	2,4
Молодняк на откорме 6-12 мес.	90	26	Свиньи на откорме:		

Молодняк 12-18 мес.	90	27	массой до 40 кг	87	3,5
Молодняк на откорме			40-80 кг	87	5,1
старше 12 мес.	90	35	более 80 кг	88	6,6

Выход бесподстилочного навоза базисной влажности (90%) можно также определить из расчета на условное поголовье. За одну условную голову принимают поголовье, имеющее общую живую массу 500 кг. Выход бесподстилочного навоза 90%-ной влажности на 1 условную голову КРС составляет 63 кг в сутки, или 23 т в год, у свиней – соответственно 50 кг и 18 т.

На промышленно-животноводческих комплексах выход бесподстилочного полужидкого навоза при влажности 90% от одной условной головы определяется в 50-55 кг в сутки (18-20 т в год). За одну условную голову в этом случае также принимают поголовье, имеющее общую живую массу 500 кг. При дальнейшем разбавлении водой происходит увеличение объема бесподстилочного навоза. Так, при влажности навоза 90%, 92, 94, 95, 96, 97 и 98%, объем его, соответственно, равен 100, 125, 167, 200, 250, 333 и 500%.

Условия, сроки и технология хранения влияют на окончательный выход бесподстилочного навоза (табл. 48). В связи с этим изменяется масса навоза, что следует учитывать в расчетах.

Таблица 48

Потери органического вещества и азота из бесподстилочного навоза

Навоз	Способ хранения	Потери в % к исходному количеству при хранении			
		зимнем		летнем	
		органического вещества	азота	органического вещества	азота
Полужидкий	закрытый	0	2,2	20,8	5,7
	открытый	8,0	8,2	13,8	5,8
Жидкий	закрытый	6,0	3,3	12,0	2,1
	открытый	5,3	0	10,0	0

Бесподстилочный навоз обычно вносят следующими способами:

1. Под пропашные культуры весной в норме 40 т/га; навоз при этом быстро заделывают дисковыми орудиями. Внося на фоне 40 т/га бесподстилочного навоза небольшое количество минеральных удобрений (по 40 кг/га NPK), можно получить достаточно высокие урожаи выращиваемых культур.

2. Дробно (под пропашные культуры): 20-30 т/га весной перед посадкой или посевом и 10 т/га при первых междурядных обработках. Перед посадкой и при посадке дают небольшие дозы минеральных удобрений.

3. В сочетании с солоmistым удобрением. На 1 т соломы вносят осенью с жидким навозом 10 кг N. Остальное количество жидкого навоза можно давать весной перед посадкой пропашных культур.

4. Для подкормки озимых и пропашных культур, а также лугопастбищных угодий вносят 10-15 т жидкого навоза на 1 га.

НИИСХ ЦРНЧЗ рекомендует использовать бесподстилочный навоз влажностью 85% и выше путем:

1. Приготовления компостов при той же технологии внесения, как и подстилочного навоза;

2. Накопления и хранения полужидкого навоза в бетонных хранилищах (транспортировка и непосредственное внесение в почву навозоразбрасывателями);

3. Разделения на жидкую и твердую фракции с использованием твердой фракции по технологии подстилочного навоза, жидкой – с помощью разбрасывателей жидких удобрений или оросительных систем. В опытах НИИСХ ЦРНЧЗ не получено заметного различия по эффективности действия между осенними, зимними и весенними сроками внесения бесподстилочного навоза. В тоже время отмечено, что следует отдавать предпочтение осенним и весенне-летним срокам: весной – под пропашные культуры и в занятом пару, летом – под озимые, осенью под – зяблевую вспашку.

Жидкие органические удобрения применяют по различным технологическим схемам:

Прямоточная – удобрения из прифермского навозохранилища транспортируются до места внесения и распределяются по полю с использованием прицепов-разбрасывателей: РЖТ – 4, РЖТ – 8 и РЖТ – 16.

Перегрузочная – навоз автоцистернами транспортируется в поле, а затем перегружается в полевой агрегат для распределения по полю.

Использование мобильной емкости-компенсатора – в перегрузочную технологическую схему включают емкость-компенсатор, в которую автоцистерны сливают навоз. Полевой агрегат заправляется самозагрузкой из емкости-компенсатора.

Технологическая схема с использованием полевого навозохранилища: жидкий навоз по трубопроводу или мобильными средствами поступает в полевое навозохранилище, затем агрегатами распределяется по полю.

Бесподстилочный навоз рекомендуется вносить в следующих максимальных нормах: под картофель – 40-60 т/га, кормовую свеклу – 80-90 т/га, зерновые – 35 т/га, кукурузу на силос – 60-80 т/га, однолетние травы – 40-50 т/га.

Примерные нормы внесения бесподстилочного навоза, приведенные в таблице 49, установлены на основе потребности удобряемой культуры в азоте и содержания его в навозе.

Годовую дозу навоза определяют для каждой культуры севооборота по следующей формуле:

$$Д = \frac{В}{10 \times С},$$

где Д – годовая доза навоза, т/га;

В – примерная годовая норма азота, кг/га;
С – содержание азота в бесподстилочном навозе, %.

Таблица 49

Примерные нормы, сроки внесения и способы заделки бесподстилочного навоза

Культура	Примерная годовая норма азота, кг/га	Время внесения	Способ заделки
Зерновые	140	Под основную обработку	Под плуг
Озимые на зерно	100	Весной под подкормки	Весеннее боронование
Картофель столовый	120-180	Осенью под зябь или весной под перепашку	Под плуг
Картофель фуражный	240-280	Осенью под зябь или весной под перепашку	Под плуг
Кукуруза на зеленый корм и силос	240-320	Осенью под зябь или весной под предпосевную обработку	Под плуг или дисковой лушильник
Многолетние злаковые и бобово-злаковые травосмеси на сено и зеленый корм	240-320	Зимой после укосов	Боронование после укосов
Луга	200-240	Зимой после укосов	Боронование после укосов
Пастбища	200-240*	По окончании вегетации или зимой до вегетации после стравливания	Боронование в начале вегетации
Однолетние травы	120-160	Осенью под зябь, зимой или весной под предпосевную обработку	Под плуг, дисковой лушильник
Рожь на зеленый корм	140	Под вспашку или предпосевную обработку и для подкормки	Под плуг, дисковой лушильник, культиватор и весеннее боронование

* – годовую норму вносят частями в 2-3 срока

Согласно рекомендациям ВИУА, среднегодовая норма бесподстилочного навоза в богарных условиях не должна превышать эквивалента 200 кг азота на га, при орошении – 300 кг/га.

Пример расчета:

Примерная годовая норма азота – 120 кг/га;

Содержание азота в бесподстилочном навозе – 0,43%;

$$Д = \frac{120}{10 \times 0,43} \approx 28 \text{ т/га.}$$

Навозная жижа

При определении выхода навозной жижи нужно исходить из того, что за четыре месяца из 10 т исходного навоза навозной жижи выделялось при плотном хранении – 170 л, рыхло-плотном – 450 л, рыхлом – 1000 л (по данным ВИУА). Выход навозной жижи за стойловый период составляет 10-15% массы свежего навоза. Количество навозной жижи можно также определить по количеству скота. В год от одной головы КРС накапливается 2-2,5 м³, молодняка КРС – 1-1,5 м³, свиней – 0,8-1,0 м³ или выход навозной жижи может быть принят равным 2 т от 1 головы КРС, 3 лошадей, 10-12 телят за стойловый период 220-240 дней.

Использовать навозную жижу можно для приготовления компостов подкормки озимых и пропашных культур, внесения под зяблевую вспашку.

Наилучший способ использования навозной жижи – приготовление из нее различных компостов.

При подготовке торфожижевых компостов на каждую тонну проветренного торфа в зависимости от его влажности берут 0,5-1 т навозной жижи. Торф укладывают в штабель слоями по 30-50 см до высоты 1,5-2 м и каждый слой, кроме самого верхнего, увлажняют навозной жижей.

Более высококачественный компост получают при добавлении к торфу фосфоритной муки (1,5-2% от массы торфа) перед увлажнением навозной жижей. Для приготовления торфожижевых компостов используют все виды торфа. За исключением содержащего более 5% СаО в расчете на сухое вещество.

Торфожижевые компосты в зависимости от свойств компостируемого материала и времени года выдерживают в течение 1-4 месяцев.

Для подкормки озимых культур, лугов и пастбищ на 1 га берут 3-5 т навозной жижи. В этом случае ее разбавляют в 2-3 раза водой. Однако если содержание азота не превышает 0,2-0,25% – разбавлять ее перед поверхностной подкормкой не рекомендуется. После подкормки озимые немедленно боронуют.

При подкормке овощных и других пропашных культур для внесения навозной жижи на соответствующую глубину используют подкормочные машины. В первую подкормку пропашных культур навозную жижу вносят сбоку ряда в дозе 5-7 т/га, а при второй – в середину междурядья в дозе 8-12 т/га.

Как основное удобрение вносят жижу в дозе 10-20 т/га в зависимости от особенности удобряемой культуры. Во избежание потерь азота разлитую по пашне I навозную жижу немедленно запахивают.

Компосты

При определении размеров накопления органических удобрений необходимо учитывать возможность использования всех видов органических материалов, как в качестве самостоятельных удобрений, так и в составе компостов.

При наличии в хозяйстве торфа для увеличения количества органических удобрений готовят торфонавозные компосты с соотношением между навозом и торфом в зимний период 1 : 1, летом – 1 : 2 и 1 : 3. Для получения высококачественных компостов целесообразно использовать торф со степенью разложения не менее 20% и зольностью не более 25%.

Во всех случаях эффективно добавление фосфоритной муки в количестве 1,5-12% от массы компоста.

Торфоминерально-аммиачные удобрения (ТМАУ) являются сложными по составу. Торф обогащают водным аммиаком из расчета 3-3,5% от массы верхового торфа и 2-2,5% – низинного. В состав вводят фосфорное удобрение 3-3,5 и 2-2,5, а также хлористый калий 1-1,2 и 0,6-0,8%.

Для приготовления ТМАУ можно использовать следующее рекомендуемые нормы минеральных удобрений на 1 т торфа влажностью 55%, кг.

Таблица 50

Удобрение	ТМАУ	
	обычные	концентрированные
Аммиачная вода (20,5% N)	20-30	40
Фосфоритная мука (21% P ₂ O ₅)	10-15	30
Суперфосфат (19% P ₂ O ₅)	10-15	20
Хлористый калий (60% K ₂ O)	6-10	20

ТМАУ можно применять под все сельскохозяйственные культуры в нормах 10-20 т/га.

При отсутствии торфа применяют навозно-почвенные компосты. Для приготовления компоста пригодного для хранения в буртах навалом (влажности около 45%), при влажности навоза или осадка около 90%, необходимо соблюдать отношение: навоз – почва 1 : 15.

Торфопометный компост готовится из двух частей нестандартного торфа и одной части помета влажностью 90%, готовят также с соотношением 1 : 1.

Для приготовления высококачественного компоста используют непромерзший птичий помет и торф-верховой, переходный, низинный с влажностью не более 60%, степенью разложения не менее 20% и зольностью не более 25%. Суммарная влажность компоста должна быть не выше 75% в летний период и 71% в зимний. Для улучшения качества торфопометного компоста на 1 т его массы вносят 10-20 кг фосфоритной муки и 5-10 кг хлористого калия.

Пометно-опилочный компост, готовится из трех частей помета влажностью 90% и 1 части опилок влажностью 30%.

Используются и другие виды компостов.

Торф

Торф образуется в результате отмирания и неполного разложения болотных растений в условиях избыточного увлажнения и недостатка воздуха. По условиям образования торфяные болота делят на три типа: верховые, низинные и переходные. Агрохимические показатели данных типов торфов приводятся в таблице 51.

Таблица 51

**Агрохимические показатели, % на абсолютно сухую массу
(по Б.А. Ягодину и др., 2004)**

Тип торфа	Органическое вещество	Зола	pH KCl	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Низинный	85-92	8-15	4,8-5,8	2,5-3,5	0,2-0,6	0,15-0,20
Переходный	90-95	5-8	3,5-4,8	1,2-2,5	0,10-0,25	< 0,15
Верховой	95-98	< 5	2,6-3,2	0,7-1,5	< 0,15	< 0,10

Торф верховых болот (верховой) образуется на возвышенных элементах рельефа из сфагновых мхов, пушицы и других растений, не требовательных к минеральным питательным веществам и влаге. Верховой торф характеризуется низкой зольностью (1-5%), кислой реакцией (pH_{KCl} 2,8-3,6), высоким содержанием подвижного алюминия и мало пригоден для удобрения. Его рекомендуется применять для подстилки и компостирования с навозом.

Как непосредственное удобрение, прежде всего на легких почвах применяют только низинные торфа, богатые известью (торфотуфы) или фосфором (вивианитовый торф), с pH 5,5 и более, зольностью более 10% (в том числе CaO более 4%) и степенью разложения 40-50% и более. Дозы чистого торфа (50-100 т/га) можно значительно уменьшить, если одновременно с ним вносить и запахивать в небольших дозах (5-10 т/га) навозную жижу, полужидкий навоз, фекалии, птичий помет. Дозы торфотуфов определяют по содержанию CaO, а вивианитовых торфов – по содержанию P₂O₅.

Торф, предназначенный на удобрение, предварительно проветривают для устранения избыточной влажности и окисления содержащихся в нем закисных соединений.

Для ускорения процесса разложения торфа, совместно с торфом рекомендуется запахивать в почву 5-10 т/га навоза или навозной жижи. Дозы нормальнозольного торфа составляют 50-90 т/га. Дозы туфов устанавливают по содержанию в нем извести.

Птичий помет

Это ценное, наиболее концентрированное и быстродействующее среди других органических удобрений местное удобрение, содержащее в бесподстилочном виде 30-50%, а в подстилочном – около 10% аммиачного азота (от общего количества азота). Содержание питательных элементов в помете птиц сильно изменяется в зависимости от состава и качества кормов и менее значительно – от способов содержания. Азота и фосфора в бесподстилочном курином помете значительно больше, чем в подстилочном навозе сельскохозяйственных животных (табл. 52).

Таблица 52

Среднее содержание (% на сырую массу) воды и питательных элементов в помете птиц (Б.А. Ягодин и др., 2004)

Вид птицы	H ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃
Куры	56	2,2	1,8	1,1	2,4	0,7	0,4
Утки	70	0,8	1,0	0,6	1,6	0,3	0,3
Гуси	80	0,6	0,5	0,9	0,7	0,3	1,1

По действию и последствию на урожайность различных культур все виды помета птиц при внесении в эквивалентных с минеральными удобрениями дозах не уступают последним, а под культурами, чувствительными к повышенной концентрации почвенного раствора и положительно реагирующими на улучшение воздушного питания углекислотой, нередко превосходят минеральные удобрения.

За год от каждой птицы накапливается неодинаковое количество помета: от курицы 6-7 кг, от утки 7-9 кг и от гуся 10-12 кг. Усушка экскрементов кур при клеточном содержании через 8 ч составляет 10-12%, через 12 ч – 13-16%, через сутки – 27-32%. При напольном содержании получают подстилочный навоз, усушка которого происходит быстрее – за 12 ч под курами она достигает 50%, а под утками и гусями – 35%.

Подстилочный куриный помет. Обладает достаточной сыпучестью, невысокой влажностью; применяется как обычный (подстилочный) навоз в дозах, рассчитанных по азоту. При влажности 56% он содержит в среднем 1,6% N, 1,5% P₂O₅ и 0,9% K₂O. Для подстилки применяют торф, измельченную солому и древесные из лиственных пород опилки, которые укладывают слоем 30-40 см, а по мере загрязнения верхний слой перемешивают с ниж-

ним. Убирают подстилочный помет при смене поголовья 2-3 раза в год. Существует и другой вариант применения подстилки: торф укладывают слоем 5-10 см и по мере загрязнения добавляют из расчета 15-20 г на 1 голову, а когда высота подстилочного помета достигнет 0,5-1,0 м, его убирают.

Бесподстилочный куриный помет. Бесподстилочный помет характеризуется более высокой влажностью и повышенным содержанием аммонийного азота, количество которого достигает 50% общего содержания азота. Этот помет после усушки в птичнике при влажности 64% содержит 2,1% азота, 1,44% – фосфора и 0,64% калия.

Это липкая, мажущаяся масса зловонного запаха с более высоким, чем в подстилочном помете, количеством питательных элементов, содержит много семян сорняков, яиц и личинок гельминтов и мух и различных микроорганизмов, многие из которых – возбудители болезней.

Все питательные элементы в птичьем помете находятся в усвояемых для растений формах. Азот мочевой и гиппуровой кислот быстро аммонифицируется, что усиливает потери его при неправильном хранении, которые за 6 месяцев могут достигать 50% общего его содержания. Для уменьшения потерь азота при накоплении и хранении бесподстилочного помета к нему следует добавлять 20-40% (от массы) торфяной крошки (еще лучше компостировать с торфом), а при отсутствии торфа – до 30% почвы.

На птицефабриках для обеззараживания, дезодорации, сохранения питательных элементов, улучшения физико-механических свойств бесподстилочного помета применяют быструю термическую сушку его при 600-800⁰С. При такой сушке влажность его снижается до 20%, потери азота не превышают 5%, масса уменьшается, а концентрация питательных элементов возрастает примерно в 3 раза по сравнению с исходной и составляет 4-6% N, 3-4% P₂O₅ и 1,5-2,0% K₂O, исчезает запах.

Сухой помет. Это сыпучее органическое удобрение. Сухой помет более транспортабелен, может храниться в сухом месте и при этом за 6 месяцев в мешках и открытом штабеле теряет только 4-11% органического вещества и 3-8% азота.

Применяют птичий помет до посева культур и в процессе вегетации их – в подкормки. В качестве допосевного удобрения его используют в зависимости от вида, продуктивности культур и окультуренности почвы в следующих дозах: бесподстилочный помет – 5-10 т/га, подстилочный – 10-20 т/га и термически высушенный – 2-4 т/га. При подкормках сплошным методом дозы бесподстилочного помета 0,8-1 т/га, а при локальном внесении в борозды и лунки 400-500 кг/га, дозы подстилочного помета на 20-30% выше, а сухого в 3 раза меньше.

В зоне дерново-подзолистых почв эффективно применять 2-4 т/га высушенного помета в сочетании с минеральными удобрениями, вносимыми с учетом потребности растений в азоте, фосфоре и калии, и содержания их в помете. Сырой куриный помет применяют из расчета 6-8 т/га под зерновые и

10-13 т/га под пропашные культуры, термически высушенный – соответственно 3-4 и 5-6 т/га, торфопометный компост – 12-15 и 20-25 т/га.

В связи с низким содержанием калия в курином помете его дополняют калийными удобрениями, в особенности на легких песчаных и супесчаных почвах при использовании под культуры, требовательные к этому элементу питания.

При подкормке различных культур применяют 0,8-1,0 т/га сырого чистого помета, а при внесении в лунки или борозды – 0,4-0,6 т/га. Сухого помета берут вдвое меньше. Для жидкой подкормки сырой помет следует разбавлять водой в 6-7 раз.

По данным Г.К. Асарова из сырого куриного помета сельскохозяйственными культурами в первый год используется 30-40% азота, 35-45% фосфора и 60-80% калия.

Примерные нормы помета и компостов под сельскохозяйственные культуры указаны в табл. 53.

Таблица 53

Примерные нормы помета и компостов под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны, т/га (по данным БелНИИЗ, НИИСХ ЦРНЗ, ВИУА, ВНИПТИОУ, НИИКХ)

Культура	Помет			Торфопометный компост
	сухой	естественной влажности	подстилочный	
Озимые зерновые	3-4	13-15	10-15	20-25
Яровые зерновые	3	8-10	10-15	20-25
Картофель	4-5	15-20	20-25	40-50
Кукуруза на силос	-	-	15-20	40-60
Кормовые корнеплоды	-	-	-	30-50
Кормовая капуста	-	-	-	40-60
Овощные культуры	6-8	20-25	20-25	40-60
Однолетние травы	-	-	12-15	20-30
Многолетние травы	5-8	10-15	-	-
Сенокосы и пастбища	-	15-20	-	-

Солома

Использование соломы на удобрение. Солома на удобрение – важный резерв органического вещества для пополнения запасов гумуса в почве. Ее можно использовать как для компостирования с навозом, так и непосредственно запахивать в почву. При сложившейся структуре посевных площадей в нашей стране выход соломы составляет свыше 100 млн. т в год, при этом около 50% не используется на корм. Исследования ВНИПТИОУ показали, что солома как удобрение по воздействию на урожай не уступает навозу и компостам. Солома при правильном применении способствует повышению плодородия почвы, защите её от переувлажнения и уплотнения. Излишки соломы в качестве удобрения обогащают почву и возделываемые на ней культуры органическим веществом и питательными элементами. Солома при

влажности 16% содержит в среднем 0,5% N, 0,25% P₂O₅, 1,0% K₂O и 35-40% углерода, а также небольшие количества кальция, магния, серы и микроэлементов. При средних урожаях зерновых (20-30 ц/га) в почвы с соломой будет возвращено 10-15 кг/га азота, 5-8 кг/га фосфора, 18-24 кг/га калия, а также соответствующее количество микроэлементов. В сочетании с минеральными удобрениями, жидким навозом или с используемыми в качестве сидератов бобовыми культурами солома по действию на содержание гумуса в почве зачастую не уступает эквивалентному количеству навоза.

При разложении соломы возникает много углекислого газа (до 25% от общей массы), который способствует переводу некоторых составных компонентов соломы в раствор.

Таким образом, одновременно улучшается корневое и воздушное питание растений.

Солома при внесении её в почву частично гумифицируется, что постепенно приводит к увеличению содержания гумуса в почве, а, следовательно, и коллоидов. При этом повышается поглощательная способность почвы, влагоемкость, улучшается структура, тепловой и водно – воздушный режимы.

Солома – активный энергетический материал для образования гумуса почвы и активизации микробиологической активности почвы. При компостировании соломы в аэробных условиях выход гумуса составляет 7,9%, а при добавлении к соломе минерального азота – 8,5% от общей массы соломы. Наиболее интенсивно гумус образуется в первые 4 месяца компостирования, в период самой высокой численности микроорганизмов, что указывает на причастность их к образованию гумуса.

В сочетании с минеральными удобрениями, жидким навозом или с используемыми в качестве сидератов бобовыми культурами солома по действию на содержание гумуса в почве зачастую не уступает эквивалентному количеству навоза.

Применение соломы для удобрения улучшает физико-химические свойства почвы, уменьшает потери азота, повышает доступность фосфатов и биологическую активность почвы, в результате чего улучшаются условия питания растений. Внесение соломы в почву усиливает азотфиксирующую способность и ферментативную активность почвы.

Реакция соломы при внесении её в почву бывает обычно слабощелочной, а при длительном использовании она несколько снижает кислотность дерново-подзолистых почв.

По расчетам Р.С. Шакирова (1999) использование соломы на удобрение обходится в 4 раза дешевле эквивалентного количества навоза.

Состав соломы. Солома, как и другие органические удобрения, содержит минеральные и органические вещества. Ниже приводится химический состав соломы некоторых зерновых злаковых культур (табл. 54, 55).

Таблица 54

Химический состав соломы, % (по Muller, 1963)

Культура	Целлюлоза	Пентозаны, гемицеллю- лоза	Лигнин	Сырой протеин	Декстрины	Зола
Овес	35,43	21,33	20,40	4,7	2,02	4,81
Ячмень	32,72	21,45	18,66	3,70	1,40	5,56
Оз.пшеница	34,27	21,67	21,21	3,00	0,67	4,39

Таблица 55

**Содержание основных элементов питания в соломе различных с.-х. культур,
% на воздушно-сухое вещество (по Петухову и др.)**

Культура	N	Зольные элементы				Всего зола
		P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	
Пшеница	0,50	0,20	0,90	0,10	0,28	4,8
Рожь озимая	0,45	0,26	1,00	0,09	0,29	3,9
Ячмень	0,50	0,20	1,00	0,09	0,33	4,5
Овес	0,65	0,35	1,60	0,12	0,38	6,4

Химический состав соломы довольно широко изменяется в зависимости от почвенных и погодных условий. При средней урожайности зерновых (20-30 ц/га) в почву с соломой может быть возвращено 10-15 кг азота, 5-8 кг фосфора, 18-24 кг калия, а также соответствующее количество микроэлементов.

При оценке соломы злаковых культур как органического удобрения большое значение имеет не только наличие тех или других веществ, но и их соотношение. Особенно это относится к углероду и азоту. По данным МВ. Федорова (1954) при отношении их 20-30 : 1 происходит интенсивное разложение органического вещества и к тому же наиболее целесообразно расходуется азот почвы. При более узком отношении в почве преобладает мобилизация подвижных форм азота, и часть его вымывается или улетучивается при денитрификации. Наоборот, если соотношение больше, чем 30 : 1, то в данном случае при меньшем разложении его будет преобладать иммобилизация подвижных форм азота почвы, и возделываемые культуры будут испытывать их недостаток. Особенно широкое соотношение углерода с азотом имеется в соломе пшеницы и ржи.

Солома и свойства почвы. *Микробиологические процессы.* Положительное действие соломы на плодородие почвы и урожай с.-х. культур возможно только при наличии необходимых условий для её разложения. Интенсивность микробного разложения зависит от наличия в почве источников питания для микроорганизмов, их численности, видового состава и активности, типа почвы, ее окультуренности, влажности, аэрации и других факторов.

При внесении соломы в почву в ней сначала разлагаются простые углеводы, гемицеллюлозы, белковые соединения, затем целлюлоза и лигнин.

В опытах Емцева В.Т., Ницэ Л.К. (1980) солома, внесенная в почву, в первый период своего разложения существенно увеличивала численность бактерий и анаэробных азотфиксаторов, использующих легкорастворимые соединения солоны как доступные источники энергии и углерода. Численность актиномицетов в вариантах с внесением соломы нарастала с течением времени, что связано с усвоением актиномицетами недоступных другим микроорганизмам органических соединений, поэтому они появляются в более поздние сроки процесса минерализации.

При внесении соломы в почву, особенно в возрастающих дозах, сильно активизируется размножение анаэробных азотфиксирующих бактерий рода *Clostridium* – маслянокислых и ацетонобутиловых бактерий.

Большую роль в плодородии почв играют микроорганизмы, разрушающие клетчатку, которая является наиболее весомым компонентом органического вещества соломы. Способность расщеплять клетчатку обнаруживается у многих видов бактерий, грибов и актиномицетов, принадлежащих к различным семействам. Заделка соломы в почву обуславливает интенсивное развитие аэробных целлюлозоразлагающих микроорганизмов родов *Cellvibrio*, *Polyangium*, *Sporocytophaga*. В разложении соломы в дерново-подзолистой почве участвуют микроскопические грибы родов *Sfachybotrys*, *Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Stysanus*, *Alien.aria*.

По мнению Т.А. Калининской (1980) целлюлозоразрушающие микроорганизмы активизируют деятельность азотфиксаторов, развивающихся на продуктах распада целлюлозы. В частности, азотобактер и клостридии в совместных культурах с аэробными и анаэробными целлюлозоразрушающими микроорганизмами размножаются и фиксируют азот атмосферы количестве от 6 до 10-12 мг на 1 г потребленной целлюлозы.

В исследованиях О.Е. Аврова и З.М. Мороза (1979) количество азотобактера от внесения соломы в почву увеличилось в начале опыта (апрель) в два раза, а в дальнейшем (август) – даже в три раза.

Мишустин и Панкратова (1974) установили, что внесение целлюлозы или соломыстых остатков в количестве 1т/га увеличивает запас азота в дерново-подзолистых почвах на 1,5-2 кг/га.

Таким образом, внесение в почву соломы резко активизирует деятельность почвенной микрофлоры и, в частности, усиливает связывание азота атмосферы азотофиксирующими микроорганизмами. Это приводит к существенному обогащению почвенного слоя соединениями азота. По-видимому, в этом заключается одна из многих причин положительного воздействия соломы на сельскохозяйственные растения.

Серьезным препятствием для использования соломы как удобрения являются её депрессирующее действие на развитие сельскохозяйственных культур, проявляющееся в первый год действия. Депрессирующее влияние соломы, внесенной в почву, на развитие растений обусловлено действием промежуточных продуктов распада, среди которых существенное место за-

нимают такие фенольные соединения как ванилиновая, бензойная, дегидроксистеариновая, салициловая, феруловая и другие кислоты. Фитотоксический эффект растворов фенольных соединений проявляется в торможении роста корней, хлорозе растений, нарушении обмена веществ, задержке поступления питательных веществ, подавлении дыхательного процесса и т.д. Накопление фитотоксичных соединений при распаде соломы зависит от ряда факторов: температуры, влажности, аэрации почвы, наличия азота и другие.

Максимальное количество фенольных соединений присутствует в первый период разложения соломы как в аэробных, так в анаэробных условиях. Это позволяет сделать вывод, что образование фенольных соединений, по – видимому, является результатом микробного разложения легкогидролизуемых компонентов соломы, особенно в условиях недостаточной аэрации или анаэробноза.

Низкая температура при разложении растительных остатков (соломы) способствует образованию фитотоксических соединений. По сообщению О.Д. Сидоренко, Л.К. Ницэ (1980) при низкой температуре (15-16°) феруловая и протокатеховая кислоты образуются в почве в течение месяца, а ванилиновая кислота, в течении двух месяцев. При более высоких температурах (29-30°) присутствие двух первых соединений наблюдалось в первые 10 дней, а ванилиновой кислоты в течение 30 дней.

Аэрация почвы также существенно влияет на образование токсических соединений при разложении соломы.

В исследованиях В.Т. Емцева, Л.К. Нице (1980) в полуаэробных или ближе к анаэробным условиям (при влажности почвы 85%) кофеиновая, феруловая, протокатеховая кислоты были обнаружены на более поздних этапах разложения соломы, чем в аэробных условиях. Феруловая и протокатеховая кислоты при аэробном разложении соломы были обнаружены только в первые 10 дней от начала компостирования, а при анаэробных условиях их присутствие выявлено в более поздние периоды разложения соломы.

Одним из главных газообразных продуктов разложения органических веществ в почве является этилен, который также может играть определенную роль в депрессирующем эффекте внесенной в почву соломы.

Значительную роль в накоплении фенольных соединений в почве имеет количество растительных остатков, вносимых в почву. При увеличении количества соломы в почве возрастает концентрация фенольных соединений, а следовательно, и её депрессирующее влияние.

Определяющую роль в снижении депрессивного эффекта соломы на растения играет минеральный азот. Высокие дозы азотных удобрений снижают отрицательное влияние экстракта соломы (KimBег, 1973).

Увеличение срока компостирования соломы также снижает её фитотоксичность. Вегетационные опыты по компостированию пшеничной соломы с дерново-подзолистой почвой показали, что ингибирующий эффект соломы 10-дневного компостирования на рост проса при её поверхностном внесении

в почву проявляется в более сильной степени, чем 30-дневного (Сидоренко О.Д., Ницэ Л.К., 1980).

По данным В.Т. Емцева (1980) отрицательный эффект соломы проявляется с момента её внесения в почву и поддерживается на достаточно высоком уровне в течение 20 дней и только после 35 дней наблюдается его снижение. Более раннее запахивание солоны позволяет перенести начальные этапы минерализации соломы на период задолго до посева с.-х. культур, снимает отрицательный эффект соломы. Глубина заделки соломы в почву является одним из факторов, снижающих её депрессирующий эффект. Результаты многочисленных исследований показали, что лучший эффект на рост и развитие растений оказывает солома при внесении её в верхний слой почвы (0-6 см).

По мнению В.Т. Емцева и Л.К. Ницэ (1980) при внесении соломы в верхний слой почвы (0-6 см) в нем будут локализованы и продукты её разложения. Прямой контакт этих веществ с корневыми системами растений, развивающимися главным образом в более глубоких слоях почвы будет ограничен, что даёт возможность растениям избежать непосредственного влияния токсических продуктов разложения соломы. Разложение соломы микроорганизмами в верхнем слое почвы протекает более энергично, и накопление соединений, ингибирующих рост растений в аэробных условиях, приобретает кратковременный характер, так как они подвергаются дальнейшим превращениям. При более глубоком внесении соломы в почву (0-20 см) её разложение идет в анаэробных условиях. При этом имеет место более значительное накопление продуктов микробиологического разложения соломы, и они более длительное время сохраняются в почве. В этом случае корневая система растений находится в прямом контакте с продуктами разложения соломы.

Тем не менее, на дерново-подзолистой, среднесуглинистой слабоокультуренной почве Московской области оставление соломы на поверхности поля в качестве мульчи с последующей «печкой» предпосевным фрезерованием вследствие иммобилизации азота в начальный период вегетации в меньшей степени повышало продуктивность севооборота, чем при обычной традиционной системе обработки почвы (Доспехов Б.Н., Васильева Д.В., Усманов Р.Р., 1980).

Размер частиц соломы, вносимой в почву, также имеет определенное значение в проявлении её ингибирующего действия.

В опытах В.Т. Емцева, Л.К. Ницэ (1980) при увеличении частиц соломы с 0,5 до 5,0 см отрицательный эффект её снижается, а при величине частиц в 10 см действие селены может стать даже стимулирующим. Наблюдаемый эффект по мнению авторов можно объяснить можно объяснить разной скоростью разложения соломы, меньшей у более длинных частиц. В этом случае образование неблагоприятных для возделываемых культур продуктов распада соломы происходит в такой период развития растений, когда их восприимчивость к ингибирующему влиянию этих веществ оказывается незначительной. Более крупные фрагменты соломы обуславливают лучшую аэрацию

почвы, что способствует усилению аэробного разложения соломы, при котором накопление токсических соединений носит временный характер.

Солома злаковых культур характеризуется недостаточным для удовлетворения потребностей микроорганизмов содержанием азота и широким отношением $C : N$ (80-100), вследствие чего её разложение в почве замедленно и сопровождается интенсивной биологической иммобилизацией усвояемых соединений азота (NH_4^+ и NO_3^-), что приводит к ухудшению азотного питания и снижению урожая не бобовых культур.

Для устранения депрессирующего действия соломы на урожай необходимо дополнительное внесение азотного удобрения в среднем 7-10 кг азота на 1 т соломы. Компенсирующее азотное удобрение обычно вносят осенью одновременно с заделкой соломы в почву и не принимают во внимание при расчете доз азота для получения запланированного урожая.

Агрохимические показатели. Применение соломы может стать одним из активных средств регулирования почвенных процессов, способствующих повышению плодородия почвы. Однако влияние её не однозначно и связано с особенностями конкретной почвы, агротехники, погодных условий, количеством и периодичностью внесения соломы.

Запахивание соломы в целом положительно влияет на содержание общего запаса гумуса. Так, в вегетационных опытах М.В. Федорова (1945) с внесением соломы произошло повышение содержания гумуса после трех лет культуры с.-х. растений на 0,13%, т.е. примерно 4,5 т на 1 га.

На дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве ЦОС ВИУА заплата соломы в сочетании с минеральными удобрениями позволила сохранять содержание гумуса и азота на 8-польном севообороте на исходном уровне (Алиева Е.И., 1980).

По данным большинства исследователей солома в сочетании с соответствующими дозами минеральных удобрений или с зеленым удобрением, с навозной жижей по своему влиянию на содержание гумуса в почве может вполне конкурировать с навозом. Дополнительное внесение навозной жижи в хозяйствах, где имеется скот, позволяет при переходе к удобрению соломой ещё лучше обеспечивать почвы гумусом, чем при внесении соломистого навоза.

При внесении соломы в почву может происходить не только образование гумуса, но и его минерализация.

На возможность усиления разложения гумуса в почве в последствии соломы указывают Кольбе и Штумпе (1972), Мишустин и соавторы (1972), П.М. Смирнов (1980) и др.

Положительное или отрицательное действие соломы как удобрения зависит от наличия азота в почве, так как из-за широкого соотношения $C : N$ иммобилизация. Продолжительность иммобилизации зависит от почвенно-климатических условий и способов внесения соломы и может колебаться от 20 дней до 2-3 и даже 5-9 лет.

На динамику аммонийного и нитратного азота при внесении соломы большое влияние оказывает гранулометрический состав почвы. В вегетационных опытах Р.Р. Визиа и М.О. Винкалне (1973) солома без добавки азота в год внесения удобрения больше задерживала процесс нитрификации на почвах тяжелого, чем легкого механического состава на песчаной почве с внесением соломы нитратов было даже больше, чем без внесения. В ходе разложения соломы с добавкой азота в песчаных почвах азот в меньшей степени связывался биологически, чем в супесчаных и тем более суглинистых.

При внесении соломы под пропашные, особенно при запашке её рано осенью, она быстро минерализуется в результате многократных обработок, которые поддерживают почву в рыхлом и влажном состоянии. При запашке 4 т/га соломы озимой пшеницы на тяжелосуглинистой дерново-подзолистой почве она к началу вегетации картофеля разложилась примерно на 50%. После уборки картофеля она разложилась на 71-79%. Такое сравнительно быстрое разложение соломы не оказало отрицательного действия на пищевой режим почвы, а, следовательно, на динамику нитратов азота.

В настоящее время большое внимание уделяется разработке практических приемов, направленных на снижение непроизводительных потерь азота.

Внесение соломы, по-видимому, может считаться одним из способов снижения потерь азота из почвы. При совместном внесении соломы и азотных удобрений в почву иммобилизация азота возрастает на 15-20%, его использование пшеницей снижается на 11-13%, а потери азота уменьшаются на 4-7% по сравнению с вариантом без соломы. Таким образом, внесение соломы заметно смещает соотношение микробиологических процессов мобилизации и иммобилизации в сторону преобладания последнего, в результате чего большая часть внесенного азота закрепляется в почве в органической форме. Однако этот азот не потерян для растений, так как процессы мобилизации и иммобилизации обратимы. Мнения по вопросу о мере использования сельскохозяйственными культурами биологически закрепленного азота довольно противоречивы. Применение удобрений, меченных по ^{15}N , позволило установить, что использование закрепившегося в почве азота колеблется в зависимости от условий и периода разложения от 1 до 20% и более. Несмотря на то, что закрепившийся азот удобрений относительно слабо доступен растениям, его минерализация происходит все же в 5-6 раз интенсивнее, чем органического азота почвы.

Запахивание соломы, снижая степень использования внесенного азота в первый год, существенно повышает его последствие. Так, например, П.М. Смирнов (1974) указывает, что последствия азотных удобрений при внесении соломы увеличивается почти в 2 раза.

Применение изотопной методики позволило установить, что значительное количество внесённого с удобрениями азота (до 25-30% и более) теряется. Величина потерь зависит от ряда условий: микробиологической активности почвы, аэрации, кислотности, формы внесенного азота, величия

безазотистого органического вещества и др. Потери азота из почвы происходят главным образом за счёт улетучивания его газообразных соединений, образованных денитрифицирующими микроорганизмами. Внесение соломы может рассматриваться как один из способов снижения потерь азота из почвы. В опытах П.М. Смирнова (1970) внесение соломы в вегетационных опытах снижало потери азота удобрений с 33-35 до 20-25%.

В связи с временным закреплением азота уменьшается его вымывание из пахотного горизонта. Так по данным Е. Boguslawski (1946), азот, внесенный без соломы, вымывался до 46%, а с соломой только до 18%. Защищенный от вымывания азот становится доступным растениям после минерализации и может влиять на урожай.

В процессе разложения соломы может связываться не только азот, но и фосфор. В опытах И.П. Мамченкова и А.Е. Пашковской (1950) установлен переход растворимых фосфатов под влиянием различных органических веществ в нерастворимые. Даже в тех случаях, когда почва содержала достаточное количество подвижной фосфорной кислоты (12 мг P_2O_5) на 100 г почвы), внесение одновременно с заашкой соломы фосфорного удобрения предотвращало снижение потери углерода и повышало усвоение азота и фосфора растениями. А. Black (1971) указывает на необходимость применения фосфатов при заашке соломы и рекомендует применять фосфорные удобрения в количестве 0,25 кг P_2O_5 на 1 ц соломы.

При разложении соломы калий в большей степени, чем фосфор, поглощается микроорганизмами. Это видно из того, что если зола протоплазмы микроорганизмов содержит фосфора 25%, то калия – 37%. Однако ни растения, ни микроорганизмы обычно не испытывают недостатка калия при разложении внесенной в почву соломы.

В опытах Б.Н. Доспехова и других (1980) солома, внесенная без дополнительного азота по фону минеральных удобрений ($N_{90-120}P_{45-240}K_{45-120}$) не оказало отрицательного влияния на содержание подвижного фосфора в почве, и даже отмечалась некоторая тенденция к увеличению его содержания в системе обычной обработки почвы. Результаты исследований свидетельствовали о положительном влиянии соломы на содержание обменного калия. За годы исследований (7 лет) из 22 т/га внесенной соломы в почву поступало около 120 кг N, 56 кг P_2O_5 и 230 кг K_2O .

В исследованиях О.Е. Аврова, З.М. Мароза (1979) внесение соломы повышало содержание в почве подвижных форм фосфора как в 1-й год, так и в 2-й год после её заашки. Увеличение количества подвижных фосфатов авторы объясняют активизации фосфорных бактерий минерализующих труднодоступный фосфор.

