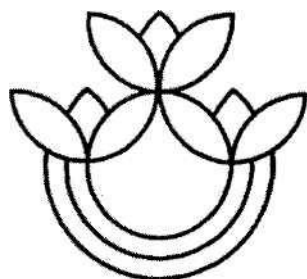


РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
Государственное научное учреждение
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ



Методика
проектирования системы удобрения в
адаптивно-ландшафтном земледелии
Центрального Черноземья

Курск - 2008

УДК 631.81:631.5/9

Методика проектирования системы удобрения в адаптивно-ландшафтном земледелии. Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН. 2008. - 64с.

Методика разработана к.с.-х.н. О.Г. Чуяном, чл.-корр. РАСХН Г.Н. Черкасовым, д.с.-х.н. Н.П. Масютенко.

В подготовке материалов принимали участие сотрудники лаборатории агрохимии ВНИИЗиЗПЭ к.с.-х.н. Л.Н. Караулова, к.с.-х.н. Г.М. Дериглазова

Методика предназначена для использования в проектных организациях, научных учреждениях и учебных заведениях сельскохозяйственного профиля, которые занимаются проектированием системы удобрения в адаптивно-ландшафтной системе земледелия Центрального Черноземья.

Рассмотрена и одобрена ученым советом ВНИИЗиЗПЭ
(протокол № 5 от 1 июля 2008 г.).

©ГНУ Всероссийский НИИ земледелия и
защиты почв от эрозии РАСХН, 2008 г.

Содержание

1. Общие положения	4
1.1. Принципы построения системы удобрений	4
1.2. Состав и структура исходной и нормативной информации	6
1.3. Блок-схема построения системы удобрений	7
2. Планирование урожайности сельскохозяйственных культур	8
2.1. Определение урожайности сельскохозяйственных культур, лимитируемой агроклиматическими ресурсами продуктивности	8
2.2. Определение урожайности сельскохозяйственных культур по рабочим участкам, лимитируемой плодородием почвы	11
2.3. Определение планируемой урожайности	12
2.4. Определение урожайности сельскохозяйственных культур по рабочим участкам, лимитируемой хозяйственными факторами	13
3. Определение потребности в органических, минеральных удобрениях и мелиорантах	14
3.1. Определение потребности в органических удобрениях	15
3.2. Определение потребности в минеральных удобрениях	18
3.3. Определение потребности в известковых материалах	22
4. Оценка проекта системы удобрения	27
4.1. Прогноз баланса гумуса	28
4.2. Прогноз баланса элементов минерального питания	28
4.3. Прогноз баланса кальция	30
4.4. Прогноз динамики фосфора и калия в почвах	30
4.5. Прогноз эффективности удобрений	34
5. Реализация проекта системы удобрения	35
6. Регулирование воспроизводства плодородия почв	38
Список использованной литературы	42
Приложения	48

1. Общие положения

В задачи проектирования систем удобрений входит как управление продукционным процессом сельскохозяйственных культур в агроценозах, так и регулирование круговорота веществ в агроландшафтах, поэтому проектирование системы удобрения должно базироваться на основных современных положениях учения о питании растений, а также на общенаучных экологических принципах и принципах системной организации использования удобрительных ресурсов. При этом она должна быть согласована со сложившимися в агроландшафтах постоянно действующими процессами для обеспечения наиболее полной реализации их продукционного потенциала [14,15,17,20,41].

1.1. Принципы построения системы удобрений

В основу формирования системы удобрений в адаптивно-ландшафтных системах земледелия положены 9 принципов:

1. Принцип индивидуальности производственного рабочего участка.
2. Принцип возврата минеральных и органических веществ в агроценозах.
3. Принцип оптимизации почвенной среды.
4. Принцип оптимизации минерального питания растений.
5. Принцип комплексности.
6. Принцип системности при временной реализации севооборота.
7. Принцип экологической безопасности.
9. Распределение и использование удобрений производится с учетом рельефа, структуры почвенного покрова, эродированности почв.

При разработке системы удобрения в АЛСЗ учитывается большое число системообразующих факторов и, прежде всего, биологические особенности сельскохозяйственных культур, технологии их возделывания, качество предшественников, свойства почвы и погоднo-климатические условия, т.е. те факторы, по которым различаются между собой агроландшафты. На однородных по рельефу территориях такая степень дифференциации, в основном, достаточна. В условиях, где земледелие ведётся преимущественно на склонах разной экспозиции, крутизны и формы поверхности необходима дополнительная дифферен-

циация системы удобрения по факторам, характерным для тех или иных склоновых агроландшафтов. Эти факторы по своей природе подразделяются на две группы: одна из них связана с процессами эрозии почв, другая – с перераспределением в пространстве факторов почвообразования и жизни растений.

Степень эродированности почв проявляется в сокращении в них запасов гумуса и азота и сопровождается снижением степени их подвижности (мобилизационной способности) [16, 46,47].

В то же время эродированность почв не всегда сопровождается сокращением содержания в обрабатываемом (пахотном) слое подвижных форм фосфора и калия, но всегда вполне отчётливо сказывается на снижении подвижности как фосфатов, так и калия. Это обстоятельство служит основанием для некоторого увеличения доз удобрений. Вторая особенность склоновых земель связана с проявлением на наклонной поверхности стока талых и ливневых вод и смыва почвы. Отсюда возникает опасность миграции и потерь удобрений. Размеры этих потерь могут быть значительными (более 50 %) и зависят от сроков и способов внесения удобрений [43].

Вторая группа факторов связана с перераспределением в пространстве в зависимости от экспозиции склонов, их крутизны и формы условий почвообразования и жизни растений – света, тепла, влаги. С увеличением крутизны склонов различия между полярными экспозициями возрастают. Эти постоянно действующие факторы определяют условия эффективности удобрений. В частности, в средней полосе России на более прогреваемых южных склонах по сравнению с северными отмечается более высокая подвижность почвенных соединений азота, фосфора и калия и, естественно, более слабая реакция сельскохозяйственных культур на удобрения. На разноориентированных склонах неодинакова также и интенсивность новообразования и минерализации почвенного органического вещества, что учитывается при определении доз внесения органических удобрений.

1.2. Состав и структура исходной и нормативной информации

Элементарной единицей для управления режимом минерального питания сельскохозяйственных культур и соответственно единицей хранения информации является производственный рабочий участок (участки) в рамках одной агроэкологической группы земель, контура ЭАА, в составе поля севооборота, с однородными агроэкологическими условиями и одной технологией хозяйственного использования*. Их совокупность представляет собой базу данных исходной информации в виде паспортов полей и производственных участков со следующей структурой:

1. Адресные характеристики рабочего участка. К ним относятся номер топографического контура, название хозяйства, тип сельскохозяйственного угодья, номер бригады/отделения, номер поля, номер производственного рабочего участка, его площадь.

2. Почвенные и ландшафтные характеристики рабочего участка. Они включают: агроэкологическую группу земель, порядковый № контура ЭАА, индекс ЭАА, категория пригодности (I-VI), сумма активных температур, коэффициент увлажнения по Иванову, экспозиция склона, его уклон, длина, форма. индекс наименования почвы, почвообразующая порода, гранулометрический состав, степень эродированности, мощность гумусового слоя, мощность пахотного слоя.

3. Агрохимическая характеристика почвы рабочего участка (содержание гумуса, рН, валовое содержание фосфора, калия, подвижного фосфора, подвижного калия, микроэлементов и т.п.).

4. Характеристика системы севооборотов на рабочем участке, которая включает состав культур и порядок их чередования

* В сложных ландшафтах, где выделение однородных по агроэкологическим условиям участков невозможно и приходится включать различные контрастные комбинации почв, агротехнологии выбираются по худшему компоненту.

1.3. Блок-схема построения системы удобрений



5. Характеристика истории сельскохозяйственного использования рабочего участка: состав культур по годам, их урожайность и дозы внесения удобрений и мелиорантов.

6. База нормативных данных для дифференцированного проведения расчетов потребности в удобрениях каждой культуры севооборота, ее планируемой урожайности в условиях хозяйства, балансов питательных элементов, изменения плодородия, агрономической и экономической эффективности удобрений.

7. Оперативные данные по обеспеченности хозяйства финансовыми ресурсами в отношении возможного приобретения минеральных и известковых удобрений, а также качественный и количественный состав поголовья скота и характер его содержания для определения выхода органических удобрений.

2. Планирование урожайности сельскохозяйственных культур

2.1. Определение потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур, лимитируемой агроклиматическими ресурсами продуктивности

Для расчетов климатически обеспеченной урожайности (КОУ) используются зависимости, основанные на прямых статистических связях её с лимитирующими метеорологическими факторами. Так, например, при ограниченной влагообеспеченности посевов, т.е. в случае, если основным лимитирующим фактором климата является вода, КОУ можно приближенно рассчитать с помощью соотношения

$$КОУ=10W/K_w,$$

где: КОУ – климатически обеспеченный урожай сухой биомассы, т/га; W – ресурсы продуктивной влаги, мм; K_w – коэффициент водопотребления, показывающий какое количество воды расходуется на формирование единицы растительной биомассы рассматриваемой культуры.

Величина W представляет сумму двух составляющих: запасов влаги в почве на начало вегетации и эффективно используемой части осадков, выпа-

дающих за период вегетации. Полагая, что в процессе формирования урожая используется примерно 80% осадков, величину W можно рассчитать по формуле:

$$W=W_H+0,8 \cdot O,$$

где : W_H – начальный запас влаги, который обычно берется в метровом слое почвы, мм; O – сумма осадков от момента сева до созревания, мм.

Другой метод оценки уровня КОУ без непосредственного расчета потенциальной урожайности основан на использовании гидротермического показателя продуктивности.

$$ГТП=g \cdot W_n/36R,$$

где ГТП – гидротермический показатель продуктивности, балл; W – ресурсы продуктивной влаги, определяемые как разность между годовой суммой осадков и стоком, мм; n – продолжительность вегетации, декады; R – годовой радиационный баланс, кДж/см²; g – переводной коэффициент, равный 4,2 кДж/см²·мм.

Рассчитав ГТП, величину КОУ сухой биомассы (в т/га) находят в соответствии с эмпирическим соотношением:

$$КОУ=2,2ГТП - 1$$

Пересчет сухой биомассы (Y) в урожай хозяйственно полезной продукции (y) осуществляется на основе соотношения

$$y=100Y/(100-\omega) \cdot \alpha,$$

где ω – стандартная влажность хозяйственно полезной части урожая, %; α – сумма частей в соотношении масс хозяйственно полезной и побочной продукции в общем урожае биомассы.

Ориентировочные значения коэффициента α и обратного ему коэффициента $K_{ХОЗ}$, показывающего какую долю в общем урожае сухой биомассы составляет полезная продукция, приведены в таблице 1.

Для получения сопоставимых результатов все расчеты должны проводиться на так называемую «стандартную» влажность, устанавливаемую для зерновых культур (зерно) на уровне 14%, для картофеля (клубни) – 80%, для

корнеплодов и кормовой свеклы – 80%, для многолетних трав (сено) – 16%, для вико-овсяной смеси (зеленая масса) – 75%.

Таблица 1. Соотношение хозяйственно полезной и побочной продукции для различных культур

Культура	α	$K_{\text{хоз}}$
Озимая пшеница	2,5	0,40
Озимая рожь	3,0	0,33
Яровая пшеница	2,2	0,45
Овес	2,1	0,48
Ячмень	2,3	0,43
Картофель	1,7	0,59
Кормовая свекла	1,4	0,71

В условиях расчленённого рельефа тепло- и влагообеспеченность становятся основными факторами, определяющими различия в почвенно-микrokлиматических условиях склонов. Эти различия возможно оценивать количественно с использованием подходов Д.И. Шашко [54], показателей влажности почв, выраженной в долях от полной влагоемкости (ПВ), предложенных Е.Н.Романовой [39] к определению коэффициентов увлажнения склонов разных экспозиций, а также поправки с учетом неравнозначности склонов по ресурсам тепла и влаги И.И.Карманова и Д.С.Булгакова [10].

Алгоритм, объединяющий подходы вышеупомянутых авторов, основан на логарифмической зависимости между процентом от ПВ (по Романовой) и коэффициентом (K_p) биологической продуктивности [38].

$$K_p = 0,5 \ln (\% \text{ от ПВ}) + 1,23$$

Отношение откорректированных климатических потенциалов для разных элементов рельефа к их нормативным (плакорным) значениям является поправочным коэффициентом на рельеф ($K_{\text{п}}$) :

$$K_{\text{п}} = (0,5 \ln(W_{\text{ПВ}} \cdot A) + 1,23) \cdot (1 - D) \cdot (S - B) \cdot ((0,5 \ln(W_{\text{ПВ}}) + 1,23) \cdot S)^{-1}, \text{ где}$$

$W_{\text{ПВ}}$ – полевая влажность метрового слоя почвы в начале периода вегетации, выраженная в долях от полной влагоемкости (на водоразделе);

A – коэффициент увлажнения склонов по Е.Н. Романовой;

S – сумма температур более 10^0 C;

B и D – поправки к суммам температур и к увлажнению склонов в зависимости от экспозиции склона, по формулам И.И. Карманова и Д.С. Булгакова [10].

