

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Есаулко А. Н., Громова Н.В., Голосной Е.В., Коростылев С.А.,  
Ожередова А.Ю., Устименко Е.А., Беловолова А.А., Гречишкина Ю.И.,  
Лобанкова О.Ю., В. В. Агеев, Воскобойников А.В., Сигида М.С.,  
Кравченко А.О.

## **АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ**

**учебное пособие**

**для студентов факультета агробиологии и земельных ресурсов, обучающихся по направлению 21.03.02 - «Землеустройство и кадастры» (профиль «Городской кадастр», «Земельный кадастр», «Кадастр недвижимости», «Оценка и мониторинг земель» (степень - бакалавр)**

**21.04.02 – «Землеустройство и кадастры» (профиль «Кадастр и мониторинг земель для устойчивого развития территории», «Территориальное планирование и землеустройство», степень - магистр)**

**Ставрополь, 2020**

**УДК 631.174:631.452 (076)**

**ББК 40.4я73**

**A26**

**Рецензенты:**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор Гребенников В.Г.;

доктор сельскохозяйственных наук, профессор В.С. Цховребов

**Агрохимическое обследование и мониторинг почвенного плодородия**  
/ А.Н. Есаулко, Н.В.Громова, Е.В. Голосной и др. - Ставрополь, Агрус, 2020. –  
360 с.

В учебном пособии освещены методики отбора почвенных образцов для одновременной оценки ландшафтно-агрохимического, эколого-токсикологического, гербологического и радиологического состояния почв сельскохозяйственных угодий. Изложены организация и порядок проведения полевых работ по комплексному обследованию почв сельскохозяйственных предприятий, разработки паспортов полей (участков), картирования сельскохозяйственных угодий, составления районных и областных картограмм на показатели агрохимического состояния, содержание тяжелых металлов, радионуклидов и других токсикантов.

Показаны основные методы агрохимических анализов почв, удобрений и мелиорантов. Приведены методические рекомендации по организации и проведению лабораторных работ, тестирования, выполнению курсовых и квалификационных работ.

Предназначено для бакалавриата и магистратуры аграрных вузов, слушателей курсов повышения квалификации, широкого круга специалистов сельского хозяйства.

**УДК 631.174:631.452 (076)**

**ББК 40.4я73**

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный  
аграрный университет», 2020

## Содержание

<i>Введение</i> .....	6
<b>ЧАСТЬ 1.</b>	
<b><i>I. Агрохимическое обследование земель сельскохозяйственного назначения</i></b> .....	9
1. Общие положения.....	9
2. Периодичность агрохимического обследования почв.....	11
3. Планирование и организация работ по агрохимическому обследованию почв.....	11
4. Подготовка картографической основы .....	12
5. Организация полевых работ по агрохимическому обследованию почв в хозяйстве.....	15
6. Частота отбора объединенных проб и почвы .....	16
7. Отбор объединённых проб почвы .....	19
8. Сроки отбора объединённых почвенных проб .....	24
9. Порядок заполнения «Журнала агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий» .....	24
10. Нумерация объединённых почвенных проб .....	27
11. Порядок оформления организационных документов полевого агрохимического обследования почв хозяйств .....	27
12. Обобщение результатов агрохимического обследования почв сельскохозяйственного предприятия .....	28
13. Составление схемы сертифицируемых (паспортизуемых) земельных участков.....	30
14. Составление агрохимических картограмм .....	31
15. Составление сводных ведомостей распределения площадей почв сельскохозяйственных угодий с различным содержанием элементов питания и степенью кислотности .....	34
16. Обобщение результатов агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий административного района, области, края, автономной республики .....	35
17. Составление районных и областных агрохимических картограмм .....	36
18. Основные методы составления районных и областных агрохимических картограмм .....	41
19. Группировка почв для составления районных (областных) картограмм распределения площадей почв с различным содержанием подвижного фосфора (обменного калия) и по степени кислотности почв и пашни. Градуировка почв для составления районных (областных) картограмм по фосфору .....	43
20. Оформление районных и областных агрохимических картограмм .....	44
21. Составление комплексных агрохимических карт и атласов административных районов, областей, краёв и республик .....	47
<b><i>II. Агрофизическое обследование земель сельскохозяйственного назначения</i></b> .....	49

1. Общие положения .....	49
2. Методика отбора образцов и проведения определения физических и вводно-физических свойств почв .....	51
3. Критерии величин показателей физических и вводно-физических свойств основных типов почв и разновидностей почв по основным природно-сельскохозяйственным зонам страны .....	52
<b>III. Токсикологическое обследование земель сельскохозяйственного назначения</b> .....	53
1. Общие положения .....	53
2. Обследование сельхозугодий на проявление гербицидной фитотоксичности	54
<b>IV. Радиологическое обследование земель сельскохозяйственного назначения</b> .....	57
1. Общие положения .....	57
2. Методика радиологических исследований .....	57
<b>V. Оперативная диагностика засорённости почв и посевов</b> .....	60
1. Общие положения .....	60
2. Методика полевых исследований .....	60
<b>VI. Основные выходные документы, выдаваемые заказчиком по результатам проведения комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения</b> .....	62
<b>VII. Ведение архива материалов по результатам комплексного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения</b> .....	64
<b>Ч А С Т Ь 2.</b>	
<b>I. Мониторинг основных показателей почвенного плодородия и агрохимические условия эффективности применения удобрений</b> .....	65
1. Почвенный покров .....	65
2. Сельскохозяйственное районирование территории Ставропольского края ...	73
3. Агрохимическая характеристика почв .....	79
<b>II. Удобрения и динамика почвенного плодородия</b> .....	136
1. Изменение морфогенетических признаков почвы под влиянием агрохозяйственной деятельности .....	136
2. Воспроизводство органического вещества почвы в современных условиях	143
3. Формирование пищевого режима почвы под влиянием систем удобрений в севооборотах .....	161
<b>Ч А С Т Ь 3.</b>	
Техника лабораторных работ .....	189
<b>Занятие 1.</b>	
Правила отбора почвенных проб. Определение в почве нитратного азота дисульфидометодом по Грандваль – Ляжу .....	206
<b>Занятие 2.</b>	
Определение нитрификационной способности почвы по Кравкову в модификации Почвенного института им. В.В. Докучаева .....	219
	224

Определение нитратов в почве с помощью ионоселективного электрода.....	
<b>Занятие 3.</b>	
Колориметрическое определение содержания аммонийного азота с помощью реактива Несслера.....	232
<b>Занятие 4.</b>	
Определение содержания подвижного фосфора в карбонатных почвах по методу Б.П. Мачигина.....	234
<b>Занятие 5.</b>	
Определение содержания обменного калия в почве в 1%-ной углеаммонийной вытяжке с завершением на пламенном фотометре.....	237
<b>Занятие 6.</b>	
Потенциометрическое определение рН почвы. Определение гидролитической кислотности почвы.....	247
<b>Занятие 7.</b>	
Определение суммы поглощенных оснований по Каппену – Гильковицу.....	256
<b>Занятие 8.</b>	
Определение гумуса почвы по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО.....	
Определение содержания органического вещества по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213).....	257 266
<b>Занятие 9.</b>	
Определение содержания в почве тяжёлых металлов атомно-абсорбционным методом.....	269
<b>Занятие 10.</b> Определение содержания в почве подвижной серы (в модификации ЦИНАО)	287
<b>Занятие 11.</b> Определение содержания в почве кальция и магния в водной вытяжке	289
<b>Занятие 12.</b>	
Коллоквиум по теме «Свойства почвы в связи с питанием растений и применением удобрений». Подведение итогов УИРС по теме «Агрохимические свойства почвы».....	293
<b>Занятие 13.</b>	
Изучение свойств удобрений. Распознавание минеральных удобрений в производственных условиях. Признаки удобрений и качественные реакции при определении их свойств.....	296
<b>Вопросы для самоконтроля студентов</b> .....	303
<b>Методические указания для выполнения курсовой работы «Агрохимическое обследование и мониторинг почвенного плодородия в севооборотах хозяйства»</b> .....	310
<b>Методические указания по выполнению дипломной работы</b> .....	329
<i>Приложения</i> .....	346
<b>Экзаменационные вопросы по дисциплине «Агрохимическое обследование и мониторинг почвенного плодородия»</b> .....	354
<i>Рекомендуемая литература</i> .....	359

## **ВВЕДЕНИЕ**

В законе Российской Федерации «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения», введенного в действие с 16 июля 1998 года, всесторонне раскрыта проблема обеспечения плодородия земель. В частности, освещены пути решения таких задач как оценка плодородия почв, государственное нормирование плодородия земель сельскохозяйственного назначения, воспроизводство плодородия, предотвращение загрязнения почв токсикантами, а также использование агротехнических, агрохимических, мелиоративных и фитосанитарных мероприятий, способствующих сохранению и воспроизводству плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

Сохранение, воспроизводство и рациональное использование плодородия земель сельскохозяйственного назначения является одним из основных условий стабильного развития агропромышленного комплекса России. В последние годы во многих регионах страны резко увеличивались темпы деградации почв, обусловленные недостатком средств на реализацию мероприятий по охране и рациональному использованию земель сельскохозяйственного назначения. Аналогичные экономические проблемы возникли и при проведении агрохимического мониторинга плодородия земель, проводимого систематически агрохимслужбой с 1964 года. Это явилось основанием для ряда региональных руководителей выступить с предложениями проведения агрохимического обследования почв по упрощенной программе, а в ряде случаев даже отказаться от его выполнения. Полагаем, что это недальновидная сельскохозяйственная политика, не учитывающая не только преемственности в уже проведенной очень важной работе по оценке плодородия земель и его динамики, но и ориентирующая наше сельскохозяйственное производство на стихийное и плохо управляемое развитие. Пятидесятилетний опыт агрохимслужбы показывает, что мониторингу плодородия земель необходимо придать эволюционное поступательное развитие с более

глубоким знанием плодородия почв, с совершенствованием его нормирования и доведением его уровня до экономически и экологически обоснованных показателей.

Плодородие земель сельскохозяйственного назначения определяется в Федеральном Законе как способность почвы удовлетворять потребность сельскохозяйственных культурных растений в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде и обеспечивать урожай сельскохозяйственных культурных растений. Следовательно, его оценка должна идти не по схеме сокращения показателей, а по их увеличению.

Основой для практической реализации положений Федерального Закона является агрохимическое обслуживание, как деятельность по обеспечению сельскохозяйственных товаропроизводителей всесторонней агрохимической информацией, агрохимикатами и пестицидами, торфом и продуктами переработки, гипсом, известковыми и органическими удобрениями, технологией, техникой, а также деятельность по разработке агротехнических, агрохимических, мелиоративных, противоэрозионных, фитосанитарных технологий и иных мероприятий, по проведению научных исследований в области обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

Планы природоохранных мероприятий, мероприятий по оптимальному использованию земельного фонда, контроль за состоянием и воспроизводством почвенного плодородия, их реализация могут быть осуществлены только на основе полной информации о состоянии окружающей среды и, особенно, почвенного покрова. Оптимальной формой этих работ является периодически повторяемое комплексное почвенно-агрохимическое обслуживание на всей площади сельскохозяйственных земель России, включающее агрохимическое, агрофизическое, токсикологическое, радиологическое и фитосанитарное обследование.

При совершенствовании методологии комплексного агрохимического обследования земель сельскохозяйственного назначения наряду с современным изложением традиционных положений учитывалась необходимость:

- расширения набора контролируемых агрохимических, агрофизических

и биологических показателей плодородия почв для его более полной оценки и повышения эффективности применяемых удобрений;

- разработка оптимальных уровней плодородия основных типов и подтипов почв по расширенному перечню показателей для ведущих сельскохозяйственных угодий;

- разработка и внедрение ландшафтно-агрохимической оценки плодородия почв при переходе на адаптивно-ландшафтные системы земледелия;

- обеспечения взаимосвязи результатов научных исследований, материалов почвенно-агрохимического обследования с выходом на кадастр и общенациональную систему контроля за состоянием земель.

В настоящих указаниях представлена методика комплексного почвенно-агрохимического обследования, включающая 5 специальных видов обследований: агрохимическое, агрофизическое, токсикологическое (пестициды, тяжелые металлы и другие токсиканты), радиологическое и обследование засоренности посевов. Каждый из этих видов обследований имеет свои особенности, и они излагаются в самостоятельных разделах. Настоящие указания не отменяют действующие методики специальных вышеупомянутых изысканий и рекомендуются для использования в агрохимической службе при проведении комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения.



# I. АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

## *1. Общие положения*

1.1. Для оценки состояния и динамики агрохимических характеристик сельскохозяйственных угодий (пашни, многолетних насаждений, кормовых угодий, залежи) предусматривается продолжение проведения систематического крупномасштабного агрохимического обследования земель сельскохозяйственного назначения, которое является важной составной частью общего мониторинга состояния этих земель.

Основными задачами агрохимического мониторинга состояния земель являются:

- своевременное выявление изменений состояния плодородия сельскохозяйственных угодий;
- их оценка, прогноз на перспективу и принятие необходимых мер по сохранению и улучшению плодородия почв;
- разработка рекомендаций по эффективному использованию земель сельскохозяйственного назначения, предупреждению и устранению последствий негативных процессов;
- информационное обеспечение земельного кадастра и государственного контроля почвенного плодородия и охраны земель.

1.2. Результаты агрохимического обследования используются при разработке технологий, рекомендаций и проектно-сметной документации по применению средств химизации, а также научно обоснованном определении потребности и распределении минеральных удобрений на всех уровнях управления сельскохозяйственным производством, при сертификации почв земельных участков и грунтов, при кадастровой оценке земель.

1.3. Агрохимическому обследованию подлежат почвы всех сельскохозяйственных угодий ассоциаций крестьянских хозяйств, колхозов, сельскохозяйственных кооперативов, акционерных обществ, государственных и

муниципальных предприятий, подсобных сельскохозяйственных предприятий, сельскохозяйственных научно-исследовательских и учебных заведений, прочих предприятий, организаций и учреждений, крестьянских (фермерских) хозяйств, фонда перераспределения земель района, сельскохозяйственные угодья сельских и районных (городских) администраций вне черты городских и сельских поселений, занимающихся сельскохозяйственным производством.

1.4. Агрохимическое обследование проводится на всех типах сельскохозяйственных угодий - пашня (в т. ч. орошаемая и осушенная), кормовые угодья, многолетние насаждения и плантации, залежь.

1.5. Агрохимическое обследование почв проводится экспертами по сертификации почв земельных участков, специалистами отделов почвенно-агрохимических изысканий Государственных, республиканских, краевых, областных центров (станций) агрохимслужбы. При производственной необходимости к проведению этих работ могут привлекаться специалисты других отделов центров (станций) химизации агрохимслужбы, районных (межрайонных), хозяйственных (межхозяйственных) агрохимических лабораторий, которые прошли соответствующие курсы повышения квалификации.

1.6. Обобщение и учет результатов агрохимического обследования почв проводится по состоянию на 1 января каждого года:

- по типам сельскохозяйственных угодий, типам и подтипам почв с учетом гранулометрического состава;
- по районам, областям, краям, республикам и в целом по стране с учетом природно-кадастрового районирования.

1.7. Научно-методическое руководство и контроль за качеством агрохимического обследования почв осуществляет Центральный научно-исследовательский институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО).

## ***2. Периодичность агрохимического обследования почв***

2.1. Периодичность агрохимического обследования почв устанавливается дифференцированно для различных природно-экономических районов и зон РФ.

2.2. Сроки повторных обследований:

- для хозяйств, применяющих более 60 кг/га д.в. по каждому виду минеральных удобрений - 5 лет;
- для хозяйств со средним уровнем применения удобрений (30-60 кг/га д.в.) по каждому виду - 5-7 лет;
- для орошаемых сельскохозяйственных угодий - 3 года;
- для осушенных сельскохозяйственных угодий - 3-5 лет;
- для госсортучастков, экспериментальных хозяйств комплексной химизации и при внедрении инновационных проектов (независимо от объемов применяемых удобрений) - 3 года;
- по заявкам хозяйств, применяющих высокие дозы удобрений, допускается сокращение сроков между повторными обследованиями.

## ***3. Планирование и организация работ по агрохимическому обследованию почв***

3.1. Агрохимическое обследование почв проводится в соответствии с планами работ, согласованными с региональными органами управления сельскохозяйственным производством, а также с руководителями фермерских (крестьянских) хозяйств, колхозов, кооперативов и других форм собственности.

**3.2.** В плане работ определяются ежегодные объемы площадей почв, подлежащих обследованию по видам угодий, число агрохимических анализов по видам с указанием методов их выполнения. Устанавливается очередность проведения работ по административным районам. **Агрохимическое обследование почв административного района должно проводиться за один полевой сезон.**

3.3. План работ на текущий год составляется руководителем отдела почв

венно-агрохимических изысканий.

3.4. Площади сельскохозяйственных угодий, подлежащих обследованию, учитываются по состоянию на 1 января предшествующего агрохимическому обследованию года.

3.5. Утвержденный план работ по агрохимическому обследованию почв доводится до заказчиков не позднее 15 ноября предшествующего агрохимическому обследованию года.

3.6. Заключение договоров с хозяйствами на проведение агрохимического обследования почв проводится не позднее 15 декабря предшествующего агрохимическому обследованию года.

3.7. План проведения агрохимического обследования по каждому хозяйству доводится до конкретных исполнителей не позднее, чем за один месяц до начала полевого сезона. Ежемесячное планирование работ осуществляется по нарядам-заданиям.

3.8. Для проведения агрохимического обследования в отделе почвенно-агрохимических изысканий организуются полевые группы в составе начальника группы, главных, ведущих, старших специалистов и специалистов почвоведов-агрохимиков. Число и состав групп определяются объемом почвенно-агрохимических изысканий.

3.9. Руководитель отдела почвенно-агрохимических изысканий несет ответственность за планирование, организацию и качество по агрохимическому обследованию почв и соблюдение договорных обязательств.

#### ***4. Подготовка картографической основы***

4.1. Картографической основой для проведения агрохимического обследования почв является, как правило, план внутрихозяйственного землеустройства.

4.2. Подготовка картографической основы для агрохимического обследования почв осуществляется специалистами групп картографических материалов.

4.3. Работа по подготовке картографических материалов состоит из сле-

дующих этапов:

- получение от отделов землепользования, землеустройства и охраны почв производственных управлений сельского хозяйства землеустроительных планов, почвенных карт, кадастровых карт, карт внутрихозяйственной оценки земель;

- перенос на землеустроительные планы границ контуров типов, подтипов почв, земельных участков и их кадастровых номеров;

- составление ведомости сравнения нумерации земельных участков, принятых в практической работе ГЦАС (ГСАС), с единой кадастровой нумерацией, принятой в настоящее время.

Первичным объектом государственной кадастровой оценки - (далее по тексту объекты кадастровой оценки) являются сельскохозяйственные угодья ассоциаций крестьянских хозяйств, колхозов, сельскохозяйственных кооперативов, акционерных обществ государственных и муниципальных предприятий, подсобных сельскохозяйственных предприятий, сельскохозяйственных научно-исследовательских и учебных заведений, прочих предприятий, организаций и учреждений, крестьянских (фермерских) хозяйств, фонда перераспределения земель района, сельскохозяйственные угодья.

Объекты кадастровой оценки группируются в границах бывших колхозов и совхозов до их реформирования, по которым оформлялись материалы почвенных обследований, и проводилась внутрихозяйственная оценка земель. Исходная земельно-учетная и результативная земельно-оценочная информация первичных объектов кадастровой оценки обобщается по административным, земельно-оценочным районам (при зональности территории) и субъекту Российской Федерации в целом.

Список объектов кадастровой оценки административных районов в разрезе бывших хозяйств составляется согласно сложившемуся на начало года материалов проведения кадастровой оценки земельного фонда (земельного устройства) района по форме. В список включаются собственники, землевладельцы и землепользователи.

В списке по каждому объекту кадастровой оценки указываются его наименование, кадастровый номер, общая площадь сельскохозяйственных угодий, в том числе пашни.

Объекты кадастровой оценки именуется согласно названию юридического лица (хозяйства), сельской, городской администрации, по фамилии, имени и отчеству фермера. Кадастровый номер земельного участка включает код субъекта Российской Федерации, административного района, бывшего хозяйства и объекта кадастровой оценки.

*Под объектами кадастровой оценки понимаются сельскохозяйственные угодья в границах землевладения (землепользования) физического или юридического лица, удостоверяемых в установленном порядке уполномоченными государственным органом.*

На схематическую карту административного района наносятся границы и кадастровые номера землевладений (землепользований) в составе бывших хозяйств. Территориальное расположение фермерских и других мелких хозяйств, массивов фонда перераспределения земель отражается на крупномасштабных планах хозяйств, в границах которых они расположены. Список объектов кадастровой оценки, площади сельскохозяйственных угодий и схема их территориального размещения согласовываются с райкомземом. Список объектов кадастровой оценки, площади сельскохозяйственных угодий и схема их территориального размещения согласовываются с райкомземом.

Информация о площадях сельскохозяйственных угодий, в том числе пашни, собирается по данным государственного кадастрового учета земель по состоянию на 1 января года проведения кадастровой оценки земель. Данные уточняются в районе при согласовании списка объектов кадастровой оценки.

4.4. По каждому хозяйству подготавливается не менее 10 экземпляров копий плановой основы. Три экземпляра картографической основы с нанесенными почвенными контурами передают руководителю отдела почвенно-агрохимических изысканий - один экземпляр используют для полевых работ (нанесения номеров элементарных участков и обнаруженных в процессе рабо-

ты изменений границ, дорог и т.д.); второй (чистовой) экземпляр служит для перенесения элементарных участков и номеров проб; третий - является запасным; остальные экземпляры плановой основы используют для составления авторских экземпляров агрохимических картограмм.

4.5. Для обследования эродированных почв используется только та плановая основа, на которой выделены контуры почв различной степени эродированности.

4.6. Для агрохимического обследования орошаемых сельскохозяйственных угодий используется план (карта) орошаемых земель.

## ***5. Организация полевых работ по агрохимическому обследованию почв в хозяйстве***

5.1. В нечерноземной, лесостепной и степной зонах, горных областях полевое агрохимическое обследование проводится в масштабе 1:10000 и 1:25000; в полупустынной и пустынной зонах - в масштабе 1:25000. Допускается уменьшение масштаба до 1:50000 при условии четкого выделения на картографической основе всех земельных участков сельскохозяйственных угодий. На орошаемых землях обследование проводится в масштабе 1:5000-1:10000.

5.2. При выезде на полевые работы специалистам, проводящим агрохимическое обследование, выдаются сопроводительные письма, подписанные начальником районного управления сельского хозяйства, необходимое снаряжение, наряд-отчет на проведение работ. Полевые работы проводятся при температуре не ниже +5° С.

5.3. По приезде в хозяйство почвовед-агрохимик собирает сведения о применении удобрений, проведении мелиорации, урожайности сельскохозяйственных культур за последние 3-5 лет и заносит их в журнал агрохимического обследования почв хозяйства.

5.4. Совместно с агрономом хозяйства почвовед-агрохимик объезжает и осматривает земельные угодья, уточняет и наносит на план землепользования

визуальные изменения в ситуации (новые дороги, границы полей, лесопосадки и т.д.). На орошаемых участках отмечается отложения солей на поверхности. Уточняется размещение посевов сельскохозяйственных культур, их состояние, степень засоренности, соответствие конфигурации площади кадастровому номеру земельного участка, отмечаются земельные участки, систематически удобрявшиеся высокими дозами удобрений, отмечается эродированность, закустаренность и завалуненность полей. Все эти данные заносят в «Журнал агрохимического обследования почв...» и отмечают на плане землепользования.

5.5. Для составления сертификатов почв земельных участков и уточнения суммарных площадей различных типов сельскохозяйственных угодий почвовед-агрохимик проверяет соответствие общей площади каждого из сельхозугодий с информацией кадастровой карты.

5.6. Сертифицируемые земельные участки выделяют почвовед-агрохимик и главный агроном хозяйства по кадастровой карте перед проведением агрохимического обследования почв. При этом учитываются сложившиеся в хозяйстве система землепользования и нумерация кадастровой карты. Схема земельных участков обязательно должна соответствовать кадастровой карте.

## ***6. Частота отбора объединенных проб и почвы***

6.1. Частоту отбора объединенных проб устанавливают в зависимости от пестроты почвенного покрова и количества вносимых удобрений.

6.2. Максимально допустимые размеры элементарных участков на пахотных почвах приведены в таблице:

<i>Экономические районы</i>	<i>Максимально допустимые размеры элементарных участков, га</i>			
	<i>при ежегодном уровне применения фосфорных удобрений (кг д.в. на 1 га)</i>			<i>на орошаемых землях</i>
	<i>менее 60</i>	<i>60 - 90</i>	<i>более 90</i>	
Северный, Северо-западный	5	4	2	2
Центральный	8	5	3	2
Волго-Вятский	15	10	4	2



<b>Центрально-Черноземный</b>				
а) лесостепные районы с преобладанием серых лесных почв и черноземов оподзоленных;	10	8	5	3
б) лесостепные районы с преобладанием черноземов выщелоченных и типичных	15	10	5	3
в) степные районы с преобладанием черноземов обыкновенных и южных	25	15	10	5
<b>Поволжский</b>				
а) лесостепные районы с преобладанием серых лесных почв, черноземов выщелоченных и типичных;	20	15	10	5
б) степные и сухостепные районы с преобладанием обыкновенных, южных черноземов и каштановых почв	40	20	15	5
<b>Северо-Кавказский</b>				
а) степные равнинные районы с преобладанием черноземов;	20	15	10	5
б) сухостепные равнинные районы с преобладанием каштановых почв;	40	25	10	5
в) предгорные районы с преобладанием черноземов	10	5	3	2
<b>Уральский</b>				
а) таежно-лесные районы с преобладанием дерново-подзолистых почв;	8	5	4	3
б) лесостепные и степные районы	15	10	5	3
<b>Западно- и Восточно-Сибирский</b>				
а) таежно-лесные районы с преобладанием дерново-подзолистых почв;	10	5	3	-
б) лесостепные и степные районы со слабо расчлененным рельефом;	20	15	5	3
в) степные районы с равнинным рельефом	40	25	10	3
<b>Дальневосточный</b>	10	5	4	2

6.3. На средне- и сильноэродированных почвах одна объединенная проба отбирается с площади:

- на дерново-подзолистых и серых лесных почвах - 1-2 га;
- на черноземах - 3 га.