По оценке Lauerland, Gierke (1961) солома благоприятно действует на поглотительную способность суглинистых почв при внесении его только с азотом или NPK, так как для образования гумуса и близких к нему веществ, обладающих большой поглотительной способностью требуется и азот. На

песчаных и супесчаных почвах внесение соломы даже с полной нормой NPK не повлияло на поглотительную способность почвы.

Данные различных исследователей по влиянию соломы на кислотность почвы очень противоречивы. Это объясняется внесением неодинаковых доз соломы тех или иных культур в разные почвы. Так по данным В.Д. Манзон (1930) при внесении пшеничной соломы 18 т/га в легкосуглинистую черноземную почву ее реакция резко изменялась в сторону подщелачивания. В опытах Р.Р. Визла и М.О. Винкальне (1973) ржаная солома мало изменяла реакцию супесчаных и суглинистых почв. Лишь в песчаной почве наблюдалось незначительное повышение РН в начале разложения соломы, затем реакция снова понижалась.

Многие исследователи отмечают, что кислотность почвы не изменяется при удобрении соломой, как и при удобрении другими органическими веществами. Несмотря на то, что почва при внесении соломы остается кислой, значительно повышаются её микробиологическая активность и количество усвояемого калия и фосфора. В целом же совокупность этих факторов обуславливает повышение плодородия почвы.

Агрофизические свойства. Наряду с возделыванием многолетних трав, применением сидератов и внесением навоза значительную роль в сохранении и повышении структурности почвы может выполнять заплата соломы.

По данным Б.А. Доспехова и др. (1985) систематическое применение соломы на дерново-подзолистой почве в 4-польном зернопропашном увеличало количество водопрочных агрегатов в среднем на 2,7%.

В исследованиях, Eckoldt (1960) ежегодное внесение соломы в течение 6 лет также влияло на структуру почвы, как и внесение навоза в течение этого срока.

Внесение соломы, как и других органических веществ, может способствовать, правда, незначительно, увеличению влажности почвы. Влажность почвы в первые месяцы после внесения соломы обычно бывает немного выше, чем без внесения. При этом увеличивается не только влажность, но и влагоемкость почвы.

При внесении соломы могут несколько улучшаться и другие показатели водного режима. Так, в опытах Н. Kick (1962) внесение соломы увеличивало водопроницаемость почвы на 5,7%. При больших дозах внесения соломы (10-15 т/га) почвы, особенно глинистая, становится более рыхлой, а, следовательно, просыхает быстрее, что очень важно весной, так как можно раньше проводить обработку почвы.

Воздушный режим почвы зависит от строения пахотного горизонта, которое изменяется под влиянием растений, температуры, влажности, механической обработки, внесения удобрений (особенно органических) и других факторов. Наиболее благоприятный воздушный режим складывается в структурных почвах, обладающих рыхлым сложением способных быстро проводить и перераспределять поступающие в них воду и воздух. Систематическое

внесение соломы вызывает снижение плотности почвы, увеличивает её некапиллярную скважность и тем самым способствует лучшему газообмену.

Солома и урожайность сельскохозяйственных культур. Солому в севообороте можно вносить после зерновых под любую культуру. Реакция отдельных культур на это удобрение различная и определяется в основном потребностью в азоте, сроком посева, длительностью вегетационного периода, способами и интенсивностью обработки почвы.

Иногда в первый год внесения соломы урожай злаковых культур снижается, что объясняется наличием в соломе и образованием токсических соединений в процессе ее разложения, а также ухудшением условий азотного питания растений при закреплении почвенного азота микроорганизмами в связи с широким отношением в соломе $C : N$. Для нормального разложения отношение $C : N$ должно быть 20-25. Депрессирующее действие соломы на растения снижает азот минеральных удобрений вносимый в норме 8-10 кг на 1 т соломы. На недостаточно окультуренных почвах норма азота может быть повышена до 15-20 кг на 1 т.

Минеральные азотные удобрения можно заменить бесподстилочным жидким навозом из расчета не менее 6-8 т на 1 т соломы. Хороший эффект наблюдается при комбинации удобрения соломой и зеленого удобрения, особенно при использовании на зеленое удобрение бобовых культур, так как солома положительно влияет на рост бобовых и фиксацию ими азота из атмосферы.

По результатам 10-летних опытов Lindner (1962) установил, что чувствительность отдельных видов культур к удобрению почвы соломой зерновых злаков в севообороте (без внесения дополнительного азота) определяемая по их урожайности, уменьшается в следующей последовательности: озимые зерновые, яровые зерновые, корнеплоды сахарной свеклы, картофель, бобовые (горох).

При внесении соломы злаковых культур под пропашные культуры даже без дополнительного азота обычно не происходит снижения урожая. Объясняется это тем, что в результате многократной обработки междурядий и обязательного внесения основного азотного удобрения под эти культуры разложение соломы ускоряется, и большая часть азота временно закрепленного микроорганизмами становится уже доступной вегетирующим пропашным растениям.

В опытах ВИУА на дерново-подзолистой почве тяжелосуглинистой почве под картофель вносили измельченную солому из расчета 4 т/га осенью под зяблевую вспашку. Внесенная солома не снизила урожай картофеля и увеличила урожай последующей культуры – ячменя – в среднем за 2 года на 2,4 ц/га. Потребность картофеля в дополнительном азоте при внесении соломы не проявилась.

Как уже отмечалось, при внесении соломы с малым содержанием азота наблюдается биологическое закрепление азота почвенными мик-

роорганизмами, что отрицательно сказывается на формировании урожая с.-х. культур, особенно злаковых зерновых.

В опытах Г.А. Карелина и др. (1974) солому озимой пшеницы в дозе 7 т/га запахивали в окультуренную дерново-подзолистую почву Подмоскovie под ячмень с внесением и без внесения азотных удобрений. Запашка соломы без добавления азотсодержащих удобрений отрицательно сказалась на урожае ячменя, который понизился на 9-10%.

Внесение компенсирующего азота с минеральными азотными удобрениями позволяет добиться положительных результатов.

В полевых опытах на дерново-подзолистой почве Полесья Белоруссии запашка соломы под картофель из расчета 5 и 8 т/га не оказала заметного положительного влияния на урожайность. На 2-й год после запашки соломы без минерального азота наблюдалось снижение урожая ячменя. Внесение 8 т/га соломы на фоне минеральных удобрений с дополнительным внесением азота на 2-ой год повышало урожай ячменя на 3,4 ц/га.

Норма внесения азотных удобрений зависит от почвенной разности, структурного состояния почвы, ее пищевого режима, а также от сроков заделки соломы в почву, ее количества и вида и от последующей культуры.

По данным Н. Vetter (1959) и S. Barbier (1962) нормы колеблются от 0,25 до 1,5 кг азота на 1 ц соломы. Под зерновые культуры в большинстве случаев надо вносить 0,8-1,0 кг азота на каждый центнер пшеничной или ржаной соломы.

Соотношение C : N в соломе очень широкое (60-100), поэтому разлагающие органическое вещество ее микроорганизмы нуждаются в дополнительном питании азотом, который перехватывают у растений из почвы и удобрений. Для предотвращения этого при запашке соломы нужно дополнительно вносить 0,5-1,5% азота от ее массы, т.е. 5-15 кг N на 1 т в виде минеральных или органических удобрений.

Профессор В.А. Михарев (1992) исходя из того, что закрепление азота микроорганизмами длится до тех пор, пока отношение C : N не будет менее 20 : 1 предложил расчет дозы азота осуществлять по следующей методике.

ПРИМЕР:

1. Содержание азота в соломе (N%) – 0,5%;
2. Содержание органического вещества (ОВ) в соломе – 82%;
3. Отношение C : N в соломе – 82

$$(C : N) = \frac{ОВ}{2 N\%} = \frac{82}{2 \times 0,5} = 82;$$

4. Рекомендуемое отношение C : N в соломе, необходимое для устранения иммобилизации азота $(C : N)_н = 20$.

5. Требуемое содержание азота в массе удобрения из соломы (EN%) – 2%

$$C : N \quad 82$$

$$EN = \frac{\text{-----}}{(C : N)_n} \times N\% = \frac{\text{-----}}{20} \times 0,5 = 2,0\%.$$

6. Требуется дополнительного минерального азота к массе удобрения из соломы: $2,0 - 0,5 = 1,5\%$;

7. Требуется внести азота на 1 т соломы с минеральными удобрениями в действующем веществе (M_N) – 15 кг

$$M_N = \frac{1000 \text{ кг} \times 1,5}{100} = 15 \text{ кг}.$$

8. При внесении соломы в дозе 4 т/га потребуется 60 кг азота или 1,8 ц аммиачной селитры $\left[\frac{60 \cdot 100}{3,4} = 1,8 \right]$

Внесение соломы с компенсирующим азотом в большинстве случаев имеет такое же действие на урожай пропашных и зерновых культур, как и навоз, а в отдельных случаях даже превосходит его. Так в многолетних опытах Н. Ausorge (1968), N. Kich (1963), которые проводились на разных по механическому составу почвах при ежегодном внесении соломы и навоза, не выявлено никакой разницы во влиянии этих удобрений на урожай колосовых и пропашных культур.

В опытах Б.А. Доспехова и др. (1985) проведенных на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Московской области систематическое применение соломы по фону минеральных удобрений ($N_{90-120} P_{120-180} K_{60-90}$) в 4-х полном звене зернопропашного севооборота повысило его продуктивность при обычной (20 см) и глубокой (30 см) вспашках на 11-12%, а при сочетании разноглубинных вспашек с предпосевным фрезерованием на 8%.

Ещё в 20-х, 30-х годах было установлено, что удобрение соломой благоприятно влияет на урожай и качество бобовых культур. В опытах Н.Г. Thoruton (1929), проведенных на Ротамстедской опытной станции, установлено, что внесенная под бобовые свежая солома стимулирует образование клубеньков у этих растений. Действие соломы объясняется наличием в ней экстрактивных веществ, способствующих размножению клубеньковых бактерий. По мнению Е.Н. Мишустина (1971) солому целесообразно использовать как удобрение под бобовые культуры, которые благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями обходятся без минерального азота и могут повысить урожай последующих культур.

Напротив, О.Б. Лавров (1972) считает, что вносить солому под бобовые следует вместе с минеральными удобрениями, так как солома богата углеродом, но бедна азотом и фосфором. При совместном внесении NPK и соломы не только повышается эффективность соломы как удобрения, но и усиливается действие минеральных туков, которые при обогащении почвы органическим веществом соломы, вероятно, используются значительно полнее.

Приёмы внесения соломы. Скорость разложения разных видов соломы при внесении её в почву неодинакова и определяется содержанием в ней азота. Чем больше в соломе азота, тем интенсивнее она разлагается. Меньше всего поступает азота в почву при внесении пшеничной и ржаной соломы, несколько больше – овсяной, в 1,5 раза больше при внесении просяной и в 2 раза – гороховой.

Под зерновые и пропашные нужно вносить такое количество соломы, какое получается на полях при выращивании предшествующей культуры. Обычно оно составляет не более 6 т/га.

Сроки внесения соломы в почву имеют очень важное значение для получения эффекта от этого удобрения. В опытах, проведенных в Среднем Поволжье А.В. Малышевым (1973) при осеннем внесении соломы первичные процессы разложения растительного вещества протекали до посева яровой пшеницы в отрицательное действие ее как вещества с широким отношением C к N не проявлялось.

Вносить солому перед посевом или незадолго до посева яровых зерновых и пропашных культур лучше в верхний слой почвы. При наличии влаги в ранний период и достаточной аэрации она быстрее разлагается и не образует вредные для растений органические кислоты.

Существует несколько способов использования соломы на удобрение. Обычно измельченную и разбросанную по полю солому запахивают осенью при подъеме зяби или весной в районах достаточного увлажнения. На почвах тяжелого гранулометрического состава и во влажных климатических условиях разбросанную по полю солому не запахивают, а заделывают поверхностно лушильником, дисковой бороной или фрезой. Необходимо равномерно распределить солому по площади. Допустимое отклонение по неравномерности – не более 25%. В противном случае возникает пестрота плодородия поля, затрудняется заделка соломы, ухудшается качество обработки. Кучи и валки соломы, заделанные в почву, отрицательно влияют на последующую культуру и могут вызвать угнетение и гибель молодых растений. Не рекомендуется глубокая заделка измельченной соломы, так как она лучше гумифицируется в аэробных условиях, а в анаэробных образуются фитотоксичные вещества, угнетающие культуру. Органические удобрения (бесподстилочный навоз) лучше вносить одновременно с соломой, минеральные (безводный аммиак, аммиачную воду, сульфат аммония и т.д.) на легких почвах – весной под предпосевную культивацию, на тяжелых – осенью под основную обработку почвы. Компенсирующую дозу азотсодержащих удобрений не вносят по бобовому предшественнику под последующую бобовую культуру, а также при применении на данном поле удобрений в дозе свыше 60 кг N на 1 га. Эффективно внесение соломы под пропашные, непосредственное же использование под зерновые не рекомендуется.

При использовании соломы на удобрение скорость её разложения зависит от степени измельчения. Чем мельче резка соломы, чем больше она измя-

та и расплющена, тем скорее происходит её разложение и минерализация. Удовлетворительную степень измельчения и распределения на ширину уборочной площади обеспечивают универсальные приспособления ПУН-5 и ПУН-6. Вслед за уборкой, измельчением и разбрасыванием соломы жнивье лущат тяжелой дисковой боровой БДТ-7 с вырезами, обеспечивая заделку резаной соломы и стерни на глубину 8-10 см и их разложение в аэробных условиях.

Приемы и способы внесения соломы согласовываются с принятыми приемами обработки почвы. В большинстве случаев зяблевая обработка почвы после уборки зерновых складывается из лущения стерни с последующей вспашкой. Лущение поля, покрытого слоем измельченной соломы, лучше проводить дисковыми орудиями. До проведения вспашки (через 2-3 недели после лущения) солома частично разлагается. В основном солому, как и другие органические удобрения, запахивают плугом без предплужников. Равномерное на всю глубину запахивание соломы лучше сказывается на урожае последующих культур.

Технологии, разработанные сотрудниками ВНИПТИОУ, предусматривают соблюдение следующих условий.

Для использования соломы на удобрение необходимо качественное ее измельчение. Оно считается удовлетворительным, если длина 70% резки не превышает 8-10 см. Более мелкую резку заделывать в почву легче, не требуются дополнительные затраты на измельчение. Солому крупной резки и особенно неизмельченную запахать в почву очень трудно или вообще невозможно.

Необходимо равномерно распределить измельченную солому по уборочной площади, допустимое отклонение по неравномерности – не более 25%. В противном случае возникает нежелательная пестрота плодородия поля, затрудняется заделка соломы, ухудшается качество обработки почвы. Кучи и валки соломы, заделанные в почву, отрицательно влияют на последующую культуру и могут вызвать угнетение или даже гибель молодых растений.

Не рекомендуется глубокая заделка измельченной соломы и других растительных остатков, поскольку они значительно лучше гумифицируются в аэробных условиях. Разложение же анаэробных условиях приводит к образованию фитотоксичных веществ, угнетающих последующую культуру.

С соломой вносят азотсодержащие минеральные или органические удобрения из расчета 8-10 кг д.в./т. Органические удобрения (бесподстилочный навоз) лучше вносить одновременно с соломой, минеральные (безводный аммиак, аммиачную воду, сульфат аммония, аммиачную селитру, сложные азотсодержащие удобрения) на легких почвах – весной под предпосевную культивацию, на тяжелых – осенью под основную обработку почвы. Компенсирующую дозу азотсодержащих удобрений не вносят по бобовому предшественнику, под последующую бобовую культуру, а также при приме-

нении на данном поле удобрений в дозе свыше 60 кг азота на 1 га. Наиболее эффективно внесение соломы под пропашные; непосредственное же использование её под зерновые культуры не рекомендуется.

Возможны следующие технологии использования растительных остатков на удобрение, каждую из которых необходимо применять в соответствии с конкретными условиями.

1. Поточная технология с использованием в качестве компенсирующей добавки азотсодержащих минеральных удобрений. Рекомендуется для больших (не менее 50 га) незасоренных массивов зерновых культур, выделяемых под использование соломы на удобрение; в хозяйствах со слабо развитым животноводством или в условиях, где поля удалены более чем на 5 км от источников органических удобрений. Предполагает применение комбайнов, оборудованных измельчителями. В процессе уборки солома измельчается, распределяется по убранной площади, а затем вносятся, как это указано выше, азотсодержащие удобрения. Солома заделывается в слой почвы 0-10 см дисковыми орудиями, спустя 2-3 недели запахивается плугом. Для этой технологии характерны невысокие затраты труда, эксплуатационные затраты и расход топлива. Чистый доход от её использования более чем в 2 раза превышает отдачу от применения подстилочного навоза.

2. Поточная технология с отделением половы в прицепную тележку 2ПТС-4-887 А. Применима в аналогичных для технологии 1 условиях, но на засоренных полях. При отделении половы в тележку попадает 80-90% жизнеспособных семян сорняков, для обезвреживания которых собранную полову необходимо ввести в состав силоса или подвергнуть термической обработке. Остальные операции те же, что и в предыдущей технологии. Технология 2 требует больше затрат, что связано с использованием прицепляемых к комбайну тележек. Предполагает наличие достаточного количества тракторов класса 14 кН и тележек вместимостью 45 м³, позволяет получить ценный корм, способствует снижению засоренности поля и в 1,6 раза более эффективна, чем использование в качестве удобрения подстилочного навоза.

3. Поточная технология с использованием в качестве компенсирующей добавки бесподстилочного навоза. Применяется в сходных с технологией 1 условиях, но в районах с развитым животноводством и при расстоянии перевозок менее 5 км. Для этой технологии характерны довольно высокие затраты, обусловленные необходимостью погрузки, доставки на поле и разбрасывания бесподстилочного навоза из расчета 6-8 т на 1 т соломы. Обеспечивается высокая прибавка урожая, значительно превышающая окупаемость применения подстилочного навоза. Технологию можно осуществлять как со сбором половы в прицепленную к комбайну тележку (на засоренных полях), так и без отделения половы.

4. Поточная технология с использованием сидератов. Отличается от описанных ранее тем, что после поверхностной заделки измельченной соломы дисковыми орудиями высеваются сидераты. Если они бобовые, компен-

сирующую дозу азотсодержащих удобрений не вносят. Технология применяется в насыщенных зерновыми культурами севооборотах, когда нередко случаются повторного посева зерновых по зерновым. Необходимость пожнивного посева сидеральных культур вызвана распространением болезней и вредителей в условиях монокультур. Сидераты активно воздействуют на состав микроорганизмов в пахотном слое, при этом резко падает заболеваемость и уменьшается число вредителей.

Если не применять зеленые удобрения, то внесение соломы может привести к потерям урожая, способствуя распространению корневых гнилей и т.д. Расход средств на данную технологию приблизительно равен затратам на использование навоза, но окупаемость урожаем в несколько раз выше. Основное препятствие при внедрении технологии – острая нехватка семян сидеральных культур и высокая их стоимость. Следует отметить, что при расчете затрат на приобретение семян сидератов взята государственная цена на семена люпина в производстве же применяются договорные цены, которые в 5-8 раз выше государственных.

5. Раздельная технология с внесением минеральных удобрений.

Применима в небольших хозяйствах с малыми разбросанными площадями зерновых культур, а также на участках арендаторов и фермеров. В таких условиях невыгодно использовать комбайны с измельчителями, но в то же время нельзя допустить, чтобы даже небольшие количества солоны сжигались. По предлагаемой технологии солому убирают в валок, затем кормоуборочными машинами измельчают, распределяют по поверхности поля и заделывают в почву. В Латвии для этой цели используют самоходные и прицепные машины КСК-100, КПКУ-75, Е-281, КС-1,8 «Вихрь». Во ВНИПТИОУ разработаны рабочие органы к серийно выпускаемой машине КПР-1,5, качество измельчения и распределения соломы из валка не уступает внесению при помощи комбайновых измельчителей. Технологию не рекомендуется применять на засоренных полях. Затраты и эффективность сравнимы с поточной технологией, окупаемость урожаем более чем в два раза выше получаемой от применения подстилочного навоза.

6. Раздельная технология с внесением бесподстилочного навоза. Используется в районах с развитым животноводством, на полях, расположенных вблизи ферм, при расстоянии перевозок не более 5 км.

Требует довольно больших затрат, связанных с необходимостью внесения бесподстилочного навоза в расчете 6-8 т на 1 т соломы. Обеспечивает высокую прибавку урожая, превышает эффект от применения предыдущей технологии.

7. Раздельная технология с использованием сидератов. Применяется на полях с преобладанием в севооборотах зерновых культур, когда их высевают по зерновым. После обработки поверхности поля с разбросанной по нему измельченной дисковыми орудиями соломой высевают сидераты. В случае применения бобовых сидератов компенсирующую добавку азотсодер-

жащих удобрений не вносят. Спустя 45-55 дней сидераты накапливают биомассу до 200 ц/га, которую прикатывают, после обрабатывают дисковыми орудиями и запахивают вместе с измельченной соломой. Заделка в почву сидератов препятствует возникновению болезней и вредителей, способствует повышению урожайности зерновых культур. Несмотря на высокую стойкость семян сидератов, данная технология дает хорошую отдачу: окупаемость урожая значительно выше, чем от применения подстилочного навоза

8. Удобрение соломой в условиях безотвальной обработки почвы. Используется в районах, подверженных эрозии, где слабо развито животноводство или когда поля находятся на расстоянии свыше 5 км от ферм. Зерновые культуры убирают на высоком срезе. Стерня высотой 40-50 см препятствует сдуванию снега, а также возникновению эрозионных процессов при его таянии. Весной вносят компенсирующую дозу азотных удобрений, стерню в два следа обрабатывают тяжелой дисковой бороной, частично измельчают и заделывают в почву, а затем производят плоскорезную обработку поля и высевают яровую культуру. Для данной технологии характерны самые низкие затраты, комбайны работают в более легких условиях, срезается только верхняя треть стеблей, отпадает необходимость в уборке, обмолоте и разбрасывании всего урожая незерновой части, производительность комбайнов значительно возрастает, снижаются потери зерна. Использование высокой стерни в качестве удобрения обеспечивает прибавку урожая, превышающую окупаемость применения подстилочного навоза

9. Удобрение соломой в условиях безотвальной обработки с добавкой бесподстилочного навоза. Применяется в районах с развитым животноводством и на полях с расстоянием доставки бесподстилочного навоза менее 5 км. Затраты значительно выше, чем при технологии 8, что вызвано необходимостью погрузки, доставки и разбрасывания органических удобрений, однако прибавка урожая высокая.

За эталонную принята технология, распространенная в сельском хозяйстве нашей страны, когда зерновые культуры убираются по копенкой технологии с последующим прямоточным внесением подстилочного навоза (В.А. Деревягин, С.М. Кулепичев, 1990).

Зеленые удобрения (сидераты)

Зеленое удобрение (сидерация) – это специальные посевы культур, растительную массу которых частично или полностью запахивают в почву для повышения её плодородия. Термин «сидерация» впервые предложил в XIX веке французский ученый Ж. Виль. Культуру, запахиваемую в почву, называют сидератом.

Родиной зеленого удобрения считаются страны древней земледельческой культуры – Китай и Индия, которые возделывают растения в качестве зеленого удобрения около 3000 лет.

В Европе зеленое удобрение стало распространяться в XVI веке вначале в Италии, затем во Франции, Испании, а в конце XVIII века – в Германии, где в качестве сидерата широко применялся люпин, который потом был завезен в Польшу.

В России первые опыты с люпином в качестве сидерата проводились профессором П.В. Кудриным на опытном поле « Новой Александрии (ныне Пулавы, Польша) с 1881 по 1905 г и профессором СМ. Богдановым в 1888 г на почвах бывшего Радомысльского уезда.

Столь устойчивый интерес к зеленым удобрениям объясняется высокой эффективностью их как средства восстановления органической части почвы и повышения ее эффективного плодородия.

Немецкий ученый Гюнтер Кант (1982) следующим образом сформулировал назначение зеленого удобрения.

1. Накопление азота;
2. Накопление гумуса;
3. Меньшее вымывание минеральных веществ;
4. Более эффективное использование осадков для формирования урожая;
5. Уменьшение эрозии (укрепление почвы);
6. Затенение почвы (почвозащита);
7. Оструктурирование почвы (биологическая обработка почвы);
8. Рыхление почвы и подпочвы;
9. Борьба с сорняками, вредителями и болезнями.

Профессор Х.К. Асаров (1989) отмечал, что запаханное зеленое удобрение несколько снижает кислотность почвы, повышает её буферность, емкость поглощения, влагоемкость, водопроницаемость, улучшает структуру, уменьшает подвижность алюминия, резко улучшает жизнедеятельность почвенных микроорганизмов.

В то же время имеются данные о подкисляющем действии сидерации. По мнению Э. Рюбензама, К Рауэ (1969) иногда считающееся положительным интенсивное образование CO_2 при разложении запаханной зеленой массы на легких почвах может оказать неблагоприятное влияние на их кислотность. Даже при правильном известковании часто бывает невозможно поддержать благоприятную реакцию почвы. В исследованиях авторов в Далеми (Германия) после 27 лет применения сидеральных удобрений на делянке без внесения извести pH почвы понизился с 6,0 до 3,8, вследствие чего рост и развитие чувствительных к реакции почвы кормовых растений (кормовая свекла) стали полностью невозможными. Для устранения подкисляющего действия зеленого удобрения рекомендуется регулярно и по полной норме проводить известкование, особенно на легких почвах.

По оценке К.И. Довбана (1990) с помощью корневой системы сидератов из глубоких горизонтов почвы перекачивается в пахотный слой 20-25 кг/га фосфора, не менее 100 кг/га кальция и 20 кг/га магния. Кроме того, си-

дераты способствуют получению большего количества кислорода, поглощению углекислого газа, ликвидируют или сводят к минимуму потери почвы, а вместе с ней элементов питания в результате водной и ветровой эрозии. Корневая система сидератов в осенне-зимний и ранневесенний периоды предотвращает миграцию подвижных элементов питания (нитратного азота, калия, кальция, магния и др.) в глубокие, недоступные для других растений слои почвы, сидераты способствуют борьбе с вредителями, болезнями и сорняками; запаханная растительная масса сидератов улучшает биологические, водно-физические свойства и структуру почвы. Внедрение сидератов способствует снижению потерь не возобновляемых ресурсов (торфа, электроэнергии и т.д.), снижению себестоимости продукции и повышению рентабельности с.-х. производства, оздоровлению экологической обстановки в сельском хозяйстве.

Следует отметить, что применение сидератов не требует значительных трудовых затрат. На полях, расположенных вдали от животноводческих ферм и мест хранения удобрений, дешевле доставить и внести в почву 1,5-2,5 ц/га семян сидерата, чем 20-30 т/га навоза или компоста. По расчетам Р.С. Шакирова (1999), в условиях Татарстана выращивание сидерата и заделка его в почву, особенно на дальних участках (более 6 км), почти в 2 раза дешевле, чем заготовка, вывозка и внесение эквивалентного количества навоза, в 4 раза дешевле, чем применение минеральных удобрений.

В колхозе «Рубежное» Климовского района Брянской области затраты на применение зеленого удобрения были в 6 раз ниже затрат на приготовление, доставку и внесение навоза (Бердников А.М., Касьянчук В.П., 1999).

Различают две основные формы сидерации: самостоятельную и промежуточную.

При использовании самостоятельной формы на поле высевают только то растение, зеленую массу которого запахивают в почву как органическое удобрение. При промежуточной сидерации растение – сидерат занимает пашню в тот период года, когда она свободна от основных культур севооборота, т.е. используют только вторую или первую половину вегетационного периода, после уборки или до посева основной культуры.

В условиях Нечерноземной зоны РФ все промежуточные культуры, в зависимости от сроков посева подразделяют на озимые, ранние яровые, поукосные, пожнивные и подсевные.

Озимые промежуточные культуры высевают осенью, а урожай используют весной следующего года на корм или зелёное удобрение до посева основных культур. В качестве озимых промежуточных культур используются рожь, тритикале, рапс, сурепица, озимую форму мохнатой вики.

Ранние яровые высеваются ранней весной, урожай получают в первой половине лета до посева поздних культур.

Поукосными являются культуры, высеваемые поукосно во второй половине лета после уборки (скашивания) однолетних, многолетних трав и других культур.

Пожнивными культурами называют культуры, высеваемые в летний период, после уборки озимых и яровых на зерно. По срокам посева, условиям произрастания и срокам уборки поукосные промежуточные культуры близки к пожновым. Однако она имеют больший период вегетации, поскольку кормовые травы скашиваются раньше, чем убираются зерновые. Для поукосного и пожновоего посева используют горчицу белую, редьку масличную, рапс яровой озимой, однолетний люпин и др.

По мнению В.Г. Лошакова (1980), наиболее пригодными для пожновых посевов на зеленое удобрение в центральных областях Нечерноземной зоны РФ оказались горчица белая, рапс озимый и яровой, редька масличная, сурепица. Эти культуры из семейства капустных быстро растут, устойчивы к ранним заморозкам, хорошо отзываются на азотные удобрения и успевают за короткий период сформировать высокий урожай зеленой массы.

Подсевные промежуточные культуры сеют под покров основных культур. Подсевными культурами могут являться райграс однолетний, сераделла, донник белый, люпин многолетний и другие культуры.

Разновидностью промежуточной формы сидерации является использование на зеленое удобрение отавы сараделлы, кормового люпина или других трав после раннего скашивания их зеленой массы на корм скоту.

Эффективность зеленого удобрения определяется многими факторами и условиями, которые необходимо учитывать в земледельческой практике. По мнению Г. Канта непродуманное применение зеленого удобрения сопровождается отрицательным побочным эффектом, который возникает в силу следующих причин:

1. Потеря гумуса при слишком интенсивной обработке почвы в теплое время года (под посев озимой промежуточной или пожновоей культуры).
2. Слишком большое потребление воды в засушливых областях при неправильном выборе культуры или слишком высоких дозах азота (возможно отсутствие или изреживание всходов вследствие недостатка воды).

Большее распространение болезней (зерновых, клеверов) или вредителей (нематод) при ошибках (неправильный выбор культуры или длительности её выращивания).

Засорение пашни трудно прорастающими семенами или зимующими видами.

Трудности при обработке почвы и снижении урожая следующей культуры при слишком большой массе зеленого удобрения и неправильной заделке её в почву

Выбор сидератов. Из климатических факторов основными при выборе сидератов являются тепло и влага. Чтобы правильно подобрать культуры для основных и промежуточных посевов, важно знать характер распределения

осадков, а также какое количество тепла остается на ту или иную дату. При этом необходимо учитывать наступления последних весенних и первых осенних заморозков, так как основные фазы развития этих культур приходится на весенний у озимых или на осенний (у пожнивных, подсевных и поукосных) период.

В табл. 56 приведены данные по нарастанию сумм активных температур в течение вегетационного периода в различных климатических зонах (в табл. 57 приведены уточненные данные по Ярославской области).

Таблица 56

**Нарастание сумм средних температур за период вегетации
(по А.Н. Лебеву)**

Дата	Суммы активных температур, °С									
	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200
30.04	-	-	-	-	-	-	30	60	80	110
10.05	-	-	-	0	60	120	160	190	210	240
20.05	-	-	50	120	190	250	290	330	360	400
31.05	20	100	190	260	340	400	460	500	560	600
10.06	140	230	310	400	500	560	630	700	770	820
20.06	260	360	460	560	650	740	810	900	970	1030
30.06	400	510	620	720	830	930	1000	1100	1190	1260
10.07	560	670	800	900	1010	1110	1200	1300	1400	1500
20.07	700	840	960	1090	1200	1300	1400	1510	1600	1700
31.07	890	1020	1150	1280	1400	1510	1630	1750	1860	2000
10.08	1040	1190	1300	1450	1560	1700	1840	1970	2100	2200
20.08	1200	1330	1470	1600	1740	1880	2000	2130	2300	2440
31.08	1350	1490	1620	1760	1900	2060	2210	2370	2500	2660
10.09	-	1600	1750	1900	2060	2200	2360	2520	2690	2840
20.09	-	-	-	-	2190	2350	2490	2650	2820	3000
30.09	-	-	-	-	-	-	-	2800	2970	3160

Таблица 57

**Нарастание сумм температур за период вегетации в Ярославской области
(по Ц.А. Шверу)**

Тем- пера- тура, °С	ап- рель	май			июнь			июль			август			сентябрь			ок- тябрь
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Выше 5°	50	136	240	372	508	656	816	986	1160	1349	1514	1667	1820	1937	2033	2108	2145
Выше 10°	-	-	74	206	342	490	650	820	994	1183	1348	1501	1654	1770	1790	-	-

Первые осенние заморозки на территории Ярославской области иногда наступают в начале сентября, но чаще всего – в конце месяца, средняя дата их появления приходится на 23 сентября.

Весной заморозки в воздухе прекращаются чаще всего в середине мая, но иногда могут быть позже. Наиболее вероятная продолжительность безморозного периода 125-130 дней, но может быть только 90 или 180 дней (табл. 58).

Таблица 58

Даты заморозков и продолжительность безморозного периода в воздухе на территории Ярославской области

Дата	Вероятность, %						
	95	90	70	50	30	10	5
23.09	Первый заморозок осенью						
	06.09	08.09	14.09	23.09	30.09	13.10	20.10
14.05	Последний заморозок весной						
	21.04	25.04	05.05	14.05	23.05	04.06	05.06
131	Продолжительность безморозного периода						
	101	107	120	130	140	157	167

Промежуточные культуры должны отвечать определенным требованиям. Озимые культуры должны быть более устойчивы к перезимовке, рано и быстро отрастать и давать за короткий период весенней вегетации хороший урожай зеленой массы. Подсевные промежуточные культуры должны отличаться замедленным ростом в начальный период вегетации, хорошо переносить затенение, недостаток влаги и питательных веществ под покровной культурой, а после уборки последней быстро трогаться в рост, выдерживать раннеосенние заморозки и за пожнивный период давать высокий урожай зеленой массы.

Пожнивные и поукосные промежуточные культуры должны обладать быстрым ростом, коротким периодом вегетации, выдерживать летне-осеннюю засуху и раннеосенние заморозки, давать высокие урожаи.

В таблице 59 указана потребность основных с.-х. культур в тепле, влаге. Указанные в таблицах 56, 59 данные используются при выборе промежуточной культуры следующим образом. По разнице между общей суммой температур и израсходованным на определенную дату количеством тепла определяют количество остающегося тепла и по таблице 1 подбирают культуру, для формирования урожая, который этого тепла будет достаточно.

Например, в Ярославской области на момент уборки озимых зерновых 1 августа используется 1348°C , таким образом из общей суммы активных температур 1790°C остается неиспользованным 442°C . Этого количества тепла недостаточно для формирования высокого урожая зеленой массы поживных культур. В то же время при уборке зеленой массы однолетних трав 1 июля неиспользуемыми остаются 970°C , что позволяет получить полноценный урожай зеленой массы рапса, горчицы, гороха, вики яровой и др. культур, возделываемых поукосно (табл. 57, 59).

Следует отметить, что в южных и центральных районах Ярославской области при своевременной уборке озимых и посеве в первой пятидневке августа пожнивных культур (белой горчицы, ярового рапса,

Таблица 59

Потребность сельскохозяйственных культур в тепле, влаге и свете для формирования урожая (по В.М. Смирнову)

Культура	Группа по скоро-спелости	Продолжительность периода вегетации, дней	Общая потребность в тепле – сумма актив-ных температур, °С	Показатель засухоустой-чивости**	Фотопериод	Минимальная температура созревания, °С
1	2	3	4	5	6	7
Зерновые						
Овес	1	60-80	800-1200	+	длинный	10-12
	2,3,4	80-100	1200-1600	+	«	
		100-120	1600-2000	+	«	
Ячмень	1,2	60-80	800-1200	+	«	10-12
	3,4,5	80-100	1200-1600	++	«	
Гречиха	1	60-80	1200-1300	+	Короткий	10-12
Просо	1,2	60-80	1200-1300	+++	«	10-12
	3,4	80-100	1300-1600	+++	«	
	5	100-120	2000-2400	+++	«	
Кукуруза	1	100-120	2000-2200	++	«	10-12
	2,3	120-140	2200-2600	++	«	
	4,5	140-160	2600-3200	++	«	
Яровая пшеница	1,2,3	80-100	1200-1600	++	Длинный	10-12
	4,5	100-120	1600-2000	++	«	
Озимая пшеница	1	80-100	1200-1600	++	«	10-12
	2,3	100-120	1600-2000	++	«	
Озимая пшеница	1,2	80-100	1200-1600	+	«	10-12
	3	100-120	1600-2000	+	«	
Бобовые						
Горох	1	60-80	800-1200	+	Длинный	10-12
	2,3,4	80-100	1200-1600	+	«	10-12
	5	100-120	1600-2000	+	«	

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7
Вика яровая	1	80-100	1200-1600		«	10-12
	2,3	100-120	1600-2000		«	
Люпин синий и жел- тый		100-120	1600-2000	+	«	10-12
Кормовые бобы	1	80-100	1200-1600	+	«	10-12
	2,3	100-120	1600-2000	+	«	
Чина	1	80-100	1200-1600	+++	«	
	2,3	100-120	1600-2000	+++	«	10-12
Нут	1,2	80-100	1200-1600	+++	«	
	3	100-120	1600-2000	+++	«	
Соя	1	100-120	2000-2400		Короткий	12-15
	2	120-140	2400-2800		«	
	3	140-160	2800-3200		«	
Кормовые (фаза цветения)						
Рапс		40-55	700-800	+		
Горчица	-	40-55	600-800	++	-	-
Горох		40-60	700-1000	++	-	-
Соя		55-65	900-1200	+	-	-
Вика яровая	-	50-60	800-1000	-	-	-
Кормовые бобы	-	50-60	800-1000	-	-	-
Гречиха	-	30-50	500-800	+	-	-
Чина	-	50-70	1000-1200	+	-	-
Кукуруза	-	60-80	1000-1500	+	-	-
Подсолнечник	-	60-80	1200-1400	++	-	-
Озимая рожь (фаза вы- хода в трубку)	-	35-45	400	++	-	-
Масличная редька	-	40-50	700-800	+	-	-
						Окончание

1	2	3	4	5	6	7
Клубневые корнеплоды						
8-10	1	60-80	1000-1200	++	Короткий	
	2	80-100	1200-1600	++	«	
	3	100-120	1600-2000	++	«	
6-8	1	60-80	800-1200	-	Длинный	
	2	80-100	1200-1600	-	«	
	3	100-120	1600-2000	-	«	
6-8	1	100-120	1600-2000	+	«	
	2	120-140	2000-2400	+	«	
	3	140-160	2400-2800	+	«	
6-8	1	100-120	1600-2000	+	«	
	2	120-140	2000-2400	+	«	
	3	140-160	2400-2800	+	«	
6-8	1	100-120	1600-2000	+	«	
	2	120-140	2000-2400	+	«	
	3	140-160	2400-2800	+	«	

*1 – скороспелые, 2- среднераннеспелые 3- среднеспелые, 4- среднепоздние, 5- позднеспелые.

**+++ очень засухоустойчивые, ++ средnezасухоустойчивые, + слабозасухоустойчивые, - влаголюбивые

сурепицы, масличной редьки) можно получать неплохие урожаи зеленой массы. Так при посеве горчицы белов в совхозах «Овощевод» и «Мичуринский» Ростовского района до 10 августа в среднем за 1981-1983 гг. получено по 14,7 т/га зеленой массы. Некоторое противоречие между результатами расчетов и приведенными фактами объясняется высокой выносливостью крестоцветные к пониженным температурам. По сообщению К.И. Довбан (1990) крестоцветные культуры переносят заморозки до минус 6⁰С, а озимый рапс, озимая сурепица и перко более низкие температуры. По данным Obenauf (1984) редька масличная, рапс и перко давали приrost растительной массы даже при 8 и 5⁰С.

В исследованиях В.Г. Лошакова (1986) из большого набора испытанных культур для пожнивных посевов на зеленое удобрение в центральных областях Нечерноземной зоны РФ пригодными оказались лишь горчица белая, рапс озимый и яровой, редька масличная, сурепица. Наиболее устойчивой к изменениям погодных условий была горчица белая. По мнению А.И. Еськова (2000) в качестве сидерата в Нечерноземной зоне нужно широко использовать сорта узколистного кормового и сидерального люпина селекции ВНИИ люпина, который отличается скороспелостью, устойчивостью к болезням и способностью накапливать высокие урожаи биомассы (по 100 т/га). К.И. Довбан (1990) рекомендует использовать в первую очередь многолетний люпин на бедных неокультуренных почвах как подсевную культуру, а однолетний узколистный люпин, пелюшку (кормовой, полевой, песчаный, серый горох) озимую и яровую вику, фацелию и широкий набор крестоцветных (капустных) культур – в качестве пожнивных.