2.2. Определение урожайности сельскохозяйственных культур по производственным рабочим участкам, лимитируемой плодородием почвы

Определение эффективного плодородия почв имеет фундаментальное значение для производства информационных действий по планированию целесообразного уровня урожайности сельскохозяйственных культур на конкретном рабочем участке.

С этой целью могут использоваться нормативы оценки урожайности культур [28] или зональные нормативы окупаемости урожаем единицы почвенных ресурсов плодородия (азота, фосфора и калия). В этом случае урожайность (базовая), обеспечиваемая уровнем содержания в пахотном слое подвижных форм питательных веществ вычисляется по выражению:

$$Уб_i = C_i \cdot Оп_i,$$

где: C_i – содержание подвижных форм i -того элемента на рабочем участке, мг/кг; $Оп_i$ – нормативная окупаемость (ц/га) урожаем значений показателей плодородия почвы на 1 мг/кг их содержания (дифференцированная по агроэкологическим типам почв для зональных условий).

Уровень базовой урожайности ($Уб_n$) на рабочем участке (по содержанию азота, фосфора и калия) находится по средней гармонической величине:

$$Уб_n = \left(\frac{1}{3} \sum \frac{1}{Уб_i} \right)^{-1}$$

Это тот уровень урожайности, который можно достичь на конкретном рабочем участке хозяйства с учётом фактического почвенного плодородия этого участка, то есть без внесения минеральных удобрений.

2.3. Определение планируемой урожайности

(обеспеченной почвенно-климатическими условиями и оптимизацией минерального питания)

Плановая урожайность обычно принимается в среднем по хозяйству, а система удобрений проектируется для конкретного производственного рабочего участка, поэтому ее целесообразно скорректировать на уровень плодородия почвы и на структуру севооборота. Корректировка плановой урожайности может проводиться по отклонению балла бонитета или обобщенного показателя плодородия почвы на участке от такового в среднем по хозяйству.

Величину урожая при использовании удобрений можно определить по базовой урожайности культуры (Уб) на рабочем участке и нормативам прироста урожая от удобрений с учетом экономических возможностей хозяйства. Расчет планируемой урожайности в этом случае проводится по формуле:

$$U_{пл} = U_{б} + 0,01 \cdot (D \cdot O_u \cdot K_o),$$

где:

U_{пл} – планируемая урожайность сельскохозяйственной культуры при использовании удобрений, ц/га;

У_б – базовая урожайность сельскохозяйственной культуры на рабочем участке, ц/га;

D – доза удобрений, обеспеченная экономическими возможностями хозяйства, кг/га д.в. NPK или рассчитанная по таблицам нормативов;

O_у – нормативная окупаемость 1 кг д.в. NPK при среднем уровне плодородия;

K_о – поправочный коэффициент на окупаемость удобрений в зависимости от обеспеченности почв рабочего участка подвижными элементами питания (при прочих равных условиях) определяется исходя из лимитируемого урожая [50]:

$$K_o = (K_{OU} - U_{б}) / (K_{OU} - U_{б_n}), \text{ где}$$

U_{б_н} – базовая нормативная урожайность сельскохозяйственной культуры при среднем содержании подвижных элементов питания, ц/га;

K_{OU} – климатически обеспеченная урожайность культуры, ц/га.

2.4. Определение урожайности сельскохозяйственных культур по рабочим участкам, лимитируемой хозяйственными факторами

Уровень фактической урожайности сельскохозяйственных культур в хозяйстве в целом и по рабочим участкам хозяйства определяется не только сложившимся природным потенциалом продуктивности земель, но и тем, насколько полно реализуется этот природный потенциал. Возможности этой реализации зависят, во-первых, от обеспеченности хозяйства трудовыми, энергетическими, материально-техническими и финансовыми ресурсами и, во-вторых, от качества управления всеми ресурсами и качества выполнения работ.

Количественная оценка урожайности сельскохозяйственной культуры на конкретном рабочем участке (Упл.х.), лимитируемая хозяйственными условиями, рассчитывается по формуле:

$$\text{Упл.х.} = \text{Упл} \cdot \text{Кх},$$

где: Упл – урожайность, вычисленная по уравнению, ц/га; Кх – поправочный коэффициент на обеспеченность хозяйственными ресурсами и уровень хозяйствования.

Для определения поправочного коэффициента получаемую в среднем фактическую продуктивность пашни в хозяйстве (Уфх, з.ед. ц/га) сравнивают с расчетным значением продуктивности (Урх, з.ед. ц/га) при том же количестве применяемых удобрений:

$$\text{Кх} = \text{Уфх} / \text{Урх}, \text{ где}$$

Урх – рассчитанная в целом по хозяйству продуктивность культур в среднем, ц/га з.ед.

$$\text{Урх} = \text{Убх} + (\text{Дх} \cdot \text{Оу} \cdot \text{Ко}) / 100,$$

где : Убх – средняя по хозяйству базовая продуктивность, вычисленная по средневзвешенным по хозяйству показателям плодородия почв, ц/га з.ед.; Дх – количество удобрений, фактически внесенное по хозяйству на гектар посева в среднем, кг/га д.в. NPK; Оу – нормативная окупаемость 1 кг д.в. NPK, кг з.ед.

Учитывая, что коэффициент Оу в формуле среднестатистическая величина, коэффициент Кх в конкретном хозяйстве может быть меньше или больше

единицы. Тем самым осуществляется привязка к фактическому уровню интенсивности агротехнологий.

3. Определение потребности в органических, минеральных удобрениях и мелиорантах

Соблюдение принципа комплексности, предусматривающего одновременную оптимизацию уровня минерального питания, регулирование гумусного состояния и физико-химических условий в почве позволяет наиболее полно реализовать все ресурсы, участвующие в формировании урожая.

Система удобрения разрабатывается для каждого рабочего участка на полную ротацию планируемого на нём севооборота.

Проектирование системы удобрения целесообразно вести с использованием результатов прогноза вещественного баланса, который просчитывается в севообороте, реализуемом на конкретном рабочем участке. По результатам баланса оснований, гумуса и элементов минерального питания определяется потребность в мелиорантах, свежем органическом веществе и минеральных удобрениях, использование которых позволит обеспечить планируемую продуктивность культур и целесообразную ёмкость круговорота веществ в севообороте. Этим самым уже на стадии проектирования задаётся возможная направленность и интенсивность динамики основных показателей плодородия почв.

Все алгоритмы расчетов обслуживаются системой справочников и нормативов. Степень их детализации, наличие справочных материалов и алгоритмов, отражающих особенности неоднородного рельефа, позволяет проектировать систему удобрения, при которой используемые средства показывают наибольшую окупаемость.

Особенностью использования балансовых методов при проектировании ландшафтных систем является дополнительная дифференциация основных нормативных показателей по элементам рельефа, обусловленная различными условиями влаго- и теплообеспеченности.

3.1. Определение потребности в органических удобрениях

Органические удобрения служат дополнительным источником свежего органического вещества для поддержания в почвах уравновешенного баланса.

Использование органических удобрений в хозяйствах осуществляется на основе системы применения удобрений в севообороте, которая включает в себя: определение потребности в удобрениях, выход навоза, место внесения удобрений в севообороте, дозы, сроки и способы их внесения.

Необходимое к внесению количество органических удобрений может находиться из результатов сопоставления расходной и приходной статей баланса гумуса. Расходная статья складывается из потерь гумуса при его минерализации и за счет развития эрозионных процессов, а приходная- включает новообразование гумуса из корневых и пожнивных остатков [42] :

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n (\Gamma \cdot \beta_i \cdot K_{э} + \Gamma_{э}_i - A_i \cdot K_i \cdot \alpha_i)}{\gamma \cdot K},$$

где: H - доза органических удобрений, необходимая для создания в почвах уравновешенного баланса гумуса за ротацию севооборота, т/га;

Γ - запас гумуса в пахотном слое почвы, т/га;

$\Gamma_{э}_i$ - потери гумуса при эрозии (т/га) рассчитываются по среднемуголетнему смыву почвы (приложение 5);

β_i - коэффициент минерализации гумуса (приложение 3);

$K_{э}$ – поправочный коэффициент на элемент рельефа (приложение 4);

A_i - количество поживно-корневых остатков, т/га ;

K_i – коэффициент пересчета растительных остатков на органическое вещество (приложение 6);

α_i - коэффициент гумификации растительных остатков i-той культуры ;

γ – коэффициент гумификации органических удобрений;

K – коэффициент пересчета органических удобрений на органическое вещество (приложение 6);

n- количество культур в севообороте.

Вычисленную дозу органических удобрений за ротацию севооборота распределяют по наиболее отзывчивым на них в год действия культурам. При распределении органических удобрений по полям учитывается отзывчивость культур на них, плодородие почвы и предшественник. В первую очередь органическими удобрениями обеспечиваются севообороты, насыщенные чистыми парами, техническими, пропашными и овощными культурами.

Выход навоза в хозяйстве зависит от вида и технологии содержания животных, обеспеченности кормами, количества подстилки, способа навозоудаления, продолжительности стойлового периода.

Расчет выхода навоза на ферме проводится по формулам-

- в стойловый период: $M_{\text{ис}} = \text{п} \cdot (M_{\text{э}} \cdot K_{\text{к}} + M_{\text{п}}) T_{\text{с}} \cdot 0,85,$

- в пастбищный период: $M_{\text{ип}} = \text{п} \cdot (M_{\text{э}} \cdot K_{\text{к}} + M_{\text{п}}) \cdot T_{\text{п}} K_{\text{п}} \cdot 0,75,$ где:

п - поголовье животных;

$M_{\text{э}}$ - норма выхода экскрементов от животного в сутки, кг;

$K_{\text{к}}$ - поправочный коэффициент на обеспеченность кормами;

$M_{\text{п}}$ - масса подстилки па одну голову в сутки, кг;

$T_{\text{с}}$ - продолжительность стойлового периода, дни;

$T_{\text{п}}$ - продолжительность пастбищного периода, дни;

0,85; 0,75 - поправочные коэффициенты, учитывающие естественную убыль навоза в стойловый и пастбищный периоды;

$K_{\text{п}}$ — поправочный коэффициент, учитывающий время нахождения животных в стойлах или выгульных дворах в летний период (0,85 - при кормлении животных на выгульно-кормовых дворах, 0,5 - при размещении животных в стойлах, 0,33 - в летних лагерях).

Суточный выход экскрементов от одного животного определяется в соответствии с нормами технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета НТП 17-99 (приложение 7). Указанные нормы выхода экскрементов обеспечиваются при условии полнорационного и сбалансированного кормления животных. Если обеспеченность кормами

ниже нормативной, рекомендуется применять поправочные коэффициенты к выходу экскрементов (приложение 8).

Если выход органических удобрений по хозяйству не покрывает расчетной потребности по всей системе севооборотов, то расчет повторяют с включением в качестве свежего органического вещества сидеральных культур и нетоварной части урожая.

Применение растительных остатков на удобрение сводится к следующим основным операциям: для равномерного распределения соломы по поверхности поля ее предварительно измельчают навесными или прицепными комбайновыми измельчителями одновременно с уборкой зерна или при подборе из валков (при раздельной технологии). Измельченная солома вместе со стерней (при необходимости с компенсирующей дозой азота) заделывается в верхний слой почвы (0-10 см) дисковыми луцильниками или тяжелыми дисковыми боронами, что обеспечивает разложение ее в аэробных условиях и снижает риск накопления токсичных органических соединений. Через 2-3 недели производится зяблевая вспашка. На эрозионно-опасных территориях солома может использоваться в качестве мульчи и заделываться во время весенней обработки почвы.

На почвах, подверженных водной и ветровой эрозии, рекомендуется также обработка стерни игольчатыми боронами в два следа, а затем рыхление без оборота пласта.

В связи с широким соотношением C:N, недостаток азота в злаковой соломе необходимо компенсировать внесением азотных удобрений, доза которых рассчитывается по формуле:

$$D_N = (K \cdot N \cdot 0,04 - N) \cdot 10 \cdot M ,$$

где

D_N - доза азотных, кг/га;

K - соотношение C:N в соломе;

N - содержание азота в соломе, %;

M - количество запахиваемой соломы, т/га.

Солому злаковых культур в качестве удобрения используют преимущественно под пропашные, бобовые и яровые зерновые культуры. Не рекомендуется непосредственное использование соломы под озимые зерновые культуры. Под бобовые культуры, особенно с длительным периодом вегетации эффективна солома злаковых культур без добавок азота, под картофель - солома бобовых культур.