6.4. Размеры элементарных участков на слабоэродированных почвах такие же, как и на соответствующих им типах неэродированных почв.

6.5. На рекультивированных землях всех зон размер элементарного участка не должен превышать 1 га.

6.6. На улучшенных кормовых угодьях размер элементарного участка со-

ответствует площади элементарного участка пашни, принятого в каждой конкретной зоне.

6.7. Размер элементарного участка на долголетних культурных пастбищах должен соответствовать площади загона.

6.8. В соответствии с установленными размерами элементарных участков на картографическую основу наносят сетку элементарных участков с учетом подтипов почв, при необходимости проводится корректировка разбивки элементарных участков предыдущего обследования для приведения их в соответствие с конфигурацией земельного участка, выделенного при проведении последней бонитировки почв. На каждом элементарном участке проставляют номер. Нумерация элементарных участков проводится не по каждому земельному участку, а в целом по всему хозяйству.

6.9. Конфигурация элементарного участка должна иметь форму квадрата или прямоугольника с отношением сторон не более 2:1. При обследовании площадей, расположенных вдоль линейных загрязнителей почв (транспортные магистрали, линии электропередач, трубопроводы) допускается соотношение сторон до 4:1.

6.10. На эродированных почвах каждый элементарный участок должен располагаться в пределах почвенного контура одной и той же степени эродированности.

6.11. На торфяных почвах при открытой осушительной сети элементарные участки должны располагаться между дренами (канавами). При небольших площадях земельных участков или их сложной конфигурации формы элементарных участков могут быть неправильной.

6.12. На орошаемых землях хлопкосеющих и рисосеющих районов элементарные участки должны располагаться по всей ширине поливной карты.

6.13. Для контроля за возможным засолением на орошаемых землях закладывают скважины глубиной 3 м. Одна скважина должна характеризовать площадь орошаемой территории не более 100 га.

6.14. Размеры элементарных участков устанавливаются едиными для всех

хозяйств зоны обслуживания.

### ***7. Отбор объединенных проб почвы***

7.1. Отбор объединенных почвенных проб в поле - ответственная и трудоемкая работа. Неправильно отобранные объединенные почвенные пробы искажают агрохимическую характеристику почв, обесценивают рекомендации по применению удобрений и оценку динамики плодородия почв.

7.2. При отборе объединенных почвенных проб рекомендуется метод маршрутных ходов.

7.3. Маршрутный ход прокладывают по середине каждого элементарного участка вдоль удлиненной стороны. При длине маршрутного хода более 500 м для ориентировки используют вешки.

7.4. На эродированных почвах длинных склонов маршрутные ходы прокладывают вдоль склона, на коротких - поперек склона.

7.5. Отбор объединенных проб почвы производят по элементарным участкам. С каждого элементарного участка отбирают одну объединенную пробу почвы.

7.6. Если в пределах элементарного участка встречаются две почвенные разновидности, то объединенная проба почвы отбирается на преобладающей.

7.7. Каждую объединенную пробу почвы составляют из точечных проб, равномерно отбираемых на элементарном участке по маршрутному ходу, при этом первая точечная проба отбирается не на краю обследуемого земельного участка, а на расстоянии, равном половине расстояния между точками точечного отбора. Расстояние между точками точечного отбора определяют с помощью электронных шагомеров или саженьями. В отдельных случаях допустимо измерение расстояния шагами, допускается проводить только опытным специалистам, владеющим этим методом. Общую длину маршрутного хода на элементарном участке рекомендуется определять по карте, желательно длину маршрутного хода проверять лазерным дальномером.

7.8. На пахотных почвах точечные пробы почвы отбирают на глубину па-

хотного и подпахотного слоев, на кормовых угодьях - на глубину гумусового горизонта, но не глубже 10 см.

7.9. Учитывая перспективу почвенного покрова и морфологические особенности сложения почвенного профиля, в т.ч. и пахотного слоя, каждая точечная почвенная проба на всех типах почв составляется:

- в зоне развития почв дерново-подзолистого ряда из 40 точечных проб;
- в зоне серых лесных почв - из 30,
- во всех остальных - из 20.

7.10. Масса объединенной пробы должна быть не менее 300 г.

7.11. С целью получения сопоставимых результатов обследования точечные пробы на дерново-подзолистых почвах отбирают только тростьевым буром модели ГДР или бурами, которые по своим параметрам соответствуют этому буру. На остальных типах почв можно пользоваться бурами различных конструкций или лопатой, при соблюдении указанного числа точечных проб для составления объединенной пробы.

7.12. Запрещается отбирать точечные пробы почв на микроучастках, отличающихся худшим или лучшим состоянием растений, вблизи куч органических удобрений, на дне развальных борозд, промоин и т.д.

7.13. Отобранная в пределах элементарного участка объединенная проба помещается в полотняный мешочек или картонную коробку с соответствующей этикеткой. После завершения работ пробы подсушиваются в защищенном от солнца и хорошо проветриваемом помещении.

7.14. Высушенные почвенные пробы укладывают в контейнеры и отправляют в лабораторию вместе с приемно-сдаточным актом, составляемым в двух экземплярах. Один экземпляр передается в аналитический отдел, другой - в отдел почвенно-агрохимических изысканий.

7.15. После завершения работ по полевому агрохимическому обследованию в хозяйстве составляется акт приемки работ.

7.16. При определении подвижных форм микроэлементов, тяжелых металлов, гумуса и т.д. специального отбора проб не проводят. Основой для опре-

деления этих показателей служат пробы, которые составляются испытательной лабораторией из объединенных проб по номерам, указанным почвоведом, проводящим агрохимическое обследование.

7.17. Подвижные формы микроэлементов и тяжелых металлов в первую очередь определяют на полях опытных станций, госсортучастков, хозяйств интенсивного применения удобрений, а также по заявкам хозяйств. Общее количество анализов этого типа определяется каждым центром (станцией) агрохимслужбы в зависимости от природных особенностей региона.

7.18. Учитывая трудоемкость анализов, выполняемых на содержание микроэлементов и тяжелых металлов и т.д., после размолки объединенных проб, отобранных при агрохимическом обследовании почв, проводят следующую работу:

- используя полевую карту отбора проб, по каждому земельному участку данного хозяйства почвоведы-агрохимики, проводившие их отбор, группируют их по подтипам почвы и гранулометрическому составу. *Категорически запрещается формировать дополнительную пробу в полевых условиях.*

- специалисты аналитического отдела из каждой выделенной группы дополнительной пробы составляют одну общую пробу. Для ее составления меркой определенного объема (например, 10 см<sup>3</sup>) последовательно из каждой объединенной пробы выделенной группы отбирают почвенную пробу и сыпают в тару, не загрязненную микроэлементами. Масса составляемой пробы должна быть не менее 300 г.

7.19. Подготовленная таким образом проба тщательно перемешивается, ей присваивается порядковый номер с указанием номеров объединенных проб, из которых она составлена.

7.20. Аналогичным образом готовят пробы для проведения дополнительных анализов (гумус, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований и т.д.).

7.21. На орошаемых и солончаковатых землях помимо объединенных проб отбирают точечные пробы из прикопок или скважин. Частота закладки

прикопок и скважин - одна на 25-30 га. Если площадь поливного земельного участка менее 25 га, то на нем также закладывают прикопку. Отбор проб проводят в слое 0-20 и 20-40 см.

7.22. Из скважин до глубины 100 см в каждом 20-сантиметровом слое отбирают почвенные пробы для определения химического состава водной вытяжки. С глубины 100 см отбор проб проводится в каждом 50-сантиметровом слое. В случае залегания грунтовых вод выше отметки 3 м бурят до грунтовых вод, отмечают уровень их залегания и отбирают пробу для определения ее химического состава. Результаты анализа водной вытяжки и грунтовых вод записывают в «Ведомость химического состава водной вытяжки и грунтовых вод».

7.23. При обследовании плодовых и ягодных насаждений элементарные участки, как правило, выделяют после деления кварталов (клеток) насаждений на четыре части. Каждая часть представляет собой элементарный участок. При этих условиях в насаждениях плодовых деревьев величина элементарного участка в большинстве случаев равна 2-4,5 га, а в насаждениях ягодных кустарников и земляники - 0,5-1,0 га.

На виноградниках общепринятая форма элементарного участка - прямоугольник. На эродированных массивах длинная сторона ориентируется поперек склона.

Для нерасчлененных форм рельефа (ровные участки поверхности и склоны крутизной до 3-5°) с однотипным почвенным покровом и крупными массивами виноградников установлен следующий размер элементарного участка - до 30 га.

Для расчлененного рельефа (склоны крутизной более 5°) с пестрым и смытым почвенным покровом и обособленными участками виноградников небольшой площади - 5,0 га.

При разбивке территории на элементарные участки возможно включение в один участок с насаждениями двух сортов винограда только в том случае, если они одинакового возраста и близки по своим сортовым особенностям (например, белые столовые или красные технические сорта), и для них прово-

дится одинаковая агротехника. Объединение клеток с насаждениями различного возраста (например, плодоносящие и неплодоносящие) в один элементарный участок не допускается.

7.24. Точечные пробы для составления объединенной пробы в плодовых и ягодных насаждениях отбирают около каждого из 8 типичных для элементарного участка растений по 2 пробы - примерно на половине расстояния между краем проекции кроны веток дерева или куста и штамбом или серединой куста в сторону ряда и междурядья.

В пальметтных насаждениях пробы берут также по 2 около каждого из 8 деревьев на расстоянии примерно 0,5 м от шпалеры. На земляничной плантации почву отбирают в рядах или полосах растений.

Точечные пробы в саду отбирают на глубину 0-20 и 21-40 см и помещают в один мешочек или коробку. Содержание агрохимических показателей определяют для слоя 0-40 см.

Таким образом, с каждого элементарного участка отбирают одну объединенную пробу, составленную из 16 точечных проб.

На земляничной плантации пробу почвы отбирают на глубину 0-20 см.

На виноградниках точечные пробы отбирают с глубины 0-30 и 30-60 см и помещают вместе в один мешочек (коробку) и снабжают этикеткой. Содержание агрохимических показателей определяют для слоя 0-60 см с каждого элементарного участка. Для этого отбирают одну объединенную пробу, составленную не менее чем из 25-30 точечных проб. На равнинных участках точки отбора индивидуальных проб распределяют равномерно по площади элементарного участка в 3-5 междурядьях зигзагообразно - поочередно в середине междурядья и на расстоянии 50-60 см от кустов. На склонах точки отбора распределяют поперек направления уклона в 2-3 междурядьях элементарного участка. Масса объединенной пробы - около 500 г. При работе с лопатой объединенную пробу доводят до нужной массы путем последующего тщательного перемешивания и 3-х кратного квартования.

7.25. Отбор проб почв проводится тростьевым буром, а на сильно уплот-

ненных и скелетных почвах - лопатой. При работе с буром пробы из слоя 30-60 см отбирают со дна прикопки, которую делают лопатой.

### ***8. Сроки отбора объединенных почвенных проб***

8.1. На полях, где доза внесения минеральных удобрений по каждому виду составляла не более 60 кг/га д.в., объединенные почвенные пробы отбирают в течение всего вегетационного периода.

8.2. На полях, где доза минеральных удобрений по каждому виду составляла более 60 кг/га д.в., объединенные пробы отбирают спустя 2-2,5 месяца после внесения удобрений.

8.3. На полях, удобренных органическими удобрениями, объединенные пробы можно отбирать в течение всего вегетационного периода.

8.4. Сроки отбора почвенных проб в насаждениях многолетних культур могут совпадать со сроками обследования полевых культур.

### ***9. Порядок заполнения «Журнала агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий»***

9.1. Основным документом полевого обследования является «Журнал агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий».

9.2. Журнал заполняется почвоведом-агрохимиком, проводящим обследование, на основании полевых работ и результатов анализов почв.

9.3. Наименование хозяйства приводится полностью, код хозяйства должен соответствовать кадастровому номеру.

9.4. Строки «Почвенная зона» и «Провинция» заполняются в соответствии с районированием территории РФ для характеристики качества сельскохозяйственных угодий. Код зоны - двузначный, код провинции - однозначный.

9.5. Строка «Ведомство» заполняется в соответствии с приложением.

9.6. Наименования агрохимических округов и районов вносят с момента их официального одобрения научно-техническим советом МСХ РФ.

9.7. Коды определяемых показателей и методов их определения ука-



зывают в соответствии с «Классификатором свойств почв и методов их определения».

9.8. Номер цикла обследования устанавливается с начала проведения массовых агрохимических обследований почв в системе агрохимической службы.

9.9. Пункты Журнала с 1 по 9 заполняются из годовых отчетов и других документов, имеющихся в хозяйстве. Составной частью Журнала является «Ведомость результатов полевого агрохимического обследования почв».

9.10. Составной частью Журнала является «Ведомость результатов полевого агрохимического обследования почв».

9.11. Форма ведомости предполагает использование ее для оформления сертификатов, паспортов полей, агрохимических картограмм и обработки результатов на электронно-вычислительной технике. В связи с этим не допускается произвольное изменение наименований граф ведомости. Если лаборатория определяет более широкий набор показателей, чем предусмотрено ведомостью, то наименование этих показателей может быть вписано в пустые графы. Сведения по каждому элементарному участку вносят в отдельные строки ведомости. После внесения сведений по одному кадастровому участку оставляют одну пустую строку, которая может быть использована для подсчета средних значений определяемых показателей.

9.12. При заполнении ведомости необходимо придерживаться следующего порядка:

- № отделения (бригады) указывается в соответствии с нумерацией отделений, принятой в хозяйстве, если этим отделением не предусмотрен кадастровый номер;

- тип угодья обозначается кодом угодья, указанным в классификаторе сельскохозяйственных угодий;

- тип и вид севооборота шифруется в соответствии с классификатором севооборотов, номер севооборота - в соответствии с номерами севооборотов по отделениям или в целом по хозяйству, номер поля и номер отдельно обрабатываемого участка - в соответствии с кадастровым номером поля или участка.

Если кадастровые номера не установлены для данного вида землепользования, то они устанавливаются в соответствии с нумерацией, согласованной с главным агрономом хозяйства.

- площадь каждого земельного участка устанавливается по кадастровой карте с точностью один знак после запятой.

- тип (подтип) почвы указывается в соответствии с классификатором почв. В скобках указывается наименование подтипов в соответствии с «Классификацией почв России» 1997 года.

- тип и степень эродированности почв указывается в соответствии с «Общероссийской инструкцией по почвенным исследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования»;

- тип и степень засоления почв определяется по почвенной карте в соответствии с «Общероссийской инструкцией по крупномасштабному картографированию почв»;

- гранулометрический состав почв указывается в соответствии с «Техническими указаниями по камеральной обработке материалов полевого обследования и картографированию почв в колхозах и совхозах РФ».

9.13. Результаты анализов переносятся в журнал из аналитических ведомостей в таблицу «Сводная ведомость результатов обследования».

9.14. При наличии соответствующей информации региональных подразделений Росземкадастра в ведомость агрохимического обследования почв могут быть внесены дополнительные показатели - мощность гумусового горизонта, степень каменистости, крутизна и экспозиция склонов, бонитет почв, плотность и другие. Мощность гумусового горизонта указывается в сантиметрах, каменистость - в градусах %, крутизна склонов в °, бонитет в баллах (баллогектарах).

## ***10. Нумерация объединенных почвенных проб***

10.1. Всем отобраным в хозяйстве почвенным пробам присваиваются порядковые номера с первого по последний без пропусков. Желательно чтобы

пробы, отобранные на пашне, имели номера с 1 по «п», на кормовых угодьях — с «п+1» до «к» и так далее.

10.2. В каждый мешочек с отобранными пробами вкладывается этикетка единой для всех ГЦАС (ГСАС) формы.

10.3. Код района и код хозяйства в этикетке проставляются в соответствии с принятой в регионе системой кодирования районов и хозяйств в соответствии принятой системы кадастрового районирования их нумерации, установленной для данного региона.

10.4. Все номера почвенных проб должны иметь 4 знака, например, проба 1-0001, проба № 728-0728, проба № 1001 - соответственно 1001 и т.д.

10.5. Если проба отобрана не из пахотного слоя, а из других слоев или горизонтов, то отмечается глубина отбора ее.

## ***11. Порядок оформления организационных документов полевого агрохимического обследования почв хозяйств***

11.1. После проведения агрохимического обследования в хозяйстве составляются следующие документы:

- акт приемки работ по полевому агрохимическому обследованию почв составляет почвовед-агрохимик, проводивший агрохимическое обследование почв, и подписывается руководителем предприятия или главным агрономом. Подписи заверяются печатями.

- наряд-отчет составляет почвовед-агроном на все виды работ, проведенных в хозяйстве, с обязательным указанием технико-дней, затраченных на выполнение отдельных видов работ, связанных с проведением обследования. Наряд-отчет утверждает руководитель отдела почвенно-агрохимических изысканий;

- приемо-сдаточный акт заполняет почвовед-агрохимик в двух экземплярах.

Первый передается вместе с пробами в аналитический отдел, второй - начальнику отдела почвенно-агрохимических изысканий.

## ***12. Обобщение результатов агрохимического обследования почв сельскохозяйственного предприятия***

12.1. Обобщение результатов агрохимического обследования почв предприятий, занимающихся производством сельскохозяйственной продукции, проводится на каждом земельном участке в целом по землепользованию и его подразделениям, с целью использования их результатов при разработке рекомендаций по применению средств химизации, для определения изменения агрохимических показателей почв земельного участка, а также комплексной оценки плодородия и кадастровой оценке каждого земельного участка и в целом по землепользованию.

12.2. Результаты агрохимического обследования почв обобщаются по каждому из сельскохозяйственных угодий (пашня - с выделением орошаемой и осушенной; кормовые угодья - с выделением улучшенных; многолетние насаждения - с выделением виноградников и плантаций, залежные земли).

12.3. При использовании электронно-вычислительной техники обобщение проводится по типам и подтипам почв с учетом гранулометрического состава, степени эродированности и типа засоления.

12.4. По всей площади землепользования определяется соотношение площадей почв с различным содержанием элементов питания, степени кислотности и токсикантов.

12.5. По результатам обследования землевладельцам (собственникам), землепользователям и арендаторам передаются сертификаты соответствия, схемы размещения сертифицированных земельных участков, сводные ведомости результатов агрохимического обследования и пояснительная записка, в которой дается краткий анализ применения средств химизации и их влияние на изменение агрохимических показателей почв и урожайность основных сельскохозяйственных культур, а также основные мероприятия по повышению плодородия почв на период до следующего агрохимического обследования. Если на одном или нескольких земельных участках содержание тяжелых ме-

таллов, пестицидов и радионуклидов не соответствует нормативным показателям, то вместо сертификата соответствия выдается паспорт поля.

12.6. Земельный участок (до введения земельного кодекса - поле или отдельно обрабатываемый участок) как объект земельных отношений - часть поверхности земли (в том числе почвенный слой), границы которой описаны и удостоверены в установленном порядке. В Земельном кодексе приводится более расширенное определение земельного участка.

«Земельный участок - часть поверхности земли (в том числе поверхностный почвенный слой), границы которой описаны и удостоверены в установленном порядке уполномоченным государственным органом, а также все, что находится над и под поверхностью земельного участка, если иное не предусмотрено законом о недрах, об использовании воздушного пространства и иными федеральными законами Федеральный Закон «О Государственном земельном кадастре № 28-ФЗ от 02.01.00 г.».

Для характеристики земельного участка рассчитываются средневзвешенные значения по всем показателям.

12.7. Паспорт земельного участка (ранее поле, отдельно обрабатываемого участка) представляет собой свод данных о природно-хозяйственном состоянии его, записанных в специальной карточке (таблице) или «памяти» ПЭВМ. Паспорта могут составляться на все типы угодий хозяйства: пашню, пашню орошаемую, пашню осушенную, кормовые угодья, в т. ч. улучшенные, многолетние насаждения, в т. ч. виноградники и плантации, залежные земли.

Паспорт земельного участка служит в первую очередь для разработки рекомендаций по восстановлению экологической безопасности почв при производстве сельскохозяйственной продукции, а также подбора культур и технологий для получения экологически безопасной продукции.

12.8. *Форма паспорта земельного участка.* Общими для паспортов, составляемых для различной территории нашей страны, должны быть три части - адресная, почвенно-агрохимическая и оперативная.

Адресная часть паспорта включает: название землепользования, его ад-

рес, кадастровый номер землепользования и обязательно кадастровый номер земельного участка.

Почвенно-агрохимическая часть паспорта содержит сведения о состоянии плодородия с обязательным указанием результатов кадастровой оценки (балло-гектаров).

Оперативная часть паспорта включает сведения об использовании на нем средств химизации, возделываемых культурах и их урожайности.

### ***13. Составление схемы сертифицируемых (паспортизуемых) земельных участков***

13.1. Схема сертифицируемых (паспортизуемых) участков - план внутрихозяйственного землеустройства с нанесенными границами сертифицируемых (паспортизуемых) участков сельскохозяйственных угодий. Границы угодий выделяются линиями разных цветов: пашня - красным, сенокосы - зеленым, кормовые угодья - коричневым, многолетние насаждения - синим. Границы орошаемой (осушенной) пашни, улучшенных кормовых угодий показывают пунктиром принятого для данного угодья цвета. Сертифицированные земельные участки выделяются сплошными линиями, а паспортизуемые - пунктирными.

13.2. При выделении контуров в пределах сертифицируемых (паспортизуемых) участков агрохимические показатели по всем элементарным участкам должны укладываться в пределы двух групп действующих градаций. Допускается объединение элементарных участков в отдельно обрабатываемый (паспортизуемый), если их агрохимические показатели попадают в три группы, но различия последних групп находятся в пределах аналитических ошибок («Инструкция по проведению контроля качества анализов почв в зональных агрохимических лабораториях», М., ЦИНАО, 1976 г.).

13.3. Подсчет площадей почв с различным содержанием элементов питания проводится по элементарным участкам, с учетом типа и подтипа почв и гранулометрического состава.

#### ***14. Составление агрохимических картограмм***

14.1. Агрохимические картограммы составляются для всех видов сельскохозяйственных угодий землепользовании по всем показателям, определяемым при проведении агрохимического обследования почв.

14.2. Основными документами для составления агрохимических картограмм являются полевая ведомость, аналитические ведомости и рабочий полевой экземпляр плана внутрихозяйственного землеустройства с нанесенными почвенными контурами, а также границами всех земельных участков.

14.3. По каждому хозяйству составляется авторский оригинал картограмм и одна копия, которая передается хозяйству.

14.4. Авторский оригинал картограммы составляет почвовед-агрохимик, проводивший обследование данного хозяйства в масштабе полевого обследования. При выполнении этой работы с уточненного рабочего полевого экземпляра плана внутрихозяйственного землеустройства на чистовой экземпляр переносят все элементарные участки, в середине которых ставят их номера, а под ними - соответствующие агрохимические, токсикологические и радиологические показатели.

14.5. Элементарные участки объединяются в контуры с учетом существующих группировок агрохимических показателей. Изменение градаций не допускается.

14.6. При выделении в пределах земельного участка агрохимических контуров рекомендуется учитывать следующие положения:

- в самостоятельный контур выделяется площадь не менее чем по трем элементарным участкам;
- при составлении картограмм на фермерское хозяйство агрохимический контур может состоять из одного элементарного участка;
- агрохимические показатели почв по этим элементарным участкам должны укладываться в пределах двух групп действующих градаций.

При наличии пестроты по агрохимическим показателям в пределах земельного участка на картограмму, по согласованию с заказчиком, наносят до-

полнительные условные обозначения по каждому элементарному участку. Такие картограммы составляют в первую очередь для фермерских (крестьянских) хозяйств. При составлении проектно-сметной документации на комплексное агрохимическое или агроэкологическое окультуривание значки целесообразно заменить изолиниями.

14.7. Допускается составление совмещенных картограмм, т.е. один показатель (например, кислотность почв) показывают раскраской, а другой кружочком или треугольником. Цвет кружочка и треугольника должен соответствовать шкале раскраски показателя.

14.8. В зонах известкования кислых почв на картограммах кислотности штриховкой показывают контуры песчаных и супесчаных почв.

14.9. Авторские оригиналы агрохимических картограмм подписываются почвоведом, руководителем отдела почвенно-агрохимических изысканий и передаются руководителю группы картографических материалов для оформления агрохимических картограмм.

14.10. Подсчет площадей почв выполняется для пашни в целом, с выделением орошаемой и осушенной; для кормовых угодий - с выделением улучшенных; многолетних насаждений - с выделением виноградников, садов и ягодников; плантаций - с выделением плантаций чая, лекарственных трав, хмеля и тутовых. Для залежных земель указываются причины и сроки их не использования в качестве пашни.