Многолетний люпин высевают по всходам озимой ржи поздно осенью, зимой или рано весной. После уборки покровной культуры люпин растет в первый год до поздней осени, накапливая 10-20 т/га зеленой массы и 10-14 т/га корней в пахотном слое. Люпин запахивают, а после него выращивают картофель, гречиху или силосные культуры. По мнению К.И. Довбан многолетний люпин может найти широкое применение в северных районах Нечерноземной зоны, так как семена его можно получить даже в Вологодской области и Коми республике, при этом люпин можно высевать как самостоятельную культуру в пару или использовать в виде укосной массы, выращенной в выводном клину, для удобрения ближайших полей.

Влияние зеленого удобрения на свойства почвы. Агрохимические свойства. В настоящее время проблема восстановления плодородия почв становится очень актуальной.

Основным показателем плодородия почв является содержание в них гумуса, улучшающего биологические, физические, физико-химические и водные свойства. Гумус служит буфером против загрязнения окружающей среды, способствует более быстрому разложению пестицидов, их метаболитов и других токсических веществ. При разложении гумуса происходят обогащение почв доступными для растений элементами питания, припочвенных

слоев – углекислотой. За счет гумуса удовлетворяется около 60-70% потребностей растений в азоте.

По данным Ярославской ГСАС на 1 января 2000 года низкое содержание гумуса (менее 2%) было характерно для 360,6 тыс. га почв Ярославской области, что составляет 57,2% от обследованной площади, в том числе очень низкий (критический) уровень гумуса (менее 1,4%) имеют 11,3% почв. Сложившаяся ситуация обусловлена недостаточным применением органических удобрений, насыщенность которыми с 1996 года в среднем по Ярославской области не превышала 2 т/га.

В качестве действенного средства восстановления органической части почвы в настоящее время следует рассматривать использование промежуточных культур на зеленое удобрение.

В исследованиях В.Г. Лошакова, М.М. Султанова, О.Д. Сидоренко (1984) в условиях Московской области пожнивная зеленая масса горчицы белой увеличила накопление растительных остатков в севообороте на 18,3-21,1%.

Насыщение зернового севооборота в условиях Тверской области промежуточной горчицей белой на 50, 70 и 100% увеличило поступление растительных остатков за ротацию севооборота соответственно на 34,2; 52,1 и 54,9% или 36,0; 40,1 и 45,8 ц/га абсолютно сухого вещества по сравнению с идентичными севооборотами без промежуточных культур (Петров В.К., 1982).

С органической массой промежуточных сидеральных культур в почву поступает значительное количество элементов питания.

По сообщению В.Т. Лошакова (1980), при урожае надземной сухой массы пожнивного рапса 48 ц/га в почву запахивалась 153 кг/га действующего вещества азота, 49 кг/га фосфора, 126 кг/га калия; с белой горчицей урожайностью 31 ц/га соответственно 70, 70 и 20 кг/га действующего вещества. Количество и соотношение питательных веществ, поступающих с зеленым удобрением, определяется видом культуры, используемой на сидерат. В исследованиях НИИОХ на пойменных землях суммарное количество элементов питания, поступающее в почву при запашке горохоовсяной смеси, составило 611 кг/га, в том числе из этого количества азота – 32%, калия – 47%; при запашке гороха 493 кг/га в том числе азота – 50%, калия – 35% и при запашке озимой ржи – 485 кг/га, в том числе азота – 28%, калия – 55% (Разлукина М.Л., Борисов В.А., Журавлев Н.Г., 1984).

Сравнительно невысокий агроклиматический ресурс Ярославской области, тем не менее, позволяет получать значительное количество органического вещества. При запашке зеленой массы горчицы белой, возделываемой поукосно после горохоовсяной смеси на супесчаных почвах Ростовского района Ярославской области в пахотный слой поступило 39,1-40,8 ц/га абсолютно сухой массы, что позволяет дополнительно накопить 9,8-10,2 ц/га гумуса. Надземная зеленая масса характеризовалась сравнительно высокой

концентрацией питательных элементов. Относительное содержание азота составляло в зависимости от фона удобрения 2,68-3,23%, фосфора 0,65-0,68%; калия 3,34-3,42% и кальция 1,43-1,58%. Таким образом, возделывание в севооборотном звене поукосной горчицы белой на сидерат обеспечивало дополнительное поступление в почву 108-115 кг/га азота, 24,5-25,0 кг/га фосфора, 78-120 кг/га калия, 78,1-78,3 кг/га кальция, 11,4-11,6 ц/га углерода.

Ранее уже отмечалось, что корневая система сидератов хорошо пронизывает подпахотные слои почвы, создаст благоприятные условия для проникновения и лучшего развития корней других культур идущих по запаханному сидерату. Гумус при этом накапливается в более глубоких слоях. В научной литературе имеются также данные о том, что сидерация не всегда оказывает четко выраженное положительное влияние на накопление гумуса в почве.

Так, например, Шпрингер (1960) шесть лет подряд вносил на лессовом суглинке большое количество различной зеленой массы, через четыре года после окончания опыта в почве было обнаружено только 21% внесенного органически связанного углерода. При внесении навоза количество связанного углерода было в 10 раз выше.

По сообщению Э. Рюбензама и К. Рауэ (1969) при разложении свежего растительного вещества почвенно-биологические процессы активизируются в такой степени, что это вызывает даже расходование запаса гумуса почвы и при зеленом удобрении невозможно повышение или сохранение запаса почвенного гумуса. При добавлении органического вещества с более широким отношением С : N (соломы, корни злаковых трав и др.) можно улучшить влияние богатого азотом зеленого удобрения на содержание гумуса и создать предпосылку для образования трудно разлагаемых форм гумусовых веществ.

Таким образом, сидераты выполняют двоякую роль. С одной стороны являясь носителем легкомобилизуемого органического вещества, они вызывают интенсификацию развития микрофлоры, участвующих в минерализации растительных остатков и гумуса почвы, в результате чего высвобождаются элементы питания растений, создаются благоприятные условия для их развития. С другой стороны органическое вещество, поступающее в почву с сидератом, участвует в формировании гумусовых веществ почвы. На направленность и интенсивность этих процессов можно целенаправленно воздействовать, подбирая приемы возделывания и использования зеленого удобрения.

Водно-физические свойства почвы. Необходимым условием формирования прочной структуры, которая обуславливает оптимальный водно-воздушный режим, способствует формированию мощной корневой системы сельскохозяйственных растений и повышает их урожайность, является наличие большого количества органического вещества в виде послеуборочных остатков и органических удобрений. Включение в севооборот промежуточных сидеральных культур создает условия для улучшения этих показателей почвы.

На дерново-подзолистых почвах учхоза «Михайловское» ТСХА (Московская область) возделывание пожнивной горчицы белой на сидерат позволили увеличить количество водопрочных агрегатов под последующей культурой ячменем, в среднем за два года на 6,6% (Лыков Л.М., Иванов Ю.Д., Долженков Н.И., 1983).

По мнению В.Г. Лошакова (1982), повышение содержания водопрочных агрегатов с введением промежуточных культур связано с уменьшением механических обработок, структурообразующей ролью корневой системы, обогащением почвы органическим веществом, а также высоким содержанием кальция (цементирующее средство) в растительных остатках промежуточных культур.

Возделывание пожнивных и поукосных культур в центральных областях Нечерноземной зоны не оказывает отрицательного влияния на водный режим последующих яровых культур, так как за счет осенне-зимне-весенних осадков запас влаги в почве восстанавливается.

На дерново-подзолистых супесчаных почвах Ростовского района Ярославской области, возделывание поукосной горчицы белой на зеленое удобрение не ухудшило влагообеспеченность второй культуры севооборотного звена – лука репчатого (табл. 60).

Таблица 60

**Влияние поукосного сидерата на влажность почвы под луком
(в среднем за вегетацию), %**

Предшественники	Слой почвы, см	Фон удобрения					
		Навоз + NPK			NPK		
		1983 г.	1984 г.	1985 г.	1983 г.	1984 г.	1985 г.
Пар занятый	0-20	11,9	11,8	14,2	11,9	11,7	13,9
	20-40	11,8	11,3	14,4	11,9	11,9	14,2
Пар сидеральный	0-20	12,1	11,8	14,0	12,1	12,1	14,5
	20-40	12,4	11,4	14,1	12,8	11,4	14,1

Такие агрофизические свойства, как диапазон влаги, объем аэрации, физико-технологические и физико-механические параметры функционально связаны с плотностью почвы.

В приведенных выше исследованиях запашка зеленой массы горчицы белой способствовала некоторому снижению объемной массы почвы под последующей культурой – луком. В среднем за вегетацию снижение плотности почвы под луком по сравнению с аналогичным вариантом, но без сидерата (пар занятый) в слое от 0-10 см составило на органоминеральном фоне 4,2% и на минеральном фоне – 5,2%, в слое 10-20 см соответственно 2,8% и 4,2%.

Полученные результаты показывают, что разуплотняющее действие зеленого удобрения на легкие по гранулометрическому составу почвы ограничивается 1-2 вегетационными периодами и для оптимизации плотности почв необходимо практиковать систематическое использование сидерации.

Как уже отмечалось выше, корневая система сидеральных культур способна пронизывать не только пахотный, но и подпахотный слои почвы, способствует приданию ей комковатой структуры. После отмирания корневой системы увеличивается относительный объем свободных промежутков между структурными отдельностями, называемый пористостью, что благотворно влияет на влагоемкость, водопроницаемость, водоподъемную способность, направление и интенсивность биохимических процессов.

По данным К.И. Довбан (1990), в слое почвы 0-10 см некапиллярная пористость по сидерату была выше контроля на 70-80%, а на глубине 20-30 см в 30-40 см выше в 2-3 раза. Под влиянием сидерации в пахотном и особенно в подпахотном слоях значительно повышается аэрация и снижается плотность.

Биологические свойства почвы. Зеленая масса сидератов с высоким содержанием азота, легкодоступных углеводов, с узким соотношением С : N является хорошим питательным субстратом для почвенной микрофлоры.

В опытах ВНИИСХМ и ВНИПТИОУ на дерново-подзолистой супесчаной почве показатель общей биогенности почвы, отражающий суммарное количество всех учитываемых групп микроорганизмов был в сидеральном пару на 36% выше, чем в занятом и на 72% – чем в чистом пару (табл. 61). При этом в сидеральном пару наблюдалось повышение активности дыхательного фермента дегидрогеназы, указывающее на усиление жизнедеятельности почвенных микроорганизмов.

Таблица 61

**Биологические показатели поля под рожью, возделываемой
по различным парам**

Показатель	Пар		
	чистый	занятый	сидеральный
Общая численность микроорганизмов, млн. клеток/г почвы	64	81	110
Активность ферментов:			
Дегидрогеназа, кг ТФФ /100 т	0,29	0,29	0,29
Фосфатаза, кг P ₂ O ₅ /100т	0,113	0,331	0,348
Инвертаза, кг глюкозы / 1т	следы	12,0	14,1
Уреаза, кг NH ₄ / 1т	следы	2,35	1,23

Обогащение почвы растительными остатками редьки масличной повышало активность ферментов инвертазы и уреазы, в результате чего в почве накапливаются легкогидролизуемые питательные вещества. В сидеральном пару отмечено повышение активности фенолоксидаз – ферментов, катализирующих процессы синтеза – минерализация гумусовых веществ почвы. При этом в сидеральных парах прослеживается тенденция к усилению синтетических процессов.

Для оценки окультуренности почвы и интенсивности минерализации органического вещества используют деятельность целлюлозоразлагающих микроорганизмов, которая достаточно полно характеризуется интенсивностью разложения льняного полотна, т.е. «методом аппликации».

На дерново-подзолистой супесчаной почве Ростовского района Ярославской области скорость разложения льняного полотна при заправке зеленой массы горчицы белой возросла на 10,8-23,5%, причем стимулирующее действие сидерации на активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов проявлялась и на второй год после заправки зеленой массы.

Засоренность посевов. В центральных районах Нечерноземной зоны РФ промежуточные сидеральные культуры оказались хорошим средством подавления сорняков в специализированных севооборотах.

Исследованиями С.Ф. Ивановой (1978) в условиях Московской области установлено, что возделывание промежуточной горчицы белой провоцирует прорастание сорных растений, которые затем полностью уничтожаются при заправке зеленой массы сидерата.

Результаты учета количества и массы малолетних сорняков в севооборотных звеньях с луком репчатым показали, что возделывание поукосной горчицы белой на сидерат после горохоовсяной смеси на зеленый корм не сопровождалось увеличением засоренности последующей культуры многолетними сорняками, т.к. дополнительные обработки почвы под промежуточные культуры оказали такое же сороочищающее действие, как и обработка в чистых и занятой парах (табл. 62).

Таблица 62

Влияние поукосного сидерата на численность и массу сорняков в посевах лука (в среднем по двум укосам за вегетацию)

Предшественники	Фон удобрений	Среднее за 3 года			
		всего		в т.ч. многолетние	
		шт./м ²	г/м ³	шт./м ²	г/м ³
Пар горохоовсяный	Навоз + NPK	52,1	158,4	8,1	13,9
	NPK	47,8	160,6	9,0	19,0
Пар горохоовсяный сидерат	Навоз + NPK	55,1	157,4	9,4	15,1
	NPK	51,3	148,5	11,1	18,2

Использование горчицы белой на сидерат способствовало некоторому снижению массы малолетних сорняков на последующей культуре по сравнению с паром занятым, что обусловлено по видимому различным распределением азотных удобрений, поскольку часть азота, предназначенного для внесения под лук, вносилась под поукосную культуру, а также за счет воздействия самой зеленой массы.

Возделывание промежуточной культуры в занятом пару после уборки однолетних трав сопровождалось незначительным увеличением количества многолетних сорняков в посевах лука, но их масса осталась практически на том же уровне.

По различному оценивается механизм воздействия зеленого удобрения на сорняки. По мнению В.Г. Лошакова (1980) засоренность посевов после использования зеленой массы промежуточных культур на удобрение снижается не только в результате дополнительной обработки почвы и провокации всходов сорняков с последующим уничтожением их при уборке, но и за счет воздействия самой зеленой массы, точнее, продуктов её разложения на сорные растения.

В лабораторном опыте водная вытяжка из зеленой массы горчицы белой снижала всхожесть отдельных видов сорняков (ромашки непахучей, ширины запрокинутой и др.) на 70-80%. На 30% уменьшалась всхожесть гречишки развесистой, но значительно повышалась – мари белой. Наконец, не следует исключать и повышение конкурентоспособности основных культур в борьбе с сорняками в лучших условиях произрастания, создаваемых за счет запашки органической массы.

Уменьшение засоренности при использовании сидератов Г. Кант (1982) объясняет следующим образом:

- подавление всходов сорняков высокорослыми растениями (горчица);
- скашивание взошедших сорняков в сочетании с прополкой или гербицидной обработкой многолетних видов;
- антагонизм между культурными растениями и сорняками, т.е. влияние, которое не может быть объяснено только лишением сорняков света, воды или питательных веществ.

Фитосанитарное значение зеленого удобрения обусловлено повышением биологической активности почвы и бурным развитием сапрофитной почвенной микрофлоры, среди которой много антагонистов возбудителей болезней картофеля, ячменя, озимой пшеницы и других полевых культур. Зеленое удобрение ускоряет процессы разложения растительных остатков в почве – основного субстрата, на котором поселяются *Heiminthosporium sativum*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Rhizopus* и другие возбудители корневых гнилей.

При запашке зеленой массы горчицы в пахотном слое почвы в несколько раз увеличивалась численность грибов рода *Trichoderma*, которые являются антагонистами возбудителей корневых гнилей зерновых культур.

Сидераты и урожайность сельскохозяйственных культур. Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур в полевых севооборотах при использовании зеленых удобрений отмечено многочисленными исследованиями.

По данным В.К. Петрова (1980), зеленое удобрение горчицы белой в условиях Тверской области увеличило урожайность овса на 1,7-4,5 ц/га, ячменя на 1,7-3,6 ц/га.

Заделка в почву сидератов положительно сказывается на урожайности овощных культур. В Московской области урожайность капусты при прямом

действии зеленого удобрения выросла на 26,0-29,0%, а в последствии на 14-18% по сравнению с контролем (Разлукина М.Л., Борисов В.А., Журавлев Н.Г., 1984).

Особенно эффективны зеленые удобрения на легких дерново-подзолистых почвах. На супесчаных почвах Ростовского района Ярославской области заплата зеленой массы поукосной горчицы белой повышала урожайность лука репки по сравнению с паром занятым без сидерации на 12,2-19,4% и обеспечила наибольшую продуктивность севооборотного звена.

Зеленое удобрение повышает эффективность других органических удобрений – навоза, торфа, соломы, имеющих более широкое соотношение углерода и азота.

На дерново-подзолистых почвах Московской области заплата поживной горчицы на фоне предварительно внесенной измельченной соломы в среднем за три года увеличило урожай клубней картофеля на 32-40%, в то время как прибавка урожая по навозу составила 22%, а по чистой соломе была отменена тенденция его снижения.

Эффективность зеленого удобрения не носит строго обязательного характера и определяется рядом факторов.

Гюнтер Кант (1982) считал, что прибавка урожая основной культура зависит от следующих факторов:

- выбора должного сидерата (целенаправленное накопление азота и углерода, оструктурирование почвы, фитосанитарное действие или рыхление подпочвы),
- правильного выбора длительности выращивания (т.е. образование растительной массы и рыхление подпочвы при более длительной вегетации или борьба с нематодами при непродолжительной вегетации);
- выбора должной обработки почвы после зеленого удобрения (пахота или поверхностное мульчирование);
- достаточного периода времени от заделки зеленого удобрения до высева следующей культуры (для разложения ингибирующих веществ);
- внесение оптимальных доз минеральных удобрений после сидерации (уравновешивание азотом материала с высоким содержанием сырой клетчатки или лигнина);
- многократного выращивание сидератов (кумулятивный эффект, табл. 63).

Таблица 63

Влияние зеленого удобрения на урожай озимой пшеницы в условиях монокультуры в 1971-1976 гг. (по Никласу)

Вариант	Годы				
	1971	1972	1973	1974	1975
Без сидератов	44,6	22,3	46,9	46,6	39,1
С сидератами	44,7	23,3	49,9	51,2	46,3
Прибавка от сидерации	+ 0,1	± 0	+3,0	+4,6	+7,2

Приёмы использования зеленого удобрения. Для повышения эффективности зеленого удобрения большое значение имеют сроки и глубина вспашки.

По мнению Э. Рюбензана и К. Рауэ (1969) из-за узкого отношения С : N особенно у бобовых культур, зеленая масса сидератов быстро разлагается в почве и сроки заделки должны предотвратить непродуктивное вымывание освобождающихся питательных веществ и обеспечить их истребление последующими культурами. Поэтому зеленое удобрение надо запахивать только тогда, когда растения уже одревеснеют или будут убиты морозом. На тяжелых почвах зеленое удобрение следует запахивать осенью, а на легких почвах преимущественно весной.

В земледелии Нечерноземной зоны РФ практикуют запахивание сидератов в период их полного цветения – начала плодообразования, т.е. наибольшего накопления вегетативной массы. Перед заделкой зеленую массу рекомендуется измельчать с помощью косилок-измельчителей КИР-1,5; КУФ- 1,8; КСК-100 или силосоуборочного комбайна Е-281.

Для условий Татарстана, в частности, была предложена следующая технология:

1. Скашивание с измельчением и разбрасыванием зеленой массы сидерата КИР-1,5; КУФ-1,8 и т.д.;
2. Заделка зеленой массы плугом на глубину 15-16 см при урожайности сидерата 300-400 ц/га и более или путем двукратного перекрестного дискования при урожайности зеленой массы до 300 ц/га (Шакиров Р.С., 1999).

Сапропель

Сапропель как удобрение. Сапропель – это донные отложения пресноводных водоемов, продукт физико-механической и химико-биологической переработки остатков населяющих озеро растительных и животных организмов, а также неорганических компонентов биологического происхождения и минеральных примесей приносного характера.

Только в озере Неро запасы сапропеля составляют более 250 млн. м³. сапропель имеет коллоидальную структуру и представляет из себя однородную желеобразную массу влажностью от 60 до 97%, с содержанием органического вещества 12-80% и зольностью 19-88% в расчете на сухую массу.

В центральных и северо-западных областях Нечерноземной зоны имеется более 400 разведанных месторождений с общим запасом сапропеля около 900 млн. м³. Запасы сапропеля в Ярославской области составляют 434 млн. м³, из них 399,6 млн. м³ озерные и 34,4 млн. м³ лежат под слоем торфа.

Наиболее крупными месторождениями озерных отложений являются: озеро Неро – 254 млн. м³, Плещеево – 98,7, Яхробольское – 8,6, Ловецкое – 5,8, Сомино – 5,4, Великое – 3,0, Караш – 3,0, Золотушное – 2,4, Ущемерово

– 1,9, Чагинол – 1,9, Осоево – 1,2, Искробольское – 1,1 и другие озера, запасы в которых не превышают одного миллиона кубометров.

Из месторождений сапропеля в торфяниках наиболее крупными следует считать: Мокеихо-Зыбинское – 21,6 млн. м³, Мшаровское – 7,4 млн. м³, Болото №3 – 1,5 млн. м³, Талье-Сомино – 1,2 млн. м³, Купанское – 1,1 млн. м³.

Внешне сапропель имеет вид желеобразной однородной массы различной окраски с консистенцией близкой к сметанообразной, с постепенным уплотнением при увеличении глубины отложений окраска определяется наличием хлорофилла (зеленоватый), каротина (розовый), вивианита (черный), восстановленного железа (быстротемнеющий), примеси извести (сероватый).

Естественная влажность основной массы отложений составляет 84-96%. Нижний предел влажности сапропеля – 60%, верхний – 97%.

Содержание органического вещества в сапропеле составляет не менее 12-80%, зольность 19-88% в расчете на сухую массу.

Разнообразие растительного и животного мира озер, богатое минеральное питание предопределяют состав и свойства сапропеля. Существуют различные классификации сапропелей с учетом этих различий.

По химическому составу – кремнезистый, известковистый и смешанный.

По степени зольности сапропель подразделяют на 4 группы: мало-зольный – до 30% золы, среднезольный – 30-50% повышеннозольный – 50-70%, высокозольный – 70-85%. Зола сапропелей представлена в основном окисью кремния и окислами кальция, алюминия и железа. Многозольные отложения вследствие преобладания тех или иных минеральных компонентов подразделяются: на известковистые, или карбонатные, содержащие более 30% окиси кальция, кремнеземистые, имеющие более 50% кремнезема; смешанные – при одинаковом содержании окиси кальция и окиси кремния.

Для приготовления удобрений наиболее предпочтителен сапропель с зольностью ниже 50%. Однако находит применение и сапропель с зольностью 50-70%. агрономический эффект которого обусловлен содержанием макро- и микроэлементов. Кальций в сапропелевых удобрениях отличается высокой подвижностью, поэтому сапропель, включающий более 20% на сухое вещество карбонатов кальция, можно рассматривать как известковый материал.

Для производства удобрений рекомендован сапропель с рН выше 5,0. В сапропелевых отложениях отдельных месторождений встречается повышенное содержание Fe₂O₃ – 5-20% на сухое вещество. В сельском хозяйстве рекомендуют использовать сапропель с содержанием Fe₂O₃ до 10% на сухое вещество.

Уровень содержания азота в сапропелевом сырье для производства удобрений установлен не менее 1,5 % на сухое вещество.

Содержание фосфора в органическом сапропеле составляет 0,11-2,4%, смешанном – 0,1-2,5, кремнеземистом – 0,14-1,86, карбонатном – 0,04-1,2%, калия соответственно 0,07-0,8%, 0,16-1,1%, 0,5-3,0%, 0,03-1,14%. Содержание серы более 3% обуславливает значительное подкисление удобрения.

В Белоруссии к сапропельному сырью, используемому для производства удобрений, предъявляют следующие требования: содержание золы – не более 50%, азота – не менее 1,5% на сухое вещество, pH – не менее 5,0. Уровень содержания Fe_2O_3 – не более 12%, SO_3 – не более 3%.

Е.Д. Ильиной (1979) предложена классификация, по которой к наиболее перспективным сапропелям в качестве удобрений относятся: органический, органо-глинистый, органо-песчаный, органо-известковистый, известковистый. Качественная характеристика их приведена в таблице 64.

Сапропель обладает коллоидальной структурой, значительной липкостью, высокой водоудерживающей и низкой фильтрационной способностью, благодаря чему, способствует улучшению водно-физических свойств легких почв. Обладая клеящей способностью сапропель, взаимодействуя с почвой, улучшает ее структуру, придает ей комковатость, рыхлость, увеличивает воздухопроницаемость.

Таблица 64

**Характеристика разных видов сапропеля Нечерноземной зоны РФ
(по данным Е.И. Ильиной)**

Вид сапропеля	Влажность, %	pH	% на сухую массу							
			N	зольность	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	P ₂ O ₅
Органический	93	3,2-8,2	2,9	21	12	2	1,7	1,6	0,9	0,18
Органо-глинистый	90	3,0-8,0	2,1	47	36	3	3,4	2,7	1,2	0,24
Органо-песчаный	86	2,4-7,2	2,2	50	39	4	2,2	2,3	-	0,19
Органо-известковистый	85	6,0-8,5	1,8	46	10	18	1,8	3,8	1,6	0,43
Известковистый	73	6,6-8,5	1,3	56	4	37	1,7	1,8	1,2	0,18

Сапропель медленно сохнет, с трудом отдавая воду, но, высохнув, вновь не подмокает, а делается очень твердым и даже размолотый в порошок совершенно не намокает, за исключением некоторых известковых. Промороженный сапропель значительно легче отдает воду и довольно быстро высыхает до влажности 18-20%. Кроме того, сапропель после промораживания приобретает рыхлость. При оттаивании утраченные свойства не восстанавливаются.

В естественном состоянии сапропель не является удобрением, это лишь сырье для его производства. Чтобы получить удобрение, необходимо придать ему нужные агрохимические и физико-механические свойства.

Добывают сапропель при помощи сухопутных экскаваторов или средств гидромеханизации. Наиболее перспективный способ добычи сапропеля – гидромеханизированный с применением землесосных снарядов.

Технология добычи сапропелевых удобрений предусматривает получение их в отстойниках. Для этого разработанная земснарядом сапропелевая гидромасса по плавучему и береговому пульпопроводам направляется в отстойники. Отстойник представляет собой участок земли, ограниченный продольными и поперечными земляными валами (дамбами), образующими карты (чеки) размером обычно 200х200 м. Для получения одинаковой по всей площади глубины намыва сапропеля карте придается уклон от выпускных трубопроводов к водосбросным колодцам. Водосапропелевая смесь (пульпа), попадая из пульповыпуска в отстойник под действием силы тяжести, распределяется по поверхности карты. Твердые частицы опускаются на дно. Верхние слои воды постепенно осветляются, собираются в колодцы и затем по каналам – собирателям направляются обратно в озеро или используются для полива сельскохозяйственных культур.

Сапропелевое удобрение заготавливают по двухгодичному циклу. В первый год залитая в отстойнике сапропелевая пульпа обезвоживается при помощи отвода отстойных (осветленных) вод за пределы отстойника, влагообмена с подстилающим грунтом и испарения влаги в атмосферу. Во-второй год после промораживания в зимний период и понижения влажности намывтой массы до предела, обеспечивающего проходимость машин, верхний слой измельчают фрезерными машинами в крошку. Для ускорения процесса сушки применяются ворошилки. Высохшую крошку собирают в валки, а валки убирают бункерными уборочными машинами. Благодаря хорошей аэрации в процессе фрезерования и ворошения закисные соединения железа, марганца и других элементов полностью окисляются. Вследствие активизации микробиологических процессов повышается содержание гидролизуемых форм азота и других элементов питания. Готовая продукция обладает хорошей сыпучестью, крошкообразной структурой, оптимальной влажностью, равномерно распределяется по удобряемому полю, быстро взаимодействует с почвой. Товарная продукция представляет мелкую крошку с преобладанием частиц размером 1-3 мм и влажностью 50%.

Сапропель на удобрение применяется в количестве 30-40 т/га под зерновые культуры и 50-100 т/га – под пропашные.

Сапропель вносят под удобряемые культуры в дозах, которые определяют для каждого поля, исходя из конкретных местных условий, вида культуры и агрохимической характеристики применяемого удобрения. Целесообразно определять дозы сапропеля по эквиваленту находящихся в нем основных элементов питания растений и, прежде всего, азота.

Исследования, проведенные в различных зонах страны, показали высокую эффективность сапропелевых удобрений. В опытах Е.Н Хохлова (1988) применение сапропеля озера Неро Ярославской области в норме 60 т/га по-

зволило повысить урожай лука-репки на 33 ц/га при урожае на контроле 195 ц/га, урожай моркови – на 50 ц/га при урожае на контроле 250 ц/га. Аналогичное влияние оказывал сапропель на урожаи других сельскохозяйственных культур (табл. 65).

Таблица 65

Влияние сапропеля на урожайность с.-х. культур, ц/га

Схема опыта	Цикорий		Озимая пшеница	
	в среднем за 3 года	прибавка, ц/га	в среднем за 3 года	прибавка, ц/га
Контроль	266	-	19,3	-
Сапропель 40 т/га	296	30	22,2	2,9
Сапропель 80 т/га	316	50	25,1	5,8
Сапропель 120 т/га	356	90	27,5	8,2

Действие сапропелей не ограничивается одним годом. В условиях Минской области кремнеземистый сапропель в дозе 40 т/га на второй год после внесения повышал урожаи ячменя на 7,4 ц/га, а на третий год – урожай овса на 4,1 ц/га.

Для уменьшения затрат на приготовление и внесение сапропеля в сельском хозяйстве используют способ намыва сапропеля непосредственно на поля. Сапропель на поля намывают по бороздам или широким полосам, по чекам передвижными распределительными установками и дальнеструйными дождевальными установками. Количество выливаемой на поля воды при распределении сапропеля не должно превышать расчетную поливную норму при орошении.

Основная задача при намыве сапропеля непосредственно на поля – это равномерное распределение его по полю.

Одним из перспективных является способ намыва сапропеля поперек борозд. Сущность этой технологии состоит в том, что намыв проводится на площадь с нарезанными поперек уклона бороздами. Сапропелевая пульпа рассредоточено выпускается в верхней части участка через распределительный пульпопровод и распространяется по склону, переливаясь через валики борозд и последовательно заполняя одну борозду за другой. Скорость потока пульпы гасится в бороздах, и перелив ее происходит со скоростью, не превышающей размывающую для данного грунта.

Намыву сапропеля на поле должна предшествовать подготовительная работа по обследованию земель, выравниванию поверхности поля, нарезке борозд, сооружению участков намыва, прокладке распределительного пульпопровода.

При намыве сапропеля непосредственно на поля значительно сокращается цикл внесения его в почву, исключается необходимость его проморажи-

вания и переработке в удобрения. Себестоимость работ по внесению сапропеля в 1,8-2,1 раза ниже по сравнению с намывом его в отстойники.

Намыв непосредственно из водоема на поля позволяет вносить сапропель в почву от 200 до 1000 т/га в пересчете на 60%-ную влажность. Сапропель в таких дозах является не только удобрением, но и мелиорантом слабо-окультуренных почв. Окультуривание земель непосредственно намывом на поля большого количества сапропеля осуществлялось из озер Неро (Ярославская область), Крушинного, Островка (Псковская область), Большой Нарык (Тюменская область) и др.

Так в опытах ВНИИГиМ на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах совхоза «Восхода» Ростовского района Ярославской области добычу сапропеля проводили земснарядом с подачек сапропелевой пульпы на участок по трубам диаметром в 300 мм на расстояние 1,5 км. Опыт был заложен по схеме: контроль (без сапропеля); сапропель слоем 5 см, или 500 т/га, сапропель слоем 13 см, или 1300 т/га. Действие сапропеля на урожай сельскохозяйственных культур обнаруживалось в течение 10 лет. Общая прибавка урожая в пересчете на зерно составляла 250 ц, или по 13,8 кг на 1 т используемого сапропеля

Сапропель, внесенный в повышенных дозах, увеличивал содержание гумуса в почве с 1,19-1,64 до 207-270%, P_2O_5 – с 25-3,5 до 14,2-21,0, K_2O – с 80 до 84-10,5 мг на 100 г почвы. РН почвы изменилась с 4,3 до 6,8-7,2, а гидролитическая кислотность – с 2,23-2,84 до 0,30-,53 мг. экв. на 100 г почвы (Цирков А.А. и др., 1987).

В другом опыте, в котором сапропель был намыв в количестве 800 т/га, были получены следующие урожаи сельскохозяйственных культур: картофеля – 100 ц/га, зерна ячменя – 39,7, овса – 29,3, озимой ржи – 26,0. На участке без сапропеля за эти годы урожай соответственно составлял: картофеля – 69 ц/га, ячменя – 19,8, озимой ржи – 9, овса – 8 ц/га (Мельников В.Л., Хохлов Б.Н, 1983).

Основной недостаток намыва сапропеля на поле – неравномерное его распределение, которое возникает при наличии на полях ложбин и холмов. К недостаткам намыва сапропеля на поле также необходимо отнести и то, что из-за продолжительного затопления почвы (до 4-6 месяцев) нарушается структура, ухудшаются водно-физические свойства, биологическое состояние почвогрунтов, почва плохо обрабатывается. К тому же при бороздвании происходит выворачивание на поверхность почвы подпахотных слоев.

По данным Будрик Г., Кухра Г. (1984) сапропель озера Ленае, предварительно высушенный в отстойниках и внесенный в почву в дозе 200 м³/га влажностью 60%, увеличил урожай картофеля на 37,5 ц/га, зеленой массы кукурузы – на 24,7, ячменя – на 8,9 ц/га. Однако, такая же доза сапропеля, намываемого непосредственно на поле, которое планировали занять под картофель, в первом году после намыва была неэффективной. Прирост урожая

зерна ячменя в следующем году при дозе намыва сапропеля $200 \text{ м}^3/\text{га}$ составлял 5,9 ц/га, при 400 – 7,4 ц/га (урожай на контроле – 12,7 ц/га).

Сапропель, залегающий под торфом, извлекают совместно с торфом экскаватором и складировуют на отдельных площадках слоем 0,4-0,9 м. Через 30 дней после складирования разравнивают массу бульдозером. Затем через 3-5 дней рыхлят дисковым лушильником на 5-10 см. продолжительность цикла – 4 дня с двумя ворошениями ежедневно. На 4-й день после рыхления высушенный слой убирают скрепером-бульдозером. Навалы толщиной 0,7 м срабатываются за 7-10 циклов, те за 30-40 уборочных дней, таким образом добываемый в мае – июне сапропель, складированный слоем 0,4-0,9 м, будет высушен поверхностно-послойным рыхлением и убран в штабеля в сентябре.

В настоящее время применение сапропелевых удобрений крайне ограничено. Основными причинами, сдерживающими использование сапропелевых удобрений, является недостаточная их изученность, отсутствие специализированного оборудования для его добычи и научно обоснованных рекомендаций по применению различных сапропелевых удобрений в зависимости от их химического состава.

Использование сточных вод в земледелии

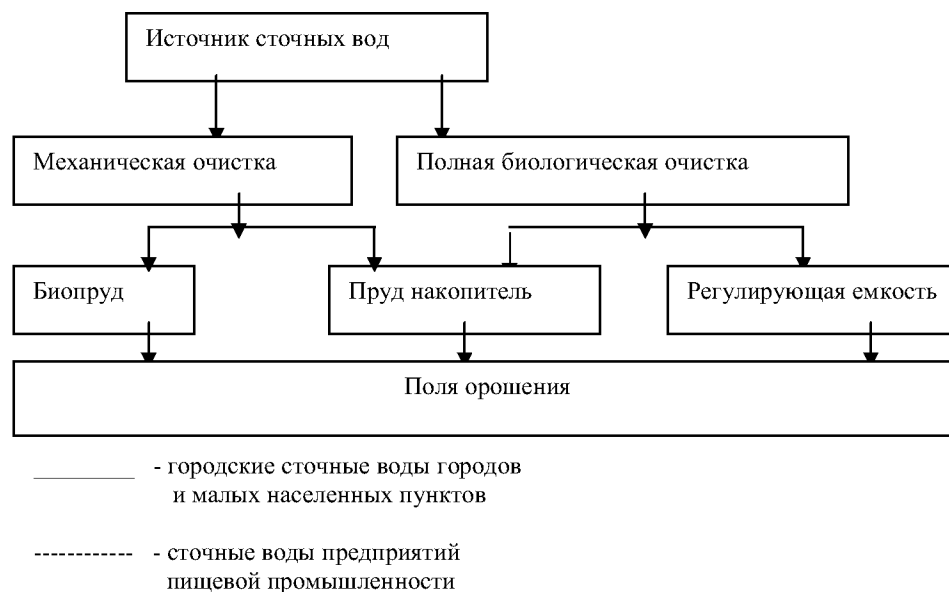
С развитием промышленности, ростом городов и повышением степени их благоустройства возрастает объем сточных вод, подвергаемых очистке.

Одним из эффективных способов утилизации сточных вод является организация земледельческих полей орошения (ЗПО) – специализированных мелиоративных систем, предназначенных для использования подготовленных сточных вод на орошение и удобрение земель для осуществления естественной биологической их доочистки. Земельные участки ЗПО выбираются с учетом рельефа местности и свойств почвогрунтов, гидрогеологических условий и необходимости соблюдения размеров санитарно-защитных зон.

Между населенными пунктами и территорией ЗПО устанавливается санитарно-защитная зона, ширина которой в зависимости от способа полива колеблется от 100 до 500 метров. Глубина залегания грунтовых вод от поверхности земли должна быть не менее 1,25 м на супесчаных и песчаных почвах и не менее 1,0 на суглинистых.

На ЗПО могут быть использованы хозяйственно-бытовые, производственные смешанные сточные воды городов, поселков, фермерских хозяйств, предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции после соответствующей их подготовке на сооружениях механической и биологической очистки.

Возможные варианты подготовки и использования сточных вод на земледельческих полях орошения представлены на схеме.



Для распределения сточных вод на сельскохозяйственных полях орошение применяются различные способы полива: дождевание, поверхностные (по бороздам, чекам, полосам, по склону), подпочвенные и внутрипочвенные (по гончарным, полиэтиленовым перфорированным трубам, уложенным на глубине 25-60 см, кротовинам), поливе при вспашке. Наиболее оптимальными в гигиеническом отношении способами полива сточными водами являются подпочвенное и внутрипочвенное орошение. В процессе эксплуатации ЗПО осуществляется производственный лабораторный контроль за соблюдением санитарных правил и норм. Среди показателей подлежащих контролю санитарными правилами и нормами предусматривается контроль за содержанием ТМ, суммы легкорастворимых солей, нитратов, гельминтов и ряд других.

В зависимости от химического состава сточных вод, физико-химических свойств почвы, особенностей выращиваемых культур сточные воды могут использоваться для регулярных (по водопотреблению) или удобрительных поливов.

Химический состав некоторых видов сточных вод используемых для регулярного орошения, приведены в табл. 66.

Таблица 66

Химический состав некоторых сточных вод (мг/л)

Показатели	Виды сточных вод							
	хозбытовые		предприятия по производству и переработке					
	городов	малых поселков	крахмала из картофеля	сахар из свеклы	дрожжей	масло, сыр, молоко	плодо-овощей	азотных удобрений
РН(KCl)	7,2	7,2	5,1	7,0	5,3	6,9	7,3	82

Взвешенные вещества	50-60	160	2300	1215	103	296	198	-
Прокаленный остаток	1000	600	1250	1610	1210	2230	500	700
HCO ₃	300	350	650	962	493	641	386	-
Cl	80	70	80	180	63	190	878	170
SO ₄	100	80	230	141	285	170	112	125
Ca	60	55	60	195	118	280	44	30
Mg	25	25	80	65	49	84	39	30
Na	100	90	80	240	80	175	17	1
K ₂ O	15	20	130	75	160	85	17	1
NH ₄	5	15	50	16	15	49	8	55
Нобщ.	15	40	200	52	60	107	14	89
P ₂ O ₅	5	8	40	2,5	4	30	1,8	27
ХПК	50	350	400	200	-	1500	330	360

Допустимое содержание биогенных элементов (азота, фосфора и калия) в сточной воде при проектировании полей орошения определяется в зависимости от величины внесения их с оросительной нормой и не должны превышать выноса этих элементов планируемым урожаем.

Пример расчета допустимой концентрации азота, фосфора и калия в оросительной воде.

Расчет приводится по формуле:

$$C_{\text{НПК}} = \frac{100 \times B}{J \times K_3},$$

где $C_{\text{НПК}}$ – допустимая концентрация азота, фосфора и калия в оросительной воде, мг/л;

B – средневзвешенная по севооборотам величина выноса урожаем азота, фосфора и калия, кг/га;

J – средневзвешенная по севообороту оросительная норма, нетто мм;

K_3 – коэффициент усвоения элементов питания урожаем на почвах с низкой обеспеченностью применяется: для азота – 0,5, фосфора и калия – 0,8, со средней обеспеченностью – для азота 0,6; фосфора и калия 0,85; с высокой обеспеченностью – для азота – 0,8, фосфора и калия – 0,9.