Сидеральная масса растений перед внесением в почву измельчается, равномерно распределяется на поверхности поля и при помощи дисковых орудий заделывается в верхний слой почвы, а спустя 2-3 недели запахивается.

При установлении сроков и способов внесения органических удобрений необходимо руководствоваться рекомендациями региональных научно-исследовательских учреждений и агрохимслужбы при обязательном соблюдении агротехнических, санитарно-гигиенических и экологических требований в соответствии с действующими регламентами и нормативами.

3.2. Определение потребности в минеральных удобрениях

Дифференциация режима минерального питания в различных ландшафтных условиях, как условие снижения удельных затрат ресурсов на получение единицы продукции, осуществляется, в первую очередь, через планирование целесообразного уровня урожайности сельскохозяйственных культур на конкретном рабочем участке (раздел 2).

Расчёт годовой дозы минеральных удобрений под культуру по каждому элементу представляет в общем виде многокомпонентную функцию вида:

$$D_y = f(U_{пл}, (H_z, B, П), K_n),$$

где: D_y – годовая расчётная доза азотных, фосфорных или калийных удобрений на гектар в д.в.;

H_z – нормативы затрат удобрений на производство 1 т продукции с учетом побочной;

B – вынос питательных веществ в расчете на 1 т основной продукции с учетом побочной (кг/т);

P – показатель, характеризующий влияние почвенных ресурсов рабочего участка в определении дозы удобрений. Он может носить характер балансовых коэффициентов возврата или представляет собой долю подвижных форм элементов питания почвы, участвующих в формировании урожая и определяемых через коэффициенты их использования культурой;

K_n – корректирующие дозу показатели, учитывающие влияние предшественника, длительность последствия удобрений, влияние местоположения почвы в рельефе, степени их эродированности, гранулометрического состава и кислотности почвы.

Методические подходы и нормативные материалы расчета доз удобрений разрабатываются по экспериментальным данным полевых опытов и для одинаковых начальных условий разные методы могут давать сходные результаты расчетов. Наиболее приемлемы те из них, нормативная база для которых наиболее полно разработана для конкретного региона [3,4,5,21,28].

При использовании дифференцированных по агроэкологическим типам почв и культурам балансовых коэффициентов возврата элементов питания уже на стадии проектирования системы удобрения ими задаются размеры допустимого дефицита или возможного накопления элементов питания в почвах. Расчет потребности можно проводить по представленной формуле:

$$D_{N;P;K} = [(U_i \cdot V_i \cdot K_v \cdot K_k) - (N_1 \cdot K_{N1} + N_2 \cdot K_{N2} + D_2 \cdot K_{M2})] \cdot K_{\Sigma} \cdot K_p,$$

где: $D_{N;P;K}$ - доза азотных, фосфорных или калийных удобрений (кг/га д.в.) ;

U_i - планируемая урожайность i -той культуры, т/га;

V_i - вынос азота, фосфора или калия урожаем, кг/т (приложение 10);

K_v - балансовый коэффициент возврата (приложение 9);

N_1 - количество N, P, K, внесенных с орг. удобрениями кг/га д.в.;

K_{N1} - коэффициент использования N, P, K из органических удобрений в год их действия (приложение 11);

N_2 - количество N, P, K, внесенных с органическими удобрениями под предшественник, кг/га д.в.;

K_{H2} - коэффициент использования питательных веществ из органических удобрений второй культурой (приложение 11);

D_2 - доза питательных веществ, внесенных с минеральными удобрениями под предшественник, кг/га д.в. соответственно N, P, K;

K_2 – коэффициент использования питательных веществ из минеральных удобрений, внесенных под предшественник (приложение 11);

$K_э$ - поправочный коэффициент на рельеф (приложение 13);

$K_п$ - поправочный коэффициент на предшественник (приложение 14).

$K_к$ – корректирующий коэффициент к нормам возврата элементов питания для расчета годовых доз удобрений для условий ЦЧЗ в зависимости от содержания в почве азота щелочногидролизуемого (С):

$$K_K(N) = 1,316 - 0,0023 \cdot C_{N_{щг}} \text{ (мг/ кг);}$$

содержания подвижного фосфора по Чирикову (мг/ кг):

$$K_K(P) = 1,322 - 0,0043 \cdot C_{P_{2O5}},$$

и калия по Чирикову (мг/ кг): $K_K(K) = 1,253 - 0,0044 \cdot C_{K_2O}$.

Таким образом достигается сбалансированное соотношение питательных элементов для каждой культуры в соответствии с почвенными условиями конкретного рабочего участка.

Распределение расчетных годовых доз азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений в действующих веществах по срокам и способам внесения проводят на основе существующих агротехнических требований, рекомендаций агрохимической службы и научно-исследовательских учреждений. При распределении расчетных годовых доз минеральных удобрений должны быть предусмотрены наиболее экономически и экологически обоснованные способы и сроки внесения минеральных удобрений с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур, требований экологии и адаптивно-ландшафтного земледелия.

Усредненные рациональные дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений в перерасчете на действующее вещество для проведения припосевного (припосадочного) внесения и подкормок в период вегетации растений уста-

новлены на основе результатов обобщений многолетних опытных данных с учетом агротехнических и экологических требований. При отклонении погодных условий от среднеголетних данных рекомендуемые дозы удобрений, особенно азотных, для проведения подкормок посевов озимой пшеницы и озимой ржи должны уточняться по результатам почвенно-растительной диагностики минерального питания растений.

Дозы минеральных удобрений (N, P₂O₅, K₂O) для основного (допосевого) внесения определяют путем вычитания из расчетных годовых доз азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений на планируемую хозяйством урожайность культуры на участке рекомендуемых доз соответствующих удобрений для припосевого внесения и подкормок посевов.

Ресурсы минеральных удобрений в питательных веществах на планируемый год определяют в целом для азота (N), фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O) путем суммирования их количества по каждой форме и по видам удобрений, включая сложные.

Применение микроудобрений

Применение микроудобрений на почвах с низким и средним содержанием подвижных форм соответствующих микроэлементов обеспечивает сбалансированное соотношение макро- и микроэлементов в питании растений, повышает урожайность сельскохозяйственных культур на 10-12% и улучшает качество продукции. Основные типы почв и сельскохозяйственные культуры, нуждающиеся в микроэлементах, а также рекомендуемые дозы и способы внесения микроудобрений приведены в таблице 2 и в приложении 16.

Микроудобрения (борная кислота, молибдат аммония, сульфат меди, сульфат цинка, сульфат кобальта и др.) применяют при предпосевной обработке семян и некорневой подкормке растений. Существуют комплексные формы микроудобрений, содержащих несколько микроэлементов в более доступной для растений хелатной форме (акварин, кристалон и др.). Микроудобрение тенсо-коктейль предназначено для обработки семян.

Наиболее перспективна обработка семян микроэлементами при их

Таблица 2. Культуры и почвы, для которых эффективно применение микроудобрений

Микроэлемент	Эффективно при применении	
	Культура	Почва
Бор	Сахарная свекла, лен, бобовые, семенники трав, корнеплоды	Серая лесная, выщелоченный чернозем
Молибден	Однолетние и многолетние бобовые	Серая лесная, выщелоченный и оподзоленный чернозем
Марганец	Зерновые, сахарная свекла	Чернозем выщелоченный и оподзоленный
Цинк	Кукуруза, люцерна, зерновые	Карбонатный чернозем
Кобальт	Зернобобовые, многолетние и однолетние травы	Серая лесная, выщелоченный чернозем

инкрустации и дражировании. Раствор для обработки семян должен содержать 2-3 микроэлемента, наиболее дефицитных для возделываемой культуры.

Некорневая подкормка, дает возможность воздействовать на растение в те периоды, когда наиболее остро ощущается потребность в том или другом элементе. Некорневые подкормки микроэлементами обычно совмещают с азотными подкормками, обработкой гербицидами, фунгицидами или инсектицидами. Рекомендуемые дозы микроудобрений следует дифференцировать в зависимости от сроков их внесения.

3.3. Определение потребности в известковых материалах

Снижение кислотности ненасыщенных почв является важным фактором повышения эффективности минеральных удобрений (до 30 - 40 %).

В почвах, сформированных в зонах с промывным и периодически промывным водным режимом, постоянно имеет место потеря оснований из почвенного поглощающего комплекса. Часть кальция и магния отчуждается из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур. На долю инфильтрации приходится до 80% потерь оснований, что способствует дальнейшему подкислению почвенной среды.

Задача по оптимизации физико-химических свойств почвы предусматривает решение ряда вопросов:

1. Определение нуждаемости в известковании.
2. Определение доз мелиорантов.
3. Выделение земельных участков, возделываемых культур.
4. Составление плана известкования.

Определение нуждаемости почв в известковании является самостоятельной задачей и обосновывается, как правило, возможным эффектом от самого приема по отлнчию показателя обменной кислотности pH_{kcl} от оптимальных значений, принятых для данного севооборота и в соответствии с почвенными условиями.

На основе исследований баланса кальция и его расходных статей известкование целесообразно делить на основное, мелиоративное, обеспечивающее сдвиг реакции среды до оптимального уровня (таблица 3), и поддерживающее, компенсирующее избыточные потери оснований агрогенного характера. При pH , ниже оптимальных значений для определенной группы культур, проводят известкование мелиоративными дозами. При значениях pH , близких к оптимальному, осуществляют поддерживающее известкование дозами, компенсирующими ежегодные потери оснований.

В общем случае поддерживающую дозу извести рассчитывают по балансовому уравнению, как разницу между приходными и расходными статьями (раздел 4.3.).

Определение норм внесения известковых материалов для основного, мелиоративного известкования осуществляется согласно принятым в нашей стране ме-

тодам - по величине гидролитической кислотности, по таблицам, в которых представлены дозы извести в зависимости от величины рН и гранулометрического состава, по нормативам затрат на смещение ед. рН или новым в этой области разработкам [51,56] .

Таблица 3. Оптимальные значения обменной кислотности рН и степени насыщенности основаниями для темно- серых лесных почв, выщелоченных и оподзоленных черноземов.

Механический состав почв	Показатели	Севообороты			
		Полевой с картофелем и многолетними травами	С сахарной свеклой	Зерновые и зернопропашные	Кормовые и овощные
Песчаный и супесчаный	рН _{kcl}	5,4	6,0	5,6	5,8
	V %	75	90	85	85
Легко- и средне-суглинистый	рН _{kcl}	5,6	6,3	5,8	5,9
	V %	80	93	90	90
Тяжелосуглинистый и глинистый	рН _{kcl}	5,8	6,5	6,0	6,0
	V %	85	95	92	92

Мелиоративные дозы извести можно определить на планируемый сдвиг рН до оптимального уровня по формуле:

$$D_m \text{ (т/га)} = 10 \cdot \Delta \text{ рН} \cdot n,$$

где: $\Delta \text{ рН}$ - планируемый сдвиг рН ед;

n - норматив расхода CaCO_3 , т/га.

Мелиоративные дозы извести по величине гидролитической кислотности находят по известному выражению:

$$D_m = 0,05 \cdot H_r \cdot d \cdot h,$$

где: D_m - доза извести (в CaCO_3), т/га на период мелиорации;

H_r –гидролитическая кислотность пахотного слоя, в мг·экв/100г почвы;

d – плотность почвы, г/см³;

h – мощность пахотного слоя, см;

Для черноземов и серых лесных почв мелиоративные дозы извести возможно определить по изменению суммы обменных оснований (ΔS) в расчете на заданное изменение кислотности $pH_{ксл}$ от исходного pH_i до оптимального значения pH_{opt} . Эта величина выражается суммой абсолютных изменений гидролитической кислотности и эффективной емкости катионного обмена:

$$\Delta S = |\Delta Hг| + |\Delta E_{ко}|, \quad (\text{в мг·экв/100 г})$$

Доза $CaCO_3$ (т/га) = $\Delta S \cdot 5 \cdot h \cdot d$, где h – глубина, м и d – плотность почвы, г/см³.

В общем виде расчет дозы извести имеет выражение:

$$D_m(m/га) = 5 \cdot h \cdot d \cdot (2,4 \cdot \Gamma + 0,1 \cdot \Phi_g) \cdot \left(\ln \left(\frac{pH_{opt}}{pH_i} \right) + \tau \cdot (pH_{opt} - pH_i) \right),$$

где: Γ и Φ_g – содержание гумуса (%) и физической глины (%);

τ – показатель удельной дифференциальной емкости почвы, для серых лесных почв и черноземов соответственно равен 0,16 и 0,12;

d – плотность почвы, г/см³;

h – мощность пахотного слоя, м.