14.11. Картограммы для хозяйств могут выполняться в более мелком масштабе, относительно масштаба полевого обследования. Использование меньшего масштаба допускается, если все отдельно обрабатываемые участки могут быть графически выражены в этом масштабе. Оформление начинается с перенесения с авторских оригиналов агрохимических контуров на планы внутрихозяйственного землеустройства, которые раскрашиваются в соответствии с градациями элементов питания и соответствующей шкалой раскраски картографируемых элементов. Техника раскраски картограмм приведена ниже.

14.12. Картографическое оформление результатов определения под-



вижных форм микроэлементов, валового содержания тяжелых металлов или их подвижных форм в почвах землепользователей можно выполнять как в виде поэлементных картограмм, технология составления которых аналогична составлению картограмм по содержанию подвижного фосфора, так и совмещенных.

Учитывая, что на большей территории России содержание тяжелых металлов, как правило, ниже предельно допустимых концентраций и картограмма, отображающая это явление становится одноцветной, рекомендуется в каждом регионе разрабатывать свои более дробные градации, в которых содержание этих показателей должно быть рассчитано в процентах от ПДК (ОДК).

14.13. Все материалы, используемые для составления сертификатов земельных участков, агрохимических картограмм и паспортов полей, хранятся в архиве ГЦАС (ГСАС).

14.14. Бессрочному хранению подлежат:

- сертификаты земельных участков;
- объединенные протоколы испытаний;
- техническое задание на обследование;
- авторские экземпляры картограмм;
- схемы сертифицируемых (паспортизуемых) участков;
- журналы и ведомости результатов агрохимического обследования почв.

14.15. Все остальные материалы (полевые карты, дневники и т.д.) уничтожаются после поступления в архив материалов очередного обследования.

### ***15. Составление сводных ведомостей распределения площадей почв сельскохозяйственных угодий с различным содержанием элементов питания и степенью кислотности***

Сводные ведомости распределения площадей почв с различным содержанием элементов питания и степени кислотности почв составляются по отделениям (бригадам) и в целом по хозяйству по всем типам угодий, по которым предусмотрен подсчет площадей почв. Подсчет площадей выполняется палет-

кой или планиметром по агрохимическим картограммам.

Если картограммы не составляются, то площади подсчитываются по журналу агрохимического обследования почв. При этом для каждого отделения определяется средний размер элементарного участка по каждому угодью - всю площадь угодья делят на общее число проб, отобранных на этом угодье. Умножая усредненную площадь элементарного участка на число участков, относящихся к определенной группе по содержанию элементов питания, находят площадь, занятую почвами с данной группой содержания элементов питания.

Результаты подсчетов заносят в экспликацию агрохимических картограмм и в сводные ведомости подсчета площадей почв с различным содержанием элементов питания, которые входят в краткую объяснительную записку.

При использовании компьютерной техники для обобщения результатов агрохимического обследования составляются сводные ведомости распределения площадей почв с различным содержанием элементов питания и различной степенью кислотности. При этом учитывается тип (подтип), гранулометрический состав и степень эродированности почв.

С целью систематизации результатов агрохимического обследования почв в каждом ГЦАС (ГСАС) создается картотека результатов обследования. Основой картотеки являются карточки результатов агрохимического обследования почв сельскохозяйственного предприятия, которые группируются по административным районам зоны деятельности ГЦАС (ГСАС).

## ***16. Обобщение результатов агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий административного района, области, края, автономной республики***

16.1. Обобщение результатов агрохимического обследования почв административного района выполняется по всем типам сельскохозяйственных угодий.

16.2. Если административный район попадает в разные природно-сельскохозяйственные провинции, то отнесение хозяйств к какой-либо из них

выполняется в соответствии с принятым районированием. При окончательном оформлении результатов в сводной ведомости проводится распределение площадей почв по каждой провинции и в целом по району.

16.3. Элементарной единицей обобщения для административного района является хозяйство.

16.4. Обобщение результатов агрохимического обследования почв области, края, автономной республики выполняется аналогично обобщению результатов обследования административного района. Элементарной единицей обобщения является административный район.

16.5. Каждый ГЦАС (ГСАС) обобщает результаты агрохимического обследования почв по циклам по состоянию на 1 января каждого года.

16.6. Результаты обобщения по циклам ГЦАС (ГСАС) высылают в ЦИ-НАО после завершения каждого цикла по формам № 44, № 45, № 46 не позднее 1 марта ежегодно.

### ***17. Составление районных и областных агрохимических картограмм***

Одной из форм обобщения результатов агрохимического обследования почв является составление районных и областных агрохимических картограмм содержания основных элементов питания и степени кислотности почв.

Районные и областные агрохимические картограммы предназначены для специалистов управлений сельского хозяйства, объединений «Сельхозхимия» и других организаций. Они дают возможность получить представление об уровне достигнутого плодородия почв и могут быть использованы для решения вопросов, связанных с химизацией сельского хозяйства.

Районные и областные агрохимические картограммы составляются отдельно на каждый элемент питания растений и по степени кислотности почвы и должны быть, по возможности, однолистными. Примерный формат 80 x 100 см.

Принцип составления областных агрохимических картограмм аналогичен составлению районных. Основой для их составления по методу генерализации контуров служат районные картограммы.

Если областная картограмма составляется по методу обобщенных показателей, то за элементарную единицу картографирования принимается хозяйство.

### **17.1. Выбор масштаба**

При выборе масштаба учитывается ряд факторов: площадь района и конфигурация его территории, площади землепользования, преобладающая площадь агрохимических контуров, а также интенсивность использования территории района, области и его специализация.

В зависимости от площадей сельхозугодий района рекомендуются следующие масштабы для районов, площадь сельхозугодий, которая: не превышает 100-150 тыс.га - 1:50000; до 200-500 тыс.га - 1:75000 или 1:100000;

более 500 тыс.га - 1:200000 и мельче.

В картографии принято считать, что минимальная площадь, которую можно изобразить графически на карте, равна  $4 \text{ мм}^2$ . Указанная минимальная площадь карты будет на местности в масштабе 1:25000 - 0,25 га, в масштабе 1:50000 - 1 га, в масштабе 1:100000 - 4 га.

В некоторых областях Северо-Западного экономического района (Псковская, Новгородская, Ленинградская) широко распространена мелкая контурность. Здесь часто на 100 га площади приходится до 100 мелких контуров с площадью до 0,50 га. В таких случаях рекомендуется масштаб 1:25000 и допускается составление районной агрохимической картограммы на 2-3 листах.

В отдельных случаях для районов Сибири с крупными земельными массивами, а также для районов с однородным почвенным покровом рекомендуется масштаб 1:100000 или 1:200000. При составлении районных агрохимических картограмм в пределах одной области необходимо придерживаться одного масштаба, что очень важно при сведении районных картограмм в областные.

Областные агрохимические картограммы составляются в основном в масштабе 1:600000.

### **17.2. Компонировка и ее значение при составлении районных и областных агрохимических картограмм**

Определение границ картографируемой территории и ее расположение относительно рамок, а также размещение внутри рамок и на полях карты ее наименования, легенды и дополнительных карт-врезок, графиков называют компоновкой карты.

От правильного расположения всех элементов картограммы зависит ее наглядность.

Необходимым элементом оформления картограммы являются рамки. Они придают картограммам законченный вид. Заголовок картограммы (картуш) помещается внутри рамок в северной части листа (в левом, правом углах или симметрично посередине), условные обозначения и штамп - в южной части листа. В картуше указывается наименование картограммы, республика, область, район, кадастровый номер, масштаб и год составления. Карты-врезки размещаются на свободных местах внутри рамок. Они дополняют картограмму сведениями о природных условиях, административном расположении данного района (области) и т.п. Тематика карт-врезок определяется требованиями производства. Примером могут служить следующие карты-врезки:

- схема расположения месторождений местного сырья для производства минеральных удобрений, пункты их переработки и среднегодовая производительность;

- схема расположения типовых и приспособленных складов минеральных удобрений, взлетно-посадочных площадок, складов для хранения пестицидов;

- схема распространения на территории района (области) основных типов почв с характеристикой их гранулометрического состава;

- схема расположения центров и пунктов химизации и зоны их обслуживания;

- схема расположения на территории района (области) метеостанций и метеопостов, обслуживающих сельское хозяйство;

- круговая диаграмма соотношения сельхозугодий;

- схема агропроизводственной группировки почв;

- агроклиматическая схема и т.п., исходя из конкретных условий

района (области).

Работа по составлению районных и областных агрохимических картограмм сводится к следующим этапам:

- сбор, изучение и систематизация материалов агрохимического обследования отдельных хозяйств, их сводка, обобщение;

- подготовка картографической основы;

- перенесение на картографическую основу агрохимических контуров с картограмм отдельных хозяйств, генерализация этих контуров. Картографическая генерализация - процесс отбора объектов и обобщения очертаний (контуров) при составлении карт. Цель - сохранить и выделить на карте основные черты и характерные особенности картографируемых объектов.

### **17.3. Общие требования к сбору и систематизации материала при составлении районных и областных агрохимических картограмм**

Для составления районных (областных) картограмм используются картограммы хозяйства (района) одного цикла обследования.

Все используемые картограммы должны быть составлены на основании результатов агрохимических анализов почв, выполненных по единой методике обследования и стандартными методами.

Весь табличный материал, характеризующий агрохимическое состояние почв района (области) должен быть систематизирован по типам угодий, для которых составляются картограммы.

Если районная картограмма составляется путем перенесения всех контуров, то все картограммы хозяйств должны быть выполнены в одном масштабе.

Если картограмма составляется по методу обобщения показателей, то в качестве картографической основы может быть использована районная карта землепользователей.

### **17.4. Подготовка картографической основы**

Существует несколько технических способов приведения картографического материала к нужному масштабу. Основные следующие:

- фотомеханический;

- механико-пантографический;
- графический - переноска по клеточкам.

Наиболее распространенным в настоящее время является фотомеханический способ как наиболее точный.

На уменьшенных планах корректируются внешние границы угодий. Проводится частичная разгрузка и генерализация ситуации. При этом не сохраняются: контуры озер, прудов, искусственных водохранилищ, садов, огородов, пашни при их площади менее 4 мм<sup>2</sup> и контуры остальных угодий, если их площадь составляет менее 10 мм<sup>2</sup> на уменьшенном плане.

Картографическая основа для районной картограммы монтируется путем наклейки на плотную бумагу уменьшенных планов землепользования в границах района. При наличии готового сводного плана района, отвечающего вышеизложенным требованиям, его можно непосредственно использовать в качестве картографической основы для районной картограммы.

Составляется экспликация земель в разрезе землепользования в целом по району.

С картографической основы путем ее дальнейшего уменьшения фотомеханическим способом или пантографированием изготавливается копия размером 20 x 30 см, карта-схема района, на которой показаны границы района и землепользования, дороги, местоположение (пункт) и кадастровый номер землепользования. Цифрами показывают наименование хозяйства, а на таблице-врезке полное название хозяйства и кадастровый номер.

На картографической основе для составления агрохимических районных и областных картограмм должны быть нанесены основные элементы - гидрографическая сеть, административные границы.

Населенные пункты должны быть нанесены с сохранением внешних очертаний, характеристикой типа поселения и его административного значения. Сельский Совет в населенных пунктах изображается сокращенной подписью «СС». Обязательно показывают своими условными знаками усадьбы отделений совхозов, постоянные полевые станы, метеорологические станции.

Дорожная сеть - обязательный элемент содержания районной (областной) агрохимической картограммы. Показываются все железные, шоссейные, грунтовые дороги.

На картографической основе показываются границы: государственные, республиканские, краевые, областные, национальных округов, районные.

Из элементов специального содержания наиболее подробно наносятся границы землепользований хозяйств, отделений. Желательно нанести границы полей севооборотов.

Районные картограммы хранятся так же, как и картограммы хозяйств.

### ***18. Основные методы составления районных и областных картограмм***

Для составления районных и областных картограмм возможны два принципиально различных метода.

*Метод генерализации контуров* предусматривает перенесение на основу районной (областной) картограммы всех агрохимических контуров по каждому хозяйству, т.е. всех контуров, которые могут быть графически выражены в масштабе составляемой картограммы. Преимущество этого метода состоит в том, что на этой картограмме отображается фактическое распределение площадей почв по группам содержания элементов питания растений. Однако сравнивать хозяйства между собой при таком методе составления довольно трудно. Наиболее полно такая картограмма может быть использована при определении эффективности удобрений и корректировке их доз в различных почвенно-климатических условиях района (области), при планировании опытной работы и т.д. Если картограмма составляется по этому методу, то на ней должны быть показаны агрохимические контуры размером не менее  $25 \text{ мм}^2$  - для лекарственных растений, семенников разных культур и т.д.; не менее  $50 \text{ мм}^2$  - для овощных культур, многолетних насаждений; не менее  $100 \text{ мм}^2$  - для остальных культур. Мелкие контуры, которые по своим размерам не могут быть отображены на составляемой картограмме, объединяются с соседними контурами. Границы контуров выравниваются за счет мелких изгибов. Вся эта работа проводится на



уменьшенных до масштаба составляемых картограмм планах хозяйств. Затем генерализованные агрохимические контуры почв с уменьшенных картограмм хозяйств переносятся на картографическую основу составляемой картограммы.

С окончательного оригинала составляемой агрохимической картограммы изготавливают не менее 20-ти экземпляров литографических оттисков.

Число групп по каждому показателю при составлении картограмм по методу генерализации контуров устанавливается в соответствии с группировками.

*Метод обобщенных показателей* - за единицу картографирования при составлении районных картограмм принимают не агрохимический контур, а территорию отделения; для областных картограмм - территорию хозяйства.

Использование метода обобщенных показателей позволяет сравнить хозяйства между собой по содержанию элементов питания в почвах. Составленная по этому методу картограмма легко читается и может быть широко использована при пропаганде агрохимических знаний.

Обобщенный показатель агрохимической характеристики почв может быть определен различными способами: путем расчета средневзвешенного содержания элементов питания растений; соотношения площадей, отличающихся различным содержанием элементов питания растений; по преобладающей группе и т.д.

Составление картограмм путем расчета средневзвешенного содержания элементов питания растений следующее: на основании агрохимических картограмм отдельных хозяйств и аналитических ведомостей рассчитываются средневзвешенные значения содержания подвижных форм фосфора и калия в мг на 1 кг почвы для территорий отделения (бригады) или хозяйства по формуле:

$$X = \frac{a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n}$$

где  $a_1, a_2$  - площадь почв в соответствующих группах по содержанию элементов питания или % этой площади от всей обследованной площади;

$x_1, x_2$  - среднее значение показателей в каждой группе;

п - вся обследованная площадь или 100%.

Градация средневзвешенного содержания элементов питания растений и по степени кислотности почв для составления условных обозначений картограмм определяются путем деления разности максимального и минимального значений на 6.

Информативность картограмм повышается, если наряду со средневзвешенными значениями дать процентное соотношение площадей по группам. Например, в экспликации к картограмме кислотности можно показать процентное соотношение площадей пахотных почв, нуждающихся в известковании в первую и вторую очередь (рН до 5,0), в третью очередь (рН до 5,5).

При составлении районных и областных картограмм по соотношению площадей почв, отличающихся различным содержанием элементов питания растений, выделяют 5-6 групп с различным сочетанием площадей сельхозугодий.

***19. Группировка почв для составления районных (областных) картограмм распределения площадей почв с различным содержанием подвижного фосфора (обменного калия) и по степени кислотности почв и пашни. Градуировка почв для составления районных (областных) картограмм по фосфору***

1. Преобладают почвы с низким содержанием подвижного фосфора более 50%.

2. Преобладают почвы с низким и средним содержанием подвижного фосфора - с низким содержанием 30-50%.

3. Преобладают почвы со средним содержанием подвижного фосфора - с низким содержанием менее 30%.

4. Преобладают почвы со средним и высоким содержанием подвижного фосфора - со средним содержанием 30-50%.

5. Преобладают почвы с высоким содержанием подвижного фосфора - 30-50%.

Для определения групп с различным соотношением площадей почв ис-

пользуются сводные ведомости результатов агрохимического обследования хозяйств района с выделением всех отделений или бригад. При этом почвы с очень низким и низким содержанием объединяются в группу с низким содержанием, со средним содержанием выделяются в отдельную группу, с повышенным, высоким и очень высоким содержанием объединяются в группу с высоким содержанием элементов питания растений. Группировка почв для составления районных (областных) картограмм кислотности:

1. Преобладают почвы сильнокислые - более 50%.
2. Преобладают почвы сильнокислые и среднекислые -сильнокислых почв - 30-50%.
3. Преобладают почвы среднекислые - среднекислых почв менее 30%.
4. Преобладают почвы среднекислые и слабокислые - среднекислых почв 30-50%.
5. Преобладают почвы слабокислые и близкие к нейтральным - среднекислых почв менее 30%.
6. Преобладают почвы, близкие к нейтральным и нейтральные - более 50%.

## ***20. Оформление районных и областных агрохимических картограмм***

После составления авторских оригиналов изготавливают две копии этих картограмм на чистовых экземплярах картографической основы, которые оформляются по тому же принципу, что и картограммы отдельных хозяйств.

Цветовая шкала, рекомендуемая для раскраски картограмм:

### **содержания в почве подвижного фосфора**

очень низкое	- бирюзовый
низкое	- бирюзово-голубой
среднее	- голубой
повышенное	- светло-синий
высокое	- синий

очень высокое - темно-синий

**содержания в почве обменного калия**

очень низкое - светло-желтый

низкое - желтый

среднее - оранжевый

повышенное - светло-оранжевый

высокое - коричневый

очень высокое - темно-коричневый

**степень кислотности почв**

очень сильнокислые - темно-красный

сильнокислые - красный

среднекислые - розовый

слабокислые - оранжевый

близкие к нейтральным - желтый

нейтральные - зеленый

Такая окраска приемлема для всех рекомендованных методов составления районных и областных агрохимических картограмм и тем самым позволяет полнее отразить их содержание.

Порядок оформления картограмм следующий: сначала выполняется красочное, а затем штриховое оформление.

Раскраска производится анилиновыми красителями, выпускаемыми промышленностью специально для раскрашивания фотоснимков, или анилиновыми красителями для шерсти, при использовании которых можно добиться чистых и ярких цветов.

Красители растворяют в горячей воде. Можно использовать и акварельные краски, которые после смешивания с водой отстаивают. Время от времени их снова размешивают и отстаивают.

При раскраске картограмм чертежная доска должна иметь наклон 10-20°. Картографическую основу увлажняют ватным тампоном или большой кистью. Обычно пользуются беличьими и колонковыми кистями от № 4 до № 16 в зави-

симости от раскрашиваемой площади. Краску наносят на оригинал только после полного высыхания увлажненной поверхности.

При раскрашивании кисть вначале должна пройти по верхнему контуру ареала - примерно параллельно южной рамке. Обильное количество краски должно «повиснуть» на этой линии. Затем быстрыми движениями сверху вниз, периодически собирая краску на кисть, ее сгоняют вниз на новую линию, на которой она снова должна «повиснуть» в обильном количестве. Если в этом месте краска подсохнет, то нарушится равномерность тона. Такими приемами доводят краски до нижней части ареала, и остатки краски вбирают в полусухую кисть. При раскраске площадей их разбивают на отдельные участки, ограниченные какими-нибудь естественными контурами (реками, дорогами и т.д.). На многолистной картограмме каждая краска наносится на все листы подряд в одно время, чтобы тон раскраски был одинаков на всех листах.

На раскрашенном экземпляре картограммы тушью оформляют штриховые элементы - границы контуров отдельно обрабатываемых участков, севооборотов и подписывают площадь каждого агрохимического контура, выделенного в пределах отдельно обрабатываемого участка.

Элементы картографической основы картограмм необходимо оформлять условными знаками, принятыми для топографических карт соответствующих масштабов.

Наименование картограммы хозяйства, района, области, республики подписываются вверху, ниже подписывают масштаб, год составления и цикл обследования. Под картограммой помещаются экспликация, условные обозначения.

В экспликации указываются: номер группы, цвет окраски, содержание подвижных форм фосфора или обменного калия в мг на 1 кг почвы или степень кислотности (величина рН в КС1-вытяжке) и площади почв по группам и угодьям - пашня (в том числе орошаемая и осушенная); кормовые угодья: сенокосы (в том числе улучшенные), пастбища (в том числе культурные); многолетние насаждения (в том числе виноградники и плантации) и залежные земли в га и

%.

В правом нижнем углу помещается штамп: наименование ГЦАС (ГСАС) станции, составившей картограмму, подписи директора станции, начальника отдела почвенно-агрохимических изысканий, ответственного почвоведа, агрохимика, картографа и печать учреждения.

Картограммы, передаваемые в хозяйство, наклеиваются на материал. Для этого раскрой производят по размеру карты с таким расчетом, чтобы швы всегда находились параллельно южной рамке. Рекомендуемый формат, на который разрезаются картограммы =  $3 \times 4$  дм<sup>2</sup>. Полотно натягивается на раздвижную дюралюминиевую раму, которую кладут на стол. В раму вбиты гвозди без головок, на которые натягивают материал. Затем при помощи щетки намазывают обратные стороны листов и приклеивают к материалу, разглаживая их сухой тряпкой. После высыхания края материала обрезают.

Иногда при работе требуется снять ошибочно проведенную линию или старый рисунок и нанести новый. Для этого подчищают поверхность бумаги и покрывают раствором белого целлулоида в ацетоне или квасцами:

1) 30 г измельченного белого целлулоида растворяют в 1000 мл ацетона, раствор хранят в емкости с притертой пробкой;

2) 50 г алюмокалиевых квасцов растворяют в 1000 мл воды (+40- 50С°) и фильтруют.

После раскраски и вычерчивания штриховых элементов картограммы делают все надписи: оформление картуша, о чем уже сказано выше, легенды, которая включает в себя все условные обозначения с пояснительными текстами, и штампа с подписями руководителя лаборатории и исполнителей, составляющих картограмму. Все надписи необходимо располагать параллельно северной и южной рамкам. Надписи гидрографической сети, в частности рек, располагают параллельно реке или ручью, если река изображена двойной линией, то вдоль ее по оси. Надписи необходимо выполнять в соответствии с условными знаками, т.е. реки подписываются курсивными шрифтами, а населенные пункты — прямыми.

Готовые экземпляры агрохимических картограмм передаются районной администрации. Один экземпляр остается в ГЦАС (ГСАС) на станции химизации и служит основой для составления областной агрохимической картограммы.

К картограмме прилагается объяснительная записка, которая содержит основные сведения о районе (области): географическое положение, схему расположения хозяйств в районе, подробную агрохимическую характеристику почв с приложением таблиц по содержанию элементов питания растений и степени кислотности почв по хозяйствам района. В ней анализируются результаты последнего цикла обследования почв сельскохозяйственных угодий, отражается характер изменения содержания элементов питания растений по циклам обследования; приводятся таблицы рекомендованных для района доз удобрений с указанием планируемой урожайности культур и рекомендации по известкованию почв.

### ***21. Составление комплексных агрохимических карт и атласов административных районов, областей, краев и республик***

Составление комплексных агрохимических карт и атласов административных районов, областей, краев и республик выполняется с целью обобщения результатов всех видов обследований и разработки генеральных схем развития химизации в обслуживаемой зоне.

Комплексные агрохимические атласы должны состоять из 7 разделов:

#### 1. Общегеографические карты:

- административного деления;
- физико-географическая;
- почвенная;
- почвообразующих пород.

#### 2. Карты оценки уровней содержания элементов питания растений:

- содержания элементов питания (подвижного фосфора, обменного калия, гумуса, микроэлементов и т.д.) и кислотности;
- тенденций изменения агрохимического состояния почв по каждому по-

казателю плодородия;

- прогноза содержания основных элементов питания растений по состоянию на ...;

### 3. Карты оценки качества растительной продукции:

- содержание сахара в сахарной свекле;
- содержание белка в зерне;
- содержание NPK в сене, травяной муке, гранулах, брикетах и т. д.;
- содержание нитратов в растительной продукции.

### 4. Карты эффективности применения удобрений:

- выноса элементов питания растений по основным природно-сельскохозяйственным регионам области;

- коэффициентов использования удобрений;
- экономической эффективности удобрений.

### 5. Природно-охранные карты:

- объемов использования пестицидов;
- содержания нитратов в водах колодцев, рек и т.д.;
- водоохраных зон;
- возможных загрязнителей окружающей среды средствами химизации.

### 6. Организационно-хозяйственные карты по химизации:

- размещения агрохимцентров, пунктов химизации и взлетно-посадочных дорог;

- оснащенности техникой для использования минеральных удобрений;
- ресурсов агрохимического сырья союзного и местного значения;
- нуждаемости почв в известковании;
- нуждаемости почв в фосфоритовании;
- нуждаемости почв в гипсовании;
- потребности в минеральных удобрениях.

### 7. Комплексные карты:

- агрохимического районирования территорий;
- генеральная схема развития химизации на ... гг.



## II. АГРОФИЗИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

### *1. Общие положения*

1.1. Агрофизическое обследование земель сельскохозяйственного назначения предлагается проводить агрохимслужбе впервые. Такие специальные исследования почв осуществлялись ранее преимущественно в целях общей оценки плодородия почв при мелиоративном освоении земель. Однако имеющейся информации недостаточно, особенно при оценке эффективности использования удобрений на всех видах сельхозугодий. Нередко недостаточное накопительное действие туков на урожай культур и качество их продукции объяснялось только слабым уровнем грамотности их использования, а физическое состояние почв не принималось во внимание. Разработанные в последнее время ЦИНАО и утвержденные НТС МСХРФ ОСТы на показатели плодородия почв предусматривают необходимость оценки агрофизических свойств почв. Учитывая сложность и трудоемкость этой работы, рекомендуется ее проводить при оценке плодородия основных типов и подтипов почв сельскохозяйственных угодий землепользователя в соответствии с периодичностью комплексного агрохимического обследования почв. В ближайшие годы целесообразно организовать эти исследования в системе локального мониторинга плодородия почв на реперных участках.