Почвы имеют среднюю обеспеченность азотом, фосфором, калием и величина K_3 составляет для азота – 0,6, фосфора и калия – 0,85.

Допустимые концентрации элементов составят, мг/л:

$$C_N = (100 \times 240) / (300 \times 0,6) = 133;$$

$$C_P = (100 \times 45) / (300 \times 0,85) = 18;$$

$$C_K = (100 \times 230) / (300 \times 0,85) = 90;$$

Если величина внесения NPK при определенной оросительной норме будет меньше выноса их с урожаем, то их недостаток следует компенсировать удобрениями (с поливной водой, при помощи гидроподкормщика или непосредственно в почву).

Пример расчета норм минеральных удобрений под многолетние злаковые травы при орошении сточными водами.

Расчет потребности культур в удобрениях приводится по формуле:

$$H_{NPK} = B \times K,$$

где H_{NPK} – потребность культур в питательных веществах, кг/га;

B – вынос питательных веществ запланированным урожаем, кг/га;

K – коэффициент возмещения выноса элементов питания (табл. 67).

Культура – многолетние злаковые травы на зеленую массу, урожайность – 40 т/га. Вынос питательных веществ 1 т продукции, кг: N – 6; P_2O_5 – 1; K_2O – 6. Почва – дерново-подзолистая, среднеобеспеченная по азоту и фосфору, высокообеспеченная по калию. pH – 5,0, содержание питательных веществ, мг/100 г: гидролизуемый азот – 6, P_2O_5 – 7, K_2O – 14.

Таблица 67

Коэффициент возмещения выноса питательных веществ в зависимости от плодородия

Плодородие почв по обеспеченности питательными веществами	Содержание питательных веществ, мг/100г			Коэффициент возмещения выноса		
	гидролизуемый азот (по Тюрину и Кононовой)	подвижный фосфор P_2O_5	подвижный калий K_2O			
		по Кирсанову		N	P	K
Низкое	<5	<5	<8	1,2	3	1,3
Среднее	6-8	5-10	8-12	1,0	2	1,0
Высокое	>8	>10	>12	0,8	0,8-1	0,7-0,9

Потребность культуры в питательных веществах, кг:

$$H_N = 40 \times 6 \times 1 = 240; H_{P_2O_5} = 40 \times 1 \times 2 = 80; H_{K_2O} = 40 \times 6 \times 0,7 = 168.$$

Содержание питательных веществ в сточных водах мг/л:

$$N_{\text{общ.}} = 40; P_2O_5 = 10; K_2O = 36.$$

Оросительная норма – 3000 м³/га.

Поступление питательных веществ со сточной водой, кг/га;

$$N_{\text{общ.}} = 120; P_2O_5 = 30; K_2O = 108.$$

Требуется внести с минеральными удобрениями, кг/га;

$$N_{\text{общ.}} = 240 - 120 = 120; P_2O_5 = 80 - 30 = 50; K_2O = 168 - 108 = 60.$$

При высокой концентрации азота, фосфора и калия (предприятия по производству спирта, крахмалопродуктов, дрожжей и др.) сточные воды используются для удобрительных поливов согласно нормам, соответствующим выносу питательных веществ урожаем или разбавлением менее концентрированными хозяйственно-бытовыми и другими водами.

Характеристика различных видов сточных вод по содержанию удобрительных веществ приведена в табл. 68.

Таблица 68

Характеристика сточных вод по удобрительной ценности

Вид сточных вод	Содержание в сточной воде элементов питания, мг/л	Удобрительная ценность сточных вод
1	2	3
Первая группа Сточные воды крахмальных, крахмало-паточных, гидролизных, биохимических, химико-фармацевтических, спиртовых заводов и др.	Азот > 100 Фосфор > 30 Калий > 70	Высокая Требуется, как правило, разбавление и дополнительное внесение фосфорных удобрений
Окончание		
1	2	3
Вторая группа Сточные воды сахарных, дрожжевых, консервных заводов и пунктов первичной переработки овощей, заводов по производству минеральных удобрений	Азот 50 – 100 Фосфор 10 – 30 Калий 30 – 70	Средняя Требуется внесение NPK, как правило, в размере 50% нормы, рекомендуемой для данной зоны при обычном орошении
Третья группа Сточные воды городов, поселков, текстильной, целлюлозобумажной промышленности и др.	Азот > 100 Фосфор > 30 Калий > 70	Низкая Требуется внесение минеральных и органических удобрений, нормой, рекомендуемой в зоне при обычном орошении

Допустимая концентрация микроэлементов, в том числе и тяжелых металлов, в сточных водах устанавливается в зависимости от оросительной нормы и наличия их в почве.

Пример расчета допустимой концентрации микроэлементов в оросительной воде.

Расчет, допустимой концентрации микроэлементов в оросительной воде приводится по формуле:

$$C_{мэ} = \frac{\text{ПДКВ} \times \text{ЭТ}}{\text{Нор}},$$

где $C_{мэ}$ – допустимая концентрация микроэлементов в оросительной воде мг/л;

ПДКВ - предельно допустимая концентрация микроэлемента для воды хозяйственно-питьевого водопользования, мг/л;

ЭТ – эвапотранспирация (транспирация растений и испарение с поверхности почвы), мм;

Нор – средневзвешенная по севообороту оросительная норма нетто, мм.

При условии, когда ЭТ = 630 мм, Нор = 320 мм, ПДКВ кобальта – 0,1, меди – 1,0 и фтора – 1,5 мг/л, допустимая концентрация этих элементов в оросительной воде составит, мг/л:

$$C_{Co} = \frac{0,1 \times 630}{320} = 0,2;$$

$$C_{Cu} = \frac{1,0 \times 630}{320} = 2,0;$$

$$C_F = \frac{1,5 \times 630}{320} = 3,0.$$

Величина внесения микроэлементов с оросительной нормой не должна превышать 0,7-0,8 ПДК для почвы (табл. 69).

Таблица 69

Величина ПДК (мг/кг) почвы с учетом фона (кларк)

Наименование вещества	Величина ПДК (мг/кг) почвы с учетом фона (кларк)	Наименование вещества	Величина ПДК (мг/кг) почвы с учетом фона (кларк)
1	2	3	4
Предельно допустимые концентрации (ПДК)		Ориентировочно допустимые концентрации (ПДК)	
Валовое содержание		Валовое содержание, мг/кг	
Ванадий	150,0	Никель	
Ванадий+марганец	100,0+1000,0	Песчаные и супесчаные	20,0
Мышьяк	2,0	Кислые суглинистые и глинные	
Ртуть	2,1	СрН <5,5	40,0
Свинец	32,0	СрН >5,5	80,0
Свинец + ртуть	120,0+1,0	Медь	

Сурьма	4,5	Песчаные и супесчаные	33,0
Подвижная форма		Кислые суглинистые и глинистые	
Кобальт ¹	5,0	СрН <5,5	Кобальт
Марганец извлечен H ₂ SO ₄		СрН >5,5	132,0
Черноземы	700,0	Цинк	
Дерново-подзолистые почвы		Песчаные и супесчаные	55,0
рН 4,0	300,0	Кислые суглинистые и глинистые	
рН 5,1-6,1	400,0	СрН <5,5	110,0
рН >6,0	500,0	СрН >5,5	220,0
Извлекаем ацетатно-аммонийным буфером с рН 4,8		Мышьяк	
Чернозем	140	Песчаные и супесчаные	55,0
Дерново-подзолистые почвы		Кислые суглинистые и глинистые	
рН 4,0	60,0	СрН <5,5	5,0
рН 5,1-6,1	80,0	СрН >5,5	10,0
рН 6,0	100,0	Кадмий	
Медь ²	3,0	Песчаные и супесчаные	0,5
Никель ²	4,0	Кислые суглинистые и глинистые	
Свинец ²	6,0	СрН <5,5	1,0
Цинк ²	23,0	СрН >5,5	2,0
Фтор ²	2,0	Свинец	
Хром ²	6,0	Песчаные и супесчаные	32,0
Водорастворимая форма		Кислые суглинистые и глинистые	
Фтор ³	10,0	СрН >5,5	65,0
		СрН >5,5	130,0

Примечание: ¹ Подвижная форма кобальта извлекается из почвы ацетатно-натриевым раствором с рН 4,8 для остальных типов почв;

² Подвижная форма элемента извлекается из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8;

³ Подвижная форма фтора извлекается из почвы с рН 6,5 0,006м НСl; с рН 5,0 – 0,03 М К₂SO₄.

Обеспечение санитарно-гигиенических и ветеринарно-санитарных требований на полях орошения в лучшей степени достигается при выращивании многолетних и однолетних трав, которыми следует занимать не менее 60% площади.

Выращивание многолетних трав способствует равномерному получению зеленой массы, повышению плодородия почвы и эффективности очистки сточных вод. Большим потреблением воды, питательных веществ, высокой очистительной способностью отличаются следующие многолетние травы: двукосточник тростниковидный (*Digraphis arundinacea*), кострец безостый (*Bromis tectorum*), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*), тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*), овсяница тростниковидная (*Festuca arundinacea*), а также люцерна, клевер, донник, люцернец.

Из однолетних трав рекомендуются посевы овса и ячменя в смеси с горохом и викой, убираемые на зеленую массу, амарант, рапс яровой и райграс однолетний, дающие в условиях орошения до 3 укосов, а также культуры сидератов: люпин однолетний, сераделла, редька масличная, последняя является также хорошей фитосанитарной культурой.

При наборе культур следует учитывать соответствующие зональные условия их возделывания.

Особенности использования осадка сточных вод (ОСВ) в качестве удобрения

Проблема утилизации ОСВ может решаться либо путем его безопасного удаления, либо путем переработки в органическое удобрение. Переработка осадка на удобрение решает сразу две проблемы: устранение больших объемов загрязняющих веществ и обеспечение сельского хозяйства органическими удобрениями. В зависимости от технологий обработки и хранения осадков они могут использоваться в жидком виде, влажностью 92-96% или в виде сыпучей массы, влажностью 50-70%, а также в виде компостов. Для компостирования используются торф, солома, навоз, древесные и другие органические отходы.

По удобрительным свойствам осадки сточных вод могут рассматриваться как органо-минеральные или органические удобрения, аналогичные органо-минеральным компостом, подстилочному или бесподстилочному (жидкому) навозу.

В сухой массе осадков содержится: органического вещества 40-60%, азота – 1-3%, фосфора (P_2O_5) – 1-4%, калия (K_2O) – 0,2-0,7%, кальция (Ca) – 3-5%, осадки содержат также магний, серу, другие макро- и микроэлементы, необходимые для питания растений. Осадки, получаемые после сооружений биологической очистки сточных вод, обычно имеют реакцию среды, близкую к нейтральной (pH 6,5-8,0).

Основные показатели химического состава ОСВ различного происхождения представлены в табл. 70.

Химический состав ОСВ подвержен большим колебаниям по содержанию макро- и микроэлементов и находится в большой зависимости от технологии производства и состава очищаемых сточных вод. Поэтому на ка-

ждую партию получаемого осадка следует требовать паспорт с указанием в нём типа осадка, его количества, влажности, содержания органического вещества, азота, фосфора, калия, кальция и магния, гранулометрического состава, санитарных показателей, а также наличия особо вредных тяжелых металлов – хрома, ртути, мышьяка, кадмия, свинца и никеля

Таблица 70

Химический состав ОСВ (на сухое вещество)

Показатели	Москва (Курьянов- ская станция аэрации)	С.-Петербург (Пушкинская станция аэрации)	С.-Петербург (станция аэрации)	Сочи (после городских очистных сооружений)	Щекино (Тульская обл. Очист- ные соору- жения)
Влажность, %	70,0	-	-	89	-
Органическое вещество, %	45,0	74,0	56,0	-	49,0
pH _{сол}	7,0	-	-	-	7,2
Азот общий, %	1,5	4,3	2,0	3,4	3,0
P ₂ O ₅ , %	4,5	2,4	1,2	1,9	4,4
K ₂ O, %	0,7	0,4	0,4	0,3	0,4
Ca, %	3,7	0,5	0,2	2,3	-
Zn, мг/кг	5000,0	960,0	1671,0	1669,0	52,0
Cd, мг/кг	50,0	26,0	7,0	6,0	0,9
Ni, мг/кг	400,0	130,0	33,0	100,0	10,0
Cr, мг/кг	4200,0	260,0	-	-	2,5
Pb, мг/кг	360,0	52,0	57,0	70,0	-
Cu, мг/кг	1100,0	445,0	276,0	406,0	3,0
Mn, мг/кг	520,0	825,0	97,0	760,0	-

Для установления удобрительной ценности в каждой партии осадков, однородной по своему происхождению должны быть определены pH_{сол}, содержание сухого вещества, органического вещества, золы, общего и минерального (нитратного N – NO₃ и аммонийного N – NO₃) азота, общих и подвижных форм фосфора (P₂O₅), калия (K₂O) и общего кальция (Ca).

Нормативные требования к осадкам сточных вод указаны в табл. 71. Нормы внесения осадков устанавливают в зависимости от их удобрительной ценности и содержания тяжелых металлов в почвах и осадках. Запрещается внесение осадков, если содержание тяжелых металлов в них превышает нормы, указанные в табл. 71. В случае превышения названных значений допускается приготовление компостов на основе осадков в смеси с другими компонентами (торф, навоз, растительные отходы) с доведением содержания тяжелых металлов до уровней, приведенных в табл. 71.

Фактором, ограничивающим норму внесения осадков по питательным веществам, служит содержание в них общего и минерального азота. Не допускается внесение общего азота с осадком более 300 кг на 1 га, в том числе минерального азота, превышающее вынос годовым урожаем культуры, под

которую вносится осадок. Пример расчета допустимой нормы осадков по содержанию ТМ и азота приводится ниже.

Таблица 71

Нормативные требования к осадкам сточных вод

Показатель	Норма
Влага, % не более	82
Органическое вещество, % на сухой продукт, не менее	20
Кислотность, pH (KCl)	5,5-8,5
Валовое содержание	
Свинец (P _в), мг/кг не более	1000
Мышьяк (Ag), мг/кг не более	20
Ртуть (Hg), мг/кг не более	15
Кадмий (Cd), мг/кг не более	30
Никель (Ni), мг/кг не более	400
Хром (Cr), мг/кг не более	1200
Марганец (Mn), мг/кг не более	2000
Цинк (Zn), мг/кг не более	4000
Медь (Cu), мг/кг не более	1500
Колититр. г не менее	0,01
Яйца гельминтов (жизнеспособные), шт.	0
Патогенные энтеробактерии клеток (по эпидпоказаниям)	0

**Согласованы с Минздравом СССР и Минжилкомхозом РСФСР, 1988 г.*

Пример расчета теоретически допустимых норм вносимого осадка сточных вод по содержанию ТМ.

Расчет проводится по формуле:

$$D_{тм} = \frac{(0,8 \times ПДК - \Phi) \times 3000}{C_{тм}},$$

где D_{тм} – теоретически допустимая нормы осадка, т/га сухой массы;

ПДК – предельно допустимая концентрация тяжелого металла в почве, мг/кг;

ОДК – при отсутствии утвержденных ПДК по содержанию отдельных тяжелых металлов в почве в расчетах используют ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов в почве, мг/кг, приведенных в табл. 9;

Φ – фактическое содержание тяжелого металла в почве, мг/кг;

C_{тм} – содержание тяжелого металла в осадке, мг/кг сухой массы;

3000 – масса пахотного слоя почвы в пересчете на сухое вещество, т/га.

Осадок очистных сооружений «Щекиноазот»: содержание кадмия в осадке – 0,9 мг/кг. ОДК кадмия в почве – 1,0 мг/кг, фактическое содержание кадмия в почве – 0,4 мг/кг.

$$D_{см} = \frac{(0,8 \times \text{ОДК} - \Phi) \times 3000}{C_{сд}} = \frac{(0,8 \times 1,0 - 0,4) \times 3000}{0,9} = 133,3 \text{ т/га.}$$

Пример расчета теоретически допустимых норм вносимого осадка сточных вод по содержанию минерального и общего азота.

Расчет норм осадка по содержанию минерального азота в нем приводится по формуле:

$$D_{N\text{мин}}^1 = \frac{B \times Y}{C_{N\text{мин}}},$$

где $D_{N\text{мин}}$ – теоретически допустимая норма осадка т/га сухой массы;

B – вынос азота 1 т урожая;

Y – урожай основной продукции, т/га;

$C_{N\text{мин}}$ – содержание минерального азота ($N - NO_3^- + N - NH_4^+$) в 1 т сухой массы осадка, кг.

1. Осадок Курьяновской станции аэрации: урожайность зерна озимой пшеницы – 4 т/га; вынос азота 1 т зерна – 30 кг, содержание минерального азота в 1 т сухой массы осадка – 3 кг.

$$D_{N\text{мин}}^1 = \frac{30 \times 4}{3} = 40 \text{ т/га.}$$

2. Осадок очистных сооружений АО «Щекиноазот». Урожайность зерна озимой пшеницы – 4,5 т/га; вынос азота 1 т зерна – 30 кг, содержание минерального азота в 1 т массы осадка – 5 кг.

$$D_{N\text{мин}}^1 = \frac{30 \times 4,5}{5} = 27 \text{ т/га.}$$

Расчет норм осадка по содержанию общего азота в нем проводится по формуле:

$$D_{N}^1 = \frac{300}{C_N},$$

где D_N^1 – теоретически допустимая норма осадка, т/га сухой массы;

C_N – содержание общего азота в 1 т сухой массы осадка, кг;

300 – максимальная доза внесения азота с осадком, кг/га.

1. Осадок Курьяновской станции аэрации: содержание общего азота в 1 т сухой массы осадка – 15 кг.

$$D_N^1 = \frac{300}{103} = 20 \text{ т/га.}$$

2. *Осадок очистных сооружений АО «Щекиноазот»*: содержание общего азота в 1 т сухой массы осадка – 30 кг:

$$D_{\text{НМИН}}^1 = \frac{300}{30} = 10 \text{ т/га.}$$

Заключение. Теоретически допустимые нормы осадков выше ранее указанных для пахотных земель, поэтому ограничение по содержанию минерального и общего азота к этим нормам не применяется.

С учетом длительного научного и производственного опыта, требований «Санитарных правил устройства и эксплуатации сельскохозяйственных полей орошения» на землях среднего и тяжелого механического состава во избежание накопления ТМ не допускается внесение более 10 т/га сухой массы осадков промышленно-бытовых сточных вод в чистом виде или в составе компостов, при периодичности внесения не менее 5 лет. На легких песчаных и супесчаных почвах норма удобрения ограничивается 7 т/га с периодичностью внесения не менее 3 лет.

В повышенных нормах (до 30 т/га сухого вещества) осадки промышленно-бытовых сточных вод и стоков пищевой промышленности применяются для удобрения не загрязненных тяжелыми металлами земель, отводимых под посадки древесно-кустарниковых насаждений, питомников, парков, под долголетние сенокосно-пастбищные угодья, при рекультивации земель

Внесение осадков на торфяных почвах по агрономическим соображениям не рекомендуется.

Запрещается применение осадков и компостов из них на почвах с $\text{pH}_{\text{сол}}$ ниже 5,5 без их предварительного известкования, если содержание кальция в осадке или компосте не обеспечивает поддержание pH почвы на уровне 5,5 и более.

На орошаемых сточными водами участках проводится систематический контроль за агрохимическими свойствами почвы, качеством урожая, составом подземных вод. Сроки и точки отбора проб почвы, растений и воды определяются в каждом конкретном случае при проектировании и уточняются при эксплуатации систем по согласованию с местными контролирующими органами

Анализ состава осадков сточных вод проводится перед их внесением. На участках, предназначенных для орошения и внесения осадков, определяется фоновое содержание тяжелых металлов в почвах

Контроль за основными агрохимическими свойствами почв, систематически удобряемых осадками или компостами на их основе, проводится агрохимической службой или соответствующими научно-исследовательскими учреждениями по следующим показателям: pH, содержание гумуса, подвижных форм азота, фосфора и калия, ТМ не реже 1 раза в 5 лет.

ВИУА, ВНИПТИЭУ, НИИССВ «Прогресс» и другими научными учреждениями показано, что регламентированное внесение ОСВ обеспечивает высокий агрономический эффект и не представляет экологической опасности. В опытах ВИУА на дерново-подзолистых почвах Московской области (Барыбино) по влиянию на плодородие почв, урожайность сельскохозяйственных культур и качество растениеводческой продукции. ОСВ не уступали, а по ряду показателей превосходили подстилочный навоз.

Методика определения общего количества органических удобрений в хозяйстве

В сельском хозяйстве применяется около 30 основных видов органических удобрений, отличающихся исходным сырьем, физическим состоянием, химическим составом и в конечном итоге эффективностью при внесении под сельскохозяйственные культуры. Всероссийским научно-исследовательским и проектно-технологическим институтом органических удобрений и торфа предлагается учет всех видов сырья для производства органических удобрений и готовых их форм в хозяйствах вести в физической массе (т) с указанием вида: подстилочный навоз, бесподстилочный навоз полужидкий, бесподстилочный навоз жидкий, компосты, солома, сидераты, торф и т.д.

Количество сырья и удобрений определяется путем их взвешивания по объемным показателям.

Плотности различных видов органических удобрений (кг/м³) следующая: навоз подстилочный солоmistый – 710, опилковый – 740, торфяной – 800; навоз бесподстилочный полужидкий – 1010, жидкий – 1000; навозные стоки – 1000; птичий помет сухой, подстилочный – 850, бесподстилочный полужидкий, жидкий – 1000; твердая (фаза) фракция бесподстилочного навоза и помета – 750; компосты, осадки сточных вод – 800; сапропели – 700, солома сухая – 55; торф верховой – 300, переходный – 400, низинный – 500, опилки – 500.

Конечный учет и государственная статистическая отчетность об объемах производства и применения органических удобрений в хозяйствах должны осуществляться по количеству условного органического удобрения, в качестве которого принят подстилочный навоз КРС влажностью 75% с содержанием органического вещества 210 кг, общего азота (N) 5 кг/т, фосфора (P₂O₅) 2,5 кг/т и калия (K₂O) 6 кг/т. Для перевода применяемых органических удобрений в условные служат переводные коэффициенты. Числовые значения их устанавливают с учетом содержания элементов минерального питания и органического вещества, один килограмм по воздействию на урожай в среднем по стране эквивалентен 0,015 кг NPK. Исходя из этого, условный коэффициент пересчета, принятый за единицу, будет равен; 16,6 кг NPK = 5 +

2,5 + 6 + 0,015 x 210, а формула определения переводных коэффициентов примет следующее выражение:

$$K = \frac{NPK + 0,015 \times C}{16,6};$$

где NPK – суммарное содержание питательных веществ в 1 т органического удобрения, кг;

C – содержание органического вещества, кг.

Средние коэффициенты пересчета для различных органических удобрений представлены в табл. 72.

Таблица 72

Химический состав и коэффициенты пересчета различных видов органических удобрений на условное удобрение

Удобрение	Влажность, %	Содержание в т., кг				Коэффициент пересчета (К)
		органич. вещества	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1		3	4	5	6	7
Твердые органические удобрения						
Навоз подстилочный:						
КРС	75	210	5,0	2,5	6,0	1,0
свиней	72	240	4,8	2,0	6,0	1,0
овец	65	300	8,3	2,3	6,7	1,3
лошадей	75	220	5,3	3,0	6,2	1,1
Птичий помет:						
подстилочный	40	540	20,0	18,1	9,2	3,4
сухой	14	800	41,0	39,0	20,0	6,7
Твердая фракция бесподстил. навоза:						
КРС	75	190	5,6	3,0	4,2	0,9
свиней	75	220	6,0	4,0	0,7	0,8
Компост:						
торфонавозный (1 : 1)	70	220	5,6	2,2	4,7	1,0
торфопометный (1 : 1)	70	190	8,3	7,4	4,1	1,4
Сапрпель	60	140	9,2	0,7	0,0	0,7
Осадки сточных вод	70	170	10,7	13,0	1,0	1,6
Полужидкие органические удобрения						
Навоз:						
КРС	85	130	3,0	1,2	3,3	0,5
свиней	85	180	3,8	2,7	1,2	0,5
птичий помет	85	110	9,0	9,0	3,0	1,4
Жидкие органические удобрения						

Навоз:						
КРС	95	40	1,0	0,6	1,1	0,2
свиней	95	40	1,4	0,8	0,6	0,2
птичий помет	95	40	2,8	2,6	1,0	0,4
навозные стоки КРС	98	18	0,7	0,4	0,7	0,1
свиней	98	18	0,8	0,5	0,4	0,1
птичьего помета	98	18	1,2	1,1	0,6	0,2
Растительные осадки, сидераты						
Солома культур:						
злаковых	18	760	5,0	2,0	9,0	1,7 (3,5)*
бобовых	18	760	12,0	2,5	6,0	1,9 (3,5)
Сидераты:						
крестоцвет. культур	83	140	4,3	1,8	5,8	0,8
бобовых	83	140	8,0	1,2	3,0	0,9

* Коэффициент пересчета по органическому веществу

В случае отсутствия анализов химического состава органических удобрений можно пользоваться усредненными коэффициентами: для подстилочного навоза КРС, свиней, лошадей, овец, их твердой фракции навозных компостов, осадков сточных вод – 1,0; полужидкого навоза – 0,5; жидкого навоза – 0,2; навозных стоков – 0,1; для птичьего помета сухого – 7,0, подстилочного – 3,4, полужидкого и пометных компостов – 1,4, жидкого – 0,5, стоков – 0,2; для сапропеля – 0,7, сидератов – 0,8, соломы с компенсирующей добавкой минеральных удобрений – 3,5.

Перерасчет выполняется по формуле

$$M_y = M \times K,$$

где M_y – масса условного органического удобрения, т;

M – масса удобрения, применяемого в хозяйстве, т;

K – коэффициент перерасчета.

Пример. В хозяйстве с площадью пашни 1500 га внесено 12000 т органических удобрений в физической массе (8,0 т/га), в том числе (т): подстилочного навоза КРС – 1500, компостов – 1000, сапропелей – 500, навозных стоков свиней – 3000, соломы с компенсирующей добавкой азота – 200, сидератов – 500, помета полужидкого – 2000.

При пересчете масса условного органического удобрения составила (т): за счет подстилочного навоза КРС – $4500 \times 1 = 4500$, компостов – $1000 \times 1 = 1000$, сапропелей – $500 \times 0,7 = 350$, навозных стоков свиней – $3000 \times 0,1 = 300$, соломы – $200 \times 3,5 = 700$, сидератов – $500 \times 0,8 = 400$, помета полужидкого – $2000 \times 1,4 = 2800$.

Итого условного (в пересчете на подстилочный навоз) органического удобрения в хозяйстве внесено (т): $4500 + 1000 + 350 + 700 + 400 + 2800 = 10050$ т (или 6,7 т на 1 га пашни).

Накопление и использование органических удобрений.

Ресурсы органических удобрений в первую очередь определяются поголовьем животных.

Пример расчета накопления навоза приведен в таблице 73. В рассматриваемом примере выход навоза определялся путем перевода поголовья всех видов животных во взрослый КРС с помощью коэффициентов перевода, которые устанавливались в зависимости от структуры стада (табл. 44). Выход подстилочного навоза рассчитывался исходя из примерного выхода навоза 8 т в год от одной условной головы. Выход бесподстилочного навоза базисной влажности (90%) устанавливался с использованием нормативных показателей (55 кг экскрементов в сутки от одной коровы). Выход навозной жижи составляет 10% от массы подстилочного навоза и 2 т от 1 головы КРС за стойловый период 220 дней при бесподстилочном содержании.

Таблица 73

Накопление навоза в хозяйстве							
Вид животных	Количество физических голов	Кэфф. перевода в КРС	Количество условных голов	Стойло-вый период, дней	Выход навоза		
					подсти-лоч-ный	бесподсти-лоч-ный	навозная жижа
КРС – всего	637	0,84	535	200-220	-	6179	1070
В т.ч. коровы	311			200-220	-	-	-
Овцы – всего	120	0,14	17	200-220	136	-	14
В т.ч. овцематки							
Лошади	60	-	-	200-220	56	-	6
Итого	11	0,67	7	200-220	192	6179	1090

В пересчете на подстилочный навоз общее количество органических удобрений составит: $(6179 \times 0,9) + (136 \times 3) + (56 \times 1,1) + (1070 \times 0,1) + (14 \times 0,1) + (6 \times 0,1) = 5909$ т.

Распределение и особенности применения органических удобрений

При распределении органических удобрений между севооборотами, в первую очередь ими обеспечивают овощные или кормовые прифермские севообороты (оптимальная насыщенность органическими удобрениями 12-15 т/га), а также специализированные по наиболее ценным культурам севооборота.

Место и нормы внесения органических удобрений в конкретном севообороте определяются с учетом отзывчивости на них отдельных культур, плодородия почв и предшественника.

Органические удобрения ежегодно вносят на 1-3 поля в каждом севообороте. При дефиците их целесообразно использовать в меньших нормах, но на большей площади, а недостающее количество питательных веществ для получения планируемых урожаев дополнять минеральными удобрениями. Лучше удобрить 2 поля севооборота из расчета 30 т/га навоза, чем одно – 60 т/га.

Для всех культур Нечерноземной зоны минимальной дозой органических удобрений, которая является экономически и агротехнически целесообразной, является норма 15-20 т/га. Так как это условие нельзя выполнить для всех культур севооборота, обычно выбирают 1-3 культуры, наиболее отзывчивые на их внесение. В Нечерноземной зоне к ним относятся картофель, кормовые корнеплоды, пропашные, озимые зерновые, огурцы, капуста, лук.

Общее количество органических удобрений должно обеспечить как минимум бездефицитный баланс гумуса, а в ряде случаев и положительный баланс. При определении общей потребности хозяйства в органических удобрениях можно исходить из средних норм на 1 га пашни 8-10 т для полевых севооборотов с большой насыщенностью зерновыми и многолетними травами, 8-15 т для полевых севооборотов, насыщенных пропашными культурами и 15-20 т для овощных севооборотов.

По данным многочисленных исследований для поддержания гумусового равновесия дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава обеспеченность органическими удобрениями должна составлять 12-15 т/га, средние и тяжелосуглинистые – 10-12 т/га в год.

В случае дефицитного баланса гумуса нормы органических удобрений увеличивают. Если не представляется возможным увеличить производство навоза, тогда для покрытия дефицита гумуса в почве используют другие резервы – солому, зеленое удобрение.

На кислых слабокультуренных дерново-подзолистых почвах особое значение приобретает совместное внесение органических и известковых удобрений.

В севооборотах с подсевом многолетних трав навоз вносят под покровную озимую культуру, а покровная яровая культура, как правило, размещается в севообороте по удобренным пропашным. В Нечерноземной зоне органические удобрения следует заделывать на глубину 15-18 см. При углублении пахотного слоя навоз не рекомендуется вносить под основную вспашку, а разбросать его на вывернутый малоплодородный слой почвы перед перепахкой или дискованием.

Под озимые зерновые культуры органические удобрения вносят под парозанимающие культуры с осени под зяблевую вспашку или после ранней уборки этих культур. Под яровые культуры навоз запахивают с осени под зябь, а на песчаных и супесчаных почвах его лучше вносить весной и заделывать глубже по сравнению с суглинистыми и глинистыми почвами. Под

рановысеваемые и раноубираемые культуры органические удобрения лучшего качества необходимо вносить с осени.

На дерново-подзолистых почвах удобрения вносят под овощи, картофель, кормовые корнеплоды, кукурузу, коноплю, подсолнечник и другие пропашные культуры из расчета 30-60 т/га. Под озимые хлеба норма составляет 20-40 т/га. Повышенные нормы органических удобрений (60-80 т/га) вносят на малоплодородных почвах с целью их окультуривания.

Вопросы для самоконтроля

1. Каков химический состав подстилочного навоза? От чего он зависит?
2. Каков химический состав бесподстилочного навоза?
3. Какова должна быть насыщенность полевых севооборотов в Нечерноземной зоне органическими удобрениями?
4. Чем определяется насыщенность севооборотов органическими удобрениями?
5. Перечислите основные способы определения выхода навоза.
6. Какие способы компостирования используются в сельском хозяйстве?
7. Укажите особенности использования осадка сточных вод (ОСВ) в качестве удобрения.
8. В зависимости от каких показателей устанавливаются нормы внесения ОСВ?
9. Какое влияние оказывает зеленое удобрение на свойства почв?
10. Какие климатические факторы учитывают при выборе сидератов?
11. Какое влияние оказывает солома на свойства почв?
12. Какие приемы внесения соломы практикуют в земледелии Нечерноземья?
13. Как строится технология добычи сапропелевых удобрений?
14. Укажите способ внесения сапропели на поля.
15. Каковы особенности применения торфа в качестве удобрения?

Тесты для самоконтроля

Укажите правильные ответы на вопросы:

1. Минимальная доза подстилочного навоза при разбросном внесении составляет на дерново-подзолистой почве:
 - 1) 5 т/га;
 - 2) 10 т/га;
 - 3) 15 т/га;
 - 4) 20 т/га.

2. Каковы потери органического вещества подстилочного навоза (на соломённой подстилке) при рыхлоплотном способе хранения?

- 1) 15%;
- 2) 40%;
- 3) 11%;
- 4) 35%.

3. Под какую культуру в первую очередь целесообразно вносить навоз?

- 1) Ячмень;
- 2) Картофель;
- 3) Овес;
- 4) Лен.

4. Какое количество N, P₂O₅ и K₂O (кг/га) поступит в почву при внесении 30 т/га подстилочного навоза?

- 1) 70; 30; 90;
- 2) 60;60;60;
- 3) 150;75;180;
- 4) 100;20;90.

5. Какова продолжительность действия навоза на легко- и среднесуглинистых почвах?

- 1) 3-4года;
- 2) 10-12 лет;
- 3) 16 лет;
- 4) 6-8 лет.

6. Какова глубина заделки навоза при допосевном внесении в почву?

- 1) 5-10см;
- 2) 40-50 см;
- 3) 30-60 см;
- 4) 15-30 см.

7. Каково разбавление бесподстилочного навоза водой для удобрительных поливов вегетирующих растений?

- 1) 2-4 раза;
- 2) 5 раз;
- 3) 6-8 раз;
- 4) 8-10 раз.

8. Сколько азота из бесподстилочного навоза будет усвоено растениями, если его доза составит 40 т/га?

- 1) 40 кг/га;

- 2) 80 кг/га;
- 3) 100 кг/га;
- 4) 160 кг/га.

9. Каково усвоение фосфора из бесподстилочного навоза в год внесения?

- 1) 10-15%;
- 2) 20-30%;
- 3) 40-50%;
- 4) больше 60%.

10. Какой из перечисленных компонентов выступает в роли поглотителя влаги и аммиака в органических компостах?

- 1) Торф;
- 2) Навоз;
- 3) Птичий помет;
- 4) Навозная жижа.

11. Почему органические удобрения называют полными удобрениями?

- 1) Они мало транспортабельны;
- 2) Улучшают воздушное питание растений;
- 3) Богаты микрофлорой;
- 4) Содержат практически все питательные элементы.

12. Какое количество первоначальной массы и органического вещества теряет по сравнению со свежим полуперепревший навоз?

- 1) 40%;
- 2) 25%;
- 3) 5%;
- 4) 60%.

13. Минимальная доза подстилочного навоза при разбросном внесении составляет на дерново-подзолистой почве:

- 1) 5 т/га;
- 2) 10 т/га;
- 3) 15 т/га;
- 4) 20 т/га.

14. Минимальная доза подстилочного навоза при разбросном внесении составляет на черноземе обыкновенном:

- 1) 5 т/га;
- 2) 10 т/га;
- 3) 15 т/га;

4) 20 т/га.

15. Минимальная доза подстилочного навоза при локальном внесении составляет на дерново-подзолистой почве:

- 1) 5 т/га;
- 2) 10 т/га;
- 3) 15 т/га;
- 4) 20 т/га.

16. Минимальная доза подстилочного навоза при локальном внесении составляет на черноземе обыкновенном:

- 1) 5 т/га;
- 2) 10 т/га;
- 3) 15 т/га;
- 4) 20 т/га.

17. Лучшее время закладки навоза в почву после разбрасывания его по полю:

- 1) В течение часа;
- 2) Через 3 часа;
- 3) Через 10 часов;
- 4) Немедленно.

18. Место навоза под культуру севооборота выбирают с учетом:

- 1) Неодинаковой отзывчивости культур на него;
- 2) Возможностей качественного внесения его;
- 3) Действия и последствия дозы;
- 4) Совокупности показателей 1-3.

19. При внесении в эквивалентных количествах по питательным элементам навоз эффективнее минеральных удобрений под:

- 1) Озимыми зерновыми;
- 2) Яровыми зерновыми;
- 3) Многолетними травами;
- 4) Зернобобовыми.

20. При внесении в эквивалентных количествах по питательным элементам навоз эффективнее минеральных удобрений под:

- 1) Картофелем;
- 2) Люцерной;
- 3) Льном;
- 4) Клевером.

21. Сочетание навоза с минеральными удобрениями наиболее эффективно при внесении под:

- 1) Овес;
- 2) Лен;
- 3) Клевер;
- 4) Ячмень с подсевом трав.

22. Укажите дозу торфно-навозного компоста, рекомендуемую под озимую пшеницу:

- 1) 40-50 т/га;
- 2) 50-60 т/га;
- 3) 30 –40 т/га;
- 4) 20-30 т/га.

23. Укажите дозу торфно-навозного компоста, рекомендуемого под ячмень с подсевом клевера:

- 1) 40-50 т/га;
- 2) 50-60 т/га;
- 3) 30-40 т/га;
- 4) 20-30 т/га.

24. Укажите дозу торфно-навозного компоста, рекомендуемого под картофель:

- 1) 40-50 т/га;
- 2) 50-60 т/га;
- 3) 30-40 т/га;
- 4) 20-30 т/га.

25. Усвоение питательных элементов в год внесения минеральных и органических удобрений:

- 1) одинаковое из минеральных и органических удобрений;
- 2) из органических удобрений азот усваивается хуже, фосфор лучше, калий – так же, как и из минеральных удобрений;
- 3) из минеральных удобрений все элементы усваиваются лучше;
- 4) все элементы питания из органических удобрений усваиваются лучше.

3.6. Баланс гумуса

Агрохимическое и экологическое значение органического вещества почвы доказано многовековой практикой земледелия.

Агроэкологическое значение органического вещества почвы заключается в следующем:

1. Минерализация органического вещества – первостепенный источник поступления в почвы доступных растениям элементов – биофилов;
2. Гумус – консервант солнечной энергии, постепенное высвобождение которой осуществляет энергетическое обеспечение многих почвенных процессов, включая плодородие почвы;
3. Гумусовые вещества обладают физиологической активностью (ферменты, витамины, ростовые вещества);
4. Гумус оптимизирует физическое состояние почв;
5. Формирование сорбционных, кислотно-основных и буферных свойств почвы;
6. Источник органического питания для гетеротрофных организмов и влияние на биологическую и биохимическую активность почв;
7. Источник CO_2 в приземном слое воздуха и влияние на продуктивность фотосинтеза;
8. Санитарно-защитные функции:
 - ускорение микробиологической деградации пестицидов, нефти и других загрязнителей, каталитическое влияние на скорость их разложения;
 - закрепление загрязняющих веществ в почвах (сорбция, комплексообразование и т.д.), снижение поступления токсикантов в растение;
 - усиление миграционной способности токсикантов.

Последнее время с тревогой обращается внимание на усиление процесса дегумификации почв, Необратимость потерь гумуса особенно опасна для территории, почвенный покров которых обладает небольшими ресурсами органического вещества. К таким регионам относится Нечерноземная зона РФ. По разным оценкам потери гумуса в пахотных почвах России составляют 20-40%.

Основные причины дегумификации почв в земледелии зоны следующие:

1. Усиление интенсивности обработки почвы, способствующей повышению минерализации органического вещества, снижению коэффициентов его гумификации.
2. Несоблюдение принятых научно-обоснованных севооборотов (нарушение чередования культур, нередко исключение из него многолетних бобовых трав и возделывание их в выводных полях; длительное выращивание на одном и том же поле интенсивно обрабатываемых пропашных культур; в целом неблагоприятная структура посевных площадей во многих хозяйствах).

3. Недостаточное производство и применение органических удобрений, обусловленное низкой плотностью поголовья скота (в хозяйствах Нечерноземной зоны она составляет 0,6 условной головы на гектар пашни, что может обеспечить выход навоза не более 4 т/га; для сравнения в Германии плотность скота – 2,5 условной головы, а органических удобрений вносят более 25 т/га).

4. Сверхконцентрация животноводства, сказывающаяся резко отрицательно на равномерности распределения органических удобрений по территории пашни целых районов.

5. Внесение основного объема навоза и компостов на ближайшие от ферм и комплексов поля и участки и крайне мало – на всю остальную пашню хозяйства.