Известковую норму удобрений в физическом весе H рассчитывают по следующей формуле:

$$H(m/га) = \frac{D \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(100 - B) \cdot (100 - П) \cdot (100 - C)},$$

где: D – доза $CaCO_3$, т/га,

B – влажность известкового удобрения, %;

$П$ – количество примесей, %,

C – количество недейтельных частиц (> 3мм) для кристаллических плотных пород (%).

При составлении плана известкования в севооборотах различного типа учитывают степень нуждаемости почв в известковании, биологические особенности культур. Особенно чувствительна к кислотности сахарная свёкла, поэто-

му в этих севооборотах известкование проводят в первую очередь. В полевых севооборотах с многолетними травами и зерновыми культурами известь вносят под покровную культуру или под наиболее чувствительные к кислотности культуры – яровую пшеницу, ячмень, горох, кукурузу. Лучшим местом для проведения известкования кислых почв является паровое поле. При этом известь вносят перед мелкой обработкой почвы. Мелиорант заделывают орудиями, применяемыми для поверхностной обработки почвы (луцильники, дисковые бороны) на глубину 8-10 см. Вспашку на полную глубину пахотного слоя проводят плугом без предплужника. Под картофель известь можно вносить непосредственно при условии повышения нормы органического удобрения и увеличении (на 10-20 %) нормы калийных удобрений.

На песчаных и супесчаных почвах с низкой емкостью поглощения и в большинстве своем бедных магнием в первую очередь следует применять магниесодержащие известковые удобрения: доломитовую, доломитизированную и магнезиальную известняковую муку.

Известкование изменяет соотношение в почве между кальцием и калием в сторону резкого преобладания кальция. Для нормализации соотношения между этими элементами дозы калийных удобрений на произвесткованных почвах следует увеличивать. Фосфоритную муку на ранее произвесткованных почвах следует применять при уровне pH не выше 5,2-5,5, а при непосредственном внесении проводить заделку извести и фосфоритной муки в разные слои почвы (фосфоритную муку под плуг, а известь под культиватор или наоборот). При совместном внесении с навозом известь, понижая кислотность, существенно изменяет условия его разложения, усиливая процессы перехода питательных веществ в усвояемые для растений соединения. Углекислые формы известковых удобрений можно вносить совместно с навозом. Следует учитывать, что подвижность большинства микроэлементов, за исключением молибдена, при известковании снижается.

Нормы известки ведутся в расчёте на 100 % CaCO₃, поэтому при поступлении других известковых удобрений на норму дают поправку 0,84 - для доломита, 0,74 - для Ca(OH)₂.

Также делают пересчёт на количество примесей. При использовании дефека (42-82 %CaCO₃) его норма равна:
$$H_d = \frac{\text{Норма CaCO}_3 * 100}{\% \text{CaCO}_3 \text{ в дефекате}}$$

Известкование почв проводят только по выровненному полю. При внесении известковых удобрений центробежными разбрасывателями с неравномерностью 25% и пневматическими бокового дутья - 30% и менее качество работ считается отличным, при увеличении неравномерности на 10% от допустимой - хорошим. При увеличении неравномерности известкования более 15% от допустимой техническими требованиями работы бракуются. Отклонение от заданной дозы не должно превышать ± 10%.

Для преодоления подкисления ненасыщенных основаниями почв, попадающих в категорию поддерживающего известкования, возможно применение адаптивных приемов, предусматривающих учет характера и интенсивности действия агротехнических приемов.

Стабилизация уровня кислотности чернозема при насыщении севооборота минеральными удобрениями происходит при возрастающих затратах известки и органических удобрений. Эти затраты сокращаются при включении в состав севооборота многолетних трав, поскольку доля вклада этого фактора соизмерима с действием поддерживающего известкования.

4. Оценка проекта системы удобрений

Поскольку баланс веществ в агроландшафтах отражает соотношение их поступления и расхода, по его результатам можно судить (прогнозировать) о направленности и темпах изменения свойств почв при реализации в севообороте проектируемой системы удобрения. Это может осуществляться в соответствии с методическими указаниями [6,7,24,40] .

4.1. Прогноз баланса гумуса

Баланс гумуса находится как разность между приходной и расходной его статьями и определяется по следующему выражению:

$$\Delta G = \sum_{i=1}^n (A_i \cdot K_i \cdot \alpha_i - G \cdot \beta_i \cdot K_{\text{э}} - G_{\text{э}i}) + H \cdot \gamma \cdot K,$$

где: ΔG - баланс гумуса в пахотном слое почвы, \pm т/га за ротацию севооборота;

H - количество органических удобрений в физическом весе, проектируемых по системе удобрения, т/га в сумме за ротацию севооборота.

Обозначение остальных параметров алгоритма приводится в разделе (3.1.).

Размеры приходной статьи баланса гумуса зависят от количества поступающего в почву свежего органического вещества (пожнивно-корневые остатки, органические удобрения), которое в процессе гумификации пополняет запасы гумуса в почве.

Расходная статья баланса представлена потерями гумуса при минерализации органического вещества почвы и при эрозии почв.

Проектирование системы удобрений ориентировано на создание уравновешенного баланса гумуса, т.е. на стабилизацию гумусного состояния почв. При необходимости его улучшения в рамках возможностей системы увеличивают приходную статью баланса гумуса.

4.2. Прогноз баланса элементов минерального питания

Баланс элементов минерального питания (N, P₂O₅, K₂O) рассчитывается за полную ротацию севооборота в кг д.в. с учетом выходных данных разрабатываемой системы удобрения и представляет собой разницу между приходными (П) и расходными (Р) его статьями:

$$B_{(N, P, K)} = П - Р$$

Приходная статья баланса (П) вычисляется по следующему выражению:

$$П_{(N, P, K)} = M_{\text{у}i} + N_{\text{о}} \cdot C_i + П_{\text{м}i} + N_{\text{сб}} + N_{\text{нсб}} + N_{\text{ос}},$$

где: M_{yi} – количество питательных веществ, поступающих с минеральными удобрениями за ротацию севооборота, кг/га N, P₂O₅, K₂O;

N_o – суммарная за севооборот доза органических удобрений, т/га;

C_i – содержание элементов минерального питания в органических удобрениях, кг д.в. /т (приложение 15);

P_{mi} – суммарное за севооборот поступление питательных веществ с посевным материалом, кг/га N, P₂O₅, K₂O;

N_{cb} – количество азота, поступающего в почву за счет фиксации атмосферного азота бобовыми культурами за ротацию севооборота, кг/га (приложение 21);

N_{ncb} – количество азота, синтезируемое свободноживущими азотфиксаторами за ротацию севооборота, кг/га [40];

N_{oc} – количество азота, поступающего в почву с атмосферными осадками, в кг/га за ротацию севооборота [40] ;

Расходная статья складывается из следующих показателей

$$P_{(N,P,K)} = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot B_i + P_{\varepsilon} \cdot C + P_{\text{и}} + N_{\text{д}}$$

P – расходная статья баланса за ротацию севооборота, кг/га N, P₂O₅, K₂O;

Y_i – планируемая урожайность i -той культуры, т/га;

B_i – вынос азота, фосфора и калия с урожаем, N, P₂O₅, K₂O кг/т урожая основной продукции (приложение 10) ;

P_{ε} – потери мелкозема при эрозии, т/га за ротацию севооборота (приложение 5);

C – содержание валовых форм азота, фосфора и калия в пахотном слое почвы, N, P₂O₅, K₂O кг /т почвы; по калию применяется поправочный коэффициент, равный 0,1;

$P_{\text{и}}$ – потери азота, фосфора и калия за ротацию севооборота в результате процессов инфильтрации, кг/га N, P₂O₅, K₂O (приложение 18);

$N_{\text{д}}$ – потери азота за счет денитрификации за ротацию севооборота, кг/га,

n- количество культур в севообороте [40] .

4.3. Прогноз баланса кальция

Оценка баланса кальция за севооборот с учетом параметров проектируемой системы удобрения позволяет прогнозировать изменения реакции почвенной среды и соответственно вносить корректировку в структуру системы удобрения с тем, чтобы удерживать значения рН в оптимальном диапазоне. Вычисление баланса кальция проводят следующим образом:

$$B_{Ca} = ДИ \cdot C_i + Д_{оу} \cdot C_{оу} + Д_{фу} \cdot C_{фу} - 1.8 \cdot \sum_{i=1}^n (Y_i \cdot B_i) - n \cdot M_{Ca_i} \cdot K_{гс} \cdot K_{рН}$$

B_{Ca} – баланс кальция за ротацию севооборота, кг/га $CaCO_3$;

ДИ – суммарная за севооборот доза известковых материалов, т/га физического веса;

C_i – содержание $CaCO_3$ в 1 тонне известковых материалов, кг (приложение 17).

M_{Ca} – среднегодовая миграция кальция за пределы пахотного слоя, в кг/га $CaCO_3$, (приложение 22);

$K_{гс}$ - поправочный коэффициент на гранулометрический состав (приложение 23);

$K_{рН}$ - поправочный коэффициент на реакцию почвенной среды (приложение 24);

При нулевом балансе кальция может прогнозироваться на конец ротации севооборота стабилизация значений реакции почвенной среды, а при его отрицательном балансе появляется вероятность подкисления почвы. И чем больше дефицит баланса, тем эта вероятность выше.

4.4. Прогноз динамики содержания в почвах подвижных форм фосфора и калия

О направленности изменений показателей плодородия почвы при реализации проектируемой системы удобрения в первом приближении можно судить

по результатам расчетов ожидаемого баланса питательных веществ в севообороте (раздел 4.2). Если поступление фосфора и калия удобрений в почву с низкой и средней обеспеченностью этими элементами превышает вынос урожаями, то следует ожидать увеличения их содержания в почве. При уравновешенном балансе фосфора и калия содержание их подвижных форм в такой почве практически не меняется. В случае превышения выноса над внесением при повышенной и высокой обеспеченности питательными элементами наблюдается постепенное снижение их содержания.

Размеры этих изменений можно прогнозировать. При положительном балансе питательных веществ расчет проводится по следующей формуле:

$$C_2 = C_1 + \frac{(P_{\text{мин}} + P_{\text{орг}}) - B}{H}, \text{ где}$$

C_1 – фактическое (исходное) содержание питательного вещества в почве (мг/кг или мг на 100 г почвы);

C_2 – прогнозируемое содержание питательного вещества в почве (мг/кг или мг на 100 г почвы);

$P_{\text{мин}}$ – поступление питательного вещества с минеральными удобрениями (кг/га);

$P_{\text{орг}}$ – поступление питательного вещества с органическими удобрениями (кг/га);

B – вынос питательных элементов с урожаем, кг/га;

H – норма элемента питания, необходимая для увеличения его содержания в почве на 10 мг/кг или 1 мг/100 г (приложение 19).

Нормы элемента питания, необходимые для увеличения его содержания в почве на 10 мг/кг дифференцированы по гранулометрическому составу и типам почв.

Эти базовые нормативы удельных затрат удобрений в пределах табличного диапазона могут также корректироваться в зависимости от других факторов. В частности, на склонах южной ориентации они будут ниже, а на северной - выше, чем на водораздельном плато. Они могут сокращаться также при более

высоком содержании гумуса в почвах, в севооборотах с чистым паром и с увеличением доз применяемых удобрений.

При отрицательном прогнозируемом балансе элементов питания в проектируемом севообороте снижение их содержания в почвах не всегда коррелирует с результатами баланса. Это проявляется на почвах, обладающих достаточно высокой буферностью в отношении фосфора и калия (в частности, на черноземах), и наиболее четко - в отношении калия. В этом случае более целесообразно осуществлять прогнозирование их содержания, опираясь на концепцию существования в почвах устойчивых стационарных содержаний подвижных форм фосфора и калия [11], согласно которой почва стремится вернуться к устойчивым стационарным содержаниям подвижных форм элементов питания при воздействиях, вызывающих как положительные, так и отрицательные отклонения от стационарных уровней. При этом чем более высокий исходный уровень содержания в почве подвижных форм элементов питания, тем более быстрыми темпами происходит изменение их значений.

Исходя из этого для черноземов выщелоченных и типичных лесостепной зоны прогноз изменений в содержании подвижного калия рассчитывается по следующей формуле [12].

$$dK_n = A \cdot (K_n - K_{ст}) + D \cdot B_k,$$

где: dK_n – изменения содержания подвижного или обменного калия в почве, мг /100 г почвы;

K_n – исходное содержание подвижного или обменного калия в почве в начале ротации, мг/100г;

$K_{ст}$ – стационарный уровень содержания подвижного или обменного калия в почве, мг/100г (равный по методу Чирикова – 9,1; по методу Масловой – 20,6);

A – коэффициент пропорциональности процесса установления стационарного уровня, равный для метода Чирикова (-0,74), для метода Масловой (-0,35);

Д – коэффициент, характеризующий влияние уровня баланса калия на темпы восстановления стационарного состояния, равный для метода Чирикова 0,001 и для метода Масловой 0,005;

Бк – прогнозируемый баланс K_2O в сумме за ротацию севооборота, кг/га (раздел 4.2.).