1.2. Физические и водно-физические свойства почв являются важными условиями, определяющими почвенное плодородие. К важнейшим физическим и водно-физическим свойствам почв, определяющим их плодородие, относятся:

- структурное состояние, которое включает содержание агрегатов агрономически ценного размера (10-0,25 мм), содержание глыбистой фракции крупнее 10 мм, содержание водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм;

- равновесная плотность почв;
- водопроницаемость;
- полевая (наименьшая влагоемкость).

1.3. При выборе важнейших физических и водно-физических свойств, определяющих физические условия почвенного плодородия, исходными являются следующие соображения:

- содержание агрегатов агрономически ценного размера (10-0,25 мм) при сухом просеивании почвы определяет условия протекания почвенно-физических процессов, степень крошения почвы при обработке, устойчивость ее к водной и ветровой эрозии, относительную устойчивость почвы к уплотняющему воздействию сельскохозяйственной техники;

- содержание глыбистой фракции при сухом просеивании является информативным показателем изменения физического состояния почв, как при окультуривании, так и при их физической деградации;

- содержание водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм определяет устойчивость создаваемого обработкой сложения почв во времени;

- равновесная плотность почв, являющаяся в значительной мере интегральным показателем физического состояния, определяет многие условия жизни растений, определяет степень окультуренности или деградированности почв;

- показатель водопроницаемости почв определяет впитывание выпадающих осадков и поливной воды;

- полевая или наименьшая влагоемкость отражает водоудерживающую способность почв, определяет влагообеспеченность растений и длительность межполивного периода в орошаемых условиях.

1.4. При разработке критериев величин показателей физических и водно-физических свойств в целях оценки почвенного плодородия необходимо учитывать, в первую очередь, гранулометрический состав почв, содержание и качественный состав органического вещества. Связано это с тем, что гранулометрический состав почв определяет практически все физические, водно-физические, и физико-механические свойства - структурное состояние, плотность, твердость, набухание. С содержанием органического вещества и его качественным составом в почвах тяжелого гранулометрического состава (от су-

глинистого до глинистого) существует тесная связь структурного состояния, плотности, водо- и воздухопроницаемости. В почвах легкого гранулометрического состава (от песков до легких суглинков) также наблюдается связь физических свойств с органическим веществом, хотя и более слабая. Мощность пахотного и корнеобитаемого слоя определяет запасы влаги и питательных элементов в почве.

## ***2. Методика отбора образцов и проведения определения физических и водно-физических свойств почв***

2.1. Отбор образцов для определения структурного состояния (сухое и мокрое просеивание по методу Н. И. Саввинова), определение равновесной плотности, водопроницаемости, полевой или наименьшей влагоемкости проводятся на специальных площадках по основным почвенным выделам.

2.2. Образцы для структурного состояния в количестве 0,5-1 кг каждый отбираются из пахотного горизонта послойно (0-10, 10-20 и 20-30 см), если мощность пахотного слоя достигает 30 см, в 3-х кратной повторности.

2.3. Равновесная плотность определяется в конце вегетационного периода (перед уборкой или после уборки урожая) в пахотном слое с поверхности, с 10 см, с 20 см. Повторность пятикратная. В подпахотных слоях плотность определяется в 3-х кратной повторности по генетическим горизонтам.

2.4. Водопроницаемость почв определяется с поверхности почвы методом заливаемых площадей (метод рам, прибором ПВН) в трехкратной повторности. Напор воды в рамах или кольцах ПВН - 5 см. Водопроницаемость определяется в течение шести часов с тем, чтобы определить не только скорость впитывания влаги (первые 2-3 часа), но и установившуюся скорость фильтрации (5-й - 6-й часы).

2.5. Полевая или наименьшая влагоемкость определяется через 2-3 дня после определения водопроницаемости в тех же рамах, кольцах ПВН, которые после завершения 6 часов опыта определения водопроницаемости, заливаются до верха водой, тщательно укрываются пленкой, сеном и т.п. для предотвраще-

ния потери влаги из почвы на испарение. Пробы отбираются через 2-3 суток послойно через каждые 10 см на глубину промачивания. Одновременно определяется влажность по тем же глубинам вне рам (контроль).

2.6. Структурный анализ (сухое и мокрое просеивание по Н. И. Савинову) проводится в лаборатории. На основе сухого просеивания рассчитывается содержание агрономически ценных агрегатов (10-0,25 мм), содержание глыбистой фракции ( $> 10$  мм). На основе мокрого просеивания определяется содержание водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм.

### ***3. Критерии величин показателей физических и водно-физических свойств основных типов почв и разновидностей почв по основным природно-сельскохозяйственным зонам страны***

3.1. Показатели важнейших свойств почв приведены в оптимальном диапазоне, и в диапазонах при слабом и сильном снижении от оптимума, а также при слабом и сильном превышении от оптимума.

3.2. Показатели мощности пахотного слоя, как в оптимуме, так и при слабом и сильном снижении и повышении от оптимума для всех рассматриваемых типов и разновидностей почв приняты едиными.

3.4. Ранжирование показателей физических и водно-физических свойств от оптимального состояния, как в области снижения их от оптимума, так и в области превышения от оптимума объясняется тем, что во многих случаях отклонение от оптимума ведет к снижению почвенного плодородия. Поэтому задача земледельца поддерживать физические и водно-физические свойства в пределах оптимума и не допускать их выхода за пределы слабого снижения и превышения от оптимума.

### **III. ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

#### ***1. Общие положения***

1.1. В пробах почвы, отобранных в ходе проведения комплексного мониторинга плодородия земель, рекомендуется также определять содержание остаточных количеств пестицида (ОКП) и тяжелых металлов (ТМ). При этом используется единая картографическая основа, единая разбивка полей на элементарные участки, единая нумерация почвенных образцов.

Определение ОКП проводят в почвенных пробах, которые представляют наиболее характерные поля и участки. Особое внимание уделяют полям с интенсивным применением пестицидов, участки полей, на которых технологически могут быть внесены повышенные количества препаратов (место заправки емкостей, развороты техники, движение техники, движение техники на подъем и т.п.), участков с пониженным рельефом местности и др.). В остальных случаях анализ почвенных проб и содержание ОКП проводят методом газожидкостной хроматографии по официально утвержденным методикам. Результаты определения оценивают путем сопоставления с нормативами допустимого содержания пестицидов в почве (предельно допустимыми концентрациями - ПДК). Особо отмечают наличие в почвенных пробах ОКП с повышенной устойчивостью: хлорорганических пестицидов, симтриазиновых гербицидов, трефлана и др.

1.3. Определение тяжелых металлов (ТМ) проводят на всех угодьях, но в первую очередь в почвах, расположенных в зонах экологического бедствия, а также на сельскохозяйственных угодьях, прилегающих к загрязнителям почв ТМ, и на полях (участках), предназначенных для выращивания экологически чистой продукции. В почвенных пробах определяют валовое содержание ТМ и их подвижные формы. Степень загрязнения почв ТМ выявляют путем сравнения с относительно допустимой концентрацией (ОДК) с предельно допустимой концентрацией (ПДК), соответствующего элемента в почве, или его фоновым содержанием.

## ***2. Обследование сельхозугодий на проявление гербицидной фитотоксичности***

2.1. Составной частью обследования сельхозугодий является проведение визуального контроля за проявлениями фитотоксического действия и последствий гербицидов на сельскохозяйственные культуры.

2.2. Под фитотоксичностью гербицидов понимается токсическое действие самих гербицидов, их остаточных количеств и метаболитов, содержащихся почве от ранее проведенных обработок, на сельскохозяйственные культуры. Фитотоксичность проявляется в виде общего хлороза растений, пожелтении, скручивании кончиков и краев листьев, стеблей и других частей растения, в отставании растений в росте, высыхании, отсутствии всходов и т.д. Характер угнетения и поражения растений может также быть различным: сплошным на всем поле или на его части, на краях поля, пятнами («проплешинами»), полосами и т.д. При этом на пораженных участках растения могут отсутствовать полностью, произрастать куртинами или находиться в разной степени угнетения. Переход между пораженными и непораженными участками может быть плавным или четко выраженным.

2.3. При визуальном обследовании не всегда можно достоверно установить фитотоксичность как причину поражения растений. Аналогичные - признаки угнетения и гибель растений могут быть вызваны и другими причинами: вымоканием растений, засолением почв, передозировкой удобрений, болезнями и т.д. Однозначное заключение о проявлении гербицидной фитотоксичности, как правило, может быть дано лишь после отбора почвенных проб и их анализа на содержание остаточных количеств гербицидов и их фитотоксичных метаболитов. Предварительные выводы могут быть сделаны также на основании истории поля: ассортимента и количества внесенных гербицидов, внесенных на полях, расположенных рядом с обследуемыми угодьями.

2.4. Визуальный контроль гербицидной фитотоксичности осуществляется во время отбора почвенных образцов. В процессе контроля производится оценка интенсивности (характера) и масштабов повреждения растений в баллах по

следующим критериям:

1 балл - наблюдается хлороз растений, пожелтение листьев, скручивание краев или кончиков листьев, изгибы стеблей и черешков и другие морфологические изменения, отставание в росте растений (менее 30% к контролю); перечисленные признаки (один или одновременно несколько) в слабовыраженной форме проявляются пятнами или на отдельных участках;

2 балла - перечисленные признаки проявляются в большей степени, отставание в росте растений более 30%, посевы изрежены, имеются отдельные пятна без растений (культурных и сорняков) площадью не более 100 м<sup>2</sup>.

3 балла - выпадение растений составляет более 30%, имеются пятна без растений площадью более 100 м<sup>2</sup>.

4 балла - наблюдается гибель растений на значительных площадях сельскохозяйственных (более 1 га) или полностью на полях, площадь которых не превышает 1 га.

2.5. При осуществлении контроля гербицидной фитотоксичности в ведомости полевого обследования указывают:

- культуру, на которой отмечают проявление фитотоксичности, ее сорт;
- фазу развития растений;
- состояние растений и морфологические изменения;
- характер поражения растений на территории, размеры пораженных участков.

2.6. При обнаружении проявлений фитотоксичности с интенсивностью 2 балла, дополнительное обследование таких полей проводят специалисты токсикологических подразделений центров и станций химизации.

Отдельные смешанные пробы отбирают на участках, где

- растения отсутствуют полностью (на «проплешинах»);
- растения угнетены в той или иной степени;
- признаки фитотоксичности не наблюдаются («фон»).

Отбор проб производится по общепринятой методике на глубину пахотного слоя. В этикетке пробы помимо обычных показателей приводят пока-

затели, перечисленные выше (степень угнетения растения, фаза их развития и т.д.). На участках со средней изреженностью посевов и на «фоновых» участках наряду с почвой отбирают пробы растений по принятой в токсикологических исследованиях методике.

2.7. Для угодий, на которых установлены случаи проявления гербицидной фитотоксичности, изучают историю путем сбора в хозяйствах информации, которая должна включать сведения о культуре - предшественнике, режиме орошения, применении удобрений, применении гербицидов в текущем и предыдущие годы. Информация о применении средств химизации должна включать данные о виде (наименовании) примененного средства, сроках, дозах, кратности и способе применения.



## **IV. РАДИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

### ***1. Общие положения***

1.1. Одновременно с отбором почвенных образцов в полевых условиях проводятся радиологические обследования. При этом используется единая картографическая основа, единая разбивка на элементарные участки и единая нумерация почвенных проб.

1.2. Радиологическое обследование проводится путем замера гамма-фона и отбора почвенных образцов. Для определения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения почв рекомендуется использовать дозиметр ДРГ-01Т. В случае отсутствия данного прибора можно использовать дозиметр ДРГ-05М или сцинтилляционный геологоразведочный прибор СРП-88Н (СРП-68-01), работе на которых специалисты обучаются в подготовительный период. В соответствии с техническим описанием проводится проверка точности работы прибора в лаборатории или его госповерка.

### ***2. Методика радиологических исследований***

2.1. Гамма-фон измеряют по ходу маршрута в 8 точках элементарного участка. Если в пределах элементарного участка одна почвенная разность, а изменения в величине гамма-фона в какой-то точке выше предыдущего измерения на 4 мкР/ч ( $30 \text{ с}^{-1}$ ), проводят более детальные замеры в пределах этого элементарного участка. Дополнительные измерения гамма-фона проводят следующим образом: от этой точки вправо и влево прокладывают дополнительные маршрутные ходы строго перпендикулярно к основной маршрутной линии и на расстоянии 30 м делают замеры. Если гамма-фон ниже предыдущего измерения на 3-4 мкР/ч, то измерения в этом направлении прекращают. Если гамма-фон в новой точке на том же уровне или на 1-2 мкР/ч выше или ниже, то продолжают измерения далее по этой маршрутной линии, а также вправо и влево от новой точки.

В случае, если изменение гамма-фона более чем на 4 мкР/ч совпадает с

изменением почвенной разности, дополнительные измерения не производят.

Если обнаружится точка, где мощность экспозиционной дозы превышает среднее значение по элементарному участку на 15 мкР/ч, то через нее прокладывается 8-румбовая сетка. Измерения гамма-фона проводят по схеме. Для этого в журнале полевого обследования рисуют абрис данного участка, на котором около точек измерения записывают показания дозиметра. На этом участке проводят отбор индивидуальных проб. Если гамма-фон уменьшается равномерно во всех направлениях, то пробы отбирают по 4 основным румбам на расстоянии 30, 60, 90 м и т. д. от основной точки.

В случае изменения гамма-фона по одному или нескольким румбам отбор индивидуальных почвенных проб проводят только по этим румбам.

2.2. Почвенные образцы отбирают из прикопок лопатой на глубину пахотного слоя. Вес одного образца не менее 1,5 кг. Нумерация образцов при этом сохраняет номер элементарного участка с добавлением номера индивидуальной пробы (00301, 00302, 00303 и т.д., где 003-номер элементарного участка, 01-номер индивидуальной пробы). Нумерацию индивидуальным пробам, отобранным по румбам, присваивают по часовой стрелке, начиная с северного румба. Точки отбора индивидуальных проб фиксируют на абрисе.

2.3. При обнаружении точек, где гамма-фон превышает 50 мкР/ч, необходимо срочно известить об этом руководство центра (станции) и прекратить дальнейшие измерения и отбор проб почвы. На таком участке необходимо проводить специальное радиологическое обследование.

При нормальном (без аномалии) гамма-фоне может оказаться достаточным 8 замеров на 1 элементарный участок. В случае необходимости выделения аномалии число замеров увеличивается в зависимости от сложности выделяемого участка и других агропочвенных условий.

2.4. Измерение гамма-фона производится на высоте 1 м над поверхностью почвы. Результаты измерений записываются в полевую ведомость. После проведения измерений данные наносят на увеличенный план внутрихозяйственного землеустройства и составляют карту гамма - активности по участкам.

2.5. Изолинии интенсивности гамма-излучения (линии с одинаковым значением мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в мкР/ч или потока гамма-излучения в  $\text{с}^{-1}$ ) проводят пунктирной линией на топографической основе и наносят штриховку.

## **V. ОПЕРАТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАСОРЕННОСТИ ПОЧВ И ПОСЕВОВ**

### ***1. Общие положения***

1.1. Для проведения борьбы с сорняками на полях землепользователей рекомендуется использовать данные учетов вегетирующих сорняков или прогнозировать засоренность посевов исходя из потенциальной засоренности почв. Информация о потенциальной засоренности почв позволяет достаточно точно прогнозировать появление сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур, что в свою очередь дает возможность более эффективно планировать мероприятия по борьбе с ними. Это позволяет сохранять влагу и питательные вещества в почвах и повышает эффективность целенаправленного использования удобрений.

1.2. Определение запаса семян сорняков в почве состоит из нескольких последовательных этапов:

- отбор почвенных образцов;
- удаление из почвенных образцов илистых фракций путем отмывания их на сите с отверстием 0,25 мм;
- выделение семян сорняков из оставшихся минеральных фракций образцов почв;
- определение видового состава семян сорняков в определенном слое почвы.

### ***2. Методика полевых исследований***

2.1. Методика определения потенциальной засоренности почвы достаточно трудоемка. Поэтому для целей оперативной диагностики допускается проводить расчет потенциальной засоренности поля в летний период по вегетирующим сорнякам. Для этого в период проведения комплексного мониторинга плодородия земель определяют засоренность посевов по каждой культуре в сроки массового появления основных видов сорняков. Эти сроки уточняются в зависимости от местных условий. Обследования проводят в соответствии с "Инструкцией по определению засоренности полей, многолетних насаждений,

культурных сенокосов и пастбищ".

2.2. Перед началом работ необходимо провести инструктаж со специалистами, проводящими обследование, по определению засоренности полей и заполнению учетных листов. Перед выходом в поле необходимо приготовить учетную рамку размером 50х50 см (0,25 м<sup>2</sup>).

2.3. Учет засоренности полей проводится количественным методом. С этой целью каждое поле или рабочий участок проходят по наибольшей диагонали и через равные промежутки произвольно накладывают рамку. На полях и участках площадью до 50 га рамку накладывают в 10 точках, от 50 до 100 га - в 15 точках, более 100 га - в 20 точках. Внутри рамки подсчитывают количество сорных растений по каждому виду и результаты подсчета заносят в учетный лист засоренности поля или участка. При обследовании посевов учитываются все виды сорняков. Неизвестные исследователю сорняки заносят в строку «прочие виды». Не попавшие в учетную рамку, но имеющиеся на поле, карантинные сорняки заносятся в учетный лист засоренности каждый вид записывается отдельной строкой.

2.4. В графе «среднее число» проставляют число сорняков по видам и показатель суммарной засоренности на 1 кв. м всеми видами сорняков.

2.5. После завершения обследования составляется сводная ведомость засоренности сельскохозяйственных культур.

## **VI. ОСНОВНЫЕ ВЫХОДНЫЕ ДОКУМЕНТЫ, ВЫДАВАЕМЫЕ ЗАКАЗЧИКАМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ПЛОДРОДИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Обобщенные материалы комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения могут быть представлены заказчику по его требованию в виде следующих основных форм:

- пояснительной записки по оценке и изменению плодородия земель сельскохозяйственного назначения;
- мероприятий по повышению плодородия почв и снижению степени засоренности, уровня содержания токсикантов и радионуклидов в агросистемах;
- паспортных ведомостей уровня плодородия почв по земельным участкам сельскохозяйственных угодий;
- проекта на научно обоснованное применение средств химизации;
- проекта по интенсивным технологиям выращивания сельскохозяйственных культур;
- проекта производства диетической продукции;

В разрабатываемой центрами (станциями) химизации научно производственной документации и выдаваемой заказчику по результатам комплексного мониторинга, отражают следующие основные положения:

- общие сведения о хозяйстве;
- анализ применения минеральных и органических удобрений за 3-5 лет, предшествующих обследованию;
- состояние материально-технической базы и технологию применения минеральных и органических удобрений;
- наличие местных средств механизации и возможность их использования для повышения плодородия почв;
- агрохимическая, агрофизическая, токсикологическая, радиологическая характеристики почв, а также степень засоренности почв и посевов;
- изменение почвенного плодородия за период между турами проведения

мониторинга земель;

- научно обоснованные рекомендации по планированию систем и технологий применения удобрений с расчетом необходимого ассортимента минеральных удобрений;

- паспортные ведомости плодородия земельных участков.

Сводные материалы результатов комплексного мониторинга плодородия почв передаются заказчику по акту выполнения работ и акту передачи материалов.

## **VII. ВЕДЕНИЕ АРХИВА МАТЕРИАЛОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

1. Бессрочному хранению подлежат:

- полевая карта обследования с нанесенными границами, номерами и площадями рабочих и земельных участков, границами и номерами элементарных участков;

- журналы агрохимического обследования;

- ведомости объединенных проб и назначения их на анализ;

- аналитические ведомости;

- ведомости внутрилабораторного контроля;

- авторский оригинал картограмм;

- пояснительная записка с паспортной ведомостью и другая научно-производственная документация по результатам комплексного мониторинга.

2. Почвенные объединенные пробы через месяц после выдачи материалов агрохимического обследования списываются по акту, обезличиваются и утилизируются.

3. Передача архивных материалов для временного пользования другим организациям согласовывается с МСХ РФ и ЦИНАО.



## Часть 2

### **I. МОНИТОРИНГ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

Северо-Кавказский федеральный округ выделен из состава Южного федерального округа Указом Президента России Д. А. Медведева от 19.01.2010 г.

В состав Южного Федерального округа входят: Астраханская область, Волгоградская область, Ростовская область, Краснодарский край, Ставропольский край, Кабардино-Балкарская, Алания, Чеченская, Ингушская, Карачаево-Черкесская, Адыгейская Республики, Республика Дагестан, Калмыкия. Всю территорию региона можно подразделить на три основных зоны - степную, предгорную и горную.

Обширная территория Предкавказья расположена к северу от Главного Кавказского хребта, между Черным и Каспийским морями. По характеру поверхности территория региона чрезвычайно неоднородна: Ставропольская возвышенность, Прикаспийская низменность, Предкавказская и Кумо-Манычская впадины, полоса предгорий с лакколитами Минераловодской группы.

#### ***1. Почвенный покров***

В Предкавказье преобладают лессовидные суглинки, на которых сформировались черноземы и каштановые почвы высокого уровня плодородия. На засоленных пылеватых суглинках Кумо-Манычской впадины почвы характеризуются той или иной степенью солонцеватости и солончаковости. Почвообразующие породы Прикаспийской низменности представлены супесями и песками, на которых залегают почвы легкого гранулометрического состава. Район Предкавказской впадины характеризуется распространением засоленных майкопских и сарматских глин, на которых сформировались солонцеватые черноземы и солонцы. Общей закономерностью в распространении почвообразующих пород является постепенное облегчение гранулометрического состава.

Почвы региона имеют длительную историю изучения, начатую в 1883 году В. В. Докучаевым (1949). Исследованиям почв данного региона посвящены труды многих ученых (Тюремнов, 1928; Кузнецов 1958, 1964; Трофименко 1956, 1966; Антыков, Стоморев, 1970; Фиापшев, 1975; Вальков, 1977; Куприченков, 1984 и др.).

Агрохимическая характеристика почв и климатические условия Северного Кавказа освещены в работах В.В. Агеева (1964), Л.К. Льгова (1964), Г.И. Челябинова (1964), М.Т. Куприченкова и В.И. Каргальцева (1988), Л.П. Бельтюкова и А.А. Гриценко (1993), А.И. Симакина (1988), Н.Ф. Коробского (1995), В.Б. Хамукова (1995), Б.К. Кцоева (1997) и др.

Ставропольский край занимает центральную часть Предкавказья, что существенно отражается на его природных условиях и почвенном покрове. В центре расположена Ставропольская возвышенность, являющаяся климатической границей между влажными степями западного Предкавказья и сухими - восточного. На территории края отчетливо выражено снижение влажности и повышение температуры с запада и юго-запада на восток и северо-восток. В этом же направлении в полном соответствии с изменением климата меняется и естественная растительность от альпийских и субальпийских лугов к луговым, разнотравно-дерновинно-злаковым степям с полупустынной растительностью.

Особенностью в распространении почвообразующих пород на территории края является облегчение гранулометрического состава с запада на восток. Так, суглинки центральной части зоны черноземов содержат более 50-55% физической глины и относятся к тяжелым, а в восточной части это уже средние и легкие суглинки с содержанием глины менее 35%.

Среди почвообразующих пород выделяются лессовидные, засоленные пылеватые суглинки, засоленные майкопские глины, засоленные морские отложения, известняки, песчаные сланцы, эоловые и аллювиальные отложения. Однако преобладают лессовидные суглинки - наиболее благоприятный субстрат для образования черноземов и каштановых почв.

## Почвенный покров Ставропольского края

Наименование почв	Площадь, тыс. га
Черноземы выщелоченные (типичные)	55,5
Черноземы карбонатные (обыкновенные)	1257,7
Черноземы солонцеватые	405,7
Черноземы южные	658,5
Темнокаштановые карбонатные	1115,2
Темнокаштановые солонцеватые	155,4
Каштановые карбонатные	316,6
Каштановые солонцеватые	735,4
Светлокаштановые карбонатные	246,7
Светлокаштановые солонцеватые	162,5
Солонцы	474,3
Пески	240,1
Луговые	111,9
Пойменные	363,1
Солончаки	43,6
Всего:	6342,2

*Примечание:* по данным СтавропольНИИгипрозема.

Приведенное выше разнообразие природных условий отразилось на почвенном покрове Ставрополья, его неоднородности, пестроте и комплексности (табл. 1).

Плодородие почвы - это ее способность обеспечивать растения питательными веществами, создавать для них определенный водный, воздушный и тепловой режимы и тем самым формировать урожай.

Различают потенциальное (естественное или искусственное) и эффективное (экономическое) плодородие почвы. Потенциальное плодородие определяется запасом в почве гумуса, питательных веществ и другими условиями жизни, являясь основным средством сельскохозяйственного производства. Проявление потенциального плодородия в производственной деятельности, характеризующееся возможностью использования растениями элементов питания для создания урожая, находит свое выражение в эффективном плодородии почв.

К основным показателям плодородия почв можно отнести следующие:

*Агрохимические* - содержание гумуса, реакция почвенного раствора (рН водной и солевой суспензии), состояние почвенного поглощающего комплекса

(сумма поглощенных или обменных оснований, гидролитическая и обменная кислотности, емкость катионного обмена, степень насыщенности основаниями), валовое содержание и подвижные формы макро- и микроэлементов, необходимых для питания растений.