6. Неполное использование на удобрение растительных остатков (нередко практикуемое в хозяйствах сжигание стерни, соломы, являющихся источниками активного гумуса в почве).

7. Негативное влияние одностороннего внесения минеральных удобрений, особенно физиологически кислых, что приводит к частичной деградации гумуса, трансформации его в водорастворимые, подверженные вымыванию формы.

8. Эрозия почв в Нечерноземной зоне преимущественно водная (плоскостная, линейная), развивающаяся на пахотных участках даже при малейших уклонах. По некоторым данным, эрозионные потери гумуса составляют в зоне около 0,2 т/га в год, или 25-30% общих. Такие потери обусловлены отсутствием эффективных противоэрозионных мероприятий (из-за неправильного мнения, что зона в этом отношении благополучна). Площадь же средне- и сильноэродированных почв Нечерноземья составляет более 2,2 млн. га.

Существует три градации содержания гумуса в почве: минимальное, оптимальное и максимальное. Оптимальное содержание гумуса позволяет осуществить биоклиматический потенциал и получить программируемый урожай. Максимальное – это такое, которое не растет даже при использовании повышенных норм органических удобрений (для дерново-подзолистых суглинистых почв этот показатель равен примерно 3%). При минимальном содержании почва практически перестает терять гумус, который целиком представлен консервативной формой, прочно связанной с минеральной частью почвы. Эта часть гумуса очень слабо минерализуется, поэтому дальнейшая его убыль практически невозможна. Минимальное содержание гумуса характерно для «выпаханных» почв. Оно связано с содержанием физической глины через соответствующий коэффициент: для дерново-подзолистых почв – 0,04, для типичного чернозема – 0,11.

Например, при содержании в дерново-подзолистой почве 18% физической глины расчетное минимальное количество гумуса составит 0,72% (18 х 0,04). Та часть гумуса, которая превышает минимальное содержание, пред-

ставлена более лабильными формами, оказывающими существенное влияние на эффективное плодородие почвы и урожай культур.

Эффективное регулирование гумусового режима почв нуждается в мобилизации всех доступных, экономически и экологически целесообразных ресурсов органических веществ для использования их на удобрения. Потребность в навозе и компостах на его основе можно значительно снизить, если применять комплекс различных способов регулирования баланса гумуса в почве. Сюда кроме уже названных можно отнести: рационализацию с приемами минимальной обработки почвы, что снижает потери гумуса за счет ослабления его минерализации: максимально полный расход растительных остатков на удобрение и, прежде всего запашка в почву не используемой на корм и бытовые цели соломы, ботвы; возделывание сидеральных культур. Воспроизводство гумуса в зоне достигается с меньшими затратами при защите почв от водной эрозии.

В основу данных методических указаний по расчету баланса гумуса положены рекомендации ВНИПТИОУ 1986 г.

Расчет баланса гумуса и потребности в органических удобрениях

Главной задачей определения баланса гумуса является прогнозирование и расчет потребности пахотных почв в органических удобрениях необходимых для получения планируемых урожаев и воспроизводства плодородия почвы.

Баланс гумуса рассчитывается как разность между статьями его прихода (за счет гумификации пожнивно-корневых остатков, органического вещества удобрений) и расхода (минерализации при возделывании сельскохозяйственных культур, парования полей).

Расчет баланса можно проводить по севообороту, хозяйству, району, области и т.д.

Исходной информацией для проведения расчета гумуса служат следующие данные:

- План размещения культур в севообороте.
- Планируемая урожайность культур.
- Занимаемая культурами площадь.
- Нормы минеральных удобрений.
- Виды и нормы органических удобрений.
- Состав почвенного покрова (тип, подтип, разновидность почв).

В данных указаниях расчет баланса гумуса проводится на примере полевого севооборота со следующим чередованием культур:

1. Многолетние травы 1 г. п.;
2. Многолетние травы 2 г. п.;
3. Лен;

4. Картофель;
5. Пар занятый (викоовсяная смесь на зеленый корм);
6. Озимая рожь;
7. Ячмень + многолетние травы.

Посевные площади и урожайность культур приведены в табл. 74.

Таблица 74

Посевные площади и урожайность культур			
№ поля	Культура	Площадь, га	Планируемая урожайность, ц/га
1	Мн. травы 1 г.п.	52	45
2	Мн. травы 2 г.п.	52	45
3	Лен	52	4,0
4	Картофель	52	250
5	Вико-овес на з/к	52	200
6	Озимая рожь	52	30
7	Ячмень + травы	52	28
Всего	364		

75. Содержание гумуса на отдельных полях севооборота указано в табл.

Таблица 75

Содержание гумуса на отдельных полях севооборота		
№ поля	Содержание гумуса в почве	
	%	т/га
1	2,2	66
2	2,5	75
3	1,6	48
4	1,8	54
5	2,6	78
6	2,9	87
7	2,3	69
Среднее по севообороту:		
по полям с оптимальным содержанием гумуса (№2, 5, 6);	2,67	80,1
по полям с содержанием гумуса ниже оптимального (№1, 3, 4, 7)	1,98	59,4

Определение размера минерализации гумуса (расходная статья баланса гумуса)

Расход гумуса почвы в результате его минерализации зависит от ряда факторов: почвенно-климатических условий, интенсивности обработки почвы, структуры посевных площадей, урожайности культур, уровня химизации и др. Интенсивность минерализации гумуса выше в чистых парах и под про-

пашными культурами. Она возрастает на почвах легкого механического состава.

Пример расчета баланса гумуса приведен в табл. 76.

Таблица 76

Баланс гумуса в севообороте

№ п.п.	Культура	Площадь, га	Планируемый урожай	Вынос азота урожаем, кг/га		Общий расход азота почвы	Минерализация гумуса, т/га	Образование гумуса из пожнивно-корневых остатков, т/га		Баланс гумуса, т/га (+/-)	Доза навоза бездефицитного баланса гумуса по севообороту, т/га
				всего	в т.ч. из почвы			накопление остатков	образование гумуса		
1	Многолетние травы 1 г.п.	52	45	81	13,4	13,4	0,27	5,85	1,05	+0,78	
2	Многолетние травы 2 г.п.	52	45	81	13,4	13,4	0,27	5,85	1,05	+0,78	
3	Лен	52	4,0	32	17,6	21,1	0,42	0,76	0,11	-0,31	
4	Картофель	52	250	150	75,0	120	2,40	3,00	0,15	-2,25	
5	Вико-овес на зеленый корм	52	200	60	33,0	39,6	0,79	4,00	0,60	-0,19	
6	Озимая рожь	52	30	78	42,9	51,5	1,03	3,90	0,58	-0,45	
7	Ячмень + травы	52	28	70	38,5	46,2	0,92	3,36	0,50	-0,42	
Всего		364		552	233,8	305,2	6,10	26,70	4,04	-2,06	34,3
В среднем на 1 га				78,8	33,4	43,6	0,87	3,81	0,58	-0,29	4,8

Минерализация гумуса может быть примерно определена по расходу почвенного азота при возделывании сельскохозяйственных культур (табл. 77).

Таблица 77

Вынос азота с урожаем сельскохозяйственных культур в Нечерноземной зоне, кг на 1 ц основной продукции с учетом побочной (по справочным данным)

№ п.п.	Культура	Основная продукция	Вынос азота
1	Озимая пшеница	Зерно	3,2
2	Озимая рожь	-	2,6
3	Яровая пшеница	-	3,5
4	Ячмень	-	2,5
5	Овес	-	2,9
6	Гречиха	-	3,0
7	Горох	-	6,6
8	Вика	-	6,2
9	Люпин	Семена	6,8
10	Кукуруза	Силос	0,3
11	Подсолнечник	-	0,5
12	Люпин	-	0,4
13	Вико-овес	-	0,3
14	Рожь озимая	-	0,3
15	Силосные (без кукурузы)	-	0,4
16	Конопля	Волокно	12,0
17	Лен (соломка)	Соломка	1,4
18	Лен	Волокно	8,0
19	Сахарная свекла	Корнеплоды	0,6
20	Кормовая свекла	-	0,5
21	Кормовые корнеплоды	-	0,6
22	Картофель ранний	Клубни	0,5
23	Овощи (в целом)	Плоды	0,35
24	Однолетние травы	Сено	1,8
25	Многолетние травы	-	2,3
26	Клевер	-	2,0
27	Тимофеевка	-	1,6
28	Люцерна	-	2,6
29	Клевер с тимофеевкой	-	1,8
30	Многолетние травы (смеси и др.)	Зеленая масса	0,5

Вынос азота урожаем соответствует потреблению его растениями за вычетом азота, фиксированного из атмосферы симбиотическими микроорганизмами в посевах бобовых культур.

Принято, что поступление азота за счет азотфиксации составляет у многолетних бобовых трав – 70%, у зернобобовых и однолетних бобовых – 60% от выноса азота урожаем этих культур, в смешанных посевах однолетних трав (вика с овсом, горох с овсом) – 37% от выноса.

Так, в соответствии с планируемой урожайностью культур севооборота (табл. 74) и данными по выносу азота (табл. 76) рассчитаем вынос азота урожаем ячменя: $2,5 \text{ кг} \times 28 \text{ ц/га} = 70 \text{ кг/га}$.

Принято, что доля азота почвы (гумуса) в общем выносе его урожаем культуры в зависимости от норм внесения минерального азота составляет 50-60%. Учитывая, что между количеством вносимых удобрений и величиной планируемого урожая существует тесная связь, доля почвенного азота может быть установлена в зависимости от уровня последнего (табл. 78, 79).

Таблица 78

**Доля азота гумуса в формировании урожая в зависимости от
уровня применения минеральных удобрений (планируемого урожая)**

Уровни применения минерального азота, кг/га д. в-ва	Уровни урожаев	Доля азота гумуса в формировании урожая, %
До 40	Низкий	60
40-90	Средний	55
Свыше 90	Высокий	50

Таблица 79

**Примерная классификация уровней урожаев основных групп
сельскохозяйственных культур Нечерноземной зоны, ц/га**

Культура	Уровень урожая		
	низкий (менее)	средний	высокий
1. Зерновые	15/20	15-20/20-30	25/30
2. Картофель	100/100	100/250/100-200	250/200
3. Корнеплоды, овощи	100/150	100-300/150-400	300/400
4. Кукуруза на силосе	100/150	100-300/150-350	300/350
5. Силосные без кукурузы	100/150	100-250/150-350	250/300
6. Многолетние травы и однолетние травы (зеленая масса)	100/150	100-250/150-350	250/300
7. Однолетние травы (сено)	15/20	15-30/20-35	30/35
8. Многолетние травы (сено)	15/20	15-45/20-50	45/50
9. Лен (соломка)	10/15	10-20/15-25	20/25
10. Гречиха	5/10	5-15/10-20	15/20

*Примечание: в числителе – для песчаных и супесчаных и супесчаных почв;
в знаменателе – для суглинистых и глинистых почв.*

В данном примере, доля почвенного азота при получении планируемого урожая ячменя должна составить 55% или $(70 \text{ кг/га} \times 55\%) / 100 = 38,5 \text{ кг/га}$.

Далее необходимо ввести поправочные коэффициенты с учетом гранулометрического состава и интенсивности обработки почв под культуры севооборота:

- а) для тяжелого суглинка – 0,8;
- среднего суглинка – 1,0;

- легкого суглинка – 1,2;
 супеси – 1,4; песка – 1,8.
 б) для многолетних трав – 1,0;
 зерновых и других однолетних культур сплошного сева – 1,2;
 пропашных – 1,6.

В рассматриваемом примере почва среднесуглинистая, т.е. поправочный коэффициент на гранулометрический состав почвы – 1; коэффициент на интенсивность обработки для зерновых – 1,2, поэтому общий расход азота почвы в кг на гектар под ячменем равен: $38,5 \times 1 \times 1,2 = 46,2$ кг/га.

В гумусе содержится в среднем 5% азота, поэтому минерализация гумуса рассчитывается путем умножения показателя выноса почвенного азота урожаем культуры на коэффициент перевода азота в гумус, равный 20. Следовательно, расход на создание урожая ячменя 46,2 кг/га азота приводит к минерализации двадцатикратного количества гумуса: $46,2 \text{ кг} \times 20 = 924$ кг или 0,92 тонны.

Потери гумуса в чистых парах определяются по табл. 80.

Таблица 80

Минерализация гумуса при обработке чистых паров в почвах различного гранулометрического состава Нечерноземной зоны

Гранулометрический состав почвы	Минерализация гумуса, т/га
Тяжелосуглинистый и глинистый	2,5
Средне- и легкосуглинистый	2,0
Супесчаный	1,5
Песчаный	1,0

Суммируя расход гумуса по всем полям севооборота, находим общую среднюю величину его минерализации на 1 га севооборотной площади. В данном случае она составила 0,87 т/га (табл. 76). Аналогично рассчитывается количество минерализуемого гумуса на 1 га пашни по отделению и хозяйству в целом.

Определение размера накопления гумуса

Приходная часть гумусового баланса складывается из его новообразования за счет гумификации пожнивно-корневых остатков растений, органического вещества вносимых органических удобрений.

Различные сельскохозяйственные культуры оставляют после себя на поле в виде опада, пожнивно-корневых остатков неодинаковое количество органического вещества. Оно возрастает с увеличением урожая. Существует определенное соотношение между поступлением растительных остатков в почву и урожаем основной продукции сельскохозяйственных культур. Поэтому количество поступающих в почву пожнивно-корневых остатков может рассчитываться по урожаю основной продукции. В табл. 81 приведены нормативы накопления пожнивно-корневых остатков.

Таблица 81

**Нормативы накопления пожнивно-корневых остатков
в почвах Нечерноземной зоны (ц сухого вещества на 1ц основной продукции)**

Озимые зерновые		Яровые зерновые		Многолетние травы (сено)		Многолетние травы (зеленая масса)	
урожай-ность, ц/га	выход остатков, ц	урожай-ность, ц/га	выход остатков, ц	урожай-ность, ц/га	выход остатков, ц	урожай-ность, ц/га	выход остатков, ц
До 10	1,8	10	1,4	10	2,0	50	0,40
10-15	1,6	10-15	1,3	10-20	1,8	50-100	0,35
16-20	1,5	16-20	1,3	21-30	1,5	101-150	0,32
21-25	1,4	21-25	1,2	31-40	1,4	151-200	0,31
26-30	1,3	26-30	1,2	41-50	1,3	201-250	0,29
31-35	1,2	31-35	1,1	51-60	1,3	251-300	0,27
36-40	1,1	36-40	1,0	61-70	1,2	301-350	0,25
свыше 40	1,0	свыше 40	0,9	71-80	1,2	351-400	0,22
Однолетние травы (сено)		Однолетние травы (зеленая масса)		Силосные без кукурузы		Кукуруза на силос	
До 10	1,1	50	0,30	50	0,22	50	0,20
10-20	0,9	50-100	0,25	50-100	0,20	50-100	0,18
21-30	0,9	101-150	0,23	101-150	0,18	101-150	0,15
31-40	0,8	151-200	0,20	151-200	0,17	151-200	0,14
41-50	0,8	201-250	0,15	201-250	0,17	201-250	0,14
51-60	0,7	251-300	0,14	251-300	0,16	251-300	0,13
61-70	0,7	301-350	0,13	301-350	0,14	301-350	0,11
71-80	0,6	351-400	0,12	351-400	0,13	351-400	0,10
свыше 80	0,6	св. 400	0,11	св. 400	0,12	св. 400	0,09
Картофель, корнеплоды, овощи		Гречиха		Люпин (зеленая масса)		Люпин (семена)	
До 50	0,16	До 5	2,0	До 50	0,22	До 5	6,0
50-100	0,14	5-10	1,9	50-100	0,20	5-10	4,7
101-150	0,13	11-15	1,8	101-150	0,19	11-15	4,4
151-200	0,13	16-20	1,6	151-200	0,18	16-20	4,3
201-250	0,12	21-25	1,5	201-250	0,17	21-25	4,2
251-300	0,12	26-30	1,4	251-300	0,17	26-30	4,1
301-350	0,11	свыше 30	1,3	301-350	0,16	св.30	4,1
351-400	0,11			351-400	0,16		
св. 400	0,11			св. 400	0,16		

Лен (соломка)	
1	2
до 10	0,45
10-15	0,43
16-20	0,40
21-25	0,38
26-30	0,37
31-35	0,35
36-40	0,34
св. 40	0,33

Примечание:

графа 1 – урожай основной продукции, ц/га;

графа 2 – нормативы накопления пожнивно-корневых остатков.

Поскольку ценность органических остатков по образованию гумуса неодинакова, вводится коэффициент гумификации органического вещества, отражающий количество гумуса, которое образуется из одной части растительных остатков (табл. 82). Так, при урожае ячменя 28 ц/га согласно данным таблицы 80 на 1 ц основной продукции в почве накапливается 1,2 ц пожнивно-корневых остатков (сухого вещества) или всего $(1,2 \text{ ц} \times 28 = 33,6 \text{ ц/га})$ 3,4 т/га. Так как, из каждой тонны остатков зерновых культур в дерново-подзолистой почве образуется 0,15 т гумуса (табл. 81), то общее количество новообразованного гумуса составит: $0,50 \text{ т/га} \times (3,36 \text{ т/га} \times 0,15 = 0,50 \text{ т/га})$.

Таблица 82

Коэффициент гумификации сухой массы пожнивно-корневых остатков сельскохозяйственных культур в почвах Нечерноземной зоны.

Культура	Коэффициенты
Многолетние травы, люпин	0,18
Зерновые, зернобобовые, однолетние травы (сено), лен	0,15
Силосные однолетние травы (зеленая масса)	0,10
Картофель, корнеплоды, овощи	0,05

Баланс гумуса под культуры определяется путем вычитания количества минерализованного гумуса из новообразованного его количества.

Под ячменем баланс гумуса составит $-0,42 \text{ т/га}$ ($0,50 - 0,92 = -0,42 \text{ т/га}$).

Аналогично рассчитывается баланс и по другим культурам кроме бобовых, по которым учитывается приход азота в почву за счет симбиотической азотфиксации, что снижает потребность этих культур в почвенном азоте и размеры минерализации гумуса.

Например, вынос азота травами при урожае 45 ц/га составит:

$$1,8 \text{ кг/га} \times 45 = 81 \text{ кг/га.}$$

Доля азота почвы и удобрений за вычетом азотфиксации равна:

$$100\% - 70\% = 30\% \text{ или } (81 \times 30) / 100 = 24,3 \text{ кг.}$$

С учетом уровня урожая (45 ц/га – средний) доля азота почвы составит 55% или $24,3 \text{ кг} \times 55\% / 100\% = 13,4 \text{ кг/га}$, поправочный коэффициент на granulometric состав и обработку почвы в данном случае равен 1.

Минерализация гумуса равна: $13,4 \times 20 = 268 \text{ кг/га}$ или $0,27 \text{ т/га}$.

Накопление остатков: $45 \text{ ц/га} \times 1,3 = 58,5 \text{ ц/га}$ или $5,85 \text{ т/га}$.

Образование гумуса: $5,85 \text{ т/га} \times 0,18 = 1,05 \text{ т/га}$.

Баланс гумуса: $1,05 \text{ т/га} - 0,27 \text{ т/га} = +0,78 \text{ т/га}$.

Поступление азота за счет азотфиксации в смешанных посевах однолетних трав (вика с овсом) составляет 37%, но поскольку в данных расчетах вынос азота на 1 т зеленой массы принимался без учета азотфиксации баланс гумуса под этой культурой рассчитывался без учета прихода азота за счет азотфиксации.

Приведенные примеры характеризуют результат расчета баланса гумуса под отдельными культурами. Суммированием рассчитывается баланс в

среднем по севообороту, отделению, хозяйству. По нему определяют среднегектарную норму и общую потребность в органических удобрениях, необходимых для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в почвах.

В среднем по данному севообороту новообразование гумуса составило 0,58 т/га. Расход гумуса составил 0,87 т/га. Таким образом, баланс гумуса в данном севообороте оказался отрицательным: $0,87 \text{ т/га} - 0,58 \text{ т/га} = 0,29 \text{ т/га}$.

Определение потребности в органических удобрениях для обеспечения бездефицитного баланса гумуса

Для бездефицитного баланса гумуса расчет ведется исходя из содержания в подстилочном навозе сухого органического вещества и коэффициентов его гумификации. Например, при содержании в подстилочном навозе 25% сухого вещества (влажность навоза 75%) и коэффициента гумификации 0,20 из одной тонны удобрения в почве образуется 0,5 ц гумуса. При отсутствии результатов анализа органических удобрений принимается, что из одной тонны подстилочного навоза в легких почвах (супесчаных и песчаных) образуется 50 кг, в суглинистых – 60 кг гумуса. Отсюда рассчитывается ежегодное количество навоза для ликвидации некомпенсированных растительными остатками и удобрениями потерь гумуса и общая потребность в навозе для бездефицитного баланса органического вещества почвы (в расчете на гектар и всю площадь севооборота, хозяйства и т.д.).

В рассматриваемом примере насыщенность органическими удобрениями для обеспечения бездефицитного баланса гумуса, исходя из полученного баланса и норматива образования гумуса из 1 т подстилочного навоза (для среднесуглинистой почвы 60 кг/га) составит: $0,29 \text{ т/га} / 0,06 \text{ т} = 4,8 \text{ т на 1 га}$ севооборотной площади (в пересчете на подстилочный навоз). Потребность в подстилочном навозе на всю площадь севооборота равна $364 \text{ га} \times 4,8 \text{ т/га} = 1747 \text{ т}$.

Приведенные ранее расчеты показывают, что хозяйство располагает следующими видами органических удобрений: бесподстилочного навоза КРС-6179 т, подстилочного навоза овец – 136 т и лошадей – 56 т, навозной жижи всех видов – 1090 т. В пересчете на подстилочный навоз это составляет 5909 т при потребности 1747 т, но следует предусматривать потребность в органических удобрениях и других севооборотов хозяйства.

Для увеличения количества органических удобрений целесообразно осуществлять компостирование (табл. 83).

Таблица 83

Расчет выхода компостов в хозяйстве

Вид компоста	Компостируемый материал	Расход навоза		Соотношение с торфом	Выход компоста
		физич.	подстил.		
Торфо-навозный	навоз КРС	6179	5561	1 : 1	11122
	навоз овец	136	177	1 : 1	354

	навоз лошадей	56	62	1 : 1	124
Торфо-жижевый	навозная жижа	1090	109	1 : 1	218
Итого			5909		11818

При приготовлении торфожижевого компоста следует добавлять фосфоритную муку в количестве 2,0% от массы компоста. Расчет количества органических удобрений с учетом компостирования в пересчете на подстилочный навоз приведен в табл. 84.

Таблица 84

Расчет выхода органических удобрений в пересчете на подстилочный навоз

Вид компоста	Компостируемый материал, т	Выход компоста, т	Выход компоста с учетом потерь*, т	Выход компоста в пересчете на подстилочный навоз, т
Торфо-навозный	навоз КРС	11122	9454	9454
	навоз овец	354	301	301
	навоз лошадей	124	105	105
Торфо-жижевой	навозная жижа	218	185	148
Итого		11818	10045	10008

**Потери составляют 15% от первоначальной массы*

Выход подстилочного навоза определяется умножением количества компоста на соответствующий коэффициент пересчета (табл. 72).

Место, время и нормы внесения органических удобрений в севообороте определяются с учетом ранее изложенных особенностей их применения. В данном случае рекомендуется вносить органические удобрения в каждом поле севооборота под озимую рожь в норме 35 т/га, один раз в 7 лет, т.е. в ротацию. Указанная норма (35 т/га) практически обеспечивает расчетную насыщенность севооборота органическими удобрениями ($35 \text{ т} / 7 = 5 \text{ т/га}$), обеспечивающую бездефицитный баланс гумуса (4,8 т/га). Органику рекомендуется в данном случае вносить после уборки парозанимающей культуры (вики-овсяной смеси на зеленый корм), так как под озимую рожь планируемая система обработки почвы предусматривает проведение отвальной обработки, что позволит качественно заделать удобрение.

Оптимизация баланса гумуса

На отдельных полях или целом по севообороту содержание гумуса может быть низким, поэтому требуются мероприятия не только для поддержания имеющегося уровня гумусированности почвы, но и для наращивания его содержания до оптимальной в данных условиях величины.

В первую очередь рассчитывается потребность в мелиоративных нормах органических удобрений для восстановления плодородия средне, сильно и очень сильно эродированных бедных гумусом почв. В этих целях используются крупномасштабные почвенные карты или агрохимические карто-

граммы землепользования колхозов и совхозов, где указаны площади таких почв и данные об их гумусированности. При этом ставится задача за определенный период времени (например, за 20 лет) поднять содержание органического вещества в бедных гумусом почвах до оптимальных уровней, обеспечивающих эффективное использование минеральных удобрений и получение высоких плановых урожаев.

При оптимизации содержания гумуса необходимо установить нижний уровень содержания гумуса, за пределами которого недостаток его в почве сдерживает формирование высоких и устойчивых урожаев и снижает эффективность агрохимических мероприятий.

Для конкретных условий установлены оптимальные значения содержания гумуса в почве.

Примерное оптимальное содержание гумуса для дерново-подзолистых почв составляет: песчаные и супесчаные – 1,8-2,0%; легко и среднесуглинистые – 2,0-2,5%; тяжело суглинистые и глинистые – 2,5-3,0%.

Панников В.Д. и Минеев В.Р. дают следующую характеристику разных почв по содержанию гумуса (табл. 85).

Таблица 85

Содержание гумуса в почвах разной окультуренности, %				
Почвы	Степень окультуренности			
	слабая	средняя	хорошая	высокая
Дерново-подзолистые на бескарбонатных породах:				
супесчаные и песчаные	0,6-1,6	1,6-2,2	2,2-3,0	3,0-4,0
легко и среднесуглинистые	1,0-2,2	2,1-2,8	2,6-3,6	3,4-4,5
тяжелосуглинистые, глинистые	1,2-2,4	2,2-3,2	3,0-4,8	4,5-5,5
Дерново-сильноподзолистые	2,1-2,7	2,1-3,0	3,0-5,0	-
среднеподзолистые	1,8-2,5	2,0-3,0	3,0-5,0	-
слабоподзолистые	1,5-2,1	2,0-3,0	3,0-5,0	-

Расчет потребности в органических удобрениях для обеспечения положительного баланса гумуса приведен в таблице 86. Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая, оптимальное содержание – 2,5%.

Таблица 86

Расчет оптимизации содержания гумуса на отдельных полях севооборота							
№ п.п.	Чередование культур	Содержание гумуса в почве					
		фактическое		планируемое		разница	
		%	г/га	%	г/га	%	г/га
1	мн. травы 1 г.п.	2,2	66	2,5	75	-0,3	-9
2	мн. травы 2 г.п.	2,5	75	-	-	-	-
3	лен	1,6	48	2,5	75	-0,9	-27
4	картофель	1,8	54	2,5	75	-0,7	-21
5	вико-овес на з.корм	2,6	78	-	-	-	-
6	оз. рожь	2,9	87	-	-	-	-
7	ячмень + травы	2,3	69	2,5	75	-0,2	-6
Сумма		-	-	-	-	-	-63

Среднее по севообороту: по полям с оптимальным содержанием гумуса (№2, 5, 6)	2,67	80,1	-	-	-	-
по полям с содержанием гумуса ниже оптимального (№1, 3, 4, 7)	1,98	59,4	2,5	75	-52	-5,6

Исходя из планируемого увеличения запасов гумуса и коэффициента гумификации подстилочного навоза, устанавливают потребность в органических удобрениях для каждого поля подлежащего оптимизации и в среднем по севообороту.

Например, для оптимизации содержания гумуса в поле №3 потребуется внести 450 т/га подстилочного навоза ($27000 \text{ кг} : 60 = 450 \text{ т}$). В среднем по севообороту потребность составит 260 т/га ($15600 \text{ кг} : 60 = 260 \text{ т/га}$). С учетом норм органических удобрений рекомендуемых для окультуривания почв и периодичности их внесения, рассчитывают количество времени необходимое для повышения содержания гумуса на полях, нуждающихся в оптимизации содержания гумуса. При определении периодичности и норм внесения придерживаются разработанных рекомендаций (табл. 87).

Таблица 87

Периодичность и нормы внесения подстилочного навоза в полях агрохимического окультуривания

Почвы	Содержание гумуса, %	Периодичность внесения	Доза, т/га	
			под озимые	под картофель, силосные, корнеплоды, овощные
Дерново-подзолистые песчаные	1,0	раз в 3 года	60	80
	1,-1,5		50	70
	1,5-2,0		50	60
супесчаные	1,2	раз в 4 года	60	80
	1,2-1,8		55	70
	1,8-2,5		50	60
	>2,5		40	50
легкосуглинистые и среднесуглинистые	1,5	раз в 5 лет	60	80
	1,5-2,0		55	70
	2,0-2,8		50	60
тяжелосуглинистые и глинистые	1,8	раз в 6 лет	70	80
	1,8-2,2		60	80
	2,2-3,0		50	60
	>3,0		40	50
серые лесные песчаные и супесчаные	1,5	раз в 4 года	60	70
	1,5-2,5		50	60
	2,5-3,0		50	50
	>3,0		40	50
суглинистые и глинистые	2,0	раз в 5 лет	60	70
	2,0-2,5		55	60
	2,5-3,0		50	60

	>3,5		40	50
--	------	--	----	----

На среднесуглинистых почвах с содержанием гумуса 1,5-2,0% разовая доза составляет 55-70 т/га, периодичность внесения 1 раз в 5 лет, при содержании гумуса 2,0-2,8% соответственно 50-60 т/га 1 раз в 5 лет.

Для достижения запланированного уровня содержания гумуса в полях агрохимического окультуривания потребуется соответственно:

Поле №1

$9000 \text{ кг} / 60 = 150 \text{ т/га}$ подстилочного навоза;

$(150 \text{ т} / 50 \text{ т/га}) \times 5 = 15$ лет или 2 ротации.

Поле №2

$27000 \text{ кг} / 60 = 450 \text{ т/га}$;

$(450 \text{ т} / 60 \text{ т/га}) \times 5 = 37,5$ лет или более 5 ротаций.

Поле №4

$21000 \text{ т} / 60 = 350 \text{ т/га}$;

$(350 \text{ т} / 60 \text{ т/га}) \times 5 = 29$ лет или 4 ротации.

Поле №7

$6000 \text{ кг} / 60 = 100 \text{ т/га}$;

$(100 \text{ т} / 50 \text{ т/га}) \times 5 = 10$ лет или 1,5 ротации.

Суммируя количества органических удобрений, необходимые для обеспечения бездефицитного баланса гумуса и его оптимизации, определяют общую потребность севооборота в органических удобрениях.

При определении общей потребности хозяйства в органических удобрениях следует также учитывать затраты их на первичное окультуривание мелиорируемых земель, исходя из площади последних и рекомендуемых мелиоративных норм навоза, а также потребность в удобрениях теплично-парникового хозяйства, если таковое имеется.

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимают под балансом гумуса?
2. Как определяется размер минерализации гумуса?
3. Как определяется размер накопления гумуса?
4. Как определить потребность в органических удобрениях для обеспечения бездефицитного баланса гумуса?
5. Из чего исходят при оптимизации баланса гумуса?
6. Перечислите основные причины дегумификации почв.
7. Какие исходные данные необходимы для расчета баланса гумуса?
8. Что понимают под минимальным, оптимальным и максимальным содержанием гумуса в почве?

9. Какие способы регулирования содержания гумуса в почве помимо внесения органических удобрений следует использовать в земледелии?

10. Что означает коэффициент гумификации органического вещества?

3.7. Определение норм минеральных удобрений на плановую урожайность сельскохозяйственных культур

а) с использованием нормативов баланса питательных веществ за севооборот.

Для определения доз удобрений применяют три основных группы методов:

- прямого использования результатов полевых опытов с удобрениями;
- расчетные с учетом многообразия факторов, определяющих эффективность удобрений;
- математические методы с применением компьютеров.

В настоящей работе рассматривается расчетный метод определения норм минеральных удобрений с использованием нормативов баланса питательных веществ за севооборот. Целесообразность применения балансовых методов расчета норм удобрений обусловлена в первую очередь необходимостью целенаправленного повышения плодородия почв.

Сущность определения баланса питательных веществ заключается в сопоставлении статей прихода и расхода за счет различных источников поступления.

Приходные статьи баланса:

1. Внесение минеральных и органических удобрений;
2. Поступление питательных веществ с семенами;
3. Использование симбиотического и не симбиотического азота;
4. Поступление питательных веществ с атмосферными осадками.

Расходные статьи баланса:

1. Вынос питательных веществ урожаем сельскохозяйственных культур;
2. Потери их за счет вымывания и в результате эрозии почв;
3. Денитрификация азота почвы.

По своим размерам поступление питательных веществ с семенами, не симбиотическим азотом и с атмосферными осадками примерно равно потерям питательных веществ за счет вымывания, в результате эрозии почв и денитрификации, поэтому на практике чаще всего сопоставляют между собой поступление питательных элементов с удобрениями и азота, вследствие симбиотической азотфиксации с выносом питательных веществ урожаем сельскохозяйственных культур.

Применение данного метода предполагает изучение результатов агрохимического обследования почв каждого конкретного поля по кислотности, содержанию подвижного фосфора, обменного калия, гумуса и другим показателям. В этом методе используют данные по выносу питательных веществ

на единицу продукции урожая с учетом побочной и примерные нормативы баланса питательных веществ за севооборот в зависимости от содержания элементов питания в почве (табл. 88).

Таблица 88

Вынос элементов питания на единицу урожая некоторых культур, кг/т

Культура	Основная продукция	Вынос основной продукции с учетом побочной		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	зерно	32	12	26
Озимая рожь	-	26	12	28
Яровая пшеница	-	35	12	25
Ячмень	-	25	11	24
Овес	-	29	13	29
Гречиха	-	30	15	40
Горох	-	66	16	20
Вика	-	62	14	16
Кукуруза	силос	3,0	1,5	5,0
Подсолнечник	-	5,0	1,0	6,0
Вико-овес	-	3,0	1,2	4,5
Рожь озимая	-	3,0	1,2	4,5
Конопля	волокно	120	60	100
Лен	соломка	14	7,0	12
	волокно	80	40	70
Кормовая свекла	корнеплоды	5,0	1,5	6,7
Картофель ранний	клубни	5,0	1,5	7,0
Картофель поздний	-	6,0	2,0	9,0
Однолетние травы	сено	18	4,5	19
Многолетние травы	-	23	6,3	19,5
Клевер	-	20	6,0	15
Тимофеевка	-	16	7,0	24
Клевер с тимофеевкой	-	18	6,0	20
Капуста белокочанная	кочаны	3,4	1,3	4,4
Морковь столовая	корнеплоды	3,21	1,6	5,0
Свекла столовая	-	2,7	1,5	4,3
Лук на репку	луковицы	3,7	1,3	4,0

Важнейшим показателем, необходимым для разработки системы удобрений, является интенсивность баланса питательных веществ, т.е. отношение их прихода к расходу.

По данным ВИУА, в полевых севооборотах на дерново-подзолистых почвах оптимальная интенсивность баланса азота, обеспечивающая планируемую продуктивность и экологическую безопасность севооборота, составляет 105-110%. Показатели интенсивности баланса азота, фосфора и калия, при котором увеличение содержания подвижных питательных веществ сопровождается стабилизацией или повышением продуктивности севооборота, приведены в табл. 89.

Таблица 89

**Примерные нормативы баланса питательных веществ за севооборот
в зависимости от содержания элементов питания в дерново-подзолистых
и серых лесных почвах**

Клас с почв	Содержание в почве подвижных форм фосфора и калия	Внесение питательных веществ с удобрениями за севооборот, % от выноса с урожаем		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-2	Очень низкое и низкое	120-130	200-250	130-150
3	Среднее	120-130	170-200	110-130
4	Повышенное	110-120	140-170	80-100
5	Высокое	100-110	100-140	60-80
6	Очень высокое	80-100	70-100	40-60

С балансовым методом расчета норм удобрений ознакомимся на примере следующего севооборота (табл. 90, 91).

Таблица 90

Схема севооборота и урожайность культур

№ поля	Культура	Урожайность, ц/га	
		фактическая	плановая
1	Многол. травы 1 г. п.	30	45
2	Многол. травы 2 г. п.	30	45
3	Лён на семена	2,5	4,0
4	Картофель	112	250
5	Вико-овес на з. корм	120	200
6	Озимая рожь	17,0	30,0
7	Ячмень + многол. травы	15,5	28,0

Таблица 91

Агрохимическая характеристика почв полевого севооборота

№ п.п.	Пло- щадь, га	Тип почвы	Грануло- метричес- кий со- став	Содер- жание гумуса	рН КСl	Н мг/экв. на 100 г почвы	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
								мг на кг почвы	
1	52	Дерново- подзол.	Средне- суглин.	2,2	5,8	2,2	82	197	160
2	-	-	-	2,5	6,0	1,5	90	114	195
3	-	-	-	1,6	4,9	4,4	65	73	83
4	-	-	-	1,8	5,5	3,3	75	68	124
5	-	-	-	2,6	5,2	4,1	70	140	113
6	-	-	-	2,9	5,9	1,8	85	230	215
7	-	-	-	2,3	5,8	2,0	83	125	144

Рассмотрим расчет норм минеральных удобрений с использованием нормативов баланса на примере поля №1 (табл. 92).

Таблица 92

Расчет норм минеральных удобрений под культуры в поле №1

Культура	Год	Планируемая урожай- ность, т/га	Вынос планир. урожаем, кг/га			С учетом поправок на баланс следует внести, кг/га			Последствие остатков мно- гол. трав, N, кг/га	Действие 35 т/га органики, кг/га			Требуется за счет минер. удобрений, кг/га			С учетом коэффициента распред. следует внести, кг/га		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар занятый (вико-овес на зел. корм)	2002	20,0	60	24	90	66	29	81	-	-	-	-	66	29	81	65	30	80
Озимая рожь	2003	3,0	78	36	84	86	43	76	-	56	46	140	30	-	-	30	-	-
Ячмень + травы	2004	2,8	70	31	67	77	37	60	-	56	17	35	21	20	25	20	20	25
Мн. травы 1 г.п.	2005	4,5	24*	27	90	26	32	81	-	28	7	-	-	25	81	-	25	80
Мн. травы 2 г.п.	2006	4,5	24*	27	90	26	32	81	-	-	-	-	26	32	81	30	35	80
Лен	2007	0,4	32	16	28	35	19	25	60	-	-	-	-	19	25	-	20	25
Картофель	2008	25,0	150	50	225	165	60	202	41	-	-	-	125	60	202	125	60	200

* доля азота почвы и удобрений за вычетом азотфиксации

Дерново-подзолистая, среднесуглинистая почва пахотного слоя в этом поле согласно агрохимической характеристики содержит 197 мг/кг подвижного фосфора, что соответствует высокой обеспеченности (5 класс) и 160 мг/кг обменного калия, что соответствует повышенной обеспеченности (4 класс). Класс обеспеченности азотом определяют исходя из обеспеченности фосфором, так как почва среднесуглинистая (на песчаных и супесчаных почвах класс обеспеченности азотом определяют исходя из обеспеченности калием). Таким образом обеспеченность почвы пахотного слоя азотом в поле №1 будет соответствовать 5-му классу. Соответственно нормативы баланса питательных веществ за севооборот для поля №1 составят: по азоту – 110%, фосфору – 120%, калию – 90%. Расчеты представлены в таблице 91.

Вынос элементов питания планируемым урожаем (гр. 4, 5, 6) рассчитываются умножением выноса этих элементов единицей урожая на планируемую урожайность.

Пример: Вынос азота на 1 т зерна озимой ржи – 26 кг, планируемая урожайность – 3,0 т, вынос азота планируемым урожаем $3,0 \text{ т} \times 26 \text{ кг} = 78 \text{ кг/га}$.

Потребность в питательных веществах с учетом поправок на баланс (гр. 7, 8, 9) определяется умножением выноса питательного элемента планируемым урожаем на соответствующий норматив баланса.

Пример: Вынос урожая озимой ржи: азота – 78 кг/га, фосфора – 36 кг/га и калия – 84 кг/га. Принятые нормативы баланса по азоту – 110%, фосфору – 120% и калию – 90%.

С учетом поправок на баланс требуется азота: $78 \times 110 / 100 = 86 \text{ кг}$, фосфора: $36 \times 120 / 100 = 43 \text{ кг}$ и калия: $84 \times 90 / 100 = 76 \text{ кг}$.

Последействие азота пожнивно-корневых остатков многолетних трав (гр. 10) учитывается следующим образом. В рассматриваемом примере урожай сена многолетних трав за 2 года составил $4,5 \text{ т/га} \times 2 = 9 \text{ т/га}$. Считают, что после уборки 1 т сена с корневыми и пожнивными остатками трав в почву поступает 10-15 кг азота. Следовательно, после уборки 9 т сена в почву поступает примерно 135 кг/га азота ($9 \text{ т/га} \times 15 \text{ кг} = 135 \text{ кг/га}$). С помощью коэффициентов распределения (табл. 93) определяют поступление симбиотического азота под урожай последующих культур. Например, лен идет 1-й культурой после трав. Коэффициент распределения составляет 50%. Следовательно под урожай льна поступает $135 \times 50 / 100 = 68 \text{ кг/га}$ азота.