Анализ экспериментальных данных как на серых лесных почвах, так и на черноземах, при средней и повышенной обеспеченности их калием показал, что при компенсации удобрениями выноса калия более, чем на 75% происходит накопление в почве его подвижных форм, а при менее 35-50% - уменьшение их содержания.

Оценка изменений содержания подвижного фосфора (по методу Чирикова) может осуществляться по следующей формуле:

$$P_{i+1} = P_i - 0.15 \cdot P_i + 0.011 \cdot (P_v - P_i) + 0,23 \cdot (P_v - 120) - B_p,$$

где:

P_{i+1} – содержание подвижного фосфора в почве через год, мг/100 г почвы;

P_i – начальное содержание в пахотном слое подвижного фосфора, мг/100 г почвы;

P_v – содержание валового фосфора в почве, P_2O_5 мг /100 г почвы;

B_p – баланс фосфора в среднем за год, P_2O_5 мг /100 г почвы (раздел 4.2).

Расчёт ведётся за каждый год до конца ротации.

На почвах с низким, средним и, отчасти, с повышенным уровнем содержания подвижных форм фосфора и калия, по логике построения системы удобрения следует ожидать положительную динамику их содержания, а при высоком и очень высоком - стабилизацию.

При этом не менее важным является создание в почвах оптимального соотношения между подвижными формами калия и фосфора, которое, например, для лесостепной зоны в свекловичных севооборотах равно 0,87 и в зерновых - 0,71.

4.5. Прогноз эффективности удобрений

Прогноз и количественная оценка окупаемости удобрений урожаями сельскохозяйственных культур выполняется дифференцированно для каждого рабочего участка с учетом его характеристик и сложившегося по хозяйству уровня культуры земледелия. При этом в основу прогноза закладываются нормативы для определения прироста урожайности от удобрений по основным культурам по фактическим данным о внесении удобрений и урожайности. Прогноз агрономической окупаемости с использованием нормативных данных проводится следующим образом.

Первоначально определяется прогнозируемая прибавка (ц/га) урожая культуры ($У_{пр}$) по следующей формуле:

$$У_{пр} = (У_{пл.} \cdot Д_{у}) / 100,$$

где:

$У_{пл.}$ - планируемая урожайность культуры на рабочем участке, ц/га (раздел 2.3.);

$Д_{у}$ – доля участия удобрений в урожае (%), которая может вычисляться по уравнениям регрессии.

После количественной оценки прироста урожайности проводят расчет агрономической окупаемости (АО) кг на 1кг д.в. NPK удобрений урожаем культуры на рабочем участке по формуле:

$$АО = У_{пр} \cdot 100 \cdot К_{о} \cdot К_{э} \cdot К_{с} \cdot К_{х} / Д, \text{ где}$$

$Д$ - планируемая доза внесения удобрений, кг/га д.в. NPK (раздел 3.2.);

$К_{э}$. - поправочный коэффициент на элемент рельефа (приложение 20);

$К_{с}$ – поправочный коэффициент на степень смывости почвы (приложение 20);

$К_{х}$ - поправочный коэффициент на уровень культуры земледелия (раздел 2.4.);

$К_{о}$ - поправочный коэффициент на обеспеченность почвы питательными элементами (раздел 2.3.) .

При использовании органических удобрений они включаются в расчет в соответствии с коэффициентами использования питательных веществ по годам.

Расчет агрономической окупаемости удобрений с использованием приведенных формул дает приблизительную количественную оценку данного показателя, так как значения поправочных коэффициентов, а также доля участия удобрений в урожае имеют усредненные значения. Фактическая агрономическая окупаемость удобрений может существенно изменяться в зависимости от погодных условий, способов и сроков их внесения и т.д. Вместе с тем, количественная оценка агрономической окупаемости позволяет в дальнейшем провести расчеты экономической эффективности внесения удобрений под культуру на каждом рабочем участке.

После распределения минеральных удобрений рассчитывается ожидаемый чистый доход по каждому участку уже в зависимости от конкретных форм вносимых удобрений. Расчет чистого дохода от применения конкретной формы удобрений осуществляется по следующей формуле:

$$\text{Чд} = C_y \cdot U_{\text{пр}}(x) - [Z(x) \cdot X + Z(y) \cdot U_{\text{пр}}(x)]$$

При проведении расчетов используют данные о распределении минеральных удобрений в ассортименте в кг/га физической массы по культурам и полям, способам и дозам их внесения (X), ожидаемым прибавкам урожая ($U_{\text{пр}}(x)$), их стоимости по реализационной цене (C_y), ожидаемым затратам на применение удобрений, включая на их приобретение, хранение, транспортировку, внесение (франко хозяйство) ($Z(x)$), ожидаемым затратам на уборку и доработку дополнительного урожая ($Z(y)$) с учётом побочной продукции.

5. Реализация проекта системы удобрений.

С агрохимической точки зрения дозы могут считаться оптимальными, если они обеспечивают сбалансированное питание сельскохозяйственных культур, воспроизводство и сохранение плодородия почвы, плановый урожай сельскохозяйственных культур хорошего качества, экономически эффективны и экологически безопасны.

Система удобрения представляет собой среднесрочный стратегический план применения удобрений и мелиорантов в севообороте на всю его ротацию. Её реализация осуществляется в соответствии с ежегодными планами, в которых, исходя из сложившихся погодных условий и организационно-экономических возможностей хозяйства, корректируются сроки внесения удобрений и способы их применения в соответствии с имеющимися в наличии их видами и формами, а также определяются их объёмы (в физическом весе) по каждому рабочему участку. По результатам оперативной почвенно-растительной диагностики могут корректироваться также и дозы удобрений, предусмотренные в системе.

Сроки и способы применения удобрений - наиболее зависимые от условий зоны элементы системы удобрения. Поэтому при их назначении ориентируются на рекомендации местных научных учреждений. Общая технологическая схема использования удобрений, которая включает внесение в допосевной период (под основную или предпосевную обработку почвы), при посеве (в рядки или лентой) и в подкормку (в период вегетации), позволяет составлять ежегодные планы применения удобрений. С этой целью формируется база данных выходной информации по рассчитанным дозам удобрений (минеральных, органических, известковых), а также привлекается текущая оперативная информация и справочные данные по видам и формам удобрений.

Чтобы наилучшим образом использовать ассортимент имеющегося в хозяйстве фонда минеральных удобрений при реализации проекта системы удобрений необходим учет факторов определяющих отзывчивость культур на внесение удобрений: тип севооборота, культура и предшественники, местоположение по рельефу, сроки и способы внесения удобрений, складывающиеся погодные условия, исходный уровень плодородия почвы, несбалансированность почв по содержанию элементов питания, повышенная кислотность почвы, пространственное варьирование агрохимических показателей почв.

Распределение имеющихся ресурсов минеральных удобрений может проводиться, исходя из приоритетности культур по величине чистого дохода от

применения расчетных годовых доз минеральных удобрений для получения планируемой урожайности при использовании наиболее эффективных способов их внесения. По приоритетности между собой способы внесения располагаются в следующем порядке:

1. Припосевное (рядковое) внесение.
2. 1-я подкормка.
3. Основное внесение.
4. 2-я подкормка.
5. 3-я подкормка.

При ограниченных ресурсах удобрений в пределах одной культуры азотные удобрения при прочих равных условиях в первую очередь используют на участке, характеризующимся меньшей кислотностью почв, более обеспеченных подвижным фосфором и обменным калием и при меньшей засоренности посевов. Соответственно фосфорные и калийные удобрения при прочих равных условиях вносят, прежде всего на участке, характеризующемся более низким содержанием в почве подвижного фосфора (для фосфорных удобрений) и обменного калия (для калийных удобрений), меньшей кислотностью почв и меньшей засоренностью посевов.

Если на участке потребность в удобрениях по нескольким действующим веществам (т.е. по азоту, фосфору и калию), то в первую очередь рассматривается возможность внесения сложных удобрений. Главным приоритетом в выборе сложного удобрения является оптимальное соотношение питательных элементов для культуры. При этом сначала рассматривается внесение сложных удобрений на участках, где отношение между годовыми дозами соответствует соотношению питательных элементов в удобрении. Если сложные удобрения по соотношению содержащихся в них питательных веществ не соответствуют дозам в д.в., то их дополняют недостающими питательными элементами в форме соответствующих односторонних удобрений, при соблюдении требований к их совместимости.

При распределении учитывается соотношение между потребностями в питательных элементах для каждой культуры, и если по одному из действующих веществ удобрений не хватило, то дозы по остальным действующим веществам также снижаются.

Если после последовательного рассмотрения всех участков остались сложные удобрения, то еще раз выявляются участки, где требуются сложные удобрения, но они не распределились, потому что не было в ресурсах соответствующих простых удобрений, чтобы дополнить сложное удобрение. В этих случаях распределяется сложное удобрение без дополнения простыми, соответственно идет корректировка планируемой урожайности по элементу, потребность которого будет удовлетворена в меньшей степени.

Если ресурсов минеральных удобрений по каждому действующему веществу в хозяйстве больше, чем потребность, то вносятся расчетные годовые дозы, а оставшиеся удобрения вносятся на сенокосы и пастбища. Пересчет сложного удобрения проводится по тому действующему веществу, потребность которого минимальна, если сложное удобрение дополняется простым, то производится его пересчет в действующее вещество.

6. Регулирование воспроизводства плодородия почв

Воспроизводство плодородия почв подразумевает сбалансированное по очередности и интенсивности проведение соответствующих мелиораций. Для этого целесообразно пользоваться общесистемным принципом, согласно которому наиболее эффективным является оптимизация лимитирующего фактора. При этом, чем более глубокий минимум одного ресурса по отношению к остальным, тем выше окупаемость затрат на восстановление и поддержание плодородия.

Для оценки плодородия почв привлекаются агрохимические показатели, периодически контролируемые государственными службами страны. Минимальный комплекс свойств представлен содержанием гумуса, реакцией почвенной среды, содержанием подвижных форм фосфора и калия.

Аналитическая поддержка уровня качественных решений по выбору приоритетных мероприятий для конкретного участка или выбора приоритетных участков для осуществления конкретных мелиораций может решаться на основе расчета дополнительных показателей.

Необходим предварительный анализ степени соответствия свойств почв потребностям основных сельскохозяйственных культур путем преобразования натуральных значений индивидуальных показателей плодородия в безразмерные нормированные единицы со шкалой оценки от 0 до 1 или до 100 %.

Для этого пригодны нелинейные методы, отражающие общий принцип сокращения прироста продуктивности с увеличением величины ресурса, обеспечивающего этот прирост [44,52].

В первом приближении для нормирования индивидуальных показателей плодородия (Π_i) можно использовать такую функцию:

$$\Pi_i = X_i / (X_i + (C_i - X_i)\exp(-X_i/C_i \cdot A_i)),$$

где:

$$X_i = P_{ti} - P_{ki}; \quad C = (P_{oi} - P_{ki});$$

P_{ti} – текущее значение параметра;

P_{oi} – оптимальное значение параметра;

P_{mi} – минимальное значение параметра;

A – параметр крутизны (таблица 4).

$$\text{При } P_{oi} < P_{ti} \leq P_{max_i} \quad \Pi_i = 1 + \frac{0.1 \cdot (P_{ti} - P_{oi})}{(P_{max_i} - P_{oi})}$$

$$\text{При } P_{ti} > P_{mi} \quad \Pi_i = 1,1$$

Таблица 4. Нормативные значения для расчета коэффициента обеспеченности ресурсами плодородия (Π_i) для ЦЧЗ

Параметр	Гумус	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O
P _o	6.0%	6.0	200 мг/кг	180 мг/кг
P _m	1.5%	4.0	20 мг/кг	20 мг/кг
P _{max}	8%	7.0	250 мг/кг	240 мг/кг
Параметр крутизны склона (A)	0,45	0,40	0,30	2,25

Для разного уровня территориального деления с использованием средневзвешенных значений показателей плодородия проводится определение совокупного агрохимического показателя плодородия ($ППП$), отражающего степень обеспеченности факторами плодородия. Расчет ведется по средней геометрической нормированных показателей $Пi$:

$$ППП = \left(\prod_i^n П_i \right)^{1/n}, \text{ где } n - \text{ количество оцениваемых показателей.}$$

При этом продуктивность земель при прочих равных условиях пропорциональна общей оценке свойств. Необходимость и очередность в комплексных мелиорациях устанавливается путем ранжирования оцениваемых контуров по совокупной оценке в границах исследуемой совокупности объектов.