*Агрофизические* - гранулометрический состав, структурное состояние, плотность сложения, общая порозность, водные, воздушные и тепловые свойства и режимы почвы.

*Биологические* - общее число микроорганизмов, их видовой и групповой состав, ферментативная активность, нитрифицирующая, денитрифицирующая и азотфиксирующая активности почвы, интенсивность разложения целлюлозы в почве, интенсивность выделения CO<sub>2</sub>.

*Экологические* - содержание в почве веществ и элементов загрязнителей (тяжелые металлы, остаточные количества пестицидов и т. д.), патогенной микрофлоры и т. п.

Оптимальный уровень плодородия той или иной почвы определяется таким сочетанием ее основных свойств и показателей, при которых могут быть наиболее полно использованы все жизненно важные для растений факторы и реализованы возможности выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Те природные почвы, которые существовали 150-200 лет тому назад, к настоящему времени подверглись существенным изменениям. Это вызвано в первую очередь высокой степенью распаханности территории (на черноземах 80-90, на каштановых почвах 60-70%), обработками, мелиорацией, химизацией, заменой естественной растительности культурной, ежегодным безвозвратным отчуждением питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур. Распашка почв и замена естественной растительности на культурную вызывает нарушение динамического равновесия в системе почва-растение. Следствием этого оказывается значительное изменение морфологии почв, их физических свойств, структурного состояния (В.В. Агеев, 1997).

Практически все исследователи в своих работах отмечают устойчивую тенденцию к снижению содержания гумуса в почвах Южного Федерального

округа, что связывается ими с недостаточным применением органических удобрений, нарушением технологии внесения минеральных удобрений, наличием эрозионных процессов, несовершенством системы обработки почвы и рядом других причин.

Вышесказанное, как правило, ведет к снижению уровня плодородия этих почв. Среди факторов, способствующих деградации плодородия наиболее существенны:

**Эрозия.** Сравнительные данные первых трех туров почвенного картографирования в системе РосНИИ-Земпроект и аэрофотосъемки практически всех районов Черноземья свидетельствуют, что в интервале 20-30 лет обследования, площадь эродированных почв и овражно-балочных комплексов может возрастать в 1,5-2 раза.

Противоэрозионная эффективность основных агротехнических приемов в лесостепной и степной зонах России совместно с защитными лесополосами позволяют регулировать эрозию. Однако в настоящее время из-за высокой стоимости они не могут быть реализованы в производственных условиях.

Экономическая эффективность ежегодных противоэрозионных агротехнических приемов рассчитывается на 10%-ный сток. Однако статистический анализ пространственного распространения интенсивности эрозии позволяет предположить, что наибольший вклад в водную эрозию черноземов вносят особенно интенсивные ливни. В отношении таких ливней эффективность противоэрозионных мероприятий представляется совершенно недостаточной.

Не соблюдаются на практике и почвозащитные севообороты (по сути зерно-травяные и травяно-зерновые) - часто просто по причине гибели посевов в неблагоприятные по климатическим условиям годы. Не воспринимаются такие севообороты и фермерскими хозяйствами неживотноводческого направления. Конъюнктура рынка в значительной мере способствует интенсификации монокультурного производства.

**Выпахивание.** «Выпахивание» (истощение, «утомление») является другим важнейшим фактором агродеградации черноземов. Это очень сложное, но

по сути своей целостное агроэкологическое явление чаще разбивается на частные составляющие: - *фитопатогенное почвоутомление*, нарушение санитарного состояния почвы и загрязнение ее патогенными микроорганизмами и вредителями; *агрохимическое истощение* - нарушение баланса питательных элементов вследствие превышения выноса с урожаем над возвратом с удобрениями; *агрофизическая деградация* - ухудшение водно-воздушного режима вследствие утраты почвой структуры и уплотнения; *агротехническая деградация* - *ухудшение систем обработки вследствие тех же* причин и сопутствующего ухудшения физико-механических свойств пахотного слоя; *биологическое обеднение* - утрату или угнетение полезной микробиоты.

**Дегумификация.** Черноземы за последние сто лет потеряли свыше трети общих запасов гумуса. По данным РосНИИземпроект, отрицательный баланс гумуса составляет в чернозёмах Южного Федерального округа 0,74-0,77 т/га. Средняя за столетие скорость «безэродийной» дегумификации колеблется от 0,1 до 1,3 т/га в год. Последние годы характеризуются очередной активизацией процессов дегумификации - в связи с нарушением сложившихся ранее балансов органического вещества и питательных элементов в основных вариантах агроценозов.

**Подкисление, ощелачивание и засоление.** Прослеживается четко выраженная тенденция к подкислению пахотного слоя черноземов - темпы приращения площадей кислых почв в ЦЧО - на 0,6% в год что является результатом периодического промывания верхней части профиля и резко отрицательного баланса кальция в земледелии.

В почвенном поглощающем комплексе (ППК) пахотных черноземов наблюдается увеличение доли поглощенного водорода, причем в пахотных почвах он регистрируется в более глубоких слоях профиля по сравнению с целинными разностями. В ряду черноземных подтипов наибольшие внедрения водорода и, соответственно, потери кальция фиксируются у оподзоленных черноземов (около 9%) и меньше - у обыкновенных (до 4%).

В работах Козловского (1987, 1991) были обоснованы и количественно оценены основные регионально-типологические формы агрогенно активизированных процессов ощелачивания и засоления. Эти процессы получили широкое распространение среди степных черноземов. Агрогенное ощелачивание является следствием неизбежного и кардинального изменения водного режима и баланса солей целинного чернозема. В выщелоченных от гипса безгумусных карбонатных горизонтах развивается процесс ощелачивания за счет преимущественного накопления бикарбонатов натрия и магния. Процесс промачивания «мертвого горизонта иссушения» в степных почвах требует длительного времени, в связи с чем, геохимические его последствия стали фиксироваться сравнительно недавно.

Анализ профильного распределения солей в ряду целинных, пахотных, орошаемых черноземов Центрально-Черноземной зоны показал слабое одностороннее нарастание солесодержания в верхней части профиля и более значительное - в нижней. В составе солей меняется соотношение ионов: возрастает доля  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  и снижается доля  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{HCO}_3^-$ . В профиле почв происходит увеличение зоны элювирования солей, размывание и перемещение выраженной аккумулятивной толщи гидрокарбоната кальция и усиление выраженности и частоты появления концентрационных пиков солей.

***Загрязнение и биохимическое «утомление».*** Используя для анализа общепринятые кларки по Виноградову, А.П.Щербаковым с соавторами (1996) показано, что слабое загрязнение может создаваться пятью (из семи) элементами: свинцом, ртутью, медью, цинком и кобальтом. Умеренное и среднее загрязнение создается свинцом и ртутью. Повышенное загрязнение создает свинец. Максимальное валовое содержание меди, цинка, молибдена превышает их допустимую концентрацию в три-четыре раза, свинца и кобальта - в пять раз, а кадмия и ртути - в семь-восемь раз. Локальное загрязнение может превышать этот фон на 1-2 порядка.

«Утомление» черноземов приводит к повышению удельного веса агрономически менее ценной, а то и отрицательной микрофлоры; снижению биохими-

ческой активности черноземов. В утомленном черноземе более быстрыми темпами, по сравнению с севооборотом, происходит подкисление и деградация. Эффективными мероприятиями по снижению действия почвоутомления являются чистый пар, кратковременная замена фитоценоза, внесение органических удобрений, замена монокультуры на плодосмен (севооборот).

Уровень плодородия почв является определяющим фактором получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. В связи с чем, в условиях современного земледелия, вопросы сохранения и повышения плодородия почв приобретают первостепенное значение.

Одним из основных показателей потенциального плодородия почвы является содержание в ней органического вещества. Органическое вещество - важный источник элементов питания для растений. В нем содержится почти весь запас азота, значительная часть фосфора и серы, а также часть калия, кальция, магния и других питательных веществ. Оно играет существенную роль в создании агрономически водопрочной структуры, обуславливает физические свойства почвы, предопределяет поглотительную способность, оказывает непосредственное влияние на водный, воздушный и тепловой режим.

Уровень содержания гумуса как специфической части органического вещества, в значительной мере зависит от типа почвы. В каштановых почвах его содержится 2-4%, в черноземах - более 3%.

Эффективное плодородие почвы - это часть деятельного потенциального плодородия, зависящее от наличия в почве доступных для растений азота, зольных элементов, воды, кислорода и других факторов жизни растений, агротехнических мероприятий, степени химизации, погодных условий, величины урожая и других факторов мобилизации свойств (признаков) плодородия. Эффективное плодородие характеризуется количеством питательных веществ, доступных для растений и используемых ими.



## *2. Сельскохозяйственное районирование территории Ставрополя*

Сельскохозяйственное производство в Ставропольском крае находится в сложных природно-климатических условиях и отражает как никакой другой регион Южный Федеральный округ. Территория края отличается большим разнообразием климатических условий и постоянной сменой ландшафтов - от полупустынь на северо-востоке до влажных степей на западе. На общий характер процессов, циркулирующих в атмосфере, оказывает влияние наличие на юге Главного Кавказского хребта, на западе и востоке - незамерзающие акватории Черного и Каспийского морей, в центре - Ставропольская возвышенность.

Сельскохозяйственные угодья занимают 86,2% от общей площади края и составляют на 1 января 1996 года 6555,0 тыс. га, в т.ч.: пашни – 4005,2 тыс. га (61,1%), остальные 1646,9 тыс. га заняты многолетними насаждениями, залежами, сенокосами и пастбищами.

На территории края выделено 4 природных зоны, семь агроклиматических, четыре сельскохозяйственных: первая - овцеводческая, вторая - зерново-овцеводческая, третья - зерново-скотоводческая, четвертая - прикурортная. В составе сельскохозяйственных зон можно выделить более 12 производственных типов хозяйств.

В соответствие с типами почв, территория Ставропольского края в почвенном отношении делится на три зоны: зону черноземов, зону каштановых почв и зону горных почв. Зона черноземов занимает около 40% территории края. На юге она примыкает к Северо-Кавказской горной провинции, на западе сливается с черноземами западно-предкавказской равнины, на востоке граничит с зоной каштановых почв. Черноземная зона края неоднородна и подразделяется на две ландшафтно-обособленные подзоны: лугово-степных и степных почв. В пределах первой распространены выщелоченные и типичные черноземы, в пределах второй - обыкновенные и южные черноземы.

К востоку от черноземов вплоть до административных границ края расположены почвы каштанового типа. Они занимают 44% территории края. На западе этой подзоны расположены темно - каштановые почвы, особенно по вершинам увалов и водораздельных плато, на склонах преобладают каштановые почвы. Районы распространения сочетаний этих двух подтипов относятся к сухостепной подзоне. Далее к востоку расположена пустынно-степная подзона со светло-каштановыми почвами. На юго-западе к черноземам примыкает зона горных почв, которая занимает 16% территории края в границах 1988 г.

Природные условия Ставропольского края контрастны, с ярко выраженной вертикальной зональностью, наличием довольно жестких лимитирующих факторов. Однако в целом они благоприятны для развития крупного интенсивного сельскохозяйственного производства.

При движении с северо-востока на юго-запад, параллельно уменьшению континентальных черт климата, сухая степь со светло-каштановыми почвами переходит в степь, где преобладают каштановые и темно-каштановые почвенные разности. Затем, наряду со степными участками появляются лесостепи и каштановые почвы сменяются мицеллярно-карбонатными черноземами. В бывших границах Ставропольского края, по мере увеличения высоты местности, в горной его части предгорные черноземы переходят в горные и горно-лесные, а в зоне субальпийских и альпийских лугов - в горно-луговые почвы.

Согласно исследованиям Почвенного института им. В. В. Докучаева и Государственного института земельных ресурсов в Ставропольском крае выделено 4 природно-сельскохозяйственные зоны:

1 - полупустынная зона со светло-каштановыми почвами, занимающая 14% территории края;

2 - сухостепная с темно-каштановыми и каштановыми почвами - 30% территории;

3 - степная зона представлена:

- засушливыми районами с карбонатными черноземами - 32%;

- увлажненными районами с выщелоченными черноземами и лесными почвами - 8%;

4 - горная область - 16% территории края.

В настоящее время территория края по почвенно-климатическим показателям делится на 5 подзон (с востока на запад):

1 - подзона крайне засушливая (полупустынно-степная), со светло-каштановыми почвами, нередко засоленными в северо-западной части подзоны и песками;

2 - засушливая подзона сухостепная с каштановыми и темно-каштановыми почвами;

3 - степная подзона неустойчивого увлажнения с южными, обыкновенными и солонцеватыми слитыми черноземами;

4 - лесостепная подзона достаточного увлажнения типичных, выщелоченных и солонцеватых черноземов;

5 - горно-почвенная провинция, или подзона избыточного увлажнения с горными черноземами, горно-лесными и горно-луговыми почвами.

*Первая подзона* расположена в восточной части края и по характеру поверхности представляет собой почти абсолютную равнину. Климат здесь отличается крайней засушливостью, среднегодовое количество осадков не превышает 250-300 мм. В южной части подзоны преобладают пески и светло-каштановые почвы, формирование которых проходило без влияния засоленных грунтовых вод, что характерно для северной части подзоны, где, как следствие, отмечаются процессы соленакопления в почве. Здесь преобладают сочетания светло-каштановых почв, чаще всего солонцеватых с солонцами и солончаковатыми почвами. На более высоких элементах рельефа с глубоким залеганием грунтовых вод, развиты преимущественно светло-каштановые, иногда каштановые карбонатные почвы, а в пониженных, где уровень грунтовых вод достаточно высок, распространены комплексы солонцеватых зональных почв с солонцами и солонцами-солончаками.

Почвообразующими породами здесь служат древние морские осадочные породы Каспийской трансгрессии легкого гранулометрического состава (почвы чаще всего легкосуглинистые и супесчаные). Почвы подзоны относятся к категории слабо гумусированных, содержание гумуса в верхнем горизонте не превышает 2,5%, а почвенный профиль укорочен до 50 см. Для солонцеватых почв подзоны характерно высокое залегание к поверхности карбонатно-гипсового горизонта.

*Вторая подзона.* Рельеф характеризуется или относительной равниной в северной части или системой чередующихся вытянутых в широтном направлении увалов, придающих местности широко-волнистый характер. Климат - засушливый, среднегодовое количество осадков составляет 360-380 мм. На вершинах увалов, сложенных эловыми лессовидными суглинками, расположены темно-каштановые почвы, мощность гумусовых горизонтов (А+В) -60 см и содержание гумуса в поверхностном слое до 2,5-3,0%. На пологих склонах увалов развиты каштановые почвы, отличающиеся от темно-каштановых меньшей мощностью гумусовых горизонтов, более низким содержанием гумуса, более распыленной структурой и высоким залеганием карбонатов. В северной части подзоны почвообразующими породами служат покровные суглинки – продукты выветривания и делювиального переотложения третичных пород, являющиеся причиной осолонцовывания зональных почв. Здесь солонцеватость почв и пестрота почвенного покрова возрастают, и на северо-востоке края почвенный покров приобретает комплексный характер. В составе комплексов преимущественно солонцеватые или солончаковатые разновидности зональных почв с солонцами и солончаками.

*Третья подзона* - степная. Южные черноземы занимают лишь 6% территории края. Они развиты под типчаково-ковыльной степью, на лессовидных суглинках, являются переходными почвами от черноземов к темно-каштановым почвам и не образуют сплошной линии в направлении с севера на юг. Эти почвы приурочены к абсолютным отметкам местности от 150 до 300 м в восточной части черноземной зоны, где среднегодовое количество осадков 400-425 мм.

Гранулометрический состав в основном тяжелосуглинистый, в составе обменных катионов доминирует кальций, хотя с глубиной возрастает доля магния. Реакция почвенного раствора (рН) по профилю возрастает с 7,6 до 8,7, что обусловлено повышенной карбонатностью почвообразующих пород. В профиле южных черноземов отсутствуют водорастворимые соли, хотя плотный остаток в нижних горизонтах может достигать 0,12%. Южные черноземы этой подзоны относятся к слабогумусным со средним содержанием гумуса не выше 4,0%. Запасы его в метровом слое приближаются к 300 т/га.

Наиболее распространены в данной подзоне обыкновенные черноземы. Они сформировались под разнотравно-злаковыми степями на лессовидных суглинках. Их площадь составляет свыше 16%. Карбонаты в виде белоглазки появляются на глубине 1,5 м. Обыкновенные черноземы имеют сравнительно невысокую гумусированность верхних горизонтов (4-6%) при значительных колебаниях мощности горизонтов (А+В)-80-140 см. Гумус порой вымывается в нижние горизонты черноземов и даже на глубине 1,3 м количество его может превышать 1%.

По глубине вскипания обыкновенные черноземы подразделяются на поверхностно вскипающие (карбонатные) и пониженно вскипающие (в нижней части горизонта А). Карбонатные черноземы относятся к малогумусным с содержанием перегноя в верхнем горизонте не более 6%, а общие запасы гумуса в метровом слое составляют для мощных черноземов - 400, для среднеспособных - 340 т/га, причем основная масса гумуса сосредоточена в верхнем 30 см слое. В составе гумуса гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами.

В этой подзоне широкое распространение получили слитые солонцеватые черноземы и черноземные солонцы. По материалам полевых и лабораторных исследований солонцовые почвы относят к интразональным.

*Четвертая и пятая подзоны.* Зоны достаточного и избыточного увлажнения. Выщелоченные и типичные черноземы в ряду вертикальной поясности края сменяют горные черноземы, формируясь на территориях с абсолютными отметками 500-800 м над уровнем моря. Эти почвы, кроме предгорий, покры-

вают центральную часть Ставропольского плато. Их площадь составляет около 5% территории края. Это наиболее плодородные и интенсивно используемые земли. Свыше 70% их площади вовлечено в пашню. Сформировались типичные и выщелоченные черноземы под лугово-степной растительностью преимущественно на лессовидных суглинках, а также на тяжелых бурых суглинках, плотных породах и их элювии. Разнообразные почвообразующие породы определили различие почв по степени выщелоченности, мощности гумусовых горизонтов, гумусированности и гранулометрическому составу. Мощность гумусовых горизонтов обычно равна 1,0-1,2 м, но, в зависимости от условий рельефа, встречаются среднемощные и сверхмощные профили. Данные почвы относятся к разряду незасоленных, верхние горизонты их уплотнены слабо ( $d = 1,0-1,2 \text{ г/см}^3$ ), общая порозность в верхних слоях равна 50%, а коэффициент дисперсности свидетельствует о высокой способности к оструктуриванию. Структура верхних горизонтов зернистая или зернисто-комковатая, прочно агрегированная. Гранулометрический состав суглинистый или тяжело-суглинистый. Выщелоченные и типичные черноземы различаются между собой по степени выщелоченности, по глубине вскипания. Если в первых карбонаты залегают в переходном горизонте к почвообразующей породе или в ней самой, то в типичных черноземах они встречаются в горизонтах  $B_1$  или  $B_2$ . В поглощающем комплексе этих почв преобладает кальций, но с глубиной возрастает роль магния. По содержанию гумуса их следует отнести к низко- и среднегумусным, но гумус проникает глубоко и даже на 1,5 м его содержится до 1%. Общие запасы гумуса в метровом слое равны 450 - 470 т/га, из них 240 т/га в слое 0-30 см.

Горные черноземы встречаются на высоте 700 - 1500 м над уровнем моря. Мощность гумусовых горизонтов и профиля в целом зависит от условий формирования почв по рельефу и от глубины залегания почвообразующей породы. Нередко они формируются непосредственно на плотных породах и в этом случае имеют укороченный профиль при отсутствии или слабом развитии переходного к породе горизонта.

Распределение типов и подтипов почв по основным административным районам Ставропольского края представлено в таблице 2.

Подробную характеристику административных районов Ставрополя, природно-сельскохозяйственных провинций, специализация зон края, а также преобладающие в них подтипы почв читатель найдет в монографических работах авторов.

*Таблица 2*

**Распределение почв по административным районам**

Преобладающие почвы	Административные районы
1. Светло-каштановые	Нефтекумский, Левокумский
2. Каштановые	Арзгирский, Апанасенковский, Благодарненский, Буденовский, Туркменский
3. Темно-каштановые	Курский, Степновский, Советский, Новоселицкий, Ипатовский
4. Черноземы солонцеватые	Андроповский, Минераловодский
5. Черноземы карбонатные	Александровский, Георгиевский, Грачевский, Изобильненский, Кировский, Кочубеевский, Красногвардейский, Петровский, Новоалександровский, Труновский, Шпаковский
6. Черноземы слабовыщелоченные и выщелоченные	Предгорный район

**3. Агрохимическая характеристика почв**

Неузнаваемо изменился почвенный покров и качество почвы под влиянием интенсивности распаханности в сочетании со сложными природно-климатическими факторами и агрохозяйственной деятельностью. Давно не встречаются почвы с высоким содержанием гумуса (>10%). Собственно говоря, все качественные изменения, связанные с деятельностью человека, носят, как правило, негативный характер - подтопление, оползни, овраги, эрозионные процессы, засоление, повышение щелочности и увеличение кислотности.

Материалы, которые легли в основу настоящей сводки являются результатом работ краевой сети агрохимической службы, интерпретированные из районных, хозяйственных показателей, приводимых в агрохимических паспортах (картограммах) в показатели, характеризующие основные типы и подтипы почв Ставропольского края. По архивным материалам, материалам подавляющего большинства хозяйств края, представленным студентами различных фа-

культетов университета для разработки проектов систем удобрений в севооборотах, составлена настоящая сводка, характеризующая агрохимическое состояние почв на 01.09.96 г. (табл. 3).

Таблица 3

**Агрохимическая характеристика почв Ставропольского края (сводные данные из многочисленных источников на 01.09.96 г.)**

Мощность, Апах, см	Содержание гумуса, %	рН водн.	Нг	S	Т	V, %	Содержание (мг/кг) почвы	
							Р <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	К <sub>2</sub> O
<b>Чернозем выщелоченный высокогумусный мощный</b>								
40-51	5,5	6,8-7,5	2,0-2,5	39-44	41-46	92-93	22	338
	5,1-6,0						21-24	309-375
<b>Чернозем выщелоченный среднегумусный мощный</b>								
35-40	3,6	6,5-7,5	1,5-2,0	40-42	42-44	92-93	18	367
	3,3-3,9						15-21	358-375
<b>Чернозем типичный высокогумусный мощный</b>								
30-40	5,6	6,5-7,5	1,0-1,5	36-40	37-42	95 и >	22	363
	5,2-6,0						22-24	330-395
<b>Чернозем типичный среднегумусный мощный</b>								
30-40	3,8	6,5-7,5	1,0-1,5	34-38	37-40	96 и >	18	346
	3,3-4,0						15-21	310-376
<b>Чернозем типичный низкогумусный мощный</b>								
25-30	2,6	6,5-7,5	0,5-1,0	32-35	32-36	98 и >	15	336
	2,3-2,9						14-17	297-342
<b>Чернозем типичный высокогумусный среднемощный</b>								
35-40	5,6	6,5-7,5	1,0-1,5	38-40	39-42	96 и >	22	320
	5,1-6,0						19-24	309-330
<b>Чернозем типичный среднегумусный среднемощный</b>								
30-35	3,7	7,0-7,5	0,5-1,0	34-36	35-37	96 и >	18	347
	3,3-3,9						15-21	310-375
<b>Чернозем обыкновенный повышенногумусный сверхмощный</b>								
35-40	4,7	7,5-8,0	0-0,5	30-32	30-33	98 и >	20	385
	4,2-5,2						19-20	376-395
<b>Чернозем обыкновенный повышенногумусный мощный</b>								
30-35	4,8	7,0-7,5	0-0,5	35-40	36-40	98 и >	19	360
	4,2-5,1						19-20	309-395
	3,3-3,9						14-21	356-409
<b>Чернозем обыкновенный среднегумусный мощный</b>								
25-30	3,3	7,0-8,0	-	32-36	32-36	≈100	17	355
	3,2-3,4						15-19	354-356
<b>Чернозем обыкновенный среднемощный среднегумусный</b>								
35-40	3,8	7,0-8,0	-	28-30	28-30	≈100	18	347
	3,6-4,1						16-20	309-395
<b>Чернозем южный среднегумусный среднемощный</b>								
27-36	3,5	7,0-7,5	-	27-37	27-37	≈100	18	352
	3,3-3,9						14-21	309-409
<b>Каштановые-темнокаштановые очень низко- и низкогумусные</b>								



Мощность, Апах, см	Содержание гумуса, %	рН водн.	Нг	S	Т	V, %	Содержание (мг/кг) почвы	
							Р <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	К <sub>2</sub> O
22-30	2,1	7,5-8,0	-	25-31	25-31	≈100	17	380
	1,3-3,3						15-19	337-450
<b>Каштановые очень низко- и низкогумусные</b>								
22-25	2,0	7,5-8,0	-	0-25	0-25	≈100	22	380
	1,8-2,3						15-26	390-490
<b>Светлокаштановые очень низко- и низкогумусные</b>								
18-25	1,7	6,8-7,1	-	16-20	16-20	≈100	20	418
	1,3-2,1						17-28	358-473
<b>Предкавказский карбонатный чернозем среднегумусный сверхмощный</b>								
35-40	3,9	6,8-7,5	-	38-42	38-42	≈100	25	371
	3,6-4,2						19-31	366-376
<b>Предкавказский карбонатный чернозем среднегумусный мощный</b>								
30-35	3,8	6,6-7,2	-	40-42	40-42	≈100	22	346
	3,0-4,2						19-31	310-409
<b>Предкавказский карбонатный чернозем среднегумусный мощный</b>								
25-30	3,5	7,0-7,5	-	38-40	38-40	≈100	15	324
							14-21	305-342
<b>Предкавказский карбонатный чернозем среднегумусный среднемощный</b>								
30-35	3,4	7,0-7,5	-	40-42	40-42	≈100	18	360
	3,1-3,9						15-21	354-375
<b>Предкавказский карбонатный чернозем среднегумусный среднемощный</b>								
25-30	3,5	7,0-7,5	-	38-40	38-40	≈100	17	372

*Примечание:* в числителе средние показатели, в знаменателе – крайние значения в выборке.