Аналогичным образом используют коэффициенты распределения питательных веществ органических удобрений, содержащих 0,4% N, 0,2% P_2O_5 и 0,5% K_2O .

Количество питательных веществ за счет минеральных удобрений (гр. 14, 15, 16) определяется как разница между выносом питательных веществ с учетом поправок на баланс (гр. 7, 8, 9) и поступлением их из пожнивно-корневых остатков и органических удобрений с учетом коэффициента распределения (гр. 10, 11, 12, 13).

Например, под озимую рожь требуется внести азота с минеральными удобрениями 30 кг/га ($86 - 56 = 30$).

Количество питательных веществ, вносимых с учетом коэффициента распределения питательных веществ минеральных удобрений (гр. 17, 18, 19), в рассматриваемом примере равно количеству питательных веществ за счет минеральных удобрений (гр. 14, 15, 16), так как, коэффициент распределения всех элементов питания в целом за ротацию севооборота равен 100.

Пример: под озимую рожь требуется за счет минеральных удобрений внести 30 кг/га азота, с учетом коэффициента распределения следует внести $30 \times 100 / 100 = 30$ кг/га. В данном случае ограничиваются корректировкой рассчитанных доз удобрений с точностью до 5 кг.

Таблица 93

Коэффициенты распределения питательных веществ (в %) удобрений и азота пожнивно-корневых остатков бобовых культур (рекомендации В.А. Демина)

Год действия удобрений	Органические удобрения			Минеральные удобрения			Азот пожнивно-корневых остатков
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1-й	40	65	80	100	55	70	50
2-й	40	25	20	-	30	30	30
3-й	20	10	-	-	15	-	20
Всего за ротацию	100	100	100	100	100	100	100

3.8. Оптимизация фосфорного и калийного режимов почвы

Для получения высоких урожаев необходим оптимальный пищевой режим почвы. Оптимизация азотного питания осуществляется за счет окультуривания почвы, обеспечения растений доступными формами азота путем применения органических и минеральных удобрений, накопления биологического азота.

Для разных почв севооборотов установлены оптимальные уровни содержания доступных форм фосфора и калия в почве (табл. 94).

Таблица 94

Рекомендуемое содержание фосфора и калия для основных севооборотов на различных почвах при получении высоких урожаев культур

Тип почвы	Вид севооборота	Содержание, мг/кг почвы	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистые	Зернотравяной	150	150
	Зернокартофельный	150	150
	Зернокартофелетравяной	200	150
	Кормовой прифермский	200	250
	Сенокосно-пастбищный	-	-
	Овощной	250	300

Серые лесные	Зернотравяной	200	250
	Зернокартофельный	200	250
	Зерносвекловичный	250	250
	Сидеральный	150	150
	Кормовой прифермский	200	250
	Овощной	250	300

При таких уровнях содержания доступного фосфора и калия обеспечивается получение на дерново-подзолистых и серых лесных почвах следующих урожаев сельскохозяйственных культур (табл. 95).

Таблица 95

Урожайность сельскохозяйственных культур при оптимальном содержании фосфора и калия в почве

Культуры	Урожайность, т/га
Зерновые	
озимые	3,5-4,0
яровые	2,5-3,0
Картофель	20-30
Овощи	50-60

Оптимизация обеспеченности почв доступными питательными веществами является обязательным условием эффективного внедрения интенсивных технологий.

Учитывая, что фосфор и калий можно вносить в запас, для достижения необходимого уровня содержания этих элементов в почве необходимо внести соответствующее количество органических и минеральных удобрений.

Не рекомендуется вносить калийные удобрения в запас на мягких по гранулометрическому составу дерново-подзолистых и серых лесных почвах. На таких почвах оптимальное содержание калия обеспечивается систематическим внесением органических и минеральных удобрений. Нормы питательных веществ рассчитываются с учетом его суммарного поступления с органическими и минеральными удобрениями (сверх выноса). Она зависит от фактического и заданного содержания фосфора и калия в почве и затрат питательных веществ на увеличение содержания этих элементов на 10 мг/кг почвы (табл. 96).

Таблица 96

Нормативы затрат питательных веществ на увеличение содержания фосфора и калия на 10 мг/кг почвы (слой 0-20 см), кг на 1 га

Тип почвы	Гранулометрический состав	Дозы	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистые	песчаные и супесчаные суглинистые	50-60	40-60
		70-90	60-80
Глеевые	в среднем	150-160	-
Серые лесные	песчаные и супесчаные	70-80	60-70
	суглинистые	90-110	70-80
	глинистые и тяжело		

	суглинистые почвы	120-140	80-90
--	-------------------	---------	-------

Пример: Содержание подвижных форм фосфора в почве пахотного слоя поля 4 составят 68 мг/кг, при рекомендуемом содержании 200 мг/кг. Учитывая нормативы, представленные в таблице 96, находим, что для оптимизации необходимо сверх выноса с удобрениями внести $(200 - 68) / 10 \times 80 = 1056$ кг/га фосфора.

Такой расчет необходимо сделать для полей севооборота с содержанием подвижного фосфора или обменного калия ниже оптимального.

При оптимизации содержания доступных форм фосфора и калия в почве необходимо учитывать биологические особенности культур. Высокие нормы вносят под культуры, наиболее требовательные к указанным элементам питания и хорошо отзываются на действие удобрений.

Нормы удобрений для оптимизации почвенного плодородия устанавливаются сверх выноса питательных веществ растениями, т.к. вынос компенсируется нормами, определенными на планируемый урожай культур.

При дефиците фосфорных удобрений ежегодное увеличение содержания подвижных питательных веществ за счет внесения водорастворимых форм не должно планироваться выше 10-15 мг, а при фосфорировании – 20-30 мг/кг почвы.

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимают под балансом питательных веществ?
2. Какие задачи решают при составлении баланса питательных веществ?
3. Назовите основные статьи поступления питательных веществ в почву?
4. Что такое активный баланс?
5. Перечислите основные статьи расходования питательных веществ из почвы.
6. Какое количество фосфора необходимо внести сверх выноса с удобрениями, чтобы увеличить содержание этого элемента в дерново-подзолистой почве на 10 мг/кг почвы?
7. Какое количество калия необходимо внести сверх выноса с удобрениями, чтобы увеличить содержание этого элемента в дерново-подзолистой почве на 10 мг/кг почвы?
8. Что такое интенсивность баланса питательных веществ?
9. Укажите рекомендуемое содержание фосфора и калия для основных севооборотов на различных почвах?
10. В чем заключается сущность балансовых методов расчета норм удобрений?

3.9. Годовой план применения удобрений

На основании системы применения удобрений составляют годовой план применения удобрений. С учетом биологических и хозяйственных особенностей возделываемых культур в плане отражают распределение удобрений (в действующем веществе) по культурам и полям с указанием приемов их внесения (табл. 97).

Различают три приема внесения удобрений: основное (допосевное), припосевное (рядковое) и подкормка или послепосевное удобрение.

Основное удобрение включает большую часть питательных веществ от общей нормы и обеспечивает питание растений на протяжении всей вегетации. В зависимости от почвенно-климатических условий его можно вносить или осенью, или весной.

Азотные удобрения в нитратной и аммиачно-нитратной формах в условиях избыточного и достаточного увлажнения на дерново-подзолистых почвах следует вносить весной под культивацию.

Жидкие аммиачные удобрения (аммиачная вода, безводный аммиак) в зоне достаточного увлажнения на дерново-подзолистых почвах тяжелого и среднего механического состава можно вносить с осени под плуг.

Фосфорные удобрения и на кислых почвах лучше заделывать более глубоко, т.е. под вспашку зяби или весной под ее перепашку.

Таблица 97

Годовой план применения органических и минеральных удобрений в севообороте на 1-й год действия системы

№ поля	Культура	Известь, т/га	Навоз, т/га	Минеральные удобрения, кг/га д.в-ва											
				всего			основное			припосевное			подкормка		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Вико-овес на зел. корм	-	-	65	30	80	65	20	80	-	10	-	-	-	-
2	Ячмень + травы	-	-	85	45	50	85	35	50	-	10	-	-	-	-
3	Лен	-	-	40	30	35	40	20	35	-	10	-	-	-	-
4	Мн. травы 1 г.п.	-	-	30	50	80	-	-	-	-	-	-	30	50	80
5	Картофель	9,1	-	180	75	250	160	55	230	20	20	20	-	-	-
6	Мн. травы 2 г.п.	-	-	30	30	65	-	-	-	-	-	-	30	30	65
7	Озимая рожь	-	2,5	40	10	-	-	-	-	-	10	-	40	-	-

Калийные удобрения применяют весной только на песчаных и супесчаных почвах влажной зоны. На других почвах лучше вносить осенью под зябь, особенно хлорсодержащие.

Навоз (компост) вносят под зябь или весеннюю вспашку. Весеннее внесение навоза практикуют на песчаных и супесчаных почвах, ввиду возможных потерь азота и калия.

Припосевное удобрение вносят одновременно с посевом или посадкой культур. Припосевное удобрение существенно улучшает рост молодых растений, когда они еще плохо используют фосфор почвы. В рядковом удобрении первостепенное значение принадлежит фосфору, значительно меньшее – азоту, а калий часто не дает эффекта. В качестве припосевного удобрения применяют гранулированный простой и двойной суперфосфат, а также комплексные удобрения (аммофос, диаммофос, нитрофос, нитрофоску, нитроаммофос и нитроаммофоску). Нормы припосевного удобрения невелики – от 5 до 20 кг/га каждого элемента питания. Под зерновые вносят 10-15 кг/га P_2O_5 .

Подкормка оправдана при следующих обстоятельствах:

- подкормка озимых зерновых культур и многолетних трав азотными удобрениями;
- подкормка азотными и калийными удобрениями пропашных культур, возделываемых на легких почвах (песчаных и супесчаных) при орошении или в зоне достаточного и избыточного увлажнения;
- при планировании высоких годовых норм минеральных удобрений под культуры, наиболее чувствительные к повышенной концентрации солей;
- для многолетних трав в полевых севооборотах, когда всю норму фосфорных и калийных удобрений не удалось внести под покровную культуру. Иногда подкормку используют как вынужденный прием из-за отсутствия удобрений в посевной период.

В рассматриваемом севообороте распределение удобрений по приемам внесения осуществлялось с учетом биологических и агротехнических особенностей возделываемых культур, краткое описание которых приводится ниже.

При возделывании озимых зерновых культур фосфорные и калийные удобрения, за исключением небольшой дозы, в рядки вносят до посева под основную обработку почвы. В рядки при посеве применяют комплексные удобрения в дозе $N_{10-15} P_{10-15} K_{10-15}$ или суперфосфат – P_{10-15} .

На дерново-подзолистых почвах наибольший эффект обеспечивают азотные удобрения, затем фосфорные и в последнюю очередь – калий.

Азотные удобрения рекомендуется вносить дробно с учетом почвенной и растительной диагностики: 20-30% от нормы до посева под предпосевную культивацию, 20% – весной в фазе кущения, 30% – в фазе выхода в трубку и 20-30% – в позднюю некорневую подкормку в фазе колошения – начала цветения или молочной спелости. Без учета поздней некорневой подкормки рас-

четную норму азота распределяют следующим образом: до посева – 20-40%, в первую подкормку – 30 и во вторую – 30-50%.

При возделывании яровых зерновых культур внесение до посева фосфорно-калийных удобрений осенью под зяблевую вспашку эффективнее, чем заделка их весной культиватором или дисковой бороной.

Весеннюю подкормку яровых зерновых азотными удобрениями не проводят. Некорневую подкормку мочевиной проводят по результатам листовой диагностики.

Картофель очень хорошо отзывается на внесение органических удобрений в норме 40-60 т/га. На песчаных, супесчаных и легкосуглинистых почвах в зонах достаточного и избыточного увлажнения наибольший эффект дает внесение навоза, на средних и тяжелых – осенью под зябь. На дерново-подзолистых почвах наибольший эффект обеспечивают азотные удобрения, затем фосфорные и в последнюю очередь – калийные. На песчаных и супесчаных, дерново-подзолистых почвах первое место по эффективности принадлежит азотным удобрениям, а второе – калийным.

Допосевное внесение минеральных удобрений под картофель заключается в следующем. В районах достаточного и избыточного увлажнения твердые азотные удобрения следует применять под перепашку или культивацию зяби, а жидкие аммиачные на связанных почвах можно вносить под зябь. Фосфорные удобрения (кроме гранулированного суперфосфата) и калийные (особенно хлорсодержащие) лучше заделывать с осени под плуг. Только на песчаных и супесчаных почвах калийные удобрения целесообразно применять весной. Гранулированный суперфосфат и гранулированные комплексные удобрения дают наибольший эффект при внесении их в борозду при посадке картофеля. При других обстоятельствах их лучше заделывать не осенью, а весной под ее перепашку. На пойменных и торфянистых почвах минеральные удобрения следует вносить только весной. При посадке картофеля минеральные удобрения вносят в норме $N_{20-40} P_{20-40} K_{20-40}$ или $N_{20-40} P_{20-40}$ в виде комплексных удобрений или P_{20-40} – гранулированного суперфосфата.

Перенесение части азотных и калийных удобрений (N₃₀₋₄₀ K₃₀₋₄₀) из основного удобрения в подкормку оправдано только в увлажненных районах или при орошении на песчаных и супесчаных почвах, где возможно вымывание этих удобрений. Кукуруза очень отзывчива на внесение органических удобрений в норме 40-50 т/га. Навоз лучше применять под глубокую зяблевую вспашку. Во влажных районах на песчаных и супесчаных почвах навоз целесообразнее заделывать весной.

Допосевное внесение фосфорно-калийных удобрений практикуют под вспашку зяби. Только в зоне избыточного увлажнения на легких почвах калийные удобрения целесообразно применять весной. При посеве кукурузы рекомендуется вносить 5-10 кг/га P_2O_5 в виде гранулированного суперфосфата. Подкормку азотом и калием (N₃₀₋₄₀K₃₀₋₄₀) следует проводить только на легких почвах. Перенесение части удобрений (особенно азотных и калийных)

из основного удобрения в подкормку также оправдано при внесении высокой годовой нормы.

Многолетние травы в полевых севооборотах часто представлены бобово-злаковыми смесями. Для сохранения бобовых в травостое требуется, прежде всего, хорошее фосфорно-калийное питание.

В полевых севооборотах на бобово-злаковых травах азотные удобрения используют совместно с повышенными дозами фосфорных и калийных, что позволяет получать более высокие урожаи травосмеси и уменьшить выпадение бобовых из травостоя за счет усиления фосфорно-калийного питания.

При значительном содержании в травостое бобовых действие низких доз азота (менее 30 кг/га) может вовсе не проявляться. Поэтому для повышения урожая бобово-злаковых травостоев с преимущественным содержанием в них бобовых трав доза азота должна составлять не менее 30 кг/га. Под травы 2-го года пользования, когда доля злаковых в урожае возрастает, дозу азота необходимо увеличить на 15-20 кг или в 1,3-1,5 раза. У бобовых наиболее высокая устойчивость в травостоях отмечается при внесении азота не рано весной, а вначале выхода в трубку или, что еще лучше, под второй укос. Лучшим азотным удобрением для поверхностного внесения является аммиачная селитра.

Фосфорные и калийные удобрения дают примерно в 2 раза большую прибавку урожая при внесении их под плуг под покровную культуру в полевых севооборотах.

Фосфорно-калийные удобрения при подкормке трав (поверхностно) применяют осенью или рано весной (лучше осенью). Фосфорные удобрения вносят в один прием, калийные – под каждый укос или стравливание не более 60 кг K_2O на 1 га, что позволяет снизить накопление калия в корме.

Лучшим фосфорным удобрением для подкормки трав является суперфосфат. В запас, под плуг (под покровную культуру) на кислых почвах лучше вносить фосфоритную муку. Для злаковых трав содержание хлора в калийных удобрениях не имеет большого значения, в посевах бобовых лучше использовать удобрения с меньшим содержанием хлора.

После составления годового рабочего плана применения удобрений в севообороте дают обоснование и уточнения этому плану (на один год). При обосновании и уточнении (отдельно для каждой культуры по полям севооборота) указывают дозы, формы, сроки и способы применения конкретных минеральных туков (аммиачная селитра, суперфосфат, хлористый калий и др.) и органических удобрений (табл. 98).

Таблица 98

Применение удобрений под вико-овсяную смесь на зеленый корм в поле №1

Приемы, сроки внесения и спо-	Из-	На- воз,	Минеральные удобрения	
			кг д. в-ва мг/га	физических туков, ц/га

содержание элементов удобрений			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	K ₂ O	и т.д.
1. Основное удобрение										
-осенняя культивация	-	-	-	20	80	-	1,0	-	1,33	
- ранневесеннее боронование	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
- культивация с боронован.	-	-	65	-	-	1,9	-	-	-	
- прикатывание	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2. Рядковое	-	-	-	10	-	-	-	0,25	-	
3. Подкормка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Приводится краткое обоснование форм удобрений, сроков и способов их внесения в соответствии с особенностями выращиваемой культуры. Формы удобрений можно записать общепринятыми обозначениями:

N.a. – аммоний азотнокислый (аммиачная селитра);

Na. – аммоний сернокислый (сульфат аммония);

Nm. – мочевины (карбамид);

Nc. – селитра натриевая;

N_{CK} – селитра кальциевая;

Naa – водный аммиак;

Nba – безводный аммиак;

Pc – суперфосфат простой;

Pcg – суперфосфат гранулированный;

Pp – преципитат;

Pof – обесфторенный фосфат;

Pf – фосфоритная мука;

Pfш – фосфатшлак;

Kx – калий хлористый;

Kc – калий сернокислый;

Kk – калийная соль;

Pam – диаммофос;

PfM – полифосфат аммония;

NF – нитрофосфат;

NFK – нитрофоска;

NFAK – нитроаммофоска;

FM – фосфат аммония.

Формы удобрений устанавливают с учетом биологических особенностей культуры и хозяйственных возможностей. При использовании аммиачной селитры (34% N), суперфосфата простого (20% P₂O₅), суперфосфата двойного гранулированного (40% P₂O₅) и хлористого калия расчет ведется следующим образом:

Аммиачная селитра $65 / 34 = 1,9$ ц;
Суперфосфат простой $20 / 20 = 1,0$ ц;
Суперфосфат двойной $10 / 40 = 0,25$ ц;
Хлористый калий $80 / 60 = 1,33$ ц.

Аналогичные планы составляем для всех полей севооборота.

3.10. Календарный план применения удобрений

Правильно составленный календарный план применения удобрений способствует улучшению организации труда при применении удобрений, позволяет контролировать правильность выполнения запланированных мероприятий по получению плановых урожаев и планомерному повышению плодородия почвы.

Содержание календарного плана применения удобрений в севообороте представлено в табл. 99.

Для установления потребности в удобрениях и средствах химической мелиорации на перспективу можно составить план применения удобрений на ротацию севооборота в отдельных полях, но при этом следует учесть, что агрономическое обследование почв проводится через 5-6 лет и расчетные нормы удобрений и извести должны быть скорректированы (табл. 100).

Таблица 99

Календарный план применения удобрений в севообороте на 1-й год

Приемы внесения удобрений, культура и дозы на 1 га	Ориентировочный срок внесения	№ поля, площадь в га	Известь, т	Вид удобрений, т					
				навоз	Каа	Рс	Рсг	Кх	и т.д.
Ранневесенняя подкормка озимой пшеницы, 40 кг азота и т.д.	5-10. 04	№7, 52			7,06				
Итого за весенний период									
Итого за летний период									
Итого за осенний период									
Всего за год									

Таблица 100

План применения органических и минеральных удобрений за ротацию севооборота в поле №4

Культура	Год	Известь, т/га	Навоз, т/га	Минеральные удобрения, кг/га д. в-ва											
				всего			основное			припосевное			подкормка		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Многол. травы 1 г.п.	2002	-	-	30	50	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Многол. травы 2 г.п.	2003	-	-	40	50	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Лен-долгунец	2004	7,3	-		30	25	-	20	25	-	10	-	-	-	-
Картофель	2005	-	-	140	95	205	100	55	165	40	40	40	-	-	-
Пар занятый (вико-овсяный)	2006	-	-	45	45	80	45	35	80	-	10	-	-	-	-
Озимая рожь	2007	-	35	40	15	-	-	-	-	-	15	-	40	-	-
Ячмень	2008	-	-	30	40	25	30	30	25	-	10	-	-	-	-

3.11. Определение норм минеральных удобрений методом элементарного баланса на планируемый урожай и метод определения норм удобрений на прибавку урожая с использованием примерных нормативов баланса питательных веществ в севообороте (автор В.А. Демин)

Для определения норм удобрений применяют три основных группы методов:

- прямого использования результатов полевых опытов с удобрениями;
- расчетные с учетом многообразия факторов, определяющих эффективность удобрений;
- математические методы с применением компьютеров.

Ниже рассматриваются примеры определения норм минеральных удобрений методом элементарного баланса на планируемый урожай и метод определения норм удобрений на прибавку урожая с использованием примерных нормативов баланса питательных веществ в севообороте (автор В.А.Демин). Применение метода элементарного баланса предполагает изучение результатов агрохимического обследования почв каждого конкретного поля по кислотности, содержанию подвижного фосфора, обменного калия, гумуса и другим показателям. В этом методе используют данные по выносу питательных веществ на единицу основной продукции урожая с учетом побочной, коэффициенты использования питательных веществ растениями из почвы, удобрений и пожнивно-корневых остатков бобовых культур (табл. 101-104).

Таблица 101

Вынос элементов питания на единицу урожая некоторых культур, кг/т

Культура	Основная продукция	Вынос основной продукции с учетом побочной		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5
Озимая пшеница	Зерно	32	12	26
Озимая рожь	-	26	12	28
Яровая пшеница	-	35	12	25
Ячмень	-	25	11	24
Овес	-	29	13	29
Гречиха		30	15	40
Горох	-	66/30*	16	20
Вика	-	62/30*	14	16
Кукуруза	Силос	3,0	1,5	5,0
Подсолнечник	-	5,0	1,0	6,0
Вико-овес	-	3,0	1,2	4,5
1	2	3	4	5
Рожь озимая	-	3,0	1,2	4,5
Конопля	Волокно	120	60	100
Лен	Соломка	14	7,0	12

	Волокно	80	40	70
Кормовая свекла	Корнеплоды	5,0	1,5	6,7
Картофель ранний	Клубни	5,0	1,5	7,0
2КЗартофель поздний	-	6,0	2,0	9,0
Однолетние травы	Сено	18	4,5	19
Многолетние травы	-	23	6,3	19,5
Клевер	-	20	6,0	15
Тимофеевка	-	16	7,0	24
Клевер с тимофеевкой	-	18/14*	6,0	20

* Азот используемый из почвы и удобрений (без азотфиксации)

Таблица 102

Средние коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений, %

Год действия	Из органических удобрений			Из минеральных удобрений		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Низкие и средние нормы удобрений						
1-й	20-25	25-30	50-60	60-70	15-20	50-60
2-й	20	10-15	10-15	-	10-15	15-20
3-й	10	5	-	-	5	-
В целом за ротацию	50-55	40-50	60-75	60-70	30-40	65-80
Повышенные и высокие нормы удобрений						
1-й	15-20	15-25	40-50	45-55	10-15	40-50
2-й	15	10	10	-	5-10	10-15
3-й	10	5	-	-	5	-
В целом за ротацию	40-45	30-40	50-60	45-55	20-30	50-65

Таблица 103

Коэффициенты использования растениями питательных веществ из почв (для дерново-подзолистых и серых лесных почв), %

Культура	При среднем содержании и выше *	
	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зерновые, однолетние и многолетние травы	5	10
Лен	3	5
Пропашные (картофель, кормовые корнеплоды, силосные)	5	20
Капуста белокочанная	5	20
Морковь, свекла столовая, томаты	5	10
Огурцы	3	5

* При низкой обеспеченности почвы питательными веществами коэффициенты увеличиваются в 1,5-2 раза.

Таблица 104

Коэффициенты использования азота из пожнивно-корневых остатков многолетних трав, %

Год действия			
первый	второй	третий	в целом за ротацию севооборота

20-25	15-20	5-10	45-55
-------	-------	------	-------

Коэффициент использования легкогидролизуемого азота из почвы принимается 20% для всех культур.

Дальнейшие расчеты проведены на примере полевого севооборота агрохимическая характеристика почв которого указана в табл. 105.

Таблица 105

Агрохимическая характеристика почвы полевого севооборота

№ поля	Площадь, га	Тип почвы	Гранулометрический состав	Содержание гумуса, %	рН _{KCl}	Нг мг.экв. на 100 г почвы	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
								мг/кг почвы	
1	60	дерн.-подз.	ср.суглинки	1,8	4,8	3,7	55	120	142
2	60	-	-	2,5	5,9	2,2	84	109	83
3	60	-	-	2,7	4,9	3,1	58	82	93
4	60	-	-	2,0	5,7	2,4	80	118	105
5	60	-	-	2,6	6,2	1,9	88	47	98
6	60	-	-	2,5	5,5	2,6	70	64	114

Схема чередования культур приводится в табл. 106.

Таблица 106

Схема севооборота и урожайность культур

№ поля	Культура	Площадь, га	Планируемая урожайность, ц/га
1	Ячмень + многол. травы	60	30
2	Многол. травы 1 г. п.	60	45
3	Многол. травы 2 г. п.	60	45
4	Озимая пшеница	60	4,0
5	Картофель	60	250
6	Кукуруза на силос	60	400

В данном севообороте планируется внесение органических удобрений (табл. 107).

Расчет норм удобрений методом элементарного баланса на планируемый урожай отдельно взятой культуры приводится в табл. 108.

Таблица 107

План внесения органических удобрений в севообороте на период ротации

№ поля	1-й год		2-й год		3-й год		4-й год		5-й год		6-й год	
	Культура	Норма, т/га	Культура	Норма, т/га	Культура	Норма, т/га	Культура	Норма, т/га	Культура	Норма, т/га	Культура	Норма, т/га
1	Ячмень + тр.	-	Мн. травы 1 г. п.	-	Мн. травы 2 г.п.	-	Озимая пшеница	-	Картофель	60	Кукуруза на силос	-
2	Мн. травы 1 г. п.	-	Мн. травы 2 г.п.	-	Озимая пшеница	-	Картофель	60	Кукуруза на силос	-	Ячмень + травы	-
3	Мн. травы 2 г.п.	-	Озимая пшеница	-	Картофель	60	Кукуруза на силос	-	Ячмень + травы	-	Мн. травы 1 г.п.	-
4	Озимая пшеница	-	Картофель	60	Кукуруза на силос	-	Ячмень + травы	-	Мн. травы 1 г.п.	-	Мн. травы 2 г.п.	-
5	Картофель	60	Кукуруза на силос	-	Ячмень + травы	-	Мн. травы 1 г. п.	-	Мн. травы 2 г.п.	-	Озимая пшеница	-
6	Кукуруза на силос	-	Ячмень + травы	-	Мн. травы 1 г.п.	-	Мн. травы 2 г.п.	-	Озимая пшеница	-	Картофель	60

Таблица 108

Расчет доз удобрений на планируемый урожай картофеля, поле №1

Показатели		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Вынос на 1 т клубней, кг.	6,0	2,0	9,0
2	Вынос планируемым урожаем, кг	150	50	225
3	Содержание в почве, мг/кг	1,8%*	120	142
4	Содержание в почве, кг/га	189	360	426
5	Коэффициент использования из почвы, %	20	5	20
6	Используется из почвы, кг/га	22	18	85
7	Внесено с 60 т навоза, кг/га	240	120	300
8	Коэффициент использования из навоза в 1-й год, %	20	25	50
9	Используется из навоза, кг	48	30	150
10	Содержится азота в пожнивно-корневых остатках мн. трав, кг/га	135	-	-
11	Коэффициент использования азота из пожнивно-корневых остатков на 2-й год действия, %	15	-	-
12	Используется из пожнивно-корневых остатков, кг	21	-	-
13	Необходимо обеспечить за счет минеральных удобрений, кг	69	2	-
14	Коэффициент использования из минеральных удобрений, %	50	30	65
15	Требуется внести с минеральными удобрениями, кг/га	135	10	-

* содержится гумуса в %

Пример расчета норм минеральных удобрений на планируемый урожай культур в севообороте на всю ротацию севооборота приведен в табл. 108-110. Последовательность расчета норм минеральных удобрений на планируемую урожайность культур приводится на примере картофеля в поле №1 (табл. 109). Планируемая урожайность картофеля 25 т с 1 га. Одна тонна основной и соответствующее количество побочной продукции выносят: N – 6 кг, P_2O_5 – 2 кг, K_2O – 6 кг.

Вынос питательных веществ планируемым урожаем составит, кг/га:

азота – $25 \times 6 = 150$;

фосфора – $25 \times 2 = 50$;

калия – $25 \times 9 = 225$.

Почва данного поля характеризуется содержанием гумуса 1,8%, подвижного фосфора – 120 мг/кг, обменного калия – 142 м/кг. В пахотном слое 1 га содержится: гумуса – 54000 кг, P_2O_5 – 360 кг, K_2O – 426 кг.

Использование азота из почвы по количеству его легкогидролизуемой формы, оно составляет 4-7% от общего азота. Содержание общего азота составляет 5% от запасов гумуса или $54000 \text{ кг} \times 5\% / 100 = 2700 \text{ кг/га}$, тогда количество легкогидролизуемого азота составит: $2700 \text{ кг/га} \times 4\% / 100 = 108 \text{ кг/га}$. В расчетах табл. 108 количество легкогидролизуемого азота – 7%). Коэффициент использования легкогидролизуемого азота на дерново-подзолистых почвах равен 20%. Таким образом, возможное использование из почвы картофелем составит:

азота ($108 \times 20/100$) – 22 кг/га;

фосфора ($360 \times 5/100$) – 18 кг/га;

калия ($426 \times 20/100$) – 85 кг/га.

Под картофель намечено внести 60 т навоза на 1 га, содержащего 0,4% N; 0,2% P_2O_5 ; и 0,5% K_2O , с которым на 1 га будет внесено 240 кг азота, 120 кг фосфора и 300 кг калия.

Растения используют из навоза в 1-й год N – 20%, P_2O_5 – 25%, K_2O – 50%, т.е. N ($240 \times 20 / 100$) – 48 кг/га, P_2O_5 ($120 \times 25 / 100$) – 30 кг/га и K_2O ($300 \times 50 / 100$) – 150 кг/га. Кроме того, необходимо учесть количество азота, используемого из остатков многолетних бобовых трав.

В рассматриваемом примере урожай сена многолетних трав за два года составил $4,5 \text{ т/га} \times 2 = 9 \text{ т/га}$. Считают, что после уборки 1 т сена с корневыми и пожнивными остатками трав в почву поступает 10-15 кг азота. Тогда после уборки 9 т сена в почву поступит примерно 135 кг азота.

Картофель растет по обороту пласта многолетних трав, потому он будет использовать 15% азот или $135 \times 15 / 100 = 21 \text{ кг/га}$.

Таблица 109

Расчет норм удобрений под сельскохозяйственные культуры в первом поле севооборота

Год ротации	Культура	Вынос плани- руемым урожаем, кг/га			Используется из почвы, кг/га			Используется из навоза, кг/га			Используется азота из пожнивно-корневых остатков, кг/га	Необходимо обес- печить за счет минеральных удобрений, кг/га			Требуется внести с минеральными удобрениями, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Ячмень+мн. травы	75	33	72	38	18	43	-	-	-	-	37	15	29	74	50	45
2	Мн.травы 1-го г.п.	63	27	90	38	18	43	-	-	-	-	25	9	47	50	30	73
3	Мн.травы 2-го г.п.	63	27	90	38	18	43	-	-	-	-	25	9	47	50	30	73
4	Озимая пшеница	128	48	104	38	18	43	-	-		27	63	30	61	126	100	94
5	Картофель	150	50	225	38	18	85	48	30	150	20	44	2	10	88	7	16
6	Кукуруза на силос	120	60	200	38	18	85	48	12	30	7	27	30	85	55	100	130
Итого		599	245	781	228	108	342	96	42	180	54	221	95	279	443	317	431

Таблица 110

Расчет норм удобрений под сельскохозяйственные культуры на четвертом поле севооборота

Год ротации	Культура	Вынос плани- руемым урожа- ем, кг/га			Используется из почвы, кг/га			Используется из навоза, кг/га			Используется азота из пожни вно- корневых остатков, кг/га	Необходимо обеспечить за счет минеральных удобрений, кг/га			Требуется внести с минеральными удобрениями, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Озимая пшеница	128	48	104	42	18	32	-	-	-	27	59	30	72	118	101	112
2	Картофель	150	50	225	42	18	63	48	30	150	20	40	2	12	79	8	18
3	Кукуруза на силос	120	60	200	42	18	63	48	12	30	7	23	30	107	46	101	165
4	Ячмень + мн. травы	75	33	72	42	18	32	24	6	-	-	9	9	40	18	31	62
5	Мн.травы 1-го г.п.	63	27	90	42	18	32	-	-	-	-	21	9	59	41	31	90
6	Мн.травы 2-го г.п.	63	27	90	42	18	32	-	-	-	-	21	9	59	41	31	90
Итого		599	245	781	252	108	254	120	48	180	54	173	89	349	343	303	537

Из минеральных удобрений должно быть использовано, кг на 1 га:

$$N - 150 - 22 - 48 - 21 = 59 \text{ кг/га};$$

$$P_2O_5 - 50 - 18 - 30 = 2 \text{ кг/га}.$$

Потребность в калии полностью покрывается содержанием его в почве и внесением органических удобрений.

С учетом коэффициентов использования питательных веществ из минеральных удобрений за севооборот ($N - 50\%$, $P_2O_5 - 30\%$, $K_2O - 65\%$), нормы удобрений должны составить, кг на 1 га: $N = 59 \times 100 / 50 = 118 \text{ кг/га}$; $P_2O_5 = 2 \times 100 / 30 = 7 \text{ кг/га}$.

Наряду с методом элементарного баланса, который в основном применяется при расчете норм удобрений для высоких уровней урожаев сельскохозяйственных культур и при высоком уровне обеспеченности хозяйства (севооборота) минеральными и органическими удобрениями, большое распространение в условиях производства, когда специалист фактически может оценить потенциальное плодородие каждого поля, может найти метод определения норм удобрений на прибавку урожая с использованием примерных нормативов баланса питательных веществ в севооборотах. Если нормы удобрений под культуры определяются на прибавку урожая с целью получения от них высокой эффективности (без учета дальнейшего изменения плодородия почвы), то баланс питательных веществ по севообороту складывается различно в зависимости от уровня прироста урожая (табл. 111).

Таблица 111

**Примерные нормативы баланса питательных веществ в севооборотах при определении норм удобрений на прибавку урожая
(при разных уровнях прироста урожая от удобрений)**

Прирост урожая от удобрений за ротацию, % от урожая без удобрений	Баланс питательных веществ за севооборот, % к выносу с урожаем		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
30	35-40	60-65	30-35
50	50-55	85-95	45-50
70	65-70	105-120	60-65
100	80-85	125-145	70-75
150	95-100	150-170	85-90
200	105-110	170-190	95-100
300	120-125	190-215	105-115
400	125-130	200-230	115-125
500	135-140	210-240	120-130

Данными табл. 110 можно руководствоваться для разных типов почв (при низком или среднем содержании в них подвижных форм фосфора и калия) с целью получения планируемого урожая и высокой эффективности удобрений.

Как видно из этой таблицы, положительный баланс по фосфору устанавливается с того момента, когда прибавка урожая от применения

удобрении составляет 70% по отношению урожая без внесения удобрений, а по азоту и калию – в 2 раза. Средние величины урожаев сельскохозяйственных культур без внесения удобрений приведены в табл. 112. Они получены на основании опытов агрохимической службы.

Таблица 112

Средние урожаи (ц/га) некоторых культур без внесения удобрений

Почва	Озимая пшеница	Озимая рожь	Яровая пшеница	Ячмень и овес	Кукуруза на силос	Картофель	Лен-долгунец
Дерново-подзолистая супесчаная	-	10-12	-	-	-	-	-
Дерново-подзолистая суглинистая	14-18	12-14	10-15	11-17	-	110-140	21-27
Серая лесная	17-25	13-15	13-18	17-25	250	110-120	-

При составлении табл. 103 коэффициенты использования питательных веществ культурами за ротацию севооборота из органических и минеральных удобрений принимались равными по азоту 60-65%, фосфору 35-40 и калию – 65-70%

ПРИМЕР: В рассмотренном ранее севообороте (табл. 102-103) нормы удобрений под картофель определим на прибавку 12,5 т (при среднем урожае без удобрений 12,5 т/га), т.е., прирост урожая от удобрений за ротацию к урожаю без удобрений составит 100%. Следовательно, баланс питательных веществ за севооборот в % к выносу с урожаем равен по азоту – 80-85, по фосфору – 125-145, по калию – 70-75.

Вынос азота, фосфора и калия на прибавку урожая картофеля 12,5 т/га соответственно равны 75; 25 и 113 т/га. Нормы N, кг/га = $75 \times 0,8 = 60$ кг/га; P_2O_5 кг/га = $25 \times 1,4 = 35$ кг/га; K_2O кг/га = $113 \times 0,75 = 85$ кг/га.

Такие расчеты проводят по каждой культуре севооборота.

Регламенты по применению азотных удобрений

В целях обеспечения эколого-токсикологической безопасности при использовании азотных удобрений разработаны предельно-допустимые нормы азота (регламенты), которые позволяют получать высокие урожаи и снимать вероятность отрицательных последствий (табл. 113).

Таблица 113

Регламенты применения азотных удобрений (Нечерноземная зона)

Культура	Предельно допустимая годовая норма азота, кг/га	Соответствующая дозе урожайность, т/га
Пшеница озимая	160	5,0
Рожь озимая	100	3,5
Ячмень	100	5,0
Овес	100	4,5
Гречиха	55	1,5
Картофель	120	25,0
Корнеплоды кормовые	160	90,0
Травы однолетние (сено)		
злаковые	90	5,0
бобово-злаковые	65	6,0
Травы многолетние (сено):		
злаковые	100	6,0
бобово-злаковые	60	6,5
Кукуруза (силос)	155	55,0

Указанные нормы являются максимальными. При планировании более высоких урожаев необходимо использовать другие факторы воздействия на формирование урожая, основой которого является высокая культура земледелия. Если планируемая урожайность ниже указанной в таблице 112, то норму уменьшают по формуле: $D = D_n \times Y_n / Y$.

ПРИМЕР расчета.

Планируемая урожайность ячменя $Y_n = 3$ т/га, установленная норма азота для поля № 1 – 106 кг/га; поля № 4 – 54 кг/га. Предельно допустимая норма азота (D_n) для урожая ячменя $Y = 5$ т равна 100 кг/га.

$$D = 100 \times 3 / 5 = 60 \text{ кг/га.}$$

Учитывая все выше изложенное, а также, округляя полученные в таблицах 51-52 нормы удобрений до 5-10 кг/га получаем откорректированные с учетом экологических ограничений по азоту нормы удобрений под культуры полевого севооборота на примере полей первого и четвертого (табл. 114).

Таблица 114

Откорректированные нормы удобрений в полях севооборота

Чередование культур	Поле 1			Поле 4		
	N	P₂O₅	K₂O	N	P₂O₅	K₂O
Ячмень + мн. травы	75	50	45	120	100	115
Мн. травы 1-го г. п.	50	30	75	80	10	20
Мн. травы 2-го г. п.	50	30	75	45	100	165
Озимая пшеница	125	100	95	20	30	65
Картофель	90	10	20	40	30	90
Кукуруза на силос	55	100	130	40	30	90
ИТОГО	445	320	430	440	300	545

3.11.1. Баланс питательных веществ в севообороте

Оптимизация фосфорного и калийного режимов почв

Важнейшим показателем, необходимым для разработки системы удобрений, является интенсивность баланса питательных веществ, т.е. отношение их прихода к расходу.

По данным ВИУА, в полевых севооборотах на дерново-подзолистых почвах оптимальная интенсивность баланса азота, обеспечивающая планируемую продуктивность и экологическую безопасность севооборота, составляет 105-110%. Показатели интенсивности баланса азота фосфора и калия, при котором увеличение содержание подвижных форм питательных веществ сопровождается стабилизацией или повышением продуктивности севооборота приведены в табл. 115.

Таблица 115

Примерные нормативы баланса питательных веществ за севооборот в зависимости от содержания элементов питания в дерново-подзолистых и серых

Класс почв	Содержание в почве подвижных форм фосфора и калия	Внесение питательных веществ с удобрениями за севооборот, % от выноса с урожаем		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-2	Очень низкое и низкое	120-130	200-250	130-150
3	Среднее	120-130	170-200	110-130
4	Повышенное	110-120	140-170	80-100
5	Высокое	100-110	100-140	60-80
6	Очень высокое	80-100	70-100	40-60

Сущность определения баланса питательных веществ заключается в сопоставлении статей прихода и расхода за счет различных источников поступления.