Выбор приоритетных участков на осуществление конкретных мероприятий устанавливается через определение потенциала окультуривания ($Рок$), характеризующего величину приращения совокупной оценки плодородия или продуктивности при известной цене балла $Ц_{ППП}$ (з.е.), при оптимизации конкретного свойства [49], поскольку при этом учитывается не только величина лимитирования по отдельным факторам плодородия, но и степень обеспеченности другими факторами плодородия:

$$Рок = Ц_{ППП} * ППП \left(\left(\frac{Порт}{Пi} \right)^{1/n} - 1 \right), \text{ где}$$

$Пi$ – нормированное значение показателя фактического состояния;

$Порт$ – нормированное значение оптимального уровня показателя;

$ППП$ – совокупный показатель плодородия по n факторам;

n – количество учитываемых факторов;

$Ц_{ППП}$ – цена балла совокупного показателя.

Пример такой оценки по трем градациям приоритета в административных границах областного уровня представлен на рисунках 1, 2 .

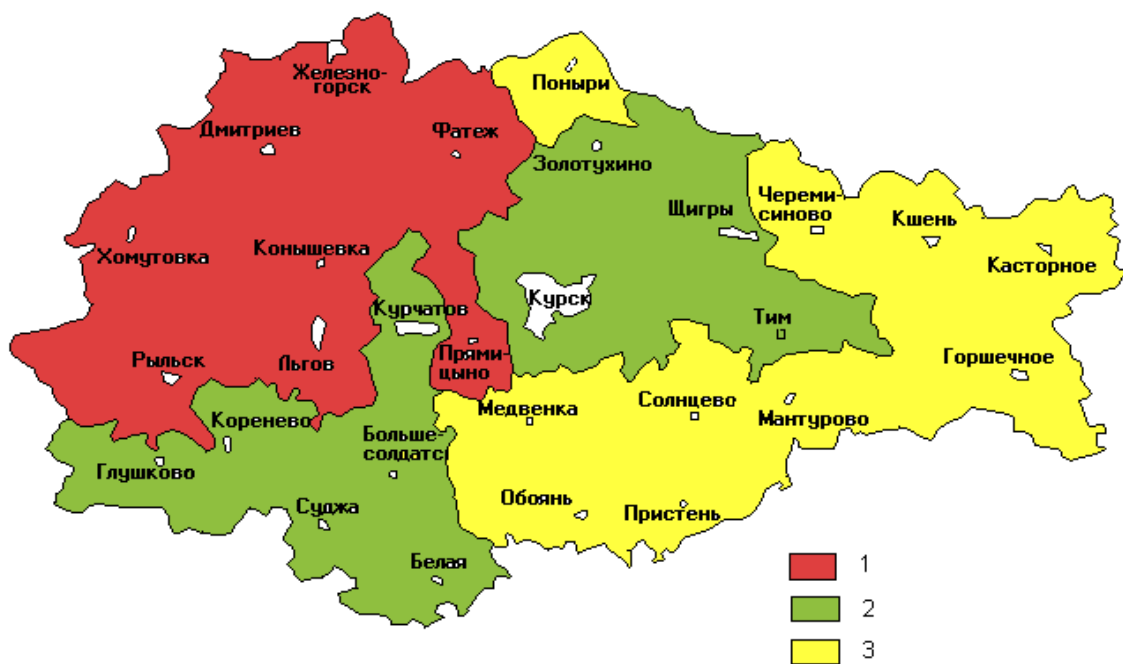


Рис. 1. Распределение территории Курской области по приоритетности мероприятий по повышению плодородия почв

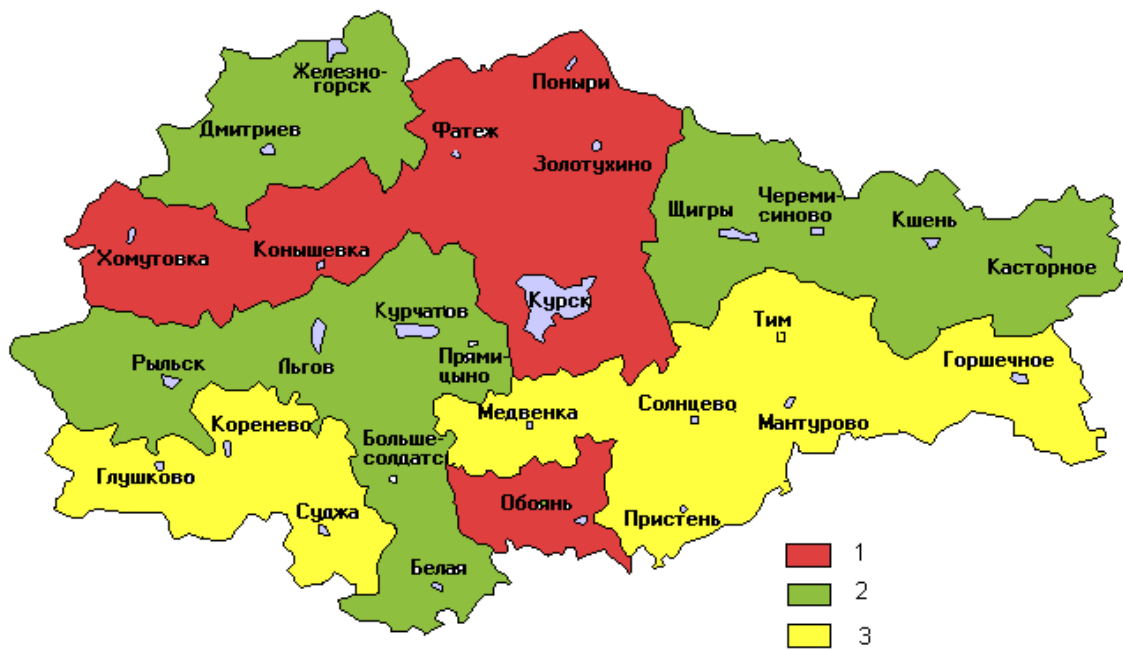


Рис. 2. Распределение территории Курской области по приоритетности известкования почв.

Список использованной литературы

1. Герасименко В.П. Оценка весеннего поверхностного стока с пахотных земель.// Почвоведение. - 1993. -№5.- С. 84-91.
2. Державин Л.М., Колокольцева И.В., Скворцова Н.К. и др. Составление проекта на применение удобрений (Рекомендации). - М: Росинформагротех, 2000. - 155 с.
3. Державин Л.М., Литвак Ш.И., Михайлов Н.Н. Методы расчета доз удобрений - М: ВНИИТЭИСХ, 1978. - 79 с.
4. Державин Л.М., Литвак Ш.И., Седова Е.В. Современные методы определения доз минеральных удобрений. Обзорная информация. - М.;ВНИИТЭИСХ, 1988. - 44 с.
5. Державин Л.М., Попова Н., Дегтярева Н.И. и др. Нормативы, регламентирующие дозы минеральных удобрений в интенсивном земледелии-М.: МСХА, 1990. - 28 с.
6. Державин Л.М., Попова Р.Н., Дегтярева Н.И. и др. Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами - М.: МСХА, 1991. - 65 с.
7. Державин Л.М., Скворцова Н.К., Пузанова О.А. и др. Методические указания по определению выноса питательных веществ сорняками с учетом видового состава и степени засоренности посевов - М.: Информагротех, 1999. - 17 с.
8. Карманов И.И. и др. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур. М.: изд-во ВАСХНИЛ. 1990. – 114с.
9. Карманов И.И. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур - М.: ВАСХНИЛ, 1990. - 114 с.
10. Карманов И.И., Булгаков Д.С. Ландшафтно-сельскохозяйственная типизация территории. - М.: РАСХН, 1997. - 110 с.
11. Карпинец Т.В. Моделирование режима калия в системе «почва-растение»//

- Автореф.дис. на соискание ученой степени доктора с.-х. наук - Курск. – 2000. - 37с.
- 12.Карпинец Т.В., Гринвуд Д.Д., Чуян Г.А. Равновесные уровни содержания доступного фосфора в почве и их количественная оценка для черноземов лесостепной зоны. (Отправлена в журнал «Почвоведение» в январе 2000г.)
 - 13.Карпинец Т.В., Чуян Г.А. Возможный подход к получению функциональной связи урожайности культур с содержанием подвижных форм фосфора и калия в почве.// Научн. техн. бюлл. ВНИИЗ и ЗПЭ. Вып. 1 (64).– Курск, 1990. – с. 31-37.
 - 14.Каштанов А.Н., Лисецкий Ф.Н., Швевс Г.И. Основы ландшафтно-экологического земледелия -М.: Колос, 1994. - 128 с.
 - 15.Каштанов А.Н., Щербаков А.П., Володин В.М. и др. Методика разработки систем земледелия на ландшафтной основе - Курск: Курская ГСХА, 1996. - 132 с.
 - 16.Каштанов А.Н., Явтушенко В.Е. Агроэкология почв склонов - М.: Колос, 1997. - 240 с.
 - 17.Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия - М: Колос, 1996, 367 с.
 - 18.Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С. и др. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах -М.,МСХА, 1993. - 98 с.
 - 19.Краткие указания по использованию нормативов для определения экономической эффективности удобрений, применяемых в условиях производства (нормативные материалы ЦИНАО). – М.: ВНИПТИХИМ., 1983. – 3 с.
 - 20.Ландшафтное земледелие. Часть 1 Концепция... Курск. 1993. - 100с.
 - 21.Литвак Ш.И. Системный подход к агрохимическим исследованиям // М.: Агропромиздат, 1990. – 200 с.
 - 22.Метод расчета и баланс гумуса в земледелии СССР - М.: МСХ СССР, 1982. - 16 с.
 - 23.Методика разработки рекомендаций по применению удобрений с помощью ЭВМ. – М.: ВАСХНИЛ, ВИУА, 1990. – 125 с.

24. Методические рекомендации по изучению показателей плодородия почв, баланса гумуса и питательных веществ в длительных опытах. Москва, 1987. - 79с.
25. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Под ред. А.Н. Каштанова, А.П. Щербакова, Г.Н. Черкасова - Курск: Чудо, 2001. - 258 с.
26. Методическое руководство по проектированию применения удобрений в технологиях адаптивно- ландшафтного земледелия . Под ред. А.Л. Иванова и Л.М. Державина ,М.: Минсельхоз РФ, РАСХН, 2008. - 392 с.
27. Научные основы и рекомендации по эффективному применению органических удобрений (по зонам страны). – М.: ВАСХНИЛ, 1991. – 216с.
28. Нормативы оценки урожайности зерновых культур, сахарной свеклы, льна – долгунца, картофеля и эффективности удобрений на основных почвах России. М.: 2000 .- 71 с.
29. ОСТ 10 129-96. Удобрения минеральные твердые. Требования к качеству работ по применению твердых минеральных удобрений. Типовой технологический процесс — М.: «Информагротех». - 1999.
30. ОСТ 10 131-96. Удобрения минеральные жидкие. Требования к качеству работ по применению аммиака водного и аммиака жидкого. Типовой технологически и процесс-М.: «Информагротех», 1999.
31. ОСТ 10 132-96. Удобрения органические твердые. Требования к качеству работ по применению твердых органических удобрений. Типовой технологический процесс-М.: «Информагротех», 1999.
32. ОСТ 10 133-96. Удобрения органические. Требования к качеству работ по применению жидкого навоза. Типовой технологический процесс-М.: «Информагротех», 1999.
33. ОСТ 10 134-96. Мелиоранты химические. Требования к качеству работ по внесению химических мелиорантов. Типовой технологический процесс — М.: «Ипформагротех», 1999.
34. ОСТ 10 136-96. Стандарт отрасли. Проект на применение удобрений. Об-

- щие требования к разработке и построению - М.: Агропрогресс, 2001, 52 с.
35. Панников В.Д. О высокой культуре земледелия и росте урожая - М.: РАСХН, 2003. - 372 с.
36. Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение и урожай -М: Колос, 1987. - 414 с.
37. Постников А.В., Шафран С.А. Временные нормативы затрат удобрений на проведение работ по комплексному агрохимическому окультуриванию полей: ВНИПТИХИМ, 1982. – 10с.
38. Проценко Е.П. Базовые свойства и режимы почв полярно ориентированных склонов// Автореф. дис. на соискание ученой степени доктора с.-х. наук- Курск, 2004. - С.37.
39. Романова Е.Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата. Гидрометеиздат, Л., 1977. - 300 с
40. Сычев В.Г., Музыкантов П.Д., Панкова Н.К. Методические указания по определению баланса питательных веществ, азота, фосфора, калия, гумуса, кальция.- М.: РАСХН, 2000. - 40с.
41. Черкасов Г. Н. Масютенко Н. П. Чуян О. Г. Ресурсно- экологические особенности земледелия в ЦЧЗ // Материалы международной научно- практической конференции "Экология, окружающая среда и здоровье населения Центрального черноземья". (15-17 июня 2005 года) Часть I Курск. 2005г. - С. 268-275.
42. Чуян Г.А. Балансовый метод расчета доз внесения органических удобрений на эродированных почвах. //Научно-технический бюллетень ВНИИЗ и ЗПЭ – Курск, 1978 – Вып. 2 – С. 29-34.
43. Чуян Г.А., Бойченко З.А., Тур О.П. Методические рекомендации по оценке выноса биогенных элементов с поверхностным стоком // М.: ВАСХНИЛ. – 1985. – 32 с.
44. Чуян Г.А., Виноградов Ю.А., Букреев Д.А. Методические подходы к комплексной оценке качества почв. //Охрана почв и проблема экологического земледелия Курск. - 1997. - С. 6-8.