Возможный потребитель! Не смущайтесь отсутствием в сводке данных по содержанию минерального азота в почвах. Слишком подвижен этот элемент, поэтому объективнее воспользоваться расчётной методикой, исходя из содержания гумуса в том или ином типе (подтипе) почвы.

Сводка не претендует на исчерпывающую информацию, но может служить надежным методическим обеспечением учебного процесса для студентов высших учебных заведений агрономических специальностей, на курсах повышения квалификации, а также исходными данными для выполнения проектных работ.

В предлагаемой сводке не приводится агрохимическая характеристика интерзональных почв - солонцеватых, солонцевато-солончаковатых, солонцов, вторично в разной степени засоленных, луговатых, супесчаных и песчаных.

Будущим исследователям нельзя «отмахиваться» от названного массива почв, поскольку в пашне на долю солонцовых почв, нуждающихся в химической мелиорации, приходится 247,8 тыс. га, собственно солонцов - 258 тыс. га, комплексов с содержанием солонцов - от 10 до 30% - 297 тыс. га, комплексов с содержанием солонцов - от 30 до 50% - 132 тыс. га и различной степени солонцеватых почв - 850 тыс. га.

На сегодня трудно представить сложность работы по агрохимической оценке почв названной группы.

Остается только выразить надежду, что найдется исследователь (группа исследователей), накопится больше материалов полевых и лабораторных данных, появится новая концепция оценки интерзональных почв Ставропольского края и прилегающих к нему территорий. Следует однозначно ставить вопрос о новой оценке почвенного покрова Ставропольского края. Есть настоятельная необходимость выяснить, что отражает термин предкавказский карбонатный чернозем. Скорее это региональное определение чернозема типичного. То же касается предгорных черноземов, черноземов каштановых карбонатных. Классификация (номенклатура) почв, на наш взгляд, должна быть общероссийской, исходящей из основ, заложенных

В. В. Докучаевым.

Основными компонентами почвенного поглощающего комплекса всех типов почв являются кальций и магний. Реакция почвенной среды слабощелочная ( $pH = 7,5-8,5$ ) (табл. 3), за исключением засоленных почв, благоприятна для произрастания большинства сельскохозяйственных культур.

Общее содержание гумуса и основных элементов питания в почвах Ставрополья колеблется в значительных пределах. Наиболее плодородными являются выщелоченные черноземы, где количество гумуса в пахотном слое составляет 5,5-10,7%, азота – 0,29-0,45; фосфора 0,10-0,12 и калия – 2,0-2,5%. В то же время, светло-каштановые почвы содержат соответственно: 1,5-2,2; 0,09-0,15; 0,09-0,13; и 2,1%. Содержание гумуса в различных типах почв края колеблется от 100 до 600 т/га.

В пределах почвенной разности и административных районов наблюдается значительная пестрота эффективного плодородия, обусловленная предшествующей удобренностью, условиями увлажнения, типом севооборота и другими факторами хозяйственной деятельности человека.

Количество подвижного фосфора в почвах основных сельскохозяйственных зон края колеблется от 14,0 до 29,0, обменного калия - от 305 до 490 мг/кг почвы. Среднее содержание фосфора  $P_2O_5$  по краю доведено до 19,0 мг/кг почвы. Однако в ряде районов количество этого элемента не превышает 14-15 мг/кг почвы.

Большим резервом увеличения производства зерна и кормов на Ставрополье является химическая и агробиологическая мелиорация солонцов и солонцеватых почв, занимающих 21% территории. В крае было проведено почвенно-мелиоративное районирование для определения закономерностей распространения солонцовых почв на основе применения типологической группировки или объединения контуров и массивов солонцовых почв, близких по своим особенностям и структуре комплексов. За основной критерий сходства и различия при почвенно-мелиоративном районировании условно приняты для черноземных солонцов химические и физико-химические свойства, почвообразующие породы и рельеф, для солонцов зоны каштановых почв свойства солонцов, состав комплексов, микрорельеф и естественная растительность.

Солонцовые почвы черноземной зоны распространены в Андроповском и Шпаковском районах и различаются по морфологическим и химико-физическим признакам.

В черноземной зоне края солонцеватые слитые черноземы и солонцы расположены на засоленных майкопских глинах. Эти почвы отличаются тяжелым гранулометрическим составом, низкой водопроницаемостью, насыщенностью ППК натрием (от 3 до 15% от емкости поглощения), уплотненностью почвенного профиля.

Низкая водопроницаемость затрудняет усвоение питательных веществ растениями, способствует переувлажнению верхних горизонтов и развитию анаэробных процессов.

Наряду с отрицательными химическими и водно-физическими свойствами, черноземы слитые солонцеватые имеют довольно высокое потенциальное плодородие, содержат в пахотном слое до 5% гумуса, 15-30 мг/кг подвижного фосфора, более 250 мг/кг обменного калия.

В зоне каштановых почв солонцы, солонцеватые и солончаковые почвы и их комплексы сосредоточены в северо-восточной части края, и вся территория распространения засоленных почв по географическому признаку может быть отнесена к Приманьчскому массиву. По структуре солонцовых комплексов, степени участия в них солонцов и солончаков с различными химическими и химико-физическими свойствами, уровню и качеству засоления почв этот массив делится на два самостоятельных почвенно-мелиоративных района: Калаусский и Кумский.

Основным приемом улучшения солонцовых почв черноземной зоны является химический - внесение фосфогипса, известковой крошки. Их мелиорирующее действие очень эффективно и уже в первый год дает положительные результаты. Средняя многолетняя прибавка урожая зерна от химической мелиорации равна 5 ц/га, а в благоприятные годы и выше.

На солонцах в зоне каштановых почв эффективен агробиологический метод, в основе которого лежит глубокая мелиоративная вспашка плантажным или 3-х ярусными плугами. Сущность этого метода состоит в том, что глубокой обработкой в пахотный слой вовлекаются соли самой почвы, и в дальнейшем они играют положительную мелиоративную роль, замещая поглощенный натрий на кальций почвенного раствора и изменяя в положительную сторону химические свойства почв. Глубокая мелиоративная обработка рыхлит плотный солонцовый горизонт, улучшает водопроницаемость почв, что способствует вымыванию водорастворимых солей в нижние горизонты почвенного профиля. Средняя многолетняя прибавка урожая от применения этого метода равна 9 ц/га

кормовых единиц, а при внесении под основную вспашку 40 т/га навоза прибавки урожая возрастают до 12 ц/га кормовых единиц. Период последствий этого приема продолжается 15 лет. Методы улучшения солонцов и солонцеватых почв кроме улучшения химических и водно-физических свойств, дают возможность использовать на этих почвах энергосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Изменение плотности солонцовых почв в результате мелиорации с 1,55-1,60 до 1,10-1,20 г/см<sup>3</sup> не требует при обработке этих почв дополнительных затрат энергии и горючего, которые были необходимы ранее при обработке солонцовых почв.

Успех мелиорации зависит от правильного выбора соответствующего метода и его использования. Набор методов должен основываться на принципах, позволяющих выбрать и найти именно те мероприятия, которые будут наиболее эффективны в конкретном случае. Годуновой Е. И. и Петровой Л. Н. (1989) в стационарных исследованиях было изучено 64 варианта с набором разноглубинных вспашек, различных мелиорантов, удобрений в чистом виде и в разнообразных сочетаниях для определения наиболее оптимальных приемов мелиорации почв черноземной зоны Ставрополя. Анализ полученных данных показал, что самым результативным приемом, обеспечивающим наибольшую прибавку урожая (от 34,9 до 53,2 корм. ед. с 1 га) является комплексный, включающий внесение 15 т/га фосфогипса совместно с 60 т/га навоза на фоне рыхлений (стойки СиБИМЭ, РСН-2,9). Наивысший условно чистый доход получен от внесения фосфогипса с применением рыхлений (стойки СиБИМЭ, РСН-2,9).

### **3.1. Содержание гумуса**

Гумус образуется в результате сложных биохимических процессов распада и синтеза органических веществ и взаимодействия их с жидкой, твердой и газообразной фазами почвы. В гумусе содержится 80% серы и почти все количество азота и углерода, адсорбирует около 40-60% фосфора почвы. Он является энергетическим материалом для жизнедеятельности микроорганизмов и грибов, способствующих образованию доступных для растений веществ. При взаимодействии с минеральной частью почвы органическое вещество образует

сложные коллоиды, являющиеся основой структуры почвы. Кроме того, органическое вещество почвы обладает значительно более высокой поглотительной способностью, чем минеральные коллоиды. Чем выше содержание гумуса в почве, тем лучше она удерживает питательные элементы, существенно снижая их потери, лучше поглощает и удерживает элементы загрязнители (тяжелые металлы, радионуклиды, остаточные количества пестицидов), снижая их поступление в растения. В условиях интенсивного сельскохозяйственного производства трансформация гумусовых веществ во многом зависит от проводимых в агроценозах агротехнических приемов.

Как отмечает Н. Ф. Коробской (1995), считалось, что после распашки чернозёмов в Краснодарском крае потери гумуса идут высокими темпами, затем снижаются, но качественный состав гумуса остается постоянным. Позже, когда интенсификация земледелия возросла в основном за счет химизации и в частности внесения высоких доз физиологически кислых удобрений, изменились условия гумусообразования. Увеличилось количество подвижных фракций гумуса. Было отмечено явление «стекания» гумуса в нижележащие горизонты. Этот процесс носит двойственный характер: положительный - активизация почвообразовательных процессов в глубоких горизонтах, отрицательный - вместе с подвижными фракциями гумуса за пределы корнеобитаемого слоя уходят питательные вещества и в первую очередь - азот. Подкисление сопровождается потерей кальция, что ведет к ухудшению структуры почвы. Особенно ярко это проявляется на орошаемых черноземах, где за счет более интенсивной микробиологической деятельности и промывного режима, темпы минерализации органического вещества значительно выше, чем на неорошаемых. Имеющиеся данные по составу гумусовых веществ в орошаемых черноземах позволяют предположить, что вновь образованные вещества оказываются менее сконденсированными; большая их часть, в сравнении с неорошаемыми, представлена фульвокислотами и легкоподвижными гумусовыми веществами.

М. Т. Куприченко с соавторами (1988) отмечает, что в настоящее время в почвах Ставрополя наблюдается снижение почвенного плодородия и в част-

ности содержания гумуса в пахотном горизонте. Все возделываемые в крае культуры расходуют ежегодно 2,7 млн. т гумуса, а возвращают в почву с пожнивными и корневыми остатками 3 млн. т. На парующих почвах ежегодно теряется свыше 2 т/га гумуса, а на всей их площади около 1,5 млн. т. Внесение 12-14 млн. т навоза дает дополнительно 1,7 млн. т гумуса. При расходе гумуса 4,2 млн. т в год приход гумуса составляет 4,7 млн. т. Если учесть, что за счет эрозии почв ежегодно теряется около 1,3 млн. т гумуса, то дефицит баланса гумуса составляет 0,8 млн. т в год. Воспроизводство плодородия может быть достигнуто лишь путем систематического применения всех видов минеральных и органических удобрений (навоза, соломы, пожнивных остатков, сидератов и т.п.).

В последнее время появилась необходимость дополнительного внесения в почву таких элементов, как кальций, магний, сера, марганец и других, что связано с возросшим их отчуждением урожаями возделываемых культур. Это привело не только к дефициту этих элементов в почвах, но и к нарушению их соотношения, динамического равновесия, приводящих к блокировке поступления в растения одних элементов другими.

Анализ трансформации плодородия почв в длительных стационарных опытах Юга России показал, что уровень органического вещества поддерживается определенным набором элементов из запасов почвенного плодородия. Этот же набор необходим и для создания ежегодной биомассы возделываемых культур. Складывается ситуация, когда искусственно поддерживается дефицит Ca, Mg, Fe, Al, Mn, Na и др. элементов катионной группы зольных элементов почвенного поглощающего комплекса, необходимых одновременно для поддержания уровня содержания органического вещества и формирования биомассы растений. Это ведет к нарушению равновесия между органической и минеральной частями почв, что является в конечном случае причиной снижения эффективного плодородия почв, даже, несмотря на применение азотно-фосфорно-калийных минеральных удобрений. Наиболее ярко это проявляется при монокультуре и бессменных посевах.

Согласно данным НПО «Нива Ставрополя», в целом по краю баланс гумуса складывается отрицательно, ежегодный дефицит по результатам 3-го тура обследования составлял 247 тыс. т, или 57 кг/га. Если под зерновыми колосовыми, зернобобовыми и кормовыми культурами баланс гумуса бездефицитный, то под пропашными культурами отрицательный. Результаты длительных опытов, проведенных Краснодарским НИИСХ, показали, что после бобовых культур и озимой пшеницы его содержится больше, чем после кукурузы, подсолнечника и сахарной свеклы.

Это объясняется массой оставляемых предшествующей культурой пожнивных остатков, скоростью их минерализации и содержанием в них азота (табл. 4).

Озимая пшеница, в зависимости от предшественников, оставляет в пахотном слое 5,1-6,2 т/га органического вещества, в котором содержится 0,52-0,74% азота, 0,21-0,28% фосфора и 0,37-0,45% калия. После кукурузы на силос и зерно остается примерно такая же масса пожнивных остатков 5,6-5,8 т/га, содержащая 0,67-0,69% азота, 0,21-0,31% фосфора и 0,81-0,86% калия. После сахарной свеклы – 3,5 т/га органических веществ с содержанием 1,89% азота, 0,56% фосфора и 0,21% калия. После гороха в почве остается 3,3 т/га пожнивных остатков, содержащих 1,0% азота, 0,22% фосфора и 0,29% калия.

*Таблица 4*

Содержание гумуса под предшественниками и последующей озимой пшеницей, (в слое почвы 0-40 см, в среднем за 11 лет), %

Предшественник озимой пшеницы	Содержание гумуса перед посевом озимой пшеницы	Содержание гумуса после уборки озимой пшеницы
Люцерна	3,40	3,45
Горох	3,37	3,43
Кукуруза на силос	3,34	3,36
Подсолнечник	3,36	3,29
Сахарная свекла	3,26	3,36
Озимая пшеница	3,42	3,44

Данные IV тура обследования почв пашни свидетельствуют о том, что содержание гумуса в почвах большинства районов Ставропольского края продолжало снижаться. Убыль гумуса подтверждается не только установленным



отрицательным балансом, приведенным выше, но и данными химических анализов черноземов и каштановых почв в динамике (табл. 5).

Гумус как интегральный показатель почвенного плодородия определяет многие почвенные характеристики и тесно связан с большинством из них. Так запасы гумуса метрового слоя в Предкавказье на 88% определяют мощность гумусовых горизонтов, на 91% его содержание в горизонте А, на 98% его запасы в слоях 0-20; 0-30; 0-50; 0-150 см и на 83% общую пористость, на 58% сумму обменных оснований, на 69% - ила и на 52% - глины. Этот показатель на 90% и более определяет урожайность культур.

С гумусом тесно связаны плотность, структурный состав, влагоемкость, водопроницаемость, тепловые свойства, пищевой режим и др.

*Таблица 5*

Динамика гумуса в пахотных почвах, %

Почвы	Годы	Слой, см	Гумус		Убыль	
			исходное	конечное	всего	в год
Черноземы обыкновенные	1970-1985	0-20	4,97	4,01	0,96	0,06
		20-30	4,67	3,76	0,81	0,05
		30-40	3,74	3,14	0,60	0,04
Темно-каштановые	1976	0-20	3,16	2,67	0,49	0,06
Каштановые	1976-1983	0-20	2,23	1,91	0,41	0,05

Основываясь на данных по гумусированности и гранулометрическому составу почв, можно с известной степенью точности прогнозировать многие почвенные характеристики (Куприченков, Копейкин, 1988). Это было положено авторами в основу метода определения оптимальных значений параметров почвенного плодородия, при которых могут быть максимально реализованы потенциальные возможности сельскохозяйственных культур. Пользуясь рядом уравнений регрессии и введя в них оптимальные значения запасов гумуса, были получены оптимальные параметры остальных почвенных свойств и сравнены с их фактическими значениями (табл.6).

Исследуя роль биомассы культур в формировании этапного состояния содержания гумуса и химических элементов, авторы, а также В. И. Воронин, В.

А. Марченко (1990) показали, что на полях всех зон Ставропольского края величина отчуждаемой части биомассы озимой пшеницы превышает оставленную в 1,6-1,8 раза. Оставшаяся в почве растительная масса трансформируется в гумус, а входящие в ее состав химические элементы используются последующими культурами для формирования урожая.

Таблица 6

Фактические и оптимальные свойства почв Ставрополья

Свойства почвы	Фактические		Оптимальные	
	М	интервалы	М	интервалы
<b>Черноземы предгорные тучные</b>				
Содержание гумуса в горизонте А, %	9,00	7,77-10,23	10,33	9,93-10,72
Запасы гумуса, т/га				
в слое: 0-20 см	178	151-205	204	196-212
0-30 см	254	221-287	291	280-302
0-50 см	386	384-424	443	426-460
0-100 см	571	492-650	655	630-680
А+В	607	512-702	697	670-723
рН	7,46	7,33-7,59	6,9	6,8-7,0
Сумма обменных оснований, мг-экв/100г почвы	42,0	-	49,3	48,1-50,6
Подвижный фосфор, мг/кг	23,4	18,8-28,0	27,1	26,2-28,2
Обменный калий, мг/кг	294	246-342	364	352-375
Нитрификационная способность, мг/кг почвы	43,0	-	47,6	45,7-49,6
Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	1,00	0,94-1,06	0,99	0,99-0,99
Удельная масса, г/см <sup>3</sup>	3,63	2,58-2,68	2,63	2,59-2,69
Общая пористость, %	62	61-63	62,4	61,8-63,0
Содержание физической глины, %	46	36-56	61,6	61,8-63,0
Содержание ила, %	17	14-20	23	23-24
Влажность завядания, %	11,5	-	14,7	
Содержание водопрочных агрегатов, %	85	-	94	92-96
Содержание легкорастворимых солей, %	0,047	-	0,040	0,036-0,043
<b>Черноземы выщелоченные</b>				
Содержание гумуса в горизонте А, %	6,38	5,19-7,57	7,28	6,93-7,64
Запасы гумуса, т/га				
в слое: 0-20 см	137	112-158	157	149-164
0-30 см	199	170-228	228	216-240
0-50 см	296	263-329	338	322-354
0-100 см	451	420-492	515	490-540

Свойства почвы	Фактические		Оптимальные	
	М	интервалы	М	интервалы
А+В	483	429-537	551	490-540
pH	6,90	6,57-7,23	7,2	7,1-7,3
Сумма обменных оснований, мг-экв/100 г почвы	41,1	-	42,1	40,9-43,4
Подвижный фосфор, мг/кг	20,4	16,1-24,7	21,1	20,0-22
Обменный калий, мг/кг	303	263-343	300	289-311
Нитрификационная способность, мг/кг	32	-	40,8	38,7-43,0
Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	1,05	0,97-1,13	1,05	1,06-1,06
Удельная масса, г/см <sup>3</sup>	2,56	2,51-2,61	2,56	2,51-2,61
Общая пористость, %	59	58-60	58,8	58,2-59,7
Содержание физической глины, %	61	52-70	55,6	54,6-56,7
Содержание ила, %	27	19-35	25	24-25
Влажность завядания, %	11,6	-	11,0	10,9-11,1
Содержание водопрочных агрегатов, %	80	-	82	80-84
Содержание легкорастворимых солей, %	0,055	-	0,065	0,064-0,066
<b>Черноземы обыкновенные</b>				
Содержание гумуса в горизонте А, %	4,76	4,18-5,34	5,00	4,76-5,25
Запасы гумуса, т/га в слое: 0-20 см	109	94-124	115	109-120
0-30 см	160	140-180	168	160-176
0-50 см	246	258-275	258	246-271
0-100 см	390	342-438	410	390-430
А+В	405	341-460	426	405-447
pH	7,99	7,77-8,21	7,4	7,3-7,5
Сумма обменных оснований, мг-экв/100 г почвы	35,4	-	36,8	35,8-37,8
Подвижный фосфор, мг/кг	16,5	13,2-19,2	22,7	21,5-23,9
Обменный калий, мг/кг	302	267-336	346	334-358
Нитрификационная способность, мг/кг	33,9	-	39,1	37,0-41,2
Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	1,21	1,14-1,28	1,13	1,13-1,14
Удельная масса, г/см <sup>3</sup>	2,60	2,56-2,64	2,60	2,56-2,64
Общая пористость, %	54	53-55	56,3	55,8-56,8
Содержание физической глины, %	52	44-60	51,1	50,3-52,0
Содержание ила, %	28	21-35	27,5	27,1-28,0
Влажность завядания, %	11,6	-	10,6	10,6-10,7
Содержание водопрочных агрегатов, %	75	-	73	72-75

Свойства почвы	Фактические		Оптимальные	
	М	интервалы	М	интервалы
Содержание легкорастворимых солей, %	0,065	-	0,076	0,073-0,080
<b>Слитые темноцветные почвы</b>				
Содержание гумуса в горизонте А, %	5,51	4,72-6,30	5,66	5,40-5,93
Запасы гумуса, т/га в слое: 0-20 см	126	107-145	130	124-136
0-30 см	187	159-215	192	183-201
0-50 см	287	246-328	295	282-309
0-100 см	418	348-488	430	390-430
А+В	405	341-460	426	410-450
рН	7,28	6,63-7,93	7,3	7,2-7,4
Сумма обменных оснований, мг-экв/100 г почвы	41,3	-	37,8	36,7-38,8
Подвижный фосфор, мг/кг	19,5	16,1-22,1	23,5	22,4-24,7
Обменный калий, мг/кг	369	322-416	353	341-366
Нитрификационная способность, мг/кг	34	-	40,7	38,6-42,8
Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	1,21	1,21-1,30	1,12	1,11-1,13
Удельная масса, г/см <sup>3</sup>	2,59	2,55-2,63	2,59	2,54-2,64
Общая пористость, %	53	52-54	56,8	56,3-57,2
Содержание физической глины, %	75	70-80	52,0	51,1-52,9
Содержание ила, %	47	40-54	32,6	32,0-33,2
Влажность завядания, %	14,5	-	10,7	10,6-10,8
Содержание водопрочных агрегатов, %	40	-	75	73-77
Содержание легкорастворимых солей, %	0,067	-	0,073	0,070-0,0
<b>Черноземы южные</b>				
Содержание гумуса в горизонте А, %	3,49	3,22-3,76	3,81	3,63-4,0
Запасы гумуса, т/га в слое: 0-20 см	81	73-89	89	84-93
0-30 см	119	108-130	130	124-136
0-50 см	182	166-198	199	189-209
0-100 см	279	257-301	305	290-320
А+В	273	247-299	298	284-313
рН	7,90	7,69-8,11	7,7	7,6-7,8
Сумма обменных оснований, мг-экв/100 г почвы	34,2	-	31,3	30,6-32,1
Подвижный фосфор, мг/кг	15,4	13,0-17,8	22,8	21,6-24,0
Обменный калий, мг/кг	350	294-406	387	374-400
Нитрификационная способность, мг/кг	33	-	39,5	36,2-40,8

Свойства почвы	Фактические		Оптимальные	
	М	интервалы	М	интервалы
Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	1,25	1,18-1,32	1,21	1,20-1,23
Удельная масса, г/см <sup>3</sup>	2,62	2,57-2,67	2,62	2,56-2,67
Общая пористость, %	52	51-53	53,6	53,2-54,0
Содержание физической глины, %	48	41-55	46,6	46,0-47,3
Содержание ила, %	20	17-23	19,5	19,2-19,7
Влажность завядания, %	10,3	-	9,0	10,3-10,4
Содержание водопрочных агрегатов, %	68	-	64	63-65
Содержание легкорастворимых солей, %	0,070	-	0,078	0,075-0,082

По сравнению с естественными биоценозами на полях Центрального Предкавказья из-за большого превышения отчуждаемой части биомассы над оставляемой фактически происходит разрыв малого биологического круговорота веществ, при котором элементы питания растений, содержащиеся в отчуждаемой биомассе, безвозвратно выносятся из почвы. Это нарушает цикличность динамики гумусного состояния и биогеохимии почвообразования.

Такое соотношение между отчужденной и оставленной частями биомассы озимой пшеницы привело к тому, что под воздействием этой культуры за период с 1971 по 1988 г. в крае сформировался отрицательный баланс гумуса с дефицитом 266,7 тыс. т. Соответственно, в зонах с первой по пятую его величина составляет 308,3, 387,7, 324,7, 111,3 и 6,7 тыс. т. Для улучшения состояния плодородия почв предлагается в соответствии со специализацией и экономическими возможностями зон края уменьшить отчуждение биомассы озимой пшеницы. Расчеты показывают, что оставление на полях Ставрополя соломы в первой зоне 33%, 50 - во второй и около 95 - в остальных, привело бы к положительному балансу гумуса - по краю дополнительно было бы получено 9284,2 тыс. т гумуса и существенно уменьшило бы потребность в органических и минеральных удобрениях.