Приходные статьи баланса:

1. Внесение минеральных и органических удобрений;
2. Поступление питательных веществ с семенами;
3. Использование симбиотического и несимбиотического азота;
4. Поступление питательных веществ с атмосферными осадками.

Расходные статьи баланса:

1. Вынос питательных веществ урожаем сельскохозяйственных культур;
2. Потери их за счет вымывания и в результате эрозии почв;
3. Денитрификация азота почвы.

По своим размерам поступление питательных веществ с семенами, несимбиотическим азотом и с атмосферными осадками примерно равно потерям питательных веществ за счет вымывания, в результате эрозии почв и денитрификации, поэтому на практике чаще всего сопоставляют между собой

поступление питательных элементов с удобрениями и азота, вследствие симбиотической азотфиксации с выносом питательных веществ урожаем сельскохозяйственных культур.

Обогащение почвы азотом за счет многолетних трав определяют исходя из того, что в сене трав содержится 2% азота. При урожае сена клевера с тимофеевкой в год 4,5 т/га вынос азота с сеном составляет за 2 года 180 кг/га. От 1 т сена остается в почве в виде корневых и пожнивных остатков 10-15 кг азота. В данном случае в поживно-корневых остатках на 1 га содержится примерно 135 кг азота (15 кг х 9 т = 135 кг), всего же в урожае сена и поживно-корневых остатках около 315 кг азота. В лучшем случае $\frac{1}{3}$ азота от общего количества используется из почвы, т.е. 105 кг. Следовательно, обогащение почвы азотом от многолетних трав составит 30 кг/га (135 – 105 = 30).

Пример расчета баланса питательных веществ по I и IV полям севооборота представлен в табл. 116.

Таблица 116

**Баланс азота, фосфора и калия за 6-летнюю ротацию севооборота
для системы удобрения культур**

№ поля	Статьи баланса	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
I	Внесено с 60 т навоза, кг/га	240	120	300
	Накопление азота в почве за счет многолетних трав, кг/га	30	-	-
	Внесено с минеральными удобрениями, кг/га	445	320	430
	Всего поступило в почву, кг/га	715	440	730
	Вынесено с урожаем с.-х. культур, кг/га	599	245	781
	Баланс питательных веществ, % к выносу	119	180	93
	Баланс (± кг/га)	+116	+195	- 51
IV	Внесено с 60 т навоза, кг/га	240	120	300
	Накопление азота в почве за счет многолетних трав, кг/га	30	-	-
	Внесено с минеральными удобрениями, кг/га	440	300	545
	Всего поступило, кг/га	710	420	845
	Вынесено с урожаем с.-х. культур, кг/га	599	245	781
	Баланс питательных веществ, % к выносу	118	171	108
	Баланс (± кг/га)	+111	+175	+64

Баланс питательных веществ для I и IV полей севооборота, исходя из табл. 113 по азоту равен примерно 110-120%, по фосфору 110-170%, по калию для I поля – 80-100%, для IV поля – 110-130%. Однако в условиях производства возможны большие отклонения от указанных нормативов. Объясняется это тем, что на данном этапе высокие цены на минеральные удобрения не может удовлетворить всех потребностей сельского хозяйства. Поэтому в отдельных случаях может складываться отрицательный баланс питательных веществ (прежде всего по азоту и калию). При этом уменьшаются запасы питательных веществ в почве, то есть снижается ее плодородие.

Таким образом, по балансу питательных веществ можно приближенно судить о возможных изменениях в содержании подвижных форм фосфора и калия в почве в конце ротации севооборота. Для этого необходимо знать нормативы затрат питательных веществ в кг на 1 га сверх выноса, необходимое для увеличения содержания фосфора и калия на 10 мг/кг почвы (табл. 117).

Таблица 117

Нормативы затрат питательных веществ на увеличение содержания фосфора и калия на 10 мг/кг почвы (слой в 0-20 см), кг на 1 га

Тип почвы	Гранулометрический состав	Дозы	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистые	песчаные и супесчаные	50-60	40-60
	суглинистые	70-90	60-80
Глеевые	в среднем	150-160	-
Серые лесные	песчаные и супесчаные	70-80	60-70
	суглинистые	90-110	70-80
	глинистые и тяжелоглинистые почвы	120-140	80-90

Пример: на поле № 1 за севооборот на 1 га внесено, по сравнению с выносом, фосфора больше на 195 кг, калия - меньше на 51 кг (табл. 114).

Учитывая нормативы, представленные в табл. 114, находим, что содержание фосфора возрастает на $195 / 80 \times 10 = 24,4$ мг/кг; калия уменьшится на $51 / 70 \times 10 = 7,2$ мг/кг почвы.

Для получения же высоких урожаев необходим оптимальный пищевой режим почвы.

Оптимизация азотного питания осуществляется за счет окультуривания почвы, обеспечения растений доступными формами азота путем применения органических и минеральных удобрений, накопления биологического азота.

Для разных почв и севооборотов установлены оптимальные уровни содержания доступных форм фосфора и калия в почве (табл. 118).

Таблица 118

Рекомендуемое содержание фосфора и калия для основных севооборотов на различных почвах при получении высоких урожаев культур

Тип почвы	Вид севооборота	Содержание, мг/кг почвы	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистые	Зернотравяной	150	150
	Зернокартофельный	150	150
	Зернокартофелетравяной	200	150
	Кормовой прифермский	200	250
	Сенокосно-пастбищный	-	-
	Овощной	250	300
Серые лесные	Зернотравяной	200	250
	Зернокартофельный	200	250
	Зерносекловичный	250	250

Сидеральный	150	150
Кормовой прифермский	200	250
Овощной	250	300

При таких уровнях содержания доступного фосфора и калия обеспечивается получение на дерново-подзолистых и серых лесных почвах следующих урожаев сельскохозяйственных культур (табл. 119).

Таблица 119

Урожайность сельскохозяйственных культур при оптимальном содержании фосфора и калия в почве

Культура	Урожайность, т/га
Зерновые: озимые	3,5-4,0
яровые	2,5-3,0
Картофель	20-30
Овощи	50-60

Оптимизация обеспеченности почв доступными питательными веществами является обязательным условием эффективного внедрения интенсивных технологий.

Учитывая, что фосфор и калий можно вносить в запас, для достижения необходимого уровня содержания этих элементов в почве необходимо внести соответствующее количество органических и минеральных удобрений.

Не рекомендуется вносить калийные удобрения в запас на легких по гранулометрическому составу дерново-подзолистых и серых лесных почвах. На таких почвах оптимальное содержание калия обеспечивается систематическим внесением органических и минеральных удобрений.

Норма питательного вещества (сверх выноса) рассчитывается с учетом его суммарного поступления с органическими и минеральными удобрениями. Она зависит от фактического и заданного содержания фосфора и калия в почве (табл. 105, 118) и затрат питательных веществ на увеличение содержания этих элементов на 10 мг/кг почвы (табл. 117).

Рассмотрим пример расчета по фосфору для I-го поля севооборота, характеризующегося содержанием его подвижных форм – 120 мг/кг по Кирсанову; заданное содержание P_2O_5 – в почве должно быть как минимум 150 мг/кг; вносится P_2O_5 за ротацию севооборота сверх выноса 75 кг/га или 25 мг/кг почвы; недостает для заданного уровня P_2O_5 , мг/кг $150 - (120 + 25) = 5$; норма затрат питательных веществ на увеличение содержания P_2O_5 на 10 мг на 1 кг дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, кг на 1 га – 80; требуется внести питательных веществ для достижения оптимального содержания P_2O_5 кг на 1 га: $5 \times 80 / 10 = 40$ кг.

Такой расчет необходимо сделать для полей севооборота с содержанием подвижного фосфора или обменного калия ниже оптимального. При оптимизации содержания доступных форм фосфора и калия в почве необходимо учитывать биологические особенности культур. Высокие нормы вносят

под культуры, наиболее требовательные к указанным элементам питания и хорошо отзываемые на действие удобрений.

Нормы удобрений для оптимизации почвенного плодородия устанавливаются сверх выноса питательных веществ растениями, вынос компенсируется нормами, определенными на планируемый урожай культур. При дефиците фосфорных удобрений ежегодное увеличение содержания подвижных питательных веществ за счет внесения водора-створимых форм не должно планироваться выше 10-15 мг, а при фосфоритовании – 20-30 мг/кг почвы.

3.12. Применение удобрений при ограниченной обеспеченности ими

Особенности применения органических удобрений. Общее количество органических удобрений должно обеспечить как минимум бездефицитный баланс гумуса.

По данным многочисленных исследований для поддержания гумусового равновесия дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава обеспеченность органическими удобрениями должна составлять 12-15 т/га, средне и тяжелосуглинистого – 10-12 т/га в год.

При определении общей потребности хозяйства в органических удобрениях можно исходить из средних норм на 1 га пашни 8-10 т для полевых севооборотов с большой насыщенностью зерновыми и многолетними травами, 8-15 т для полевых севооборотов, насыщенных пропашными культурами и 15-20 т для овощных севооборотов.

Прогнозирование и расчет потребности пахотных почв в органических удобрениях правильнее осуществлять на основе баланса гумуса.

Баланс гумуса рассчитывается как разность между статьями его прихода (за счет гумификации пожнивно-корневых остатков, органического вещества удобрений) и расхода (минерализации при возделывании сельскохозяйственных культур, парования полей).

Для расчета гумуса можно использовать следующие нормативы, разработанные ВНИПТИХИМ в 1983 году.

1. Ежегодная минерализация гумуса в почвах, т/га:

- зерновые культуры – 1,0;
- пропашные культуры – 1,5;
- многолетние травы – 0,3;
- чистый пар – 1,7.

2. Выход растительных остатков (жнивье + корни) и образование гумуса из них, в зависимости от урожая основной продукции (табл. 120).

Таблица 120

Выход растительных остатков (жнивье + корни) и образование гумуса из них в зависимости от урожая основной продукции (данные Ф.И. Левина, 1983 г.)

Культура	Урожайность, ц/га	Коэффициенты выхода растительных остатков по отношению к основной продукции	Образование гумуса (среднее) из растительных остатков, ц
1	2	3	4
Озимая рожь	10,0	2,2	4,4
	20,0	1,5	6,0
	30,0	1,3	7,8
Озимая пшеница	10,0	2,2	4,4
	20,0	1,7	6,8
	30,0	1,5	9,0
Яровая пшеница	10,0	2,0	4,0
	20,0	1,6	6,4
	30,0	1,4	8,4
Ячмень, овес	10,0	2,0	4,0
	20,0	1,6	6,4
	30,0	1,4	8,4
Лен-волокно	3,0	4,4	2,6
	5,0	3,2	3,2
Сахарная свекла	100	0,13	1,3
	250	0,11	2,8
	400	0,08	3,2
Картофель	100	0,17	1,7
	200	0,14	2,8
	300	0,10	3,0
Кукуруза на силос	100	0,27	2,7
	200	0,21	4,2
	300	0,16	4,8
Кормовые корне-плоды	100	0,12	1,2
	200	0,09	1,8
	300	0,08	4,4
Силосные без ку-курузы	100	0,24	2,4
	200	0,18	3,6
	300	0,17	5,1
Однолетние травы на сено (горох, ви-ка, овес)	10,0	2,2	4,4
	25,0	1,5	7,5
	40,0	1,2	9,6
Многолетние травы (сено)	10,0	2,8	2,8
	30,0	1,9	11,4
	60,0	1,7	20,4
Горох, вика на зерно	10,0	1,9	1,9
	30,0	1,2	7,2

Коэффициент гумификации

навоза	0,2;
растительных остатков зерновых культур и многолетних трав	0,2;
пропашных	0,1.

Пример расчета баланса гумуса в 9-польном севообороте приведен в табл. 121.

Таблица 121

Баланс гумуса в 9-ти польном севообороте

№ п.п	Чередование культур	Площадь, га	Урожай, т/га	Потери гумуса, т/га	Поступление в почву, т/га		Поступление гумуса в почву (т/га) из			Баланс гумуса т/га, +, -
					органических удобрений	растительных остатков	органических удобрений	растительных остатков	все-го	
1	Пар чистый	60	-	1,7	80	-	4,0	-	4,0	+2,3
2	Озимая пшеница	60	30	1,0	-	4,5	-	0,9	0,9	-0,1
3	Ячмень + мн. травы	60	28	1,0	-	3,4	-	0,65	0,65	-0,35
4	Травы 1 г.п.	60	25	0,3	-	5,0	-	1,0	1,0	+0,7
5	Травы 2 г.п.	60	30	0,3	-	5,7	-	1,14	1,14	+0,84
6	Травы 3 г.п.	60	26	0,3	-	5,0	-	1,0	1,0	+0,7
7	Лен(волокно)	60	30	1,0	-	1,3	-	0,26	0,26	-0,74
8	Ячмень	60	20	1,0	-	3,2	-	0,64	0,64	-0,36
9	Овес	60	26	1,0	-	3,2	-	0,65	0,65	-0,65
Всего		540	-	7,6	80	31,3	4,0	6,24	10,24	+2,64
На 1 га севооборотной площади		-	-	0,34	-	-	-	-	1,14	+0,29

Место и нормы внесения определяются с учетом отзывчивости на них отдельных культур, плодородия почв и предшественника.

Органические удобрения ежегодно вносят на 1-3 поля в каждом севообороте. При дефиците их целесообразно использовать в меньших нормах, но на большей площади, а недостающее количество питательных веществ для получения планируемых урожаев дополнять минеральными удобрениями. Лучше удобрить два поля севооборота из расчета 30 т/га навоза, чем одно – 60 т/га.

Для всех культур Нечерноземной зоны минимальной дозой органических удобрений, которая является экономически и агротехнически целесообразной, является норма 15-20 т/га. Так как это условие нельзя выполнить для всех культур севооборота, обычно выбирают одну-три культуры, наиболее отзывчивые на их внесение. В Нечерноземной зоне к ним относятся картофель, кормовые корнеплоды, пропашные, озимые зерновые, огурцы, капуста, лук.

Конечный учет и отчетность об объемах производства и применения органических удобрений в хозяйствах должны осуществляться по количеству условного органического удобрения, в качестве которого принят подстилочный навоз КРС влажностью 75% с содержанием органического вещества 210 кг/т, общего азота (N) 5 кг/т, фосфора (P₂O₅) 2,5 кг/т и калия (K₂O) 6 кг/т.

Для перевода применяемых органических удобрений в условные служат переводные коэффициенты. Числовые значения их устанавливают с учетом содержания элементов минерального питания и органического вещества, один килограмм до воздействия на урожай в среднем по стране эквивалентен 0,015 кг NPK. Исходя из этого, условный коэффициент пересчета, принятый за единицу, будет равен: $16,6 \text{ кг NPK} = 5 + 2,5 + 6 + 0,015 \cdot 210$, а форма определения переводных коэффициентов примет следующее выражение:

$$K = \frac{\text{NPK} + 0,015 \times C}{16,6};$$

где NPK - суммарное содержание питательных веществ в 1 т органического удобрения, кг;

C - содержание органического вещества, кг.

Средние коэффициенты пересчета для различных органических удобрений представлены в табл. 122.

Таблица 122

Химический состав и коэффициенты пересчета различных видов органических удобрений на условное удобрение

Удобрение	Влажность, %	Содержание, кг/т				Коэффициент пересчета (К)
		органич. вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Твердые органические удобрения						
Навоз подстилочный КРС	75	210	5,0	2,5	6,0	1,0
свиней	72	240	4,8	2,0	6,0	1,0
овец	65	300	8,3	2,3	6,7	1,3
лошадей	75	220	5,3	3,0	6,2	1,1
Птичий помет подстилочный	40	540	20,0	18,1	9,2	3,4
сухой	14	800	41,0	39,0	20,0	6,7
Твердая фракция бес-подстилочного навоза:						
КРС	75	190	5,6	3,0	4,2	0,9
свиней	75	220	6,0	4,0	0,7	0,8
Компост:						
Торфонавозный (1 : 1)	70	220	5,6	2,2	4,7	1,0
Торфопометный (1 : 1)	70	190	8,3	7,4	4,1	1,4

Сапропель	60	140	9,2	0,7	0,0	0,7
Остатки сточных вод	70	170	10,7	13,0	1,0	1,6
Полужидкие органические удобрения						
Навоз:						
КРС	85	130	3,0	1,2	3,3	0,5
Свиной	85	180	3,8	2,7	1,2	0,5
Птичий помет	85	110	9,0	9,0	3,0	1,4
Жидкие органические удобрения						
Навоз:						
КРС	95	40	1,0	0,6	1,1	0,2
Свиной	95	40	1,4	0,8	0,6	0,2
Птичий помет	95	40	2,8	2,6	1,0	0,4
Навозные стоки КРС	98	18	0,7	0,4	0,7	0,1
Свиней	98	18	0,8	0,5	0,4	0,1
Птичьего помета	98	18	1,2	1,1	0,6	0,2
Растительные остатки, сидераты						
Солома культур						
злаковых	18	760	5,0	2,0	9,0	1,7 (3,5)*
бобовых	18	760	12,0	2,5	6,0	1,9 (3,5)
Сидераты						
крестоцветных культур	83	140	4,3	1,8	5,8	0,8
бобовых	83	140	8,0	1,2	3,0	0,9

**Коэффициент пересчета по органическому веществу.*

В случае отсутствия анализов химического состава органических удобрений можно пользоваться усредненными коэффициентами: для подстилочного навоза КРС, свиней, лошадей, овец, их твердой фракции навозных компостов, осадков сточных вод – 1,0; полужидкого навоза – 0,5; жидкого навоза – 0,2; навозных стоков – 0,1; для птичьего помета сухого – 7,0, подстилочного – 3,4, полужидкого и пометных компостов – 1,4, жидкого – 0,5, стоков – 0,2; для сапропеля – 0,7, сидератов – 0,8, соломы с компенсирующей добавкой минеральных удобрений – 3,5.

Пересчет выполняется по формуле:

$$M_y = M \times K,$$

где M_y – масса условного органического удобрения, т;

M – масса удобрения, применяемого в хозяйстве, т;

K – коэффициент пересчета.

Пример. В хозяйстве с площадью пашни 1500 га внесено 12000 т органических удобрений в физической массе (8,0 т/га), в том числе (т): подстилочного навоза КРС – 1500, компостов – 1000, сапропелей – 500, навозных стоков свиней – 3000, соломы с компенсирующей добавкой азота – 200, сидератов – 500, помета полужидкого – 2000.

При пересчете масса условного органического удобрения составила (т): за счет подстилочного навоза КРС – $4500 \times 1 = 4500$, компостов – $1000 \times 1 = 1000$, сапропелей – $500 \times 0,7 = 350$, навозных стоков свиней – $3000 \times 0,1 =$

300, соломы – $200 \times 3,5 = 700$, сидератов – $500 \times 0,8 = 400$, помета полужидкого – $2000 - 104 = 2800$.

Итого условного (в пересчете на подстилочный навоз) органического удобрения в хозяйстве внесено (т): $4500 + 1000 + 350 + 300 + 700 + 400 + 2800 = 10050$ или па 1 га пашни 6,7 т.

Особенности применения минеральных удобрений

С начала 90-х годов в сельскохозяйственных предприятиях Ярославской области наблюдается значительное уменьшение количества применяемых минеральных удобрений. Если в 1985-1990 гг. в среднем по области на 1 га посевной площади внесли 127,0 кг д. в-ва, то к 2000 году 14,9 кг/га. Основной причиной снижения использования минеральных удобрений стало резкое их удорожание. В сложившихся условиях применения минеральных удобрений не всегда может окупиться стоимостью прибавки урожая, как в предыдущие годы. Для обеспечения рентабельности необходимо тщательно выбирать приемы, сроки и способы внесения с учетом ассортимента удобрений и агрохимических свойств почв.

Годовую норму минеральных удобрений распределяют на основное (допосевное), рядковое (припосевное) и подкормку. Основной задачей комплекса приемов внесения удобрений является обеспечение оптимальных условий питания для растений в течение всей вегетации. При выборе приёмов внесения необходимо учитывать потребность возделываемых культур в отдельных питательных элементах по фазам роста и возможность их размещения в зоне наибольшего соприкосновения с корневой системой. Существенное влияние на выбор приемов внесения удобрений, оказывают свойства самих удобрений, степень их подвижности, особенности взаимодействия с ППК, наличие в удобрениях балластных элементов и отношение к ним сельскохозяйственных культур. От выбора приема внесения и способа заделки удобрений в значительной мере зависит размещение их в пахотном слое.

При заделке бороной 75-98% внесенных удобрений располагается в верхнем слое почвы (0-3 см). Положительный эффект при таком размещении может быть достигнут только в условиях орошения или в зоне достаточного увлажнения, а также при поверхностной подкормке культур сплошного сева. При дефиците влаги такой способ заделки малоэффективен. Плугом с предплужником удобрения заделываются в нижние слои пахотного слоя, где они используются при достаточном развитии корневой системы. В начале вегетации культура может испытывать недостаток питательных веществ. Поэтому необходимо применять несколько приемов и способов внесения в заделки.

В зоне дерново-подзолистых почв большая часть удобрений вносится до посева, т.е. в качестве основного удобрения. Фосфорные и калийные удобрения вносятся преимущественно с осени под зяблевую вспашку, азотные – весной под предпосевную обработку. На песчаных и пойменных поч-

вах азотные, фосфорные и калийные удобрения вносят весной. Ниже указаны оптимальные сроки внесения основного удобрения на разных почвах (табл. 123).

Таблица 123

Оптимальные сроки внесения основного удобрения на разных почвах

Легкие почвы (песчаные и супесчаные) в зоне достаточного увлажнения	Связные глинистые и суглинистые в зонах достаточного и избыточного увлажнения	Связные почвы в зонах недостаточного, неустойчивого увлажнения	Пойменные почвы
N - весной; P - осенью или весной; K - весной	N - весной; P - осенью под плуг; K - осенью под плуг	Органические удобрения - осенью под плуг; N - осенью (особенно аммиачные); PK - осенью под плуг	Органические удобрения - весной; N - весной; P - весной под плуг; K - весной под плуг

Из способов допосевного внесения минеральных удобрений предпочтение следует отдавать более экономичному и экологически безопасному внутрипочвенному (локальному) внесению. По сравнению с разбросным внесением оно повышает эффективность удобрений на 20% и более, что позволяет значительно уменьшить дозы удобрений, не снижая урожайность культур.

Основная задача припосевного (рядкового) удобрения заключается в улучшении корневого питания растений в первый период их жизни.

Особенно важно в этот момент обеспечить растения фосфором, который необходим для нормального протекания процессов синтеза и гидролиза углеводов. Неоднозначна роль азота в этот период. Припосевное внесение азота усиливает гидролиз крахмала, интенсивность дыхания и активность окислительных ферментов, что ведет к излишнему расходу пластических веществ семени и поэтому до образования фотосинтетического аппарата азот следует изолировать от семени. В то же время азот способствует увеличению содержания фосфора в азотистых фракциях фосфорорганических соединений (нуклеопротеидах), играющих важную роль в дифференциации меристематических тканей. Поэтому на бедных почвах рекомендуется при посеве вместе с фосфором вносить и азот в виде комплексного удобрения.

Подкормка эффективна при отсутствии или внесении основного удобрения в ограниченных количествах. Однако она не может заменить ни основного ни припосевного удобрения. Перенос отдельных видов удобрений или их комбинаций из основного удобрения в подкормку экономически оправдывается лишь в орошаемом земледелии и на легких почвах при промывном режиме, а также при использовании азотных удобрений под озимые зерновые культуры в период их вегетации.

По мнению Л.М. Державина, И.В. Колокольцева (2001) при ограниченных ресурсах минеральные удобрения прежде всего следует использовать в

рядки одновременно с посевом зерновых (Р, NР), сахарной свеклы (NРК), овощных (NРК), при посадке картофеля (NРК), а азотные удобрения при подкормке озимых по результатам почвенно-растительной диагностики. Это позволит повысить эффективность удобрений в 3-4 раза по сравнению с другими способами внесения.

С.А. Шафран, С.С. Андреев считают, что один из путей повышения эффективности минеральных удобрений – правильный выбор их ассортимента. Так из азотных удобрений в последние годы наименьшие затраты на приобретение, транспортировку, хранение и внесение приходятся на карбамид, среди комплексных – на аммофос и нитроаммофоску.

Второй путь – это выбор наиболее рациональной дозы удобрения. Установлено, что окупаемость питательных веществ прибавкой урожая находится зависимости от величины доз. Так, по данным Л.М. Державина (1992) на дерново-подзолистых почвах оплата 1 кг азота прибавкой урожая при увеличении дозы с 30 до 120 кг/га снижалась с 11,7 до 5,8 кг, фосфора – с 6,0 до 3,6 кг и калия – с 5,7 до 3,2 кг. Соответственно изменялась и окупаемость затрат на применение удобрений. Среди рассмотренных удобрений наибольшей экономической эффективностью отличался хлористый калий в связи с более низкой оптовой ценой и высоким содержанием питательного вещества, благодаря чему издержки при его применении составляют меньшую долю в общих затратах. Аммиачная селитра также окупается стоимостью прибавки урожая при всех дозах.

По экономической эффективности двойной суперфосфат уступал хлористому калию и аммиачной селитре, хотя прибавка от фосфора была несколько выше по сравнению с калием, что объясняется более высокими стоимостью суперфосфата и затратами на его применение. Для достижения рентабельности при применении фосфора возможны следующие варианты. Первый – доза двойного суперфосфата не должна превышать 30 кг/га P_2O_5 , второй – замена суперфосфата более дешевым удобрением (фосфоритной мукой, аммофосом), третий – внести суперфосфат локальным способом, т.е. в рядки при посеве, что повышает его окупаемость в 2-2,5 раза. Не менее эффективен такой прием и для гранулированных комплексных удобрений (аммофос, нитрофоска и нитроаммофоска), окупаемость которых приростом урожая составляет 8,5-23,0 кг/кг. Таким образом, третий путь повышения экономической эффективности минеральных удобрений – это внесение их локальным способом.

Четвертый путь – применение удобрений строго в соответствии с содержанием питательных веществ в почве в усвояемой форме.

Так, эффективность азотных удобрений определяется запасом минерального азота в корнеобитаемом слое. По данным ВИУА на дерново-подзолистой почве при запасе минерального азота в слое 0-40 см менее 60 кг/га окупаемость азота прибавкой урожая зерна озимой пшеницы составляет 19 кг/кг, при 80-100 кг/га – 7 кг/кг, а при запасе азота свыше 130 кг/га при-

роста не наблюдалось. Следовательно, внесение азотных удобрений под озимую пшеницу целесообразно при содержании минерального азота менее 100 кг/га.

Таким образом, рентабельным применение минеральных удобрений будет при правильном выборе их форм, рациональных доз и способов внесения, знания агрохимических свойств почв и экономических расчетах.

По мнению В.А. Демина при малом количестве минеральных удобрений (3-4 ц в стандартном исчислении на 1 га) основное удобрение выделяют только под наиболее важные культуры. Под остальные культуры ограничиваются главным образом внесением припосевного удобрения. Обязательно выделяют азотные удобрения для весенней подкормки озимых, а при возможности для повышения эффективности навоза или компоста в год их внесения на каждые 10 т навоза или компоста применяют 10-15 кг азота минеральных удобрений. Азотные удобрения рекомендуется также вносить под культуры на тех участках, где в предыдущие годы применялись высокие дозы фосфорных и калийных удобрений.

При распределении минеральных удобрений в севообороте учитывается соотношение питательных веществ под отдельные культуры, а также последствие ранее внесенных минеральных и органических удобрений и влияние пожнивно-корневых остатков бобовых культур (табл. 124). Жуков Ю.П. считает возможным определение доз минеральных удобрений как при ограниченном (до 4-5 ц/га стандартных туков) так и при высоком (до 10 ц/га) обеспечении ими исходя из рекомендаций научных учреждений.

Таблица 124

Соотношение питательных веществ минеральных удобрений для различных сельскохозяйственных культур (на удобренной почве при одинаково классе почв по содержанию подвижных фосфора и калия) по обобщению В.А. Демина

№ п.п.	Культура	Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
1	Зерновые	1 : 1 : 1
2	Зернобобовые	0 : 2 : 1 или 1 : 2 : 1
3	Многолетние бобовые и бобово-злаковые травы	0 : 1 : 1 или 0,7 : 1 : 1
4	Вика с овсом	0,7 : 1 : 1 или 1 : 1 : 1
5	Горох с овсом на зеленый корм	0,5 : 1 : 1,5 или 0,7 : 1 : 1,5
6	Лен (после плохих трав, пропашных и зерновых)	1 : 2 : 2
7	Картофель, кормовые корнеплоды	1 : 1 : 1,5
8	Кукуруза и подсолнечник на силос	1 : 1 : 1,5
9	Капуста, морковь, свекла, томаты, огурцы	1 : 1 : 1,5

Тем не менее, автор считает, что соотношение между азотом, фосфором и калием в установленных таким образом дозах не всегда отражает действительную потребность в них культур севооборота, и предлагает дозы удобрений в севообороте при заданной обеспеченности ими определять балансовым методом. Методику составления системы удобрения в севообороте

при ограниченной обеспеченности ими рассмотрим на примере конкретного севооборота (табл. 125, 126).

Таблица 125

Схема севооборота и урожайность культур

№ п.п.	Культура	Урожайность, ц/га
1	Многолетние травы 1 года пользования	15
2	Многолетние травы 2 года пользования	15
3	Лен – долгунец (волокно)	2,5
4	Картофель	80
5	Пар вико-овсяный	90
6	Озимая рожь	13,0
7	Ячмень + многолетние травы*	12,0

*многолетние травы представлены бобово-злаковой смесью клевера с тимофеевкой

Таблица 126

Агрохимическая характеристика почв полевого севооборота

№ п.п.	Площадь, га	Тип почвы	Гранулометрический состав	Содержание гумуса	pH _{KCl}	Н мг/экв на 100 г почвы	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
								мг на кг почвы	
1	52	Дернов.-подзол.	Средне-суглин.	2,2	5,8	2,2	82	197	160
2	-	-	-	2,5	6,0	1,5	90	114	195
3	-	-	-	1,6	4,9	4,4	65	73	83
4	-	-	-	1,8	5,5	3,3	75	68	124
5	-	-	-	2,6	5,2	4,1	70	140	113
6	-	-	-	2,9	5,9	1,8	85	230	215
7	-	-	-	2,3	5,8	2,0	83	125	144

Обеспеченность севооборота органическими удобрениями составляет 5 т/га, минеральными – 2 ц стандартных туков на 1 га.

Расчет доз удобрений балансовым методом предусматривает определение затрат питательных элементов на единицу товарной продукции всех культур севооборота (1 т зерна и сена или 10 т клубней, корнеплодов, силоса) в среднем на 1 га с целью выявления величины возможной прибавки урожая, потребности в удобрениях и необходимого соотношения между азотом, фосфором и калием в удобрениях (табл. 127, 128).

Таблица 127

Вынос элементов питания на единицу урожая, кг/т

№ п.п.	Культура	Основная продукция	Вынос основной продукцией с учетом побочной		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6
1	Озимая пшеница	зерно	32	12	26
2	Озимая рожь	-	26	12	28
3	Яровая пшеница	-	35	12	25
4	Ячмень	-	25	11	24

5	Овес	-	29	13	29
6	Гречиха	-	30	15	40
7	Горох	-	66/30*	16	20
8	Вика	-	62/30*	14	16
9	Кукуруза	зел. масса	3,0	1,5	5,0
10	Подсолнечник	-	5,0	1,0	6,0
11	Вико-овес	-	3,0*	1,2	4,5
12	Озимая рожь	-	3,0	1,2	4,5
13	Конопля	волокно	120	60	100
14	Лен	соломка	14	7,0	12
		волокно	80	40	70
15	Кормовая свекла	корнепл.	5,0	1,5	6,7
16	Картофель ранний	клубни	5,0	1,5	7,0
17	Картофель поздний	-	6,0	2,0	9,0
18	Однолетние травы	сено	18	4,5	19
19	Многолетние травы	-	23	6,3	19,5
20	Клевер	-	20	6,0	15
21	Тимофеевка	-	16	7,0	24
22	Клевер с тимофеевкой	-	18/14*	6,0	20
23	Капуста белокочанная	кочаны	3,4	1,3	4,4
24	Морковь столовая	корнеплоды	3,2	1,6	5,0
25	Свекла столовая	-	2,7	1,5	4,3
26	Лук на репку	луковицы	3,7	1,3	4,0

*азот, используемый из почвы и удобрений (без азотфиксации)

Таблица 128

Расчет затрат питательных веществ на единицу товарной продукции культур севооборота (кг на 1 т зерна, сена; 10 т клубней, зеленой массы)

№ п.п.	Показатели	Потребление на единицу продукции, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Многолетние травы, 1 г.п.	13	6	20
2	Многолетние травы, 2-го г.п.	15	6	20
3	Лен на семена	80	40	70
4	Картофель	60	20	90
5	Вико-овес на зеленый корм	30	12	45
6	Озимая рожь	26	12	28
7	Ячмень + многолетние травы	25	11	24
Всего		249	107	297
На 1 га		36	15	42
Коэффициент использования удобрений за севооборот		70	40	80
Нужно удобрений кг/га		51	38	52
ц/га (стандартных туков)		2,5	2,0	1,2 Σ 5,7
Соотношение между N : P ₂ O ₅ : K ₂ O в удобрениях		1,25	1,0	0,6 Σ 2,85
Поступление с 5 т навоза, кг		25	12,5	30
Коэффициент использования из навоза		55	50	75
Использование из навоза за севооборот с учетом коэффициента использования кг/га		14	6,2	22,5
ц/га (стандарт туков)		0,7	0,3	0,5 Σ 1,5

Коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений представлены в табл. 129.

**Средние коэффициенты использования питательных веществ растениями
из удобрений, %**

Год действия	Из органических удобрений			Из минеральных удобрений		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Низкие и средние нормы удобрений						
1-й	20-25	25-30	50-60	60-70	15-20	50-60
2-й	20	10-15	10-15	-	10-15	15-20
3-й	10	5	-	-	5	-
В целом за ротацию	50-55	40-50	60-70	60-70	30-40	65-80
Повышенные и высокие нормы удобрений						
1-й	15-20	15-25	40-50	45-55	10-15	40-50
2-й	15	10	10	-	5-10	10-15
3-й	10	5	-	-	5	-
В целом за ротацию	40-45	30-40	50-60	45-55	20-30	50-65

Определив затраты в питательных элементах всех культур севооборота на единицу товарной продукции (1,0 т зерна и сена или 10,0 т клубней корнеплодов, зеленой массы) и выразив их в среднем на единицу площади (1 га) необходимо установить потребность в удобрениях с учетом коэффициента использования удобрений за севооборот в кг/га и ц/га стандартных туков.

ПРИМЕР.

Потребление азота на единицу продукции – 36 кг/га. Коэффициент использования азота из минеральных удобрений за севооборот – 70%. Нужно азотных удобрений: $36 \times 100 / 70 = 51,4 \approx 51$ ц/га.

Для выражения потребности в стандартных туках принимается следующее содержание действующего вещества: в азотных – 20,5%, фосфорных – 18,7%, калийных – 41,6%. Таким образом, азотных удобрений в стандартных туках требуется: $51 \times 100 / 20,5 = 248$ кг/га $\approx 2,5$ ц/га.

Просуммировав потребность в азотных (2,5 ц/га), фосфорных (2,0 ц/га) и калийных (1,2 ц/га) удобрениях, определяют количество удобрений (5,7 ц/га) в ц/га стандартных туков, которое необходимо для увеличения урожая культур севооборота на единицу товарной продукции при соответствующем количестве нетоварной.

Далее необходимо определить возможное поступление питательных элементов с навозом, которое определяют, исходя из обеспеченности севооборота навозом (5 т/га) и химического состава (N – 0,5%, P₂O₅ – 0,25%, K₂O – 0,6%). С учетом коэффициента использования из навоза рассчитывают возможное использование питательных элементов за севооборот в кг/га и ц/га стандартных туков.

ПРИМЕР.

Поступление азота с 5 т/га навоза: $5000 \times 0,5 / 100 = 25$ кг/га.

Коэффициент использования азота из навоза за севооборот – 55%.

Используется из навоза азота в кг/га: $25 \times 55 / 100 = 14$ кг/га; в ц/га стандартных туков: $14 / 20,5 = 0,7$ кг/га.

Общая обеспеченность севооборота питательными элементами, выраженная в ц/га стандартных туков, будет складываться из питательных веществ, используемых из навоза (1,5 ц/га ст. туков) и заданного количества минеральных удобрений (2 ц/га ст. туков). Таким образом, обеспеченность севооборота составляет: $2 + 1,5 = 3,5$ ц/га стандартных туков.

Определив затраты питательных веществ на единицу товарной продукции культур севооборота (5,7 ц/га стандартных туков) и общую обеспеченность севооборота питательными элементами (3,5 ц/га стандартных туков) можно установить возможное увеличение урожайности всех культур севооборота. Для этого общее количество имеющихся удобрений (3,5 ц/га) необходимо разделить на то количество их, которое обеспечивает увеличение урожая культур севооборота на единицу продукции, т.е. $3,5 / 5,7 = 0,61$ раза. Таким образом, при данном количестве удобрений можно рассчитывать на прибавки примерно 0,6 т/га сена, волокна и зерна, и 6 т/га зеленой массы трав и клубней картофеля.

Рассчитав величину возможной прибавки, необходимо установить целесообразное соотношение между азотом, фосфором и калием, отвечающее биологическим требованиям культур севооборота: $1,25 / 1 / 0,60$. Сумма соотношений составит 2,85. Используя установленные соотношения и сумму соотношений, определяем долю азотных, фосфорных и калийных удобрений в общем количестве имеющихся удобрений.

Для определения доли фосфорных удобрений сумму удобрений (3,5 ц/га) делят на сумму соотношений между азотом, фосфором и калием (2,85). Отсюда доля фосфора равна: $3,5 / 2,85 = 1,23$ ц стандартных туков, доля азота – $1,23 \times 1,25 = 1,54$ ц стандартных туков, доля калия – $1,23 \times 0,60 = 0,74$ ц стандартных туков.

Сумма составит: $1,23 + 1,54 + 0,74 = 3,5$ ц стандартных туков. Указанная сумма (3,5 ц) характеризует общую потребность, которая удовлетворяется за счет минеральных и органических удобрений. Поскольку в навозе соотношение между азотом, фосфором и калием постоянно, вычитаем их количество (азота – 0,7; фосфора – 0,3 и калия – 0,5 ц стандартных туков) из общей потребности и получим необходимые количества в ц/га стандартных туков азота, фосфора и калия минеральных удобрений, отвечающие общей заданной обеспеченности ими (2 ц/га).

Количество азота: $1,54 - 0,7 = 0,84$ ц/га стандартных туков.

Количество фосфора: $1,23 - 0,3 = 0,93$ ц/га стандартных туков.

Количество калия: $0,74 - 0,5 = 0,24$ ц/га стандартных туков.

Сумма составит: $0,84 + 0,93 + 0,24 = 2,0$ ц/га стандартных туков.

Далее можно определять дозы минеральных удобрений расчетным балансовым методом на предполагаемую прибавку урожая, которую мы уже определили. При этом размер предполагаемой прибавки по отдельным куль-

турам можно уточнить, то есть, увеличить по одной культуре и уменьшить по другой (табл. 130, 131).

Таблица 130

Вынос питательных элементов урожаем культур севооборота, кг/га

Культура	Урожай без удобрений, ц/га	Плановая прибавка, ц/га	Вынос					
			плановой прибавкой			всем урожаем		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Мн. травы, 1 г.п.	15	6	7,8	3,6	12,0	27,3	12,6	42,0
Мн. травы, 2-го г.п.	15	6	9,0	3,6	12,0	31,5	12,6	42,0
Лен-долгунец (волокно)	2,5	2*	16,0	8,0	14,0	36,0	18,0	31,5
Картофель	80	60	36,0	12,0	54,0	84,0	28,0	126
Пар викоовсяный	90	60	18,0	7,2	27,0	45,0	18,0	67,5
Озимая рожь	13	11*	28,6	13,2	30,8	62,4	28,8	67,2
Ячмень + мн. травы	12	11*	27,5	12,1	26,4	57,5	25,3	55,2
Итого выносятся кг/га	-	-	-	-	-	343,7	143,3	431
На 1 га кг/га	-	-	-	-	-	49	20	62

Практика земледелия показывает, что при внесении низких норм удобрений маловероятна прибавка урожая льноволокна в 6 ц/га. Поскольку рассматриваемый метод предусматривает возможность корректировки предполагаемой прибавки урожая по отдельным культурам, величину прибавки урожая льноволокна уменьшением до 2 ц/га. Вынос азота, фосфора и калия при этом уменьшится соответственно на 32, 16 и 28 кг/га. Данное количество примерно соответствует выносу указанных элементов питания урожаем картофеля в 40-50 ц клубней или урожаем злаковых зерновых в 10 ц зерна с 1 га. Исходя из этого, планируется увеличить прибавку урожая озимой ржи и ячменя до 11 ц/га.