45. Чуян Г.А., Карпинец Т.В., Проценко Е.П. Методические указания по автоматизированному проектированию системы удобрения в севооборотах Центрального Черноземья, Курск, 2000. - 70 с.
46. Чуян Г.А., Пыхтин И.Г. Методика разработки системы удобрения в севообороте с эродированными почвами в Центрально-черноземной области. //Современные аспекты изучения эрозионных процессов. //Новосибирск: Наука. –1980 – С. 183-186.
47. Чуян Г.А., Хмоленко М.И. Методические подходы к разработке базовой модели системы удобрений. // НТБ ВНИИЗ и ЗПЭ, выпуск 2. Курск, 1987.- - с. 36-40
48. Чуян О. Г. Взаимосвязь физико-химических свойств почв. // Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 35-летию Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии и международной школы молодых ученых и специалистов "Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства." (15-18 сентября 2005 года). Курск, 2005. - С. 536-540.
49. Чуян О. Г. Караулова Л. Н. Изменение продуктивности пашни как критерий оценки изменения свойств почв при их деградации или мелиорации. // Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 35-летию Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии и международной школы молодых ученых и специалистов "Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства." (15-18 сентября 2005 года). Курск, 2005. - С. 540-543.
50. Чуян О. Г. Коэффициенты и окупаемости минеральных удобрений в зависимости от исходного плодородия почвы. // Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 35-летию Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии и международной школы молодых ученых и специалистов "Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства." (15-18 сентября 2005 года). Курск. 2005г. - С. 371-378.

51. Чуян О. Г. Новые подходы к определению доз мелиорантов. // Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 35-летию Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии и международной школы молодых ученых и специалистов "Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства." (15-18 сентября 2005 года). Курск. - С. 375-379.
52. Чуян О.Г., Проценко Е.П., Оценка уровня плодородия почв по агрохимическим свойствам // Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов «Почвы национальное достояние России». Новосибирск, книга 2, Новосибирск, 2004. - С. 122.
53. Шафран С.А. Оптимизация содержания подвижных форм P_2O_5 и K_2O в различных почвах // Химия в сельском хозяйстве.- 1984.- N 22.- С. 6-9.
54. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. М., «Колос», 1967. - 335 с.
55. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов В.В. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв М.: «Агропромиздат», 1991. - 304с.
56. Эколого-экономические основы и рекомендации по известкованию, адаптированные к конкретным почвенным условиям / под редакцией А.Н. Небольсина и В.Г Сычева. Москва - Санкт-Петербург, 2000. - 65с.

Приложения

Приложение 1

Нормативы окупаемости показателей плодородия почв Оп_i (N,P,K), ц на 1мг / кг значения показателя (ЦЧЗ)

Культура	Серые лесные почвы			Темно-серые лесные почвы и черноземы оподзоленные			Черноземы выщелоченные и типичные		
	N*	P**	K**	N	P	K	N	P	K
Пшеница озимая	0,19	0,20	0,22	0,21	0,22	0,24	0,23	0,24	0,26
Пшеница яровая	0,18	0,22	0,22	0,20	0,24	0,24	0,22	0,26	0,26
Рожь озимая	0,22	0,17	0,20	0,24	0,18	0,22	0,26	0,20	0,24
Ячмень	0,25	0,22	0,20	0,27	0,24	0,22	0,30	0,26	0,25
Овёс	0,21	0,15	0,16	0,23	0,16	0,17	0,25	0,18	0,19
Кукуруза на зерно	0,20	0,16	0,23	0,20	0,16	0,23	0,20	0,16	0,23
Просо	0,20	0,22	0,16	0,22	0,24	0,17	0,24	0,26	0,19
Гречиха	0,15	0,15	0,14	0,16	0,16	0,15	0,17	0,17	0,16
Горох	-	0,13	0,21	-	0,17	0,23	-	0,22	0,25
Вика	-	0,24	0,14	-	0,24	0,15	-	0,24	0,16
Подсолнечник	0,18	0,16	0,17	0,18	0,16	0,17	0,18	0,16	0,17
Сахарная свёкла	1,23	1,40	1,30	1,40	1,50	1,53	1,58	1,59	1,76
Корнеплоды	1,85	1,34	1,28	2,00	1,46	1,52	2,14	1,58	1,76
Картофель	0,87	0,91	0,88	0,93	0,98	0,95	1,00	1,05	1,02
Овощи	1,85	1,30	1,26	2,00	1,40	1,36	2,14	1,50	1,46
Рапс на семена	0,11	0,15	0,17	0,11	0,15	0,17	0,11	0,15	0,17
Кукуруза на силос	1,97	1,63	1,84	2,12	1,75	1,99	2,27	1,88	2,14
Травы одн.(сено)	0,37	0,31	0,28	0,40	0,34	0,30	0,43	0,37	0,32
Травы мн.(сено)	0,29	0,34	0,30	0,31	0,37	0,33	0,34	0,40	0,36

***) при определении подвижных фосфора и калия по методу Чирикова

*) при определении щелочногидролизуемого азота по методу Корнфилда

A – коэффициент увлажнения склонов [39] или отношение запасов влаги на склоне к запасам влаги на ровном участке

Элемент рельефа	Весна	Лето	Осень	Среднее
Избыточно влажная зона				
Склоны прямого и вогнутого профилей				
Вершина	0,65	0,52	0,72	0,63
Северный склон				
верхняя часть	1,00	0,95	1,00	1,00
средняя часть	1,00	1,00	1,00	1,00
нижняя часть	1,60	1,50	1,60	1,57
подножие	2,18	1,88	1,99	2,02
Южный склон				
верхняя часть	0,62	0,53	0,69	0,61
средняя часть	0,66	0,57	0,65	0,63
нижняя часть	1,00	1,00	1,00	1,00
подножие	1,45	1,30	1,34	1,38
Ровное место	1,0	1,0	1,0	1,0
Достаточно влажная зона, слабо засушливая, засушливая, очень засушливая				
Склоны прямого и вогнутого профиля				
Вершина	0,54	0,46	0,42	0,47
Северный склон				
верхняя часть	1,00	0,86	0,98	0,95
средняя часть	1,00	1,00	1,00	1,03
нижняя часть	1,50	1,49	1,08	1,36
подножие	2,00	1,50	1,60	1,70
Южный склон				
верхняя часть	0,45	0,41	0,37	0,41
средняя часть	0,62	0,50	0,48	0,53
нижняя часть	0,93	0,93	0,96	0,95
подножие	1,22	1,20	1,14	1,19
Ровное место	1,00	1,00	1,00	1,00
Склоны выпуклого профиля				
Водораздельное плато	1,00	1,00	1,00	1,00
Северный склон				
верхняя часть	0,96	0,97	0,98	0,97
средняя часть	1,03	1,00	1,00	1,01
нижняя часть	1,03	0,92	0,82	0,92
подножие	2,18	1,88	1,99	2,02
Южный склон				
верхняя часть	0,85	0,82	0,76	0,81
средняя часть	0,73	0,77	0,71	0,74
нижняя часть	0,78	0,72	0,66	0,72
подножие	1,22	1,18	1,14	1,18

Коэффициенты минерализации гумуса

Группы культур по интенсивности обработки	Светло-серые и серые лесные почвы	Темно-серые лесные почвы и черноземы оподзоленные	Черноземы выщелоченные и типичные
Чистые пары	0,020	0,018	0,017
Пропашные	0,017	0,015	0,014
Зерновые	0,011	0,008	0,007
Мн. травы	0,007	0,005	0,004

Поправочные коэффициенты на минерализацию гумуса по элементам рельефа
(ЦЧЗ)

Элемент рельефа	Кэ
Водораздельное плато, склоны западной и восточной экспозиций	1,0
Склоны северной экспозиции	0,9
Склоны южной экспозиции	1,1

Ориентировочный среднеголетний смыв почвы (Пэ) со склонов, т/га

Агрофон	Уклон, градус	Без применения противо- эрозионных мероприятий		С применением агротех- нических противоэрози- онных мероприятий	
		черноземы	Серые лес- ные почвы	черноземы	серые лес- ные почвы
Зябрь	до 1	0,3	0,4	0,2	0,2
	1-3	2,3	3,0	1,2	1,6
	>3	8,0	10,0	2,9	3,6
Озимые	до 1	0,1	0,2	0,05	0,1
	1-3	1,3	1,5	0,70	0,8
	>3	3,4	4,5	1,80	2,4
Мн. травы	до 1	0,08	0,1	0,06	0,08
	1-3	0,09	0,2	0,07	0,10
	>3	0,20	0,5	0,20	0,30

$$Гэ = Пэ \cdot С/100,$$

где:

Гэ – потери гумуса за счет смыва почвы, т/га;

Пэ – среднеголетний смыв почвы, т/га;

С – содержание гумуса в пахотном слое, %.

Приложение 6

Коэффициент гумификации пожнивно-корневых остатков и органических удобрений [27,40]

Источники органического вещества	Коэффициент пересчета на органическое вещество (К)	Коэффициент гумификации органического вещества (γ)
1.Пожнивно-корневые остатки:		
-зерновые, зернобобовые и однолетние травы;	0,80	0,20
-сахарная свекла, корнеплоды, картофель, овощи;	0,80	0,10
- кукуруза, подсолнечник	0,80	0,15
-многолетние бобовые травы	0,80	0,25
2. Навоз КРС подстилочный	0,25	0,25
3. Навоз свиной подстилочный	0,25	0,25
4. Навоз КРС полужидкий	0,13	0,25
5. Навоз КРС жидкий	0,05	0,25
6. Помет птичий подстилочный	0,54	0,25
7. Компост торфо-навозный	0,28	0,25
8. Сидераты	0,18	0,10
9. Солома злаковых и бобовых культур	0,80	0,20

Суточный выход экскрементов у крупного рогатого скота (НТП17-99)

Группа животных	Выход экскрементов от одного животного в сутки, кг	Расчетная влажность, %
Быки-производители	40	86,0
Коровы	55	88,4
Телята:		
до 3 мес.	4,5	91,8
3-6 мес.	7,5	87,4
Телята на откорме:		
до 4 мес.	7,5	87,4
4-6 мес.	14	87,2
Молодняк:		
6-12 мес.	14	87,2
6-12 мес. и нетели	27	86,7
Молодняк на откорме:		
6-12 мес.	26	86,2
старше 12 мес.	35	84,9

Суточный выход экскрементов у свиней (НТП 17-99)

Группа животных	Выход экскрементов от одного животного в сутки, кг	Расчетная влажность, %
Хряки	11,1	89,4
Свиноматки:		
холостые	8,8	90,0
супоросные	10,0	91,0
подсосные	15,3	90,1
Поросята (возраст, дни):		
26-42	0,4	90,0
43-60	0,7	86,0
61-106	1,8	86,1
Свиньи на откорме:		
до 70 кг	5,0	87,0
более 70 кг	6,5	87,5

Поправочные коэффициенты к нормативам выхода экскрементов в зависимости от обеспеченности кормами

Обеспеченность одной условной головы скота кормами (с учетом пастбищных кормов), ц корм. ед.	Коэффициент
28-30	0,65
30-35	0,74
35-40	0,82
40-45	0,93
45-50	1,00
Более 50	1,05

Выход навоза от одной овцы или козы составляет при продолжительности стойлового периода 220-240 дней 1 т, 200-220 дней - 0,9, 180-200 дней - 0,7, менее 180 дней - 0,5, от одной лошади - соответственно 7,5, 6,5 т и менее.