Экономия азотных, фосфорных и калийных удобрений составила бы 286,5; 127,4 и 605,6 тыс. т соответственно. Нами с соавторами (1997) показано, что насыщение севооборота 120 NPK (при N : P : K = 1 : 1,3 : 04) + 5 т/га навоза

в течение 1976-1991 гг. стабильно возмещает вынос азота на 53-59%, фосфора - на 154-157%, калия - на 36-38% (общий баланс), значительно стабилизирует содержание гумуса и обеспечивает наивысшую продуктивность культур восьмипольного севооборота (занятой пар, озимая пшеница, озимая пшеница, кукуруза на силос, озимая пшеница, горох, озимая пшеница, подсолнечник) на выщелоченном тяжелосуглинистом черноземе Ставропольской возвышенности.

Таблица 7

Динамика содержания гумуса по турам агрохимического обследования почв Ставропольского края, %

Районы	Тур обследования*					
	I	II	III	IV	V	VI
<b>I зона</b>						
1. Апанасенковский	2,17	2,16	2,10	2,10	1,70	-
2. Арзгирский	2,09	2,09	1,80	1,80	1,80	1,80
3. Левокумский	1,75	1,74	1,70	1,40	1,40	-
4. Нефтекумский	1,53	1,49	1,60	1,60	1,70	-
5. Туркменский	2,18	2,05	2,20	2,20	2,10	2,20
<b>II зона</b>						
6. Александровский	4,14	3,98	3,80	3,80	3,40	-
7. Благодарненский	2,64	2,54	2,30	2,40	2,30	-
8. Буденновский	2,25	2,09	1,80	2,00	2,00	-
9. Ипатовский	2,60	2,54	2,60	2,50	2,50	2,00
10. Курский	2,26	2,26	2,10	2,10	2,10	-
11. Новоселицкий	2,60	2,50	2,30	2,60	2,60	-
12. Петровский	3,49	3,45	3,30	3,30	3,20	2,70
13. Советский	2,78	2,78	2,50	2,50	2,60	-
14. Степновский	2,41	2,44	2,10	2,00	2,10	-
<b>III зона</b>						
15. Изобильненский	5,06	4,80	5,00	4,40	4,40	4,20
16. Грачевский	3,43	3,30	3,30	3,00	3,00	2,80
17. Кочубеевский	4,24	4,17	4,00	3,20	3,20	3,20
18. Красногвардейский	5,08	5,05	5,10	5,00	4,20	-
19. Андроповский	3,12	2,99	3,00	2,80	2,80	-
20. Новоалександровский	4,20	4,03	4,00	3,70	3,80	3,70
21. Труновский	3,34	3,30	3,20	3,00	3,00	-
22. Шпаковский	5,69	5,42	5,10	4,50	4,50	-
<b>IV зона</b>						
23. Георгиевский	3,80	3,72	3,40	3,20	3,50	-
24. Минераловодский	4,68	4,57	4,60	4,60	4,60	4,20
25. Кировский	4,71	4,69	3,60	3,60	3,50	-
26. Предгорный	6,33	6,27	6,00	6,00	5,50	-
<b>Среднее по краю</b>	3,41	3,32	3,17	3,10	3,00	3,00

*Примечание:* \*Годы проведения туров обследования: I – 1964-1968, II – 1968-1976, III – 1976-1983, IV – 1983-1988, V – 1988-1993, VI – 1993-1996.

При этом насыщение севооборота  $N_{21}P_{36}K_3 + 2,5$  т/га навоза, как и  $N_{69}P_{83}K_{29} + 7,5$  т/га навоза в течение трех ротаций не привело к существенному изменению основных агрохимических показателей плодородия почвы по сравнению с исходными.

Динамика содержания гумуса в почвах Ставропольского края свидетельствует о том, что за период с 1963-1968 г. по 1988-1993 и 1993-1996 гг. его среднее содержание неуклонно снижалось с 3,41% - в I туре обследования до 3,00% - в 5 туре. Данные VI-го тура показывают, что в 9 из 24 исследованных районов (Ипатовский, Петровский, Андроповский, Грачевский, Минераловодский, Новоалександровский) произошло резкое снижение содержания гумуса (табл. 7, 8).

Значительную часть территории Ставропольского края занимают почвы с низким и очень низким содержанием гумуса (рис 1).

В Арзгирском и Изобильненском районах его содержание оставалось на прежнем уровне, а в Туркменском несколько возросло.

Это может быть связано с существенным снижением в период с 1988 по 1996 гг. применения минеральных и органических удобрений. Доза минеральных удобрений, внесенная под урожай 1995 года, в среднем по краю составила 12 кг/га, а органических – 0,7 т/га. Доля удобренной минеральными удобрениями посевной площади в большинстве районов колебалась от 10 до 30%.

Доля удобренной органическими удобрениями посевной площади в большинстве районов не превысила 2% и только в Ипатовском и Советском районах превысила 3% при этом, средняя доза не превысила 1,5 т/га.

В 1987 году средняя доза внесения минеральных удобрений составила 95 кг/га, а органических - 3 т/га.

Таблица 8

Содержание гумуса в почвах пашни Ставропольского края  
(по состоянию на 1.01. 1996 г.), %

Наименование районов	Опт*	Факт.	Степень обеспеченности
Апанасенковский	3,55	2,00	низкая
Арзгирский	2,82	1,70	очень низкая
Левокумский	2,82	1,56	очень низкая
Нефтекумский	2,82	1,44	очень низкая
Туркменский	3,55	2,30	низкая
Александровский	3,81	3,50	средняя
Благодарненский	2,82	2,30	низкая
Буденовский	2,82	1,97	низкая
Ипатовский	3,81	2,80	низкая
Курский	3,55	2,19	низкая
Новоселицкий	3,55	2,47	низкая
Петровский	3,55	3,00	низкая
Советский	3,55	2,60	низкая
Степновский	2,82	2,10	низкая
Изобильненский	4,0	3,6	средняя
Грачевский	3,3	3,3	средняя
Кочубеевский	5,1	4,2	повышенная
Красногвардейский	3,3	3,0	низкая
Андроповский	6,5	4,5	повышенная
Новоалександровский	4,2	3,8	средняя
Труновский	3,7	3,2	средняя
Шпаковский	5,0	4,4	повышенная
Георгиевский	2,9	3,4	средняя
Минераловодский	5,2	4,9	повышенная
Кировский	3,6	3,6	средняя
Предгорный	6,0	5,5	высокая

Примечание: Опт\* - оптимальный показатель по основному типу почв.

### 3.2. Азот и его соединения в почвах

Роль азота заключается, прежде всего, в том, что этот элемент в наибольшей степени определяет запасы растительной и животной пищи на земле. Ведущая роль проблемы азота обусловлена наибольшим его выносом урожаями культур, слабым последствием азотных удобрений, низким коэффициентом их использования растениями и их высокой стоимостью.



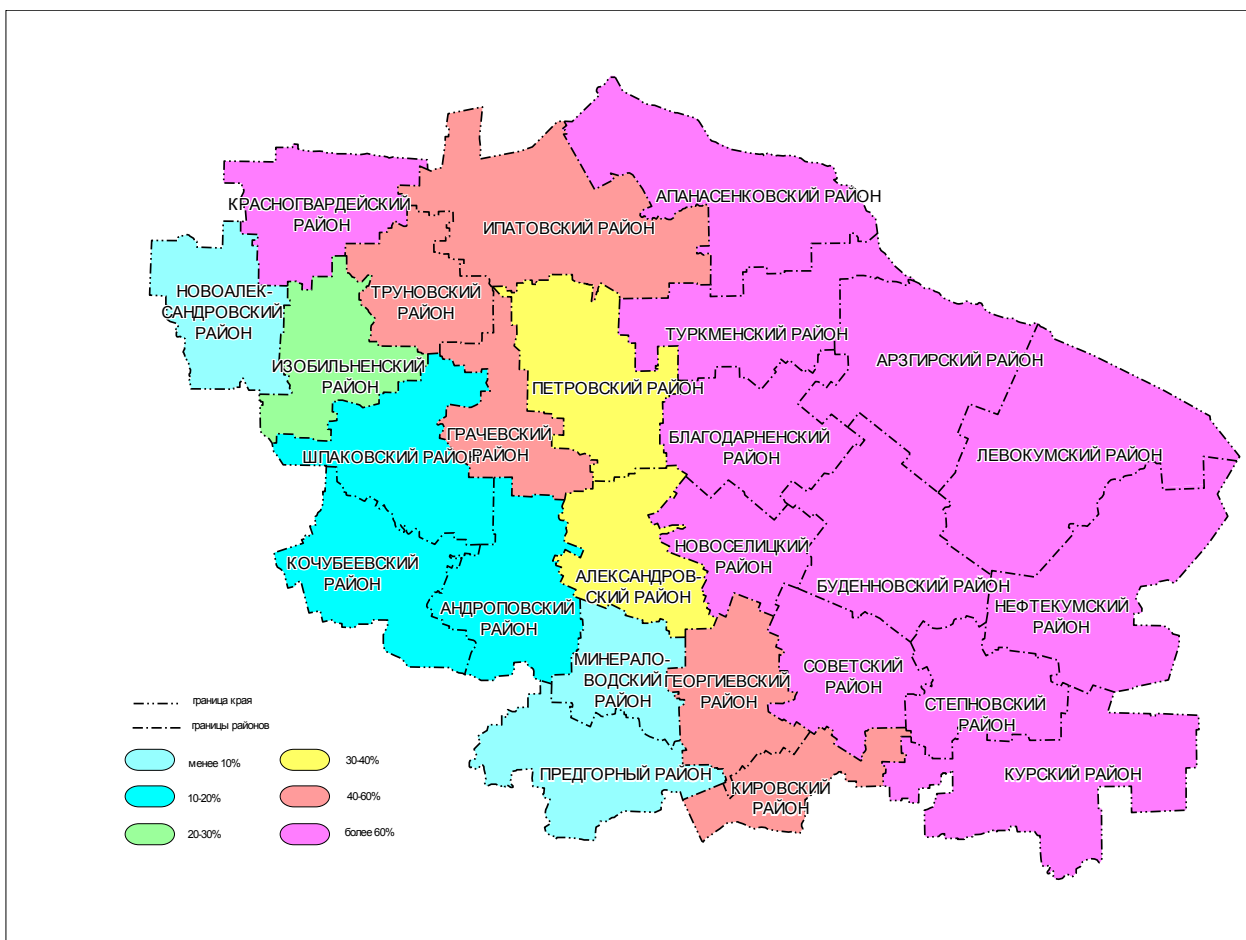


Рисунок 1. Доля сельскохозяйственных угодий с низким и очень низким содержанием гумуса.

Острота проблемы азота в плодородии почв и питания растений также связана с тем, что основная часть почвенного азота (70-90%) входит в состав гумуса, а доступные растениям соли азотной кислоты и аммония хорошо растворимы и легко вымываются или улетучиваются, переходя в газообразные формы. Количество минерального азота усвояемого растениями в почве, как правило, не превышает 1-3 % от его общих запасов.

Специфическая роль азота в биохимических процессах в почве обусловлена большим числом и диапазоном его валентностей. При переходе из восстановленной ( $\text{NH}_3$ ) в предельно окисленную ( $\text{NO}_3^-$ ) форму его валентность изменяется от -3 до +5. Переводя азот из одной формы в другую, организмы получают энергию для своей жизнедеятельности. Протекающие при этом многочисленные реакции (аммонификация, нитрификация, денитрификация) идут с выделением энергии. Лишь фиксация азота (образование аммиака из молекулярного азота азотфиксирующими организмами), выполняемая в две стадии, идет с

затратой энергии. В ходе данных реакций, а также в процессе разложения и синтеза гумусовых веществ, в почве образуются различные формы минерального и органического азота. В почве трансформация азота определяется в основном процессами синтеза и разложения органического вещества и уровнем микробиологической и энзиматической активности почвы.

Вопросы о природе, запасах и формах почвенного азота достаточно подробно рассмотрены в целом ряде крупных работ.

Валовое содержание азота в почвах тесно коррелирует с запасом гумуса т. к. основная его часть входит в состав специфических гумусовых веществ. Преобладающими в органическом веществе почв являются соединения азота гуминов. В составе неспецифических соединений (аминокислоты, аминсахара, битумы и т. д.) находится от 10 до 30% азота почвы. Наиболее подвижные соединения азота составляют в каштановых почвах и черноземах 4-5%

Органическое вещество почвы подразделяется на активную и пассивную фазы (Janesson, 1963). Активная фаза включает растительные остатки, отмершую микробную биомассу и их метаболиты, не успевшие еще пройти стадию гумификации. Данные, полученные с использованием  $N^{15}$  (Кудеяров, 1989) свидетельствуют, о прямой связи между запасами азота в активной фазе, накоплением минерального азота в почве и его усвоением растениями. Активная фаза азота учитывается при определении потенциально минерализуемых соединений и азот минерализующей способности почв. Эти показатели характеризуют потенциальные запасы усвояемого азота в почве в органической форме.

Содержание потенциально минерализуемых соединений азота в почвах зависит не только от количества гумуса и азота, но и от условий их происхождения и функционирования (степень гумификации органического вещества, различия в биологической активности, биоклиматические условия). Этот показатель еще не характеризует уровень азотного питания растений в почвенных условиях. В агрохимическом смысле наибольший интерес представляет оценка чистой минерализации, поскольку для построения рациональной системы

удобрения требуется определение величины доступного для растений азота. Для приближения к этому, необходимо знать с какой скоростью запасы потенциально минерализуемого органического азота могут минерализоваться в тех или иных условиях. В этом отношении информативен кинетический параметр - константа скорости минерализации органических соединений азота за определенный промежуток времени. Величина константы скорости зависит от состояния и активности микробоценоза, ферментативного пула почвы, состава и количества подвижного органического вещества. В результате даже почвы с достаточно большим количеством потенциально минерализуемого азота могут иметь низкую скорость их минерализации, а, следовательно, низкую обеспеченность доступными формами азота и наоборот. Необходимо знать азотминерализующую способность почвы.

Азотминерализующая способность оподзоленных и южных черноземов - низкая, типичных, карбонатных и обыкновенных черноземов - средняя, темно-серых лесных почв и выщелоченных черноземов - высокая.

Результирующим этих показателей является сумма реально минерализуемого азота за вегетационный период. Этот признак отражает конкретный уровень плодородия почв.

Показатели азотного состояния необходимы не только для оценки пищевых различий почв, они должны отражать изменения уровня азотного режима при различных условиях их использования (эрозия, химизация, технологические нарушения, загрязнение отходами промышленности и т.д.). С экологической точки зрения, важное значение имеет оценка миграции азота, отражающая роль почвы как агрогеохимического барьера. Для оценки степени выраженности миграционной способности нитратов В. Н. Башкин (1987) предлагает использование фактора интенсивности относительной скорости миграции нитратного азота по профилю почв и фактора экстенсивности, или глубины промывания нитратов. Физический смысл первого заключается в определении изменения содержания нитратов в почвах в зависимости от глубины профиля. Физический смысл второго - определение глубины по профилю, на которой содержа-

ние нитратов в почве будет равно нулю.

Причинно-следственные связи между потоками веществ, а их бесчисленное множество, многообразны, разнообразно взаимодействуют или противодействуют между собой и, как правило, разнонаправленны. Например, судить об эффективности осадков в связи нитратным режимом почвы возможно только на основании объективных сведений о глубинной миграции воды и  $\text{NO}_3^-$ , а также при наличии данных по последствию удобрений в севообороте.

Исходя из этого посыла, существующие представления в условиях Юга России о выщелачивании из типичных, слабовыщелоченных и каштановых почв различных ионов почвенного раствора сформировались преимущественно на основе лизиметрических исследований (В. В. Агеев, 1982, 1983, 1984, 1987, 1989, 1991; Ю. А. Раков 1982, 1990, 1992).

Встречаются также сведения о нисходящей миграции  $\text{NO}_3^-$  в профиле карбонатного чернозёма, полученные в зоне недостаточного увлажнения Молдавии. В силу высокой нитрифицирующей способности почвы даже при недостаточном увлажнении, обнаруживаются высокие запасы  $\text{NO}_3^-$  в 300-370 см толще профиля. В полусасушливых условиях Канады в черном пару нитраты мигрируют на глубину до 8 м.

В большинстве работ, посвященных обсуждаемой проблеме, сообщается лишь о размерах и глубине проникновения  $\text{NO}_3^-$  в почву и, как правило, рассуждения не сопряжены с миграцией воды. Возможна ли миграция  $\text{NO}_3^-$  на глубину до 8 м без миграции воды, если речь идёт о полусасушливых условиях. Что касается дальнейшей трансформации мигрировавшего азота в восходящем потоке почвенного раствора, доступности его растениям, можно с небольшой долей риска сказать, что она не изучена.

Следовательно, эти данные лишь свидетельствуют о нисходящей миграции почвенного раствора и содержащихся в нём солей и не дают возможности судить о дальнейшем поведении почвенной влаги и вымывшегося  $\text{NO}_3^-$ .

Изымается ли он из биологического круговорота? На этот вопрос даст ответ информация, полученная в связи с изучением последствия удобрений в

севообороте, через продуктивность сельскохозяйственных культур в нём.

Таким образом, объективную информацию о миграции в почве и возможных потерях, если таковые есть, обеспечивают систематические наблюдения за нисходящей и восходящей миграцией воды, нитратов и биологической миграцией, выраженной через прибавки урожайности в связи с последствием удобрений в стационарных севооборотах, развёрнутых в пространстве и времени.

Под влиянием нисходящей и восходящей миграции воды и нитратов возможно глубокопочвенное формирование нитратного максимума в слое 40-150 см. Существенное влияние на распределение продуктивной влаги и нитратов оказывает севооборот и способ использования пашни в нём (с межкультурными периодами или без них, орошаемый или неорошаемый), уровень и сбалансированность азотных удобрений в нём, коэффициенты использования азота из удобрений в продуктивном процессе, способность корневых систем сельскохозяйственных культур усваивать воду и содержащиеся в ней нитраты из глубоких горизонтов почвы.

Учитывая то, что часть данных полученных в полевых и лабораторных исследованиях опубликована нами ранее, акцентируем внимание на миграции воды и  $N-NO_3^-$  в 1,5 метровом слое с 1991 года, т.е. последнего года второй ротации 8-польного севооборота, развёрнутого в пространстве и времени с 1976 года. В.В Агеев (1984) утверждает, что в условиях Юга России восходяще-нисходящая миграция воды и  $NO_3^-$  наблюдается в межкультурные периоды, когда на полях отсутствует растительный покров (основные, озимые промежуточные, поукосные, пожнивные посевы и их сочетания в севообороте). Этого же мнения в Центральной России, применительно к различным почвенно-климатическим условиям, придерживаются М. А. Бобрицкая (1975), А. С. Тулин с сотрудниками (1977), В. И. Никитишен с сотрудниками (1999) и другие.

По завершении второй ротации севооборота на всех вариантах опыта после уборки озимой пшеницы в первом поле были выполнены полнопрофильные разрезы на варианте с отвальной обработкой почвы. Отобраны почвенные об-

разцы для аналитических исследований. Разрезы подробно описаны нами в соответствующих работах, опубликованных в центральных и региональных издательствах.

Последний год второй ротации севооборота (1990/91) оказался весьма засушливым для Ставропольской возвышенности (табл. 9).

Таблица 9

**Атмосферные осадки, определяющие режим увлажнения почвы и влагообеспеченность растений (по данным метеостанции г. Ставрополя), мм**

Год	Месяцы												Осадков		
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I-X	XI-III	за год
1990/91	57,3	43,5	37,3	40,2	44,6	9,6	20,0	86,5	68,4	33,0	53,0	45,7	387,4	151,7	539,1
1991/92	64,0	55,0	13,7	0	118	162	81	100,6	74,0	170	90,5	13,0	594,3	475,3	1069
1992/93	114,0	74,0	47,0	0	103	81	43	65,5	75,5	80,7	27,9	109	545	274	819
1993/94	29,7	14,7	9,3	31,3	33,5	14,8	47,0	44,6	70,3	77,8	10,6	47,2	294,9	135,9	430,8
1994/95	37,0	28,0	65,6	26,3	29	18	42,9	106,7	33	75,4	9,7	28,5	318	181	498
1995/96	55,0	121	68	33	20	48,4	15	20	22,1	91	41	31	381	184	565
1996/97	36,2	35,3	12,7	27,2	17,2	25,0	17,8	42,5	28,2	24,6	132,1	42,6	481,4	163,9	645,3
1997/98	40,9	60,1	28,3	19,1	23,9	47,2	64,2	47,5	77,6	56,9	58,9	4,2	292,1	182,7	474,8
Среднее многолетнее	54	43	46	41	32	27	34	53	70	90	80	53	443	180	623,0

Осадков выпало за холодный период 28,1%, за тёплый - 71,9% или только 86,5% от средней многолетней нормы. Если исключить все виды миграции почвенного раствора с содержащимися в нём нитратами, за исключением нисходящей, можно предположить промачивание 1,5 метрового слоя почвы, чего в силу временной растянутости и характера выпадения осадков вряд ли можно ожидать.

Полной противоположностью 1990/91 г оказался первый год третьей ротации севооборота. Наблюдаемое поле согласно севообороту занимал подсолнечник. Следовательно, мы имеем дело с длительным межкультурным периодом между уборкой предшественника и уборкой подсолнечника. В сумме за 1991/92 г. выпало 1069 мм атмосферных осадков или в 1,72 раза больше по сравнению со средней многолетней нормой. На долю холодного периода пришлось 44,4%, тёплого – 55,6% атмосферных осадков, что явилось поводом задуматься о ми-

грации воды и растворённых в ней веществ в глубокие горизонты чернозёма выщелоченного.

На второй год третьей ротации севооборота первое поле занимал занятой пар (горохо-овсяная смесь на зелёный корм), что естественно предопределило продолжительный межкультурный период в виде зяби. В 1992/93 г выпало 819 мм атмосферных осадков в том числе 33,5% в холодный период и 66,5% в тёплый, или осадки года превысили среднюю многолетнюю норму в 1,3 раза. При ранней уборке горохо-овсяной смеси, обильных осадках предшествующего вегетации холодного периода и не менее обильных после уборки, когда за VI-VIII 1993 г. выпало 217,6 мм атмосферной влаги уже не вызывало сомнений – наблюдается миграция воды и растворённых в ней веществ как по вертикали вверх-вниз, так и внутрипочвенный и поверхностный сток, особенно в холодное время года и в тёплый отрезок, когда на поле отсутствовала растительность.

С 1993/94 по 1997/98 сельскохозяйственный год включительно изучалось последствие систем удобрений на урожайность культур севооборота, сопровождаемое наблюдениями за миграцией продуктивной влаги и питательных веществ в 1,5 м профиле выщелоченного чернозёма.

Последствие систем удобрений по сравнению с контролем, за исключением 1996/97 сельскохозяйственного года, по нашей оценке совпало с засушливыми годами и неравномерным распределением осадков по основным фазам вегетации растений в севообороте (табл. 9).

Так, в 1993/94 г сумма осадков от средней многолетней нормы составила 69,1%, за тёплый период – 68,5%, за холодный – 31,5% от выпавших, соответственно в последующие годы: 1994/95 г – 78,9, 68,3 и 36,2%; 1995/96 г. – 90,7, 63,4 и 36,6; 1997/98 г. – 76,2, 61,5 и 38,5. В 1996/97 сельскохозяйственном году атмосферных осадков выпало в пределах средней многолетней нормы (+3,5%), но на долю тёплого периода пришлось на 8,7% выше средних значений, следовательно, на столько же уменьшилась доля холодного периода. Таковы объективные условия атмосферного увлажнения, сопутствовавшие нашим исследованиям в области изучения теоретических и технологических основ биогеохи-

мических основ потоков веществ в агроландшафтах.

Негативные изменения в содержании органического вещества и его миграция по профилю почвы существенно влияет на потоки воды (табл. 10). Расчёты показывают, что из осадков, выпавших от уборки предшественника до посева кукурузы, поверхностный сток на контроле составил 342,7 мм, а на систематически удобряемом варианте 379,3 мм. Внутрипочвенная миграция соответственно составила 74,4 и 37,8 мм или 17,8 и 9,1% от выпавших осадков в летне-осенне-зимне-весенние месяцы. На навозно-минеральном фоне выпавшие в межкультурный период осадки (417,1 мм), как сквозь сито проходят 10 см слой и активно мигрируют в глубокие слои почвы по сравнению с контролем (рис. 2). Так, к посеву кукурузы на контроле продуктивной влаги в 0-40 см слое содержалось 17,4 мм, что едва достаточно для получения всходов, а на удобренном варианте в обсуждаемом слое влаги было еще меньше (14,8 мм) с полным отсутствием продуктивной влаги в 10-20 см слое почвы. Как и следовало ожидать, всходы получились растянутыми и изреженными, что вызывало необходимость пересева кукурузы (28.05.96 г.). Отсюда, в течении летне-осенне-зимне-весеннего периода, только пашня с проективным покрытием (растения, пожнивные остатки, мульча и т. п.) способствует внутрипочвенному стоку выпадающих осадков без заметных потерь. Потери воды за счёт поверхностного стока на открытой зяби достигают 67,4-83,4% от суммы выпавших осадков.

От посева до пересева кукурузы выпало 28,8 мм атмосферных осадков, что в сочетании с очень низкой относительной влажностью воздуха привело к полной приостановке роста растений и послужило первопричиной пересева. Тем не менее, за счёт внутрипочвенного перераспределения отмечена миграция продуктивной влаги в 0-60 см слой почвы. На контроле наблюдается очень активная восходящая миграция воды из 60-150 см слоя в верхние горизонты почвы.