Навоз вносится в занятом пару под вико-овсяную смесь, поэтому из общей потребности этой культуры в питательных элементах на создание плановой прибавки вычитаем поступление из навоза, а остаток будем покрывать минеральными удобрениями. Расчеты производим с учетом коэффициентов использования удобрений. Озимая рожь и ячмень используют последствие навоза, а недостающее количество питательных элементов также покрывается за счет минеральных удобрений. При расчете доз минеральных удобрений балансовым методом на предполагаемую прибавку урожая необходимо также учитывать поступление азота из пожнивно-корневых остатков многолетних трав. При планируемой урожайности сена многолетних трав 2,1 т с 1 га в год накопление азота в пожнивно-корневых остатках составит 63,0 кг/га (4,2 т/га × 15 кг). В 1-й год после запашки будет использовано 16 кг/га (63,0 × 25 / 100), на 2-й год – 13 кг/га (63,0 × 20 / 100) и 3-й год – 6 кг азота на 1 га.

Таблица 131

Расчет доз минеральных удобрений под культуры севооборота при заданной обеспеченности

Культура	Вынос прибавкой урожая, кг/га			Поступление - N из многол. трав	Поступление из навоза			Необходимо внести с минеральными удобрениями			Внести с учетом коэффициента использования, кг/га		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Мн. травы 1 г.п.	7,8	3,6	12,0	-	-	-	-	7,8	3,6	12,0	11	9	15
Мн. травы 2 г.п.	9,0	3,6	12,0	-	-	-	-	9,0	3,6	12,0	13	9	15
Лен-долгунец (волокно)	16,0	8,0	14,0	8	-	-	-	8,0	8,0	14,0	11	20	18
Картофель	36,0	12,0	54,0	6	-	-	-	30	12	54,0	43	30	68
Пар вико-овсяный	18,0	7,2	27,0	3	44	26,3	126	-	-	-	-	-	-
Озимая рожь	28,6	13,2	30,8	-	35	13,1	31,5	-	-	-	-	-	-
Ячмень + мн. травы	27,5	12,1	26,4	-	18	4,4	-	9,5	7,7	26,4	14	19	33

При расчете баланса питательных веществ следует учесть обогащение почвы азотом за счет многолетних трав исходя из того, что в сене клевера с тимофеевкой содержится 2% азота. При урожае сена 2,1 т с 1 га в год вынос азота составляет за 2 года 84 кг. От 1 т сена в почве остается в виде корневых и пожнивных остатков 10-15 кг азота. В данном случае в поживно-корневых остатках на 1 га содержится примерно 63 кг азота (15 кг х 4,2 т = 63), всего же в урожае сена с поживно-корневых остатках 147 кг азота (84 кг + 63 кг = 147 кг). Примерно $\frac{1}{3}$ азота от общего количества используется из почвы т.е. 49 кг. Следовательно, обогащение почвы азотом от многолетних трав составит 14 кг/га (63 кг – 49 кг = 14 кг). При составлении схемы системы удобрения в севообороте необходимо учитывать биологические и агротехнические особенности возделываемых культур. Предлагаемая система удобрений предусматривает внесение фосфорных и калийных удобрений в запас под покровную культуру, ранневесеннюю подкормку многолетних трав 2 года пользования и озимой ржи азотом, припосевное внесение фосфора под озимую рожь и т.д. (табл. 132).

Таблица 132

**Общая схема системы удобрения в севообороте
при заданной обеспеченности ими**

№ п.п.	Культура	Навоз, т/га	Минеральные удобрения, кг/га		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Мн. травы, 1 г.п.	-	-	-	-
2	Мн. травы, 2-го г.п.	-	35	-	-
3	Лен-долгунец	-	10	10	10
4	Картофель	-	30	30	75
5	Вико-овес на зел. корм	35	-	10	-
6	Озимая рожь	-	30	10	-
7	Ячмень + мн. травы	-	-	40	70
Итого		35	105	100	155
Вносится с навозом		-	175	88	210
Накопление азота за счет многол. трав		-	14	-	-
Вносится всего		-	294	188	365
Вносится на 1 га		-	42	27	52
Выносится с урожаем на 1 га		-	36	15	42
Баланс кг/га		-	+6	+12	+10
В % к выносу		-	116	180	124

На основании системы применения удобрений составляют годовой план. С учетом биологических и хозяйственных особенностей возделываемых культур в плане отражают распределение удобрений (в действующем веществе) по культурам и полям с указанием приемов их внесения (табл. 133).

В заключение составляют календарный план внесения минеральных удобрений на всю площадь севооборота с указанием календарных сроков (табл. 134). В.Г. Сычев, П.Д. Музыкантов, Н.К. Панкова систему удобрений в севооборотах лесолуговой зоны рекомендуют разрабатывать с учетом биологических особенностей возделываемых культур, их хозяйственной значимости и уровня плодородия почв.

Таблица 133

**Годовой план применения удобрений в севооборотах
при ограниченной обеспеченности ими**

Культура	На- воз, т/га	Минеральные удобрения, кг/га д.в.											
		Всего			Основное			Рядковое			Подкормка		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Мн. травы 1 г.п.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Мн. травы 2 г.п.	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	35	-	-
Лен- долгунец	-	10	10	10	-	-	-	10	10	10	-	-	-
Картофель	-	30	30	75	-	-	45	30	30	30	-	-	-

Вико-овес на зел. корм	35	-	10	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-
Озимая рожь	-	30	10	-	-	-	-	-	10	-	30	-	-
Ячмень + мн. травы	-	-	40	70	-	30	70	-	10	-	-	-	-
Всего за севообо- рот, кг/га	35	105	100	155	-	-	-	-	-	-	-	-	-
В среднем в год на 1 га	5	15	14	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
В стандарт- ных туках	-	73	75	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Как известно все культуры делятся на требовательные к уровню плодородия, умеренно требовательные и малотребовательные. По мнению авторов целесообразнее строить севообороты во времени, а не в пространстве. В этом случае требовательные культуры размещаются на высоко плодородных участках, умеренно требовательные – на участках среднего уровня плодородия, а малотребовательные – на остальных.

Для выращивания наиболее ценных культур – озимой пшеницы, картофеля, кормовых корнеплодов, кукурузы на силос – выбираются участки с повышенным и высоким содержанием фосфора и калия, как правило, среднего механического состава, со слабокислой или близкой к нейтральной реакции среды, со средним содержанием гумуса (для дерново-подзолистых почв 1,8-2,0%, для серых лесных почв (2,0-2,5%). На этих почвах культуры выращиваются в севообороте: клевер 1-го и 2-го года пользования, озимая пшеница, картофель (кормовые корнеплоды), кукуруза на силос, яровая пшеница или ячмень с подсевом клевера. Навоз в дозе 30-40 т/га вносится под картофель, перегной (10-15 т/га) – кормовые корнеплоды (табл. 135).

Таблица 134

Календарный план применения удобрений в севообороте

Приемы внесения, культура и дозы на 1 га	Срок внесения	№ поля и площадь, га	Вид удобрений, ц					
			навоз, т	N	Pc	Pcr	Kx	НФК
1. Ранневесенняя подкормка на мн. травах	05-10.04	№ 2, 52	-	52	-	-	-	-
2. Ранневесенняя подкормка оз. ржи	05-10.04	№ 2, 52	-	46	-	-	-	-
3. Припосевное внесение под: вико-овсяную смесь ячмень лен-долгунец картофель	01-05.05	№5, 52	-	-	-	13	-	-
	01-05.05	№7, 52	-	-	-	13	-	-
	01-05.05	№3, 52	-	-	-	-	-	31
	05-10.05	№4, 52	-	-	-	-	-	93
Итого за весенний период	-	-	-	98	-	26	-	124
1. Припосевное удобрение оз. ржи	15-20.08	№6, 52	-	-	-	13	-	-
2. Основное внесение удобрений под зяблевую обработку: фосфорно-калийные под ячмень калийные под картофель навоз под однолетние травы	15-20.08	-	-	-	78	-	61	-
	20-25.08	-	-	-	-	-	-	-
	15-20.09	-	1820	-	-	-	39	-
Итого за летне-весенний период	-	-	1820	-	78	13	100	-
Всего за год требуется	-	-	1820	98	78	39	100	124

Таблица 135

Система удобрений в зернотравопропашном севообороте Нечерноземной зоны на дерново-подзолистых почвах высокого уровня плодородия (гумус – 2,5-3,0; pH – 5,6-6,0; P₂O₅ > 150 мг/кг; K₂O > 120 мг/кг)

Чередование культур	Дозы удобрений на 1 га (органических, т; минеральных, кг д.в.)				Прибавка урожая, ц/га	Оплата удобрений урожаем, кг/кг
	основное внесение	рядковое внесение	подкормки	всего		
Клевер 1 г.п.	-	-	-	-	30	33
Клевер 2 г.п.	-	-	P ₃₀₋₄₀ K ₆₀₋₆₅	P ₃₀₋₄₀ K ₆₀₋₆₅		
Озимая пшеница	P ₆₀ K ₄₀	P ₁₀	N ₀₋₆₀ по диагностике	N ₆₀ P ₇₀ K ₆₀	10	5,3
Картофель (2/3 поля)	Навоз 30-40 N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₃₀₋₄₅ по диагностике	Навоз 30-40 N ₁₄₀₋₁₅₅ P ₈₀ K ₈₀	95	35
Кормовые корнеплоды (1/3 поля)	Перегной 10-15 N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₀ P ₂₀ K ₁₀	N ₀₋₄₅ по диагностике	Перегной 10-15 N ₁₃₀₋₁₄₅ P ₈₀ K ₇₀	250	90
Кукуруза на силос	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₅	N ₆₀₋₉₀	N ₁₂₀ P ₆₅ K ₆₀	170	70
Яровая пшеница, ячмень с подсевом клевера	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₁₅ N ₁₀ P ₁₀ K ₁₀	-	N ₄₀ P ₈₅ K ₇₀	7,0 9,3	4,8 6,2

Таким образом, на 1 га севооборотной площади в виде основного, рядкового внесения и подкормки расход удобрений за ротацию севооборота (6 лет) составил: навоза 20-27 т, перегноя – 3,5-5,0 т и N₂₄₀₋₄₀₀ P₃₃₀₋₃₄₀ K₃₃₀₋₃₄₀ или в среднем в год: навоза – 3,5-4,5 т, перегноя – 0,6-0,8 т и N₄₀₋₆₇ P₅₆ K₅₅. Система удобрений – органоминеральная.

На почвах среднего уровня плодородия, со слабокислой реакцией среды вводятся севообороты со следующим чередованием культур: 1) травы однолетние (вики-овсяная, горохо-овсяная смеси), рожь озимая, ячмень, овес. Органические удобрения не вносятся. Система удобрений – минеральная.

На 1 га севооборотной площади льняного севооборота расход удобрений составил: N₂₅₀₋₂₈₀ P₂₃₀ K₂₈₀₋₂₉₅, а в среднем в год – N₆₅₋₆₆ P₅₈ K₇₀ (табл. 136).

Таблица 136

**Система удобрений в льняном севообороте Нечерноземной зоны на дерново-подзолистых почвах среднего уровня плодородия
(гумус – 1,8-2,2; pH – 5,1-5,5; P₂O₅ – 100-150 мг/кг; K₂O – 80-120 мг/кг)**

Чередование культур	Дозы удобрений на 1 га (органических, т; минеральных, кг д.в.)				Прибавка урожая, ц/га	Оплата удобрений
	основное внесение	рядковое внесение	подкормки	всего		

			ки			уро- жаем, кг/кг
Травы однолетние	N ₆₀₋₉₀ P ₄₀ K ₆₀₋₇₅	P ₁₀	-	N ₆₀₋₉₀ P ₅₀ K ₆₀₋₇₅	24	14,0
Озимая рожь	N ₃₀ P ₄₀ K ₆₀	P ₁₀	N ₆₀	N ₉₀ P ₅₀ K ₆₀	9,8	4,9
Лен-долгунец	N ₃₀ P ₇₅ K ₉₀	P ₁₅	-	N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀	3,3 (вол.) 1,7 (сем.)	1,65 0,82
Ячмень	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	N ₁₀ P ₁₀ K ₁₀	-	N ₇₀ P ₄₀ K ₇₀	10,3	5,7

В зернопропашном севообороте на 1 га севооборотной площади за ротацию вносят N₂₉₀₋₃₂₀P₁₈₀K₂₃₀₋₂₄₅, а в среднем в год – N₇₂₋₈₀P₄₅K₅₆₋₆₁ (табл. 137).

Таблица 137

**Система удобрений в зернотравяном севообороте Нечерноземной зоны
на почвах среднего уровня плодородия
(гумус – 1,8-2,2; pH – 5,1-5,5; P₂O₅ – 100-150 мг/кг; K₂O – 80-120 мг/кг)**

Чередование культур	Дозы удобрений на 1 га (органических, т; минеральных, кг д.в.)				При- бавка урожаю, ц/га	Оплата удоб- рений уро- жаем, кг/кг
	основное внесение	рядковое внесение	под- корм- ки	всего		
Травы однолетние	N ₆₀₋₉₀ P ₄₀ K ₆₀₋₇₅	P ₁₀	-	N ₆₀₋₉₀ P ₅₀ K ₆₀₋₇₅	24	14,0
Озимая рожь	N ₃₀ P ₄₀ K ₆₀	P ₁₀	N ₆₀	N ₉₀ P ₅₀ K ₆₀	9,8	4,9
Ячмень	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	N ₁₀ P ₁₀ K ₁₀	-	N ₇₀ P ₄₀ K ₇₀	10,3	5,7
Овес	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₁₀ P ₁₀ K ₁₀	-	N ₇₀ P ₄₀ K ₄₀	9,0	6,0

На почвах низкого уровня плодородия pH < 5,0 и эрозированных землях возможно также использование минеральной системы удобрения в севообороте с овсом и злаковыми травами и 3-5 лет пользования (табл. 138).

Таблица 138

**Система удобрений в зернотравяном севообороте Нечерноземной зоны на
почвах низкого уровня плодородия
(гумус – 1,5; pH < 5,0; P₂O₅ < 100 мг/кг; K₂O < 80 мг/кг)**

Чередование культур	Дозы удобрений на 1 га (органических, т; минеральных, кг д.в.)				Прибавка урожаю, ц/га	Оплата удоб- рений уро- жаем, кг/кг
	основное внесение	рядковое внесение	подкормки	всего		
Овес (¹ / ₂ - ² / ₃ нормы высева) с подсе- вом трав	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₁₀	-	N ₃₀ P ₇₀ K ₆₀	5,5	5,0
Травы многолет- ние злаковые, ежегодно (3-5 лет)	-	-	N ₆₀ *	N ₆₀	30,0	50,0

*на легких почвах N₆₀P₆₀

При таком чередовании культур на 1 га севооборотной площади за ротацию приходится: $N_{210-330}P_{70}K_{60}$, а в среднем в год – $N_{52-55}P_{12-18}K_{10-15}$.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие исходные данные необходимы при определении норм минеральных удобрений методом элементарного баланса?
2. Что означает коэффициент использования питательных веществ из почвы, удобрений, пожнивно-корневых остатков?
3. Как рассчитывается вынос питательных веществ из почвы методом элементарного баланса?
4. Как рассчитывается вынос питательных веществ из органических удобрений методом элементарного баланса?
5. Как рассчитывается вынос питательных веществ из минеральных удобрений методом элементарного баланса?
6. Как рассчитывается обогащение почвы азотом за счет многолетних бобовых трав?
7. Что означает внесение фосфора в запас? Как это осуществляется?
8. За счет каких мероприятий осуществляется оптимизация азотного питания?
9. Какие существуют особенности применения минеральных удобрений при ограниченной обеспеченности ими?
10. В какой последовательности осуществляется расчет доз минеральных удобрений балансовым методом при заданной обеспеченности ими.

Тесты для самоконтроля

Укажите правильные ответы на вопросы:

1. В каком возрасте растения наиболее чувствительны к недостатку фосфора в почве?
 - 1) в период максимального поглощения;
 - 2) в период реутилизации;
 - 3) к началу цветения;
 - 4) в начале вегетации.
2. В какой части растений концентрируется большая часть фосфора?
 - 1) корни;
 - 2) солома;
 - 3) стебель;
 - 4) зерно.
3. В каком удобрении фосфор находится в водорастворимой форме?

- 1) преципитат;
- 2) фосфоритная мука;
- 3) суперфосфат простой;
- 4) томасшлак.

4. Какое фосфорное удобрение наиболее пригодно для кислых почвах?

- 1) Фосфоритная мука;
- 2) Преципитат;
- 3) Суперфосфат простой;
- 4) Суперфосфат двойной.

5. Какое удобрение относят к группе фосфорных удобрений не растворимых в воде, но растворимых в слабых кислотах?

- 1) Преципитат;
- 2) Суперфосфат простой;
- 3) Суперфосфат двойной;
- 4) Фосфоритная мука.

6. Каково содержание усвояемого фосфора в двойном, суперфосфате?

- 1) 19,5%;
- 2) 49%;
- 3) 35%;
- 4) 60%.

7. Чему способствует оптимальное фосфорное питание растений?

- 1) Снижению морозоустойчивости;
- 2) Снижению холодостойкости;
- 3) Увеличению вегетации;
- 4) Ускорению созревания.

8. Сколько необходимо внести двойного суперфосфата, если доза действующего вещества (P_2O_5) составляет 120 кг/га?

- 1) 5,0 ц/га;
- 2) 1,3 ц/га;
- 3) 4,6 ц/га;
- 4) 2,4 ц/га.

9. Какова доза P_2O_5 сверх выноса урожаем для повышения содержания подвижного фосфора на 10 мг/кг на дерново-подзолистой супесчаной почве

- 1) 50-60 кг/га;
- 2) 90-110 кг/га;
- 3) 100-120 кг/га;
- 4) 120-140 кг/га.

10. Какова оптимальная доза P_2O_5 для предпосевного внесения под кукурузу?

- 1) 7-10 кг/га;
- 2) 10-15 кг/га;
- 3) 5-20 кг/га;
- 4) 40 кг/га.

11. Какая доля калия от хозяйственного выноса его пшеницей приходится на зерно?

- 1) 85%;
- 2) 60%;
- 3) 50%;
- 4) 15%.

12. Какая культура отзывчива на присутствие натрия в составе калийных удобрений?

- 1) Картофель;
- 2) Подсолнечник;
- 3) Свекла;
- 4) Лен.

13. Какое калийное удобрение более предпочтительно на легких почвах?

- 1) Сильвинит;
- 2) Калийная соль;
- 3) Хлористый калий;
- 4) Калимагнезия.

14. Какое калийное удобрение более предпочтительно для хлорофобных культур?

- 1) Сильвинит;
- 2) Калийная соль;
- 3) Сульфат калия;
- 4) Хлористый калий.

15. В какие сроки и под какую обработку почвы лучше всего вносить хлорсодержащие калийные удобрения на почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава?

- 1) В рядки при посеве;
- 2) Осенью под зяблевую обработку;
- 3) Весной под культивацию;
- 4) Весной под боронование.

16. Какая из приведенных культур имеет высокую потребность в боре?
- 1) Озимая пшеница;
 - 2) Горох;
 - 3) Сахарная свекла;
 - 4) Огурец.
17. У какой культуры отмечена высокая потребность в меди?
- 1) Озимая рожь;
 - 2) Ячмень;
 - 3) Люпин;
 - 4) Горох.
18. Какая потребность в молибдене у зернобобовых культур?
- 1) Средняя;
 - 2) Никакая;
 - 3) Очень низкая;
 - 4) Высокая.
19. В каких пределах колеблются дозы меди для предпосевного внесения (кг д. в. на 1 га)?
- 1) 10-20;
 - 2) 10-15;
 - 3) 5-6;
 - 4) 0,5-3.
20. Для каких культур требуются наибольшие количества бора для предпосевной обработки семян?
- 1) Свекла и кормовые корнеплоды;
 - 2) Зернобобовые;
 - 3) Зерновые;
 - 4) Кукуруза.
21. При недостатке какого элемента в почве растения страдают от сухой и коричневой гнилей, дуплистости, бактериоза, отмирания точки роста?
- 1) Марганец;
 - 2) Бор;
 - 3) Медь.
22. Что подразумевают под хозяйственным выносом питательных веществ урожаем?
- 1) Вынос питательных веществ всеми частями растений;
 - 2) Вынос убираемой с поля основной и побочной продукции;
 - 3) Вынос пожнивными остатками;

4) Корнями, опавшими листьями, оставшимися на поле.

23. Каково соотношение питательных веществ (N: P₂O: K₂O) в урожае картофеля?

- 1) 2,5-3 : 1,0 : 1,5-2,2;
- 2) 2,0 : 1,0 : 1,5;
- 3) 3,5 : 1,0 : 3,0;
- 4) 2,5-3,5 : 1,0 : 4,0-4,5.

24. Каковы размеры выноса NPK свеклой на 1 т основной продукции с учетом побочной?

- 1) 3-4; 1-2; 4-5;
- 2) 4-5; 1,5-2; 7-9;
- 3) 3-4; 1-2; 4-5;
- 4) 25-30; 12-13; 25-30.

25. Каков вынос NPK при урожае картофеля 20 т/га?

- 1) 80; 60; 90;
- 2) 70; 30; 80;
- 3) 200; 100; 240;
- 4) 120; 40; 180.

26. Какая культура потребляет наибольшее количество азота?

- 1) Рис;
- 2) Озимая рожь;
- 3) Яровая пшеница;
- 4) Овес.

27. Какая культура потребляет наибольшее количество фосфора?

- 1) Рис;
- 2) Озимая рожь;
- 3) Яровая пшеница;
- 4) Горох.

28. Какая культура потребляет наибольшее количество калия?

- 1) Овес;
- 2) Озимая рожь;
- 3) Яровая пшеница;
- 4) Горох.

29. Для обеспечения питания растений в наиболее ответственные периоды вегетации необходимы

- 1) Припосевное удобрение;

- 2) Припосадочное удобрение;
- 3) Подкормка;
- 4) Предпосевное удобрение.

30. Для обеспечения питания растений на протяжении всего вегетационного периода необходимо

- 1) Припосевное удобрение;
- 2) Припосадочное удобрение;
- 3) Подкормка;
- 4) Основное удобрение.

31. Какое из удобрений не рекомендуют вносить с осени в зоне достаточного увлажнения на среднесуглинистых почвах

- 1) Хлористый калий;
- 2) Гранулированный суперфосфат;
- 3) Аммонийная селитра;
- 4) Фосфорная мука.

32. Какие удобрения подкисляют почву?

- 1) Гидролитически кислые;
- 2) Гидролитически щелочные;
- 3) Физиологически кислые;
- 4) Физиологически щелочные.

33. При посеве (посадке) под все культуры наиболее эффективно внесение:

- 1) Суперфосфата;
- 2) Аммиачной селитры;
- 3) Сульфата калия;
- 4) Комбинация 1-3.

34. В подкормки под различные культуры переносят чаще всего:

- 1) Азотные удобрения;
- 2) Фосфорные удобрения;
- 3) Калийные удобрения;
- 4) Органические удобрения.

35. Лучшая форма для первой азотной подкормки озимых зерновых:

- 1) Мочевина;
- 2) Аммиачная селитра;
- 3) КАС;
- 4) Жидкий аммиак.

36. Укажите оптимальные дозы припосевного удобрения под картофель:
- 1) $N_{10}P_{10}K_{10}$;
 - 2) P_{10} ;
 - 3) $N_{10}P_{10}$;
 - 4) $N_{20}P_{20}K_{20}$.
37. Укажите оптимальные дозы припосевного удобрения под свеклу:
- 1) $N_{10}P_{10}K_{10}$;
 - 2) P_{10} ;
 - 3) $N_{10}P_{10}$;
 - 4) $N_{20}P_{20}K_{20}$.
38. Укажите лучшую форму припосевного удобрения для свеклы:
- 1) Гранул. нитрофоска;
 - 2) Гранул. нитроаммофос;
 - 3) Гранул. суперфосфат;
 - 4) Порошковидный суперфосфат.
39. Какое из минеральных удобрений можно вносить в запас:
- 1) Аммонийная селитра;
 - 2) Мочевина;
 - 3) Натриевая селитра;
 - 4) Фосфоритная мука.
40. Какое азотное удобрение считают лучшим для некорневой подкормки растений:
- 1) Натриевая селитра;
 - 2) Сульфат аммония;
 - 3) Аммонийная селитра;
 - 4) Мочевина.

4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

В данном разделе необходимо дать оценку о влиянии рекомендуемой системы на экологическую безопасность данной агроландшафтной территории, на дегумификацию, на загрязнение почвы ТМ и т.д. При необходимости дать предложения по дальнейшему совершенствованию основных элементов (подсистем) системы земледелия и технологий выращивания сельскохозяйственных культур, чтобы обеспечить экологическую сбалансированность системы земледелия в целом.

Используемая система удобрений должна обеспечивать воспроизводство и оптимизацию плодородия почвы, получение запланированной урожайности с.-х. культур и продуктивности севооборота при одновременном решении вопросов качества продукции, экономической эффективности и энергетической окупаемости применения удобрений по каждой культуре в целом по хозяйству.

Экономическую эффективность применения удобрений характеризуют чистым доходом и рентабельностью.

На примере одной культуры необходимо определить экономическую эффективность удобрений (табл. 139).

Таблица 139

Экономическая эффективность удобрений при внесении

Показатели:	Количе
1. Урожайность без применения удобрений, кг/га	
2. Внесено удобрений минеральных, ц/га органических, т/га	
3. Урожайность при внесении удобрений, ц/га	
4. Прибавка урожайности за счет удобрений, ц/га	
5. Цена за 1 ц продукции, руб.	
6. Стоимость дополнительного урожая, руб./га	Стр.4 x стр.5
7. Затраты на внесение удобрений, руб./га	
8. Затраты на уборку дополнительного урожая, руб./га	
9. Общая сумма затрат, связанных с применением удобрений, руб./га	Стр.7 + стр.8
10. Условно чистый доход, руб./га	Стр.6 – стр.9
11. Окупаемость удобрений на 1 руб. затрат, руб.	Стр.10 / стр.9

Энергетическая эффективность применения удобрений рассчитывается соотношением содержания энергии в прибавке хозяйственной части урожая от удобрений к энергетическим затратам на применение удобрения включая затраты энергии на их производство.

5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

В задачу раздела входит описание основных требований техники безопасности и охрану труда при организации и проведении планируемых агротехнических приемов. Особое внимание уделяется при работе с пестицидами, удобрениями и техникой.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении необходимо дать оценку агрокомплекса с точки зрения поддержания и повышения плодородия почвы. Дать предложения по совершенствованию формы и содержания данной работы.

7. ГЛОССАРИЙ

Агроценоз – (агробιοценоз) – совокупность живых (растения, животные, насекомые и др.), косных (приземный слой атмосферы, солнечная энергия, кора выветривания), биокосных (почва, природные воды) и антропогенных (растения, удобрения, мелиоранты, пестициды и др.) компонентов природы и деятельности человека, обитающих на землях сельскохозяйственного и лесного пользования, занятых посевами или посадками культурных растений или древесных насаждений, взаимодействующих путём обмена вещества и потоков энергии в пределах однородного участка земной поверхности.

Баланс питательных элементов – разница (абсолютные показатели в кг/га, г/м² с соответствующим знаком «+», «--» или «О») или отношения (относительные показатели в долях от единицы или в процентах) всех статей прихода и расхода элементов в агроценозе за 4-5 или более лет.

Структура баланса – удельный вес или доленое участие отдельных статей потерь и поступления.

Биологический (полный) баланс – учитывает все статьи прихода (поступление в почву с удобрениями, семенами и из атмосферы, в том числе азот симбиотических и свободноживущих микроорганизмов), и расхода (вынос урожаем, потери из удобрений вследствие поверхностного стока, вымывания, и газообразные потери) элементов питания.

Хозяйственный баланс – учитывает только поступление питательных веществ в почву с удобрениями и микробиологического азота с пожнивно-корневыми остатками бобовых культур в сопоставлении с выносом урожаем и возможными потерями из удобрений.

Норматив баланса – показывает, какую часть (в %) составляет вынос питательных веществ с урожаем от внесенных с удобрениями.

Балансовый коэффициент использования элементов из почв, и удобрений – отношение расхода к приходу питательных элементов, выраженное в долях от единицы или в процентах: при значениях менее 1,0 или 100% – ба-

ланс положительный, при значениях, равных 1,0 или 100% – баланс нулевой; при значениях более 1,0 или 100% – баланс отрицательный.

Коэффициент возврата (K_v) – отношение прихода к расходу элементов, если оно больше единицы, баланс положительный, при $K_v = 1,0$ – баланс нулевой; при K_v меньше 1,0 – баланс отрицательный.

Интенсивность баланса (Иб) – это коэффициент возврата (K_v), выраженный в процентах.

Вид удобрения – в зависимости от происхождения и состава различают: органические, минеральные, органно-минеральные и бактериальные удобрения, а также местные, промышленные и отходы разных производств и быта.

Вынос элементов с урожаем – содержание элементов в общем урожае (кг, г или мг д.в. с единицы площади) или в единице урожая (кг, г или мг д.в.).

Биологический вынос элементов – содержание питательных веществ во всех органах надземной и подземной частей убираемой культуры, включая корневые и пожнивные остатки растений, т.е. в биологическом урожае.

Хозяйственный вынос элементов – содержание питательных элементов в основной (товарной) и побочной продукциях культуры, убираемых с поля, т.е. в хозяйственном урожае.

Относительный вынос (затраты) элементов – содержание питательных элементов в единице (т) основной с соответствующим количеством побочной продукции убираемой культуры.

Дефекат – отход свеклосахарного производства, содержащий до 75% CaCO_3 (сухой), и применяемый для известкования кислых почв.

Диагностика питания растений – определение условий и уровня обеспеченности растений питательными элементами. Диагностика позволяет правильно определять, корректировать и применять дозы удобрений и мелиорантов для получения плановых и возможных уровней урожайностей культур хорошего качества с одновременной оптимизацией агрохимических показателей плодородия почв и соблюдением требований охраны окружающей среды. По объектам и методам анализов различают:

диагностику почвенную – определение условий и уровня минерального питания растений методами агрохимического анализа почв;

диагностику растительную – определение условий и уровня минерального питания растений по состоянию и химическому составу целых растений, отдельных органов, компонентов клеток, или тканей. Поэтому растительная диагностика может быть:

визуальная – определение условий и уровня минерального питания растений по их внешнему виду и биометрическим показателям;

листовая – определение условий и уровня минерального питания растений по содержанию элементов в листьях;

оперативная – определение условий и уровня минерального питания растений в сжатые сроки экспресс-методами в критические развития растений;

стеблевая – определение условий и уровня минерального питания растений по содержанию элементов в отрезках стеблей полуколичественными методами;

тканевая – определение условий и уровня минерального питания растений по содержанию элементов в индикаторных органах или тканях растений;

функциональная – определение условий и уровня минерального питания растений по отзывчивости (реакции) живого растения, его органов или тканей на изменение факторов внешней среды.

Доза удобрения (мелиоранта) – количество удобрения (мелиоранта), вносимого йод конкретную культуру за один приём, которое выражают: при внесении минеральных удобрений в кг действующего вещества (д.в.) на гектар, в г д.в./м², мг/сосуд и др.; при внесении органических удобрений и мелиорантов в т/га, кг/м², г/сосуд.

Известкование почв – внесение в почву кальция и магния в виде карбонатов, оксидов и гидроксидов для нейтрализации вредной для многих сельскохозяйственных культур кислотности почвы. В зависимости от доз мелиорантов, цели и задач нейтрализации кислотности почв различают:

известкование дробное – внесение неполных доз известковых удобрений несколько раз за ротацию севооборота;

известкование основное (мелиоративное) – внесение полных доз известковых материалов (удобрений) для достижения оптимальной реакции почв, соответствующей потребностям возделываемых культур;

известкование поддерживающее (повторное и последующие) – внесение необходимых доз известковых удобрений для поддержания оптимальной реакции почв для возделываемых культур после предыдущего (основного или последующего) известкования.

Коэффициент использования питательного элемента почвы (КИП) – отношение количества элемента вынесенного с хозяйственным урожаем культуры к количеству (запасу) его (в усвояемой для растений форме) в почве, выражают в долях от единицы или в процентах.

Коэффициент использования питательного элемента удобрения (КИУ) – отношение количества элемента, вынесенного с хозяйственным урожаем культуры, к общему количеству его, внесённому с удобрением.

Мелиорант химический – удобрения и отходы промышленности для нейтрализации избыточной кислотности или щёлочности почв, улучшающие агрохимические, агрофизические и биологические свойства почв, а также питание растений кальцием, магнием и другими макро- и микроэлементами.

Последствие удобрений (мелиорантов) – эффект действия удобрения (мелиоранта), внесённого под предшествующую культуру, во второй и последующий годы внесения.

Севооборот – научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур (и пара) на полях и во времени. Период, в течение которого культуры и пар в установленной последовательности проходят через каждое поле севооборота, называется ротацией, а последовательность чередования – схемой севооборота.

Система удобрения – многолетнее, всесторонне обоснованное агрономически и экономически наиболее эффективное и экологически безопасное распределение имеющихся (или необходимых) ресурсов удобрений и мелиорантов между возделываемыми культурами в конкретных природно-экономических условиях.

Система удобрения севооборота (агроценоза) – всесторонне обоснованные виды, дозы, соотношения и способы внесения удобрений и мелиорантов, установленные с учётом биологических особенностей культур при принятом чередовании их и фактических показателях плодородия почв, для получения максимально возможных урожаев культур хорошего качества с одновременной оптимизацией показателей плодородия почв при имеющихся ресурсах в конкретных природно-экономических условиях.

Способ внесения (применения) удобрений – приём внесения (применения) удобрения под сельскохозяйственную культуру. По способам внесения различают:

допосевное (основное) удобрение – предназначено для удовлетворения потребности растений в питательных элементах после всходов до конца вегетации; вносится под основную и предпосевную (предпосадочную) обработку почвы ежегодно или в запас (запасное или периодическое удобрение) на 3-4 и более лет. В запас вносятся органические и фосфорные удобрения, химические мелиоранты и, иногда, калийные удобрения. Запасное внесение удобрений наиболее эффективно под многолетними кормовыми и плодово-ягодными культурами;

послепосевное удобрение (подкормка) – предназначено для удовлетворения потребностей растений чаще всего в микроэлементах и азоте, реже в калии, в периоды максимальной потребности в этих элементах в течение вегетации. Подкормки растений могут быть корневые (при внесении удобрений на почву и в почву) и некорневые (опрыскивание растений водными растворами удобрений), сухими (твёрдыми) и жидкими удобрениями;

припосевное (припосадочное) удобрение – предназначено для удовлетворения потребностей растений обычно в фосфоре, иногда, и в азоте, и в микроэлементах, реже в калии, в период от прорастания семян до появления полных всходов.

Эффективность удобрений и мелиорантов – результат действия их на выход и качество основной (зерно, клубни, плоды и т.д., а также белок, крахмал, сахара, жир и т.д.) и побочной (солома, ботва) продукции, выраженной прибавкой урожая (или сбора белка, крахмала и т.д.) с гектара или на единицу удобрений (мелиорантов). Различают:

агрономическую эффективность – результат действия удобрений и мелиорантов, выраженный прибавкой натуральной основной продукции (зерна, клубней, корнеплодов, плодов и др. или белка, крахмала, сахаров, жиров и др.) или прибавкой основной и побочной продукции пересчитанной в зерновые или кормовые единицы в расчёте на гектар или на единицу (кг д.в. или т CaCO_3 , CaSO_4 или навоза) удобрения и мелиоранта;

экономическая эффективность – результат действия удобрений и мелиорантов, выраженный в стоимостных показателях: чистый доход, производительность труда, окупаемость затрат, себестоимость продукции и др.;

энергетическая эффективность (энергоотдача или биоэнергетический КПД) – отношение накопленной в прибавке продукции энергии к суммарным энергетическим затратам на производство, транспортировку, хранение и внесение.

Литература

1. Авров О.Е., Мороз З.М. Использование соломы в сельском хозяйстве. – Л.: Колос, 1979. – 199 с.
2. Бердников А.М., Касьянчук В.П. Возделывание картофеля с использованием сидератов // Земледелие, 1999, №4. – С. 7-8.
3. Войтович Н.В. Плодородие почв Нечерноземной зоны и его моделирование. – М.: Колос, 1997. – 388 с.
4. Гюнтер Кант. Зеленое удобрение. – М.: Колос, 1982. – 127 с.
5. Демина М.И., Соловьев А.В., Чечеткина Н.В. Гербаризация растительного материала. – М.: РГАЗУ 2009. – 56 с.
6. Демин В.А. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в севообороте. – М., 1981. – 90 с.
7. Деревягин В.А., Кулепичев С.М. Технология использования соломы на удобрение // Химизация сельского хозяйства, 1990, №1. – С. 41-44.
8. Державин Л.М., Колокольцева И.В. Проекты применения удобрений // Плодородие, 2001, №1. – С. 22-23.
9. Довбан К.И. Зеленое удобрение. – М.: Агропромиздат, 1990. – 207 с.
10. Донских И.Н. Курсовое и дипломное проектирование по системе удобрения – М.: Колос, 2004 – 142 с.
11. Ефимов В.Н., Донских И.Н., Царенко В.П. Система удобрения. – М.: КолосС, 2002. – 320 с.
12. Еськов А.И. Улучшать использование органических удобрений // Земледелие, 2000, №6. – С. 24-25.
13. Жуков А.И. Определение доз и разработки системы удобрений в севооборотах. Учебное пособие – М.: 1974 г. - 68 с.
14. Захаренко А.В. Теоретические основы управления сорным компонентом агрофитоценоза в системах земледелия. – М.: ИСХА, 2000. – 466 с.
15. Использование соломы как органического удобрения / Под ред. Мишустина Е.Н. М.: Наука, 1980. – 268 с.
16. Лошаков В.Т. Промежуточные культуры в севооборотах Нечерноземной зоны. М.: Россельхозиздат, 1980. – 132 с.
17. Мальцев В.Ф., Каюмов М.К. и др. Система биологизации земледелия Нечерноземной зоны России. – М.: Росинформагротех, 2002, Ч. 2. – 544 с.
18. Мерзлая Г.Е., Афанасьев Р.А. Агроэкологическая эффективность осадков сточных вод г. Москвы // Агрохимический вестник, 2001, №5. – С. 25.
19. Минеев В.Г. Агрохимия. – М.: КолосС, 2004. – 720 с.
20. Михарев В.А. Практикум по системе применения удобрений. – М., 1988. – 116 с.
21. Муравин Э.А. Агрохимия. – М.: КолосС, 2004. – 384 с.

22. Определение доз минеральных удобрений и регламентирование их применения при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур // Державин Л.М., Литвак Ш.И., Попова Р.И. и др. – М.: Агропромиздат, 1988.
23. Попов П.Д. и др. Расчет баланса гумуса и потребности в органических удобрениях. – Владимир. 1987. – 16 с.
24. Семиошина Е. С., Сорокин И. Б., Сиротина Е. А., Хакимов И. Р. Улучшение агрономических свойств почвы при помощи соломы и зеленых удобрений // Сборник V международной научно-практической конференции «Аграрная наука – сельскому хозяйству». – Барнаул: АГАУ, 2010.
25. Сычев В.Г., Музыкантов П.Д., Панкова Н.К. Система удобрений по зонам Европейской территории России // Плодородие, 2001, №2. – С .14-17.
26. Хохлов Б.Н. Использование сапропеля на удобрение. – Ярославль, 1988. – 172 с.
27. Хохлов В.И. Современное состояние добычи и использование сапропеля на удобрения // Обзорная информация. ВНИИТЭИ, Агропром. – М., 1991. – С. 60.
28. Чечеткина Н.В., Демина М.И. Соловьев А.В. Растительная диагностика питания сельскохозяйственных растений. – М.: РГАЗУ, 2010. – 116 с.
29. Шакиров Р.С. Сидераты и солома – дополнительные источники почвенной органики экономической органики // Земледелие, 1999, №4. – С. 38.
30. Шафран С.А., Андреев С.С. Пути повышения экономической эффективности минеральных удобрений // Агрономический вестник, 1998, №1. – С. 13-15.
31. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия. – М.: Мир, 2004. – 584 с.

Охраняется законом об авторском праве. Воспроизведение всего пособия или любой ее части, а также реализация тиража запрещается без письменного разрешения автора. Любые попытки нарушения закона будут преследоваться в судебном порядке.

Зубков Н.В., Зубкова В.М., Соловьев А.В.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ В СЕВООБОРОТЕ

Учебное пособие

Редактор *М.Ю.Молчанова*

Подписано в печать 15.12.10.

Формат 60x84 1/16

Отпечатано на ризографе

Печ. л. 13,0

Уч.-изд. л. 9,06

Тираж 200 экз.

Заказ

Издательство ФГОУ ВПО РГАЗУ
143900, Балашиха 8 Московской области