Коэффициенты возврата ($K_{вн}$) питательных элементов по культурам
(ЦЧЗ)

Культура	Серые лесные почвы			Темно-серые лесные почвы и черноземы оподзоленные			Черноземы выщелоченные и типичные		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Пшеница озимая	0,84	1,8	0,9	0,77	1,8	0,8	0,70	1,8	0,7
Пшеница яровая	0,84	2,2	1,1	0,77	2,2	1,0	0,70	2,2	0,9
Рожь озимая	0,96	1,7	0,9	0,88	1,7	0,8	0,80	1,7	0,7
Ячмень	0,96	1,7	1,1	0,88	1,7	1,0	0,80	1,7	0,9
Овёс	0,84	1,4	0,9	0,77	1,4	0,8	0,70	1,4	0,7
Кукуруза на зерно	0,96	2,2	1,0	0,88	2,2	0,9	0,80	2,2	0,8
Просо	0,84	2,2	1,0	0,77	2,2	0,9	0,70	2,2	0,8
Гречиха	0,96	1,9	0,9	0,88	1,9	0,8	0,80	1,9	0,7
Горох	0,24	2,0	1,0	0,22	2,0	0,9	0,20	2,0	0,8
Вика	0,24	2,3	0,8	0,22	2,3	0,7	0,20	2,3	0,6
Подсолнечник	0,72	1,4	0,6	0,66	1,4	0,6	0,60	1,4	0,5
Сахарная свёкла	1,06	2,9	1,1	0,98	2,9	1,0	0,90	2,9	0,9
Корнеплоды	0,84	1,0	0,8	0,77	1,0	0,7	0,70	1,0	0,6
Картофель	0,72	2,1	0,8	0,66	2,1	0,7	0,60	2,1	0,6
Овощи	0,72	1,6	0,6	0,66	1,6	0,6	0,60	1,6	0,5
Рапс на семена	0,96	1,5	1,0	0,88	1,5	0,9	0,80	1,5	0,8
Кукуруза на силос	1,04	1,5	0,9	0,97	1,5	0,8	0,90	1,5	0,7
Травы одн.(сено)	0,90	1,5	0,8	0,83	1,5	0,7	0,75	1,5	0,6
Травы мн.(сено)	0,72	1,6	0,9	0,66	1,6	0,8	0,60	1,6	0,7

Приложение 10

Вынос питательных веществ (В) сельскохозяйственными культурами (в кг на 1 т основной продукции при соответствующем количестве побочной)

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Зерновые в целом	32	11	26	4,7	3,0
Озимая пшеница	34	12	25	4,9	3,2
Озимая рожь	30	14	27	5,3	2,6
Яровая пшеница	36	11	20	3,6	3,3
Ячмень	26	11	21	5,0	2,7
Овес	31	17	34	6,2	3,1
Просо	33	10	34	2,3	5,0
Гречиха	30	15	40	10,0	3,4
Горох	50	12	21	19,1	4,0
Вика	38	9	48	17,8	6,1
Чечевица	68	15	50	-	-
Сахарная свекла	5,9	1,7	6,8	2,5	1,7
Конопля (волокно)	120	60	150	14,0	2,1
Лен (волокно)	80	26	95	-	-
Подсолнечник, семена	60	26	70	25,2	-
Рапс на семена	49	23	30	-	-
Рапс на зел. корм	5,0	2,8	5,0	-	-
Овощи (в целом)	2,8	1,2	4,1	2,6	-
Картофель	6	2	8,8	5,1	1,9
Кукуруза на силос	3,3	1,6	3,5	2,6	3,0
Кукуруза на зерно	24,0	7,0	33	-	-
Кормовые корнеплоды	4,2	1,9	6,1	1,7	1,4
Од. травы на сено	18	7	20	16,3	4,6
Мн. травы на сено	23	6,5	18	16,6	4,3

Приложение 11

Коэффициенты использования растениями элементов минерального питания из органических и минеральных удобрений

Источник питательных веществ		Азот	Фосфор	Калий
Органические удобрения	1 год	0,20-0,25	0,25-0,30	0,50-0,60
	2 год	0,15-0,20	0,10-0,15	0,10-0,15
Минеральные удобрения	1 год	0,40-0,60	0,15-0,20	0,40-0,60
	2 год	0,05-0,10	0,10-0,15	0,10-0,15

Приложение 12

Коэффициенты использования питательных веществ из органических удобрений в разные годы после их внесения

Годы использования удобрений	Использование, %
Первый	40
Второй	30
Третий	15
Последующие годы	по 10

Приложение 13

Поправочные коэффициенты к дозам азотных, фосфорных и калийных удобрений по элементам рельефа.

Элемент рельефа	Удобрения		
	азотные	фосфорные	калийные
Водораздельное плато, склоны западной и восточной экспозиций	1	1	1
Склоны северной экспозиции	1,20	1,15	1,10
Склоны южной экспозиции	0,75	0,80	0,85

Поправочные коэффициенты на предшественник

Культура	Элемент питания	Предшественники						
		Чистый пар	Озимые	Яровые колосовые	Сахарная свекла	Кукуруза	Мн.бобовые травы	Горох
Сахарная свекла	N		0.9					
	P		1.0					
	K		1.0					
Озимая пшеница	N	0.4	1.15	1.25		1.15	0.5	0.6
	P	0.6	1.20	1.20		1.0	0.75	0.8
	K	0.4	1.20	1.10		1.0	0.85	0.8
Кукуруза н/с	N		1.0	1.0	0.8	0.9		
	P		1.0	1.0	0.8	0.9		
	K		1.0	1.0	0.8	0.9		
Ячмень, овес	N		1.0	1.0	0.7	1.0		
	P		1.0	1.0	0.7	0.9		
	K		1.0	1.0	0.8	0.9		
Горох	N		1.0	1.0	0.6	1.0		
	P		1.0	1.0	0.8	1.0		
	K		1.0	1.0	0.9	1.0		
Просо	N		1.0	1.0	0.8	1.0		
	P		1.0	1.0	0.9	0.9		
	K		1.0	1.0	0.9	0.9		
Гречиха	N			1.0	0.75	1.0		
	P			1.0	0.9	1.0		
	K			1.0	1.0	1.0		
Подсолнечник	N		1.0	1.0		0.9		
	P		1.0	1.1		1.0		
	K		1.0	1.2		1.1		

Содержание основных питательных элементов в органических удобрениях

Виды удобрений	Влажность, %	Содержание питательных веществ, кг на 1т сырого веса			Коэффициент пересчета в под- стилочный на- воз
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Навоз КРС под- стилочный	75	5,0	2,5	6,0	1,00
Навоз КРС по- лужидкий	85	3,0	1,2	3,3	0,60
Навоз КРС жид- кий	95	1,0	0,6	1,1	0,20
Компост торфо- навозный (1:1)	70	5,6	2,2	4,7	1,00
Сапрпель	60	4,2	0,7	0,0	0,80
Солома злако- вых	18	5,0	2,0	9,0	-
Солома бобовых	18	12,0	2,5	6,0	-
Птичий помет подстилочный	40	20,0	18,1	9,7	3,00
Птичий помет сухой	14	41,0	39,0	20,0	7,00
Компост торфо- пометный (1:1)	70	8,3	7,4	4,1	1,40

Рекомендуемые дозы и способы применения микроудобрений под основные сельскохозяйственные культуры (Аристархов, Державин, Чумаченко, 1987)

Культура	Микро-элемент	Внесение в почву, кг/га д.в.		Предпосевная обработка семян, г д.в. на 1 т семян	Некорневая подкормка, г/га, д.в.
		до посева	в рядки		
Зерновые	В	-	0,20	30-40	20-30
	Си	0,5-1,0	0,20	170-180	20-30
	Мп	1,5-3,0	1,50	80-100	15-25
	Zn	1,2-3,0	-	100-150	20-25
	Мо	0,6	0,20	50-60	100-150
	Со	-	-	40-50	-
Свекла и корнеплоды	В	0,5-0,8	0,15	120-160	25-35
	Си	0,8-1,5	0,30	80-120	70
	Мп	2,0 -5,0	0,50	90-100	20-25
	Zn	1,2-3,0	0,50	140-150	55-65
	Со	0,15-0,30	0,1	100-120	17-22
	Мо	0,5	0,15	100-150	100-200
Зернобобовые (фасоль, горох, вика)	В	0,3-0,5	-	20-40	15-20
	Си	-	-	120-160	20-25
	Мп	1,5-3,0	-	100-120	-
	Zn	2,5	0,50	80-100	17-22
	Со	0,15-0,30	-	40-50	8-11
	Мо	0,3-0,5	0,05	150-160	25-30
Овощные и картофель	В	0,4-0,8	-	100-150	-
	Си	0,8-1,5	-	-	20-25*
	Мп	2,0-5,0	-	100-150	-
	Zn	0,7-1,2	-	-	-
	Со	0,15-0,3*	-	-	10-15*
	Мо	-	-	80-100	150; 25-30*
Люцерна, клевер на сено и зеленый корм	В	0,5-0,6	-	20-40	25-35
	Си	3,0	1,5	150-160	20-35
	Мп	1,5-3,0	-	50-70	-
	Zn	1,0-3,0	-	100-120	55-65
	Со	-	-	-	17-32
	Мо	0,2-0,3	-	100-120	150-250
Кукуруза	В	-	0,2	20-40	5-10
	Си	3,0	0,5	120-140	20-30
	Мп	2,0-4,0	1,5	50-60	-
	Zn	1,0-3,0	1,5	150-200	17-22
	Со	-	-	70-80	10-15
	Мо	0,6	0,2	170-180	20-40

Содержание CaCO_3 в известковых материалах, органических и минеральных удобрениях [40].

Известковый материал, удобрение	CaCO_3 , %	кг/т
Мука известняковая пылевидная	85-93	850-930
Мука доломитовая	98-100	980-1000
Мел	90-100	900-1000
Туф известняковый	80	800
Мергель	50	500
Цементная пыль	60	600
Сланцевая зола	60	600
Фосфоритная мука	22	220
Дефекат	40-70	400-700
Органические удобрения (в среднем)	0,70	7,0
Бесподстилочный навоз КРС (сырое вещество)	0,53	5,3
Навоз свиной	0,65	6,5
Птичий помет	2,55	26
Сапрпель	30	300
Торф (рН более 6,0)	3	30

Среднегодовые потери питательных веществ при вымывании для почв среднего и тяжелого гранулометрического состава, кг/га [40]

Зоны	N	P_2O_5	K_2O
Нечерноземная	10-12	0,4-0,5	4,5-5,0
Лесостепная	5-6	0,2-0,3	2-3
Степная	2-3	-	-

Приложение 19

Нормы удобрений, обеспечивающие увеличение содержания подвижных форм фосфора и калия на 10 мг на 1 кг почвы [21,53]

Тип почвы	Гранулометрический состав	Нормы, кг/га	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистые	Песчаные и супесчаные	50-60	40-60
	Суглинистые	70-90	60-80
	Глинистые и тяжелосуглинистые	100-120	80-100
Серые и темно-серые лесные	Песчаные и супесчаные	70-80	60-70
	Суглинистые	90-100	70-80
	Глинистые и тяжелосуглинистые	120-140	80-90
Черноземы оподзоленные и выщелоченные	Песчаные и супесчаные	80-90	80-90
	Суглинистые	90-100	
	Глинистые и тяжелосуглинистые	100-120	
Черноземы типичные и обыкновенные	Песчаные и супесчаные	90-100	-
	Суглинистые	100-110	-
	Глинистые и тяжелосуглинистые	120-130	-

Приложение 20

Поправочные коэффициенты к окупаемости полного минерального удобрения

Элемент рельефа, эродированность	Kэ	Kс
Водораздельное плато, склоны западной и восточной экспозиции	1	-
Склоны северной экспозиции	1,6	-
Склоны южной экспозиции	1,20	-
Неэродированные и слабоэродированные почвы	-	1,0
Средне- и сильноэродированные почвы	-	1,15

Симбиотическая азотфиксация [40].

Культуры (продукция)	Фиксация азота из воздуха	
	кг N на 1 ц основной продукции *	кг N на 1 кг выноса азота с урожаем
Зерновые бобовые	2,5	0,8
Клевер (сено)	1,8	1,4
Бобово-злаковые смеси (сено)	0,9	0,7
Однолетние травы (смеси гороха, вики с овсом и др. культурами) на зеленую массу	0,12	0,5

- При низких урожаях (до 10 ц/га зернобобовых, до 20 ц/га сена бобово-злаковых и менее 100 ц/га зеленой массы однолетних трав) фиксация азота в 1,5 раза выше.

Приложение 22

Зависимость вымывания кальция и магния от коэффициента увлажнения [40]

Коэффициент увлажнения	Вымывание CaCO ₃ и MgCO ₃ кг CaCO ₃ /га
0,8	50
0,9	100
1,0	150
1,1	200

Приложение 23

Поправочные коэффициенты к величине вымывания кальция и магния в зависимости от гранулометрического состава почвы [40]

Черноземная зона	
Гранулометрический состав почвы, % физической глины	Поправочный коэффициент
Легкосуглинистые, 20-30%	1,4
Среднесуглинистые, 30-40%	1,2
Тяжелосуглинистые, 40-50%	1,0
Глинистые, > 50%	0,8

Поправочные коэффициенты к величине вымывания кальция и магния в зависимости от величины рН [40].

рН сол.	Поправочный коэффициент
5,0	1,00
5,1	1,05
5,2	1,10
5,3	1,15
5,4	1,20
5,5	1,25
5,6	1,33
5,7	1,41
5,8	1,49
5,9	1,57
> 6,0	1,65