Таблица 10

**Миграция продуктивной влаги (мм) в профиле выщелоченного чернозёма Ставропольской возвышенности (отвальная обработка почвы, поле 1)**

Глубина отбора образцов, см	Уборка озимой пшеницы 14.07.95	Посев кукурузы 29.04.96	9-10 ли- стьев куку- рузы 15.07.96	Убор- ка ку- куру- зы 30.07.96	Посев ози- мой пше- ницы 19.09.96	Весен сен- нее куще- ние пше- ницы 17.04.97	Ко- лоше- ние пше- ницы 04.06.97	Уборка озимой пше- ницы 17.07.97	Посев гороха 18.04.98	Цвете- ние гороха 10.06.98	Уборка гороха 12.07.98
<i>Контроль без удобрений</i>											
0-10	7,5	6,5	30,9	7,7	6,4	5,2	1,5	5,3	15,5	25,7	16,8
10-20	1,1	9,1	6,4	8,2	6,1	16	14,8	5,1	15,4	24,9	17
20-40	6	1,8	23,8	21,6	13	41	6,6	11,1	27,1	26,6	16,5
40-60	7,8	10,4	3,2	19,2	9,4	37,4	33,7	10,4	21,6	27,1	16,9
60-80	4,4	23	17,5	15,1	5,4	41,8	22,1	46,2	16,7	28,9	19
80-100	6,4	51,4	39,2	27	21,1	71,3	38,7	13,2	26,7	34	19,8
100-125	20,4	10,2	23,6	37	27	79	44	18	20,3	35,6	26,6
125-150	10,6	26,2	30,8	35,4	25,4	75,5	45,1	19,5	15	36	22,1
Внесено N <sub>1246</sub> P <sub>1496</sub> K <sub>504</sub> + 135 т/га навоза за 18 лет											
0-10	отсут.	1,7	отсут.	5,7	4,4	17	5,7	14,8	10	26,3	17,4
10-20	3,4	отсут.	отсут.	6,9	5,4	18	12,7	6,5	11,5	25,7	16,6
20-40	16,4	13,1	отсут.	15,5	6,1	42,1	29,7	10,1	16	25,5	16,1
40-60	10,7	33,2	отсут.	30	20,1	33,3	9,6	7,7	29,2	26,5	16,7
60-80	24,5	30,3	24,6	39,4	29,7	51,3	8,7	1,1	26,4	29,4	18,5
80-100	22,3	32,9	16,8	25,9	10,8	43,7	7,8	4,6	23,4	32	20,2
100-125	15,3	26,8	30	33,1	14,2	45,2	23,5	17,8	13,2	24,7	17,2
125-150	32	19,9	26,5	33	23,5	55	21,2	16	13,5	22,1	21,7

Подтверждением восходящей миграции по почвенному профилю может служить то, что при 28,8 мм атмосферных осадков, в 1,5 м слое почвы по сравнению с предыдущим сроком определения, содержание продуктивной влаги увеличилось на 38,8 мм, или 10 мм поступили из более глубоких горизонтов профиля (табл. 10, рис. 2).

Последствие органо-минерального фона на обсуждаемый период миграции воды адекватно контролю, только с более выраженным восходящим потоком и иссушением 0-20 слоя почвы. Миграция воды наблюдается из 40-150 см слоя в верхние горизонты. Следует подчеркнуть, что содержание влаги на 29.05.96 в 1,0 и 1,5 м слое почвы оказалось на обсуждаемых вариантах равным, так как полностью исключён биологический поток воды из-за неспособности растений кукурузы поглощать её.

Таким образом, на контрольном варианте наблюдается увлажнение верх-

них слоёв почвы, а в варианте с последствием в 0-60 см отмечено полное отсутствие продуктивной влаги, т. е. эвапотранспирация значительно превышает приход воды с атмосферными осадками. Запасы продуктивной влаги, независимо от варианта опыта, в 60-150 см слое были примерно равные (табл.10, рис. 2).

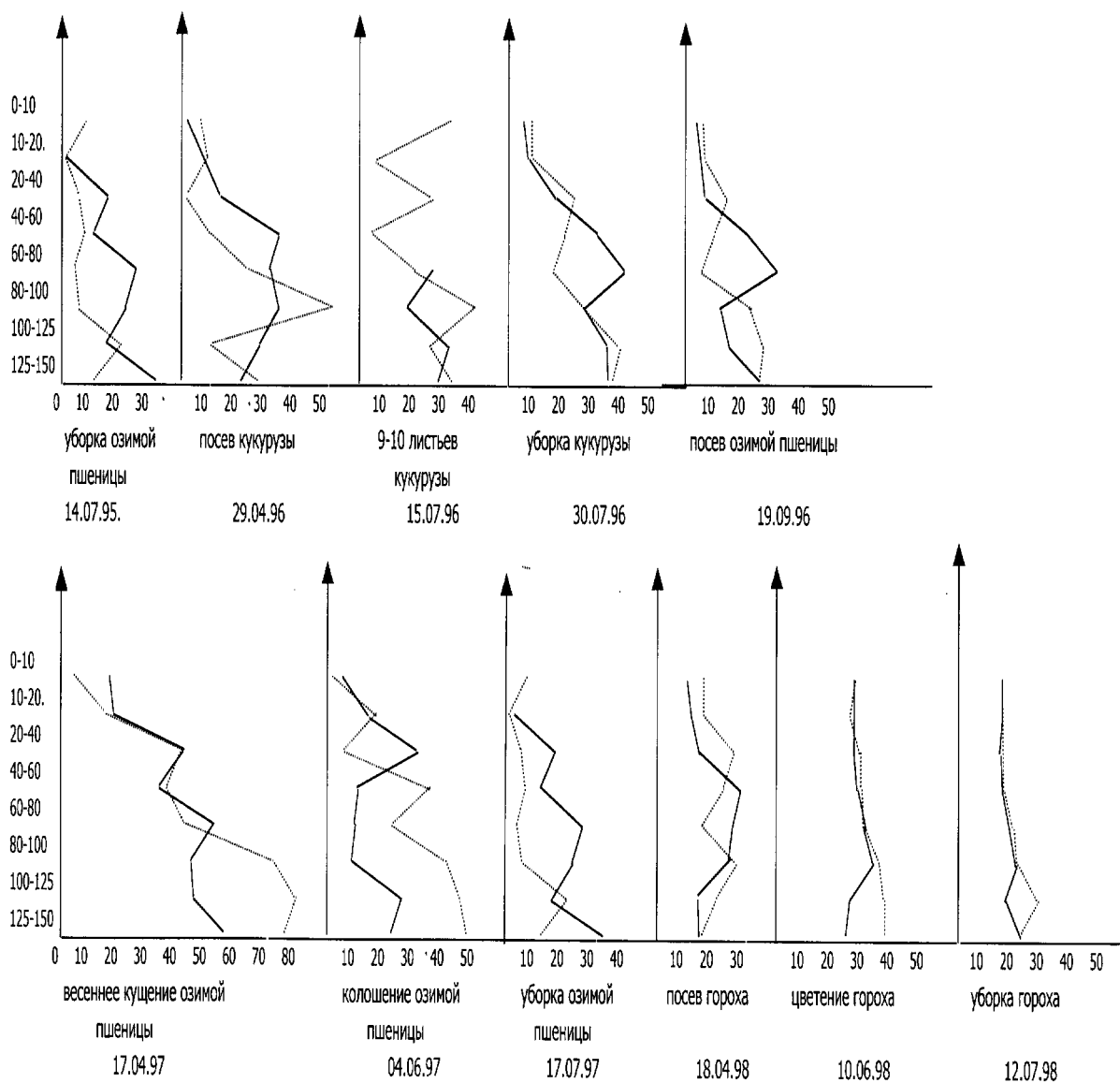


Рисунок 2. Миграция продуктивной влаги в профиле выщелоченного чернозёма (поле 1):

.....контроль ————— N<sub>1246</sub>P<sub>1496</sub>K<sub>504</sub> + 135 т/га навоза

Метровый слой почвы подпитывается одновременно за счёт атмосферных осадков и восходящего потока воды из первой половины второго метрового слоя почвы с активным участием корневой системы кукурузы вместе опреде-

ляющих эвапотранспирацию. Об этом свидетельствует то, что поверхностный сток на контроле был ниже на 36,6 мм, а в 1,5 м слое удобренной почвы продуктивной влаги было на 18,3 мм больше. Особо следует отметить восходящую миграцию в 0-40 см слое почвы в период открытой зяби на варианте с длительным и систематическим применением удобрений.

От пересева до 8-10 листьев у кукурузы выпало 91,7 мм атмосферных осадков, что следующим образом сказалось на содержании продуктивной влаги в почве: на контроле в 1 м слое почвы уменьшилось на 21,8 мм; за счёт нисходящей миграции в 100-150 см слой мигрировало 40,7 мм воды. В целом эвапотранспирация на контроле составила 113,5 мм при активном восходящем токе воды, что не уравнивается приходом влаги с осадками.

Последствие системы удобрения способствовало активной миграции воды в двух направлениях: из 80-100 мм слоя вверх и вниз. В слое 0-60 см в фазу уборки отсутствует продуктивная влага (табл. 10, рис. 2). Если на контроле, не считая атмосферных осадков, из 1 м слоя неудобряемой пашни расход воды составил 21,8 мм, то с органо-минерального фона (последствие) в 5,74 раза больше, что соответственно сказалось на миграции  $\text{NO}_3^-$  и уровне урожая зелёной массы кукурузы. На этом варианте эвапотранспирация достигла 216,9 мм, или оказалась в 1,91 раза выше по сравнению с контролем.

Несмотря на отмеченные коллизии, к уборке кукурузы запасы продуктивной влаги в 0-150 см профиле выщелоченного чернозёма, независимо от предшествующей удобренности поля, оказались практически равными (171-189 мм). В 0-100 см слое почвы концентрируется 58-65% влаги от содержания её в 1,5 м профиле почвы. Причём на варианте с последствием системы удобрений максимум, в отличие от контроля, продуктивной влаги приходится на 40-100 см слой почвы. В 100-150 см слое сложилась несущественная (6,3 мм) разница в пользу контрольного варианта (табл. 10, рис. 2).

От уборки кукурузы до посева озимой пшеницы наблюдаются значительные потери влаги за счёт физического испарения: на контрольном варианте из 1,5 м профиля почвы испарилось 57,4 мм и 75,2 мм на варианте по изучению

последствия систем удобрения. Нисходящей миграции не зафиксировано. Поверхностный сток составил 57,7 мм влаги.

Таким образом, между уборкой предшественника и посевом озимой пшеницы за счёт физической миграции (испарение) и отчасти поверхностного стока с необработанной пашни потеряно 115-132,9 мм из осадков и запасов продуктивной почвенной влаги. Следовательно, оставлять поле летом без растительного покрова с целью накопления влаги противостоит естественности, а сохранившиеся в посевном слое запасы продуктивной влаги не в состоянии обеспечить даже удовлетворительные всходы озимой пшеницы.

В осенне-зимний период вегетации озимой пшеницы выпало 180,3 мм атмосферных осадков, что обеспечило значительную нисходящую миграцию, охватившую всю толщу 1,5 м слоя почвы. Содержание продуктивной влаги в 0-100 см слое почвы за счёт нисходящей миграции увеличилось в 1,7-2,2 раза. Из них 62,2-77,1 мм сконцентрировалось в слое 0-40 см, то есть в зоне основной массы корней озимой пшеницы (табл. 10, рис. 2).

В межфазный период выход в трубку-колошение вследствие системы удобрения способствовало более значительной биологической миграции воды в связи с формированием большего урожая, по сравнению с контролем. При равном количестве выпавших осадков, эвапотранспирация на варианте с последствием системы удобрений была в 3,1 раза выше по сравнению с естественным агрохимическим фоном, несмотря на то, что поверхностный сток на удобренном фоне был в 2,6 раза больше.

В дальнейшем вплоть до уборки озимой пшеницы отмечается снижение содержания продуктивной влаги, наблюдается значительная восходящая миграция из нижних слоёв почвы. Так, в межфазный период колошение-уборка содержание продуктивной влаги уменьшилось на контроле в слое 0-40 см на 6,2%, 40-100 см - на 26,1%; под влиянием последствия системы удобрений соответственно на 34,7% и 49,8%. Это связано с биологической миграцией на формирование урожая. В целом в слое 0-150 см к уборке урожая содержание продуктивной влаги под влиянием последствия системы удобрений умень-

шилось на 34%, а по сравнению с контролем на 39%.

Таким образом, системы удобрения, изменив свойства почвы в желательном направлении, способствуют более продуктивному расходу влаги в последствии на формирование урожая. В результате в 0-100 слое почвы на контроле оказалось 46,5 мм, а в 1,5 м толще выщелоченного чернозёма – 50,2 мм «не востребованной» продуктивной влаги, достаточной для получения урожая зерна озимой пшеницы порядка 5-6 ц/га.

Период от уборки озимой пшеницы до посева гороха оказался обильным на атмосферные осадки. Выпало 451,6 мм воды в виде дождя, снега, снега с дождем. Распределение их выглядит следующим образом: нисходящая миграция на контроле составила 29,5 мм; поверхностный сток талых, дождевых вод, сноса снега ветром и других неучтённых явлений составил 422,1 мм. Последствие системы удобрений в 2,2 раза усилило нисходящий ток воды по профилю выщелоченного чернозёма, а поверхностный сток снизился до 387,0 мм продуктивной влаги.

Следовательно, улучшение водно-физических свойств выщелоченного чернозёма применением систем удобрений, рациональных способов основной обработки почвы недостаточно, для аккумуляции выпадающих осадков в межкультурные периоды (зябь и др.).

Накопленной влаги в активном слое почвы, независимо от вариантов опыта, оказалось достаточным для недружных и растянутых всходов гороха (табл. 10, рис. 2). Выпавшие осадки в межфазный период посев-всходы (47,8 мм) не аккумуляровались почвой и подверглись поверхностному стоку. Этому способствовали характер осадков (кратковременные ливни), уплотненная после посева гороха почва (уплотнение предусмотрено технологией), независимо от удобренности почвы в севообороте. Мало того, за 17 дней пришедшихся на обсуждаемый межфазный период в порядке физического испарения и набухания семян на контроле из метрового слоя почвы, независимо от вариантов опыта, израсходовано 36,8 мм.

Таким образом, в межфазный период уборка озимой пшеницы - всходы

гороха потери продуктивной влаги соответственно вариантам опыта суммарно достигли 481,1-434,8 мм. Можно ли после этого говорить о засушливости климата? Мы же утверждаем, что названных объёмов влаги достаточно для формирования высоких урожаев любой сельскохозяйственной культуры.

Выпавшие осадки от всходов гороха до стеблевания (57,6 мм) спровоцировали минимальную восходящую миграцию воды из почвы, независимо от варианта опыта: на контроле эвапотранспирация составила 7,6 мм, на длительно и систематически удобрявшемся фоне в 2,3 раза больше, что свидетельствует об активной биологической миграции под влиянием последствия системы удобрений.

В критический период потребления влаги и максимального накопления зелёной массы от стеблевания до цветения в агрофитоценозе гороха выпало 117 мм атмосферных осадков. В силу мощного растительного покрова, за исключением 24,2-21,2 мм условно отнесённых нами к поверхностному стоку воды и затрат на эвапотранспирацию, запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы увеличились на 93,5-96,4 мм. В фазу цветения отмечалось наличие свободной воды.

Межфазный период цветение - образование бобов сопровождался резкой засухой и высокими температурами воздуха. Выпало 8 мм атмосферных осадков, которые естественно не достигли почвы. Наблюдается односторонняя восходящая миграция воды из почвы на физическую и биологическую миграцию. Расход воды на контроле был ниже на 15% по сравнению с последствием системы удобрения, что способствовало формированию высокого урожая.

Высокое содержание влаги в 1,0 м профиле почвы, особенно, в зоне основного распространения корневой системы (табл. 10, рис. 2), вследствие гипоксии корней и снижения фотосинтетической активности отрицательно сказалось на дальнейшем росте и развитии гороха. Наблюдается односторонне выраженная нисходящая миграция воды, независимо от агрохимического фона (96,4-93,5 мм).

От образования бобов до уборки гороха выпало 69,5 мм, не сказавшихся

на нисходящей миграции воды. Наблюдалась восходящая миграция. В конце вегетации по содержанию продуктивной влаги варианты опыта не отличались друг от друга. Вместе с осадками за обсуждаемый период эвапотранспирация составила 133,1-157,8 мм.

Таким образом, выпавших осадков за период вегетации гороха оказалось достаточным для расхода на эвапотранспирацию, а запасы продуктивной влаги не изменились по сравнению с исходными (посев гороха).

В весенне-летне-осенний период, несмотря на большую долю осадков приходящихся на этот сезон, нисходящий поток продуктивной влаги выражен слабо и отмечается в 1 м толще почвенного профиля. Эвапотранспирация определяется вегетирующими растениями, продолжительностью вегетации и межкультурных периодов в севообороте и, если в условиях естественного увлажнения можно назвать, регулируются не столько суммарным выпадением осадков, сколько совпадением с основными фазами роста и развития сельскохозяйственных культур. Эвапотранспирация из 1 м слоя почвы не восполняется суммой осадков, а в 1,5 м слое компенсируется атмосферными осадками на всех вариантах опыта.

Как показали наши наблюдения миграции воды и  $N-NO_3^-$  в почвенном профиле сопряжены и тесно взаимосвязаны. Не будет откровением сказать о нисходящей миграции  $NO_3^-$  в связи с атмосферными осадками. Наибольших значений нисходящая миграция достигает при длительном и систематическом применении азотных удобрений в системе удобрений (табл. 11, рис. 3).

По завершении второй ротации севооборота, после уборки озимой пшеницы,  $N-NO_3^-$  в почвенном профиле распределился следующим образом: на контроле в пахотном слое обнаружилось 13,6%; в 20-100 см – 58,8%; в 100-150 см – 27,9% от содержащегося в 1,5 м слое почвы; на варианте  $N_{1246}P_{1496}K_{504} + 135$  т/га навоза соответственно: 14,7, 50,7 и 34,7 или в абсолютных показателях на удобренном фоне  $N-NO_3^-$  в метровом слое осталось в 1,4 раза; в 1,5 м – в 1,6 раза больше по сравнению с контролем. Заметна равномерная концентрация  $N-NO_3^-$  по горизонтам 1,5 м профиля выщелоченного чернозёма.

После 18-летнего внесения азотных удобрений, предусмотренных системами удобрений в севообороте, в последующие 5 лет изучали последствие их в связи с миграцией воды и N-NO<sub>3</sub> в 1,5 м профиле выщелоченного чернозёма.

Таблица 11

**Миграция N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> в профиле выщелоченного чернозёма Ставропольской возвышенности (отвальная обработка почвы, поле 1), кг/га**

Глубина отбора образцов, см	Уборка озимой пшеницы 14.07.95	Последствие									
		Посев кукурузы 29.04.96	9-10 литьев кукурузы 15.07.96	Уборка кукурузы 30.07.96	Посев озимой пшеницы 19.09.96	Весеннее кущение пшеницы 17.04.97	Колошение пшеницы 04.06.97	Уборка озимой пшеницы 17.07.97	Посев гороха 18.04.98	Цветение гороха 10.06.98	Уборка гороха 12.07.98
<i>Контроль без удобрений</i>											
0-10	9,6	1,5	3,2	6,5	2,5	4,2	3,2	2,1	4,3	5,8	5
10-20	3,3	0,7	1,8	9,8	2,7	3,3	3,3	3,3	4,0	4,8	5
20-40	7,6	1,5	3,0	11,8	1,3	15,1	8,8	7,1	12,9	12,1	8,1
40-60	20,6	1,8	4,9	10,9	1,5	13,0	9,1	2,9	7,8	15,3	3,4
60-80	13,5	3,0	13,8	4,9	1,7	16,2	8,1	3,0	11,9	7,8	3,5
80-100	14	3,0	4,7	6,0	1,3	11,0	8,2	2,7	6,9	6,0	11,2
100-125	12,4	3,6	18,1	8,5	1,6	12,4	9,2	21,3	22,4	14,9	14,9
125-150	14,2	7,4	20,6	13,2	1,6	11,8	9,2	22,8	19,1	17,3	26,1
Внесено N <sub>1246</sub> P <sub>1496</sub> K <sub>504</sub> + 135 т/га навоза за 18 лет											
0-10	13,1	0,6	7,3	8,1	3,0	4,7	10,0	2,7	7,5	5,6	8
10-20	8,8	0,7	9,6	5,1	7,2	6,4	4,2	3,6	9,2	5,4	7,8
20-40	15,1	1,5	10,3	12,3	5,1	12,1	15,1	7,1	19,7	10,3	16,6
40-60	19,0	2,9	3,4	7,8	5,0	10,4	13,0	13,1	13,3	20,5	15,6
60-80	21,6	12,4	8,4	8,1	2,4	21,6	10,8	13,0	10,3	13,2	25,1
80-100	19,2	11,8	6,3	10,3	1,7	21,9	12,3	17,0	11,2	14,0	22,2
100-125	23,1	20,6	6,8	17,0	3,5	14,2	6,4	23,4	18,5	43,0	35,5
125-150	28,3	16,2	18,0	16,9	2,5	11,2	3,7	21,1	14,7	35,6	29



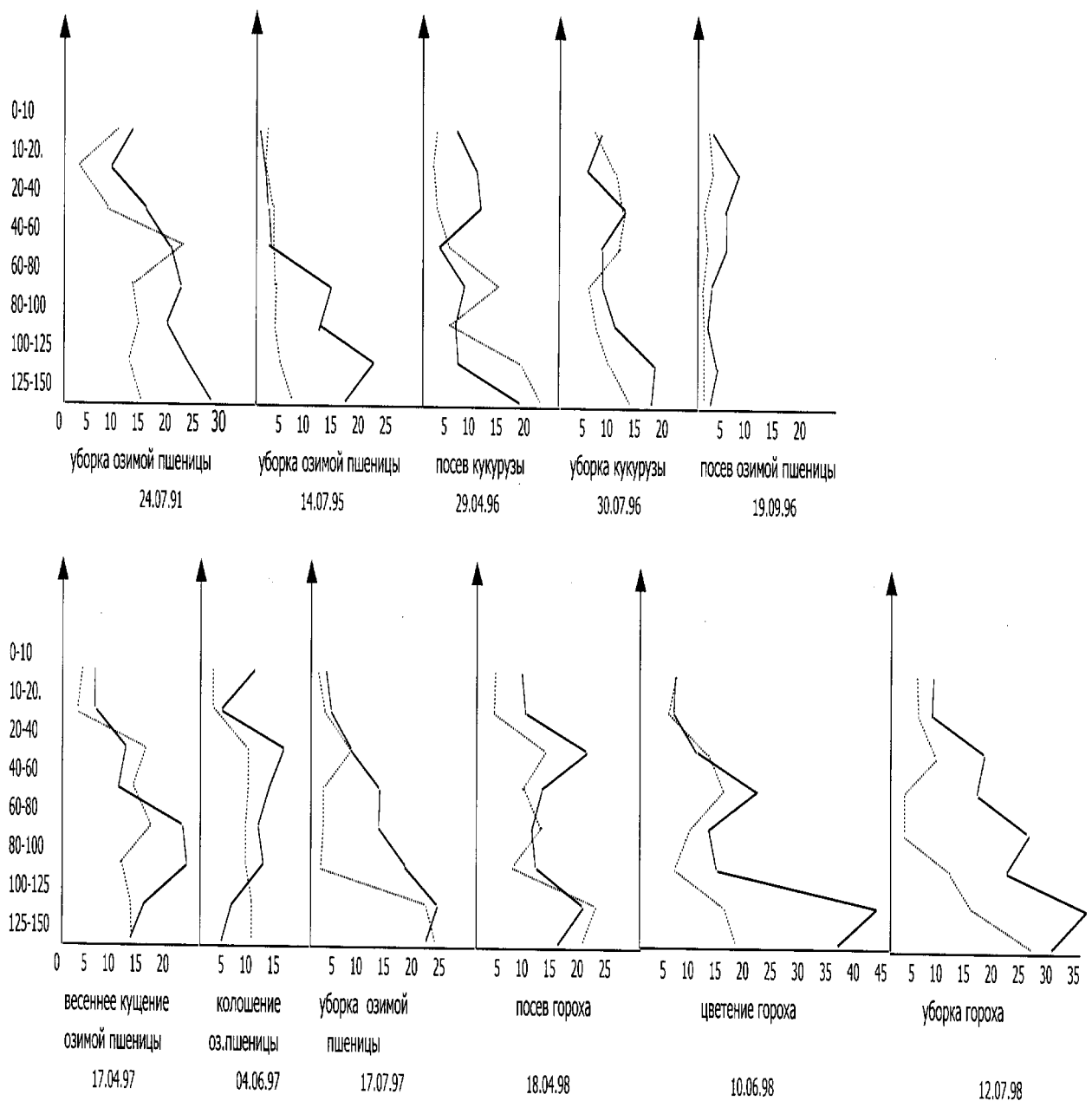


Рисунок 3. Миграция N–NO<sub>3</sub> (кг/га) в 1,5 м профиле выщелоченного чернозёма (поле 1):  
 ..... контроль      \_\_\_\_\_ N<sub>1246</sub>P<sub>1496</sub>K<sub>504</sub> + 135 т/га навоза

Учитывая позиционную недоступность N–NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, мигрировавшего в предшествующий период в 20–150 см слой, для ярового ячменя (1993/94), корневая система которого сосредоточена в 0–60 см слое почвы, можно предположить, что последствие азотных удобрений обеспечивалось, прежде всего, остаточными запасами нитратного азота, деминерализацией азота, закрепившегося в

составе органических соединений почвы, микробной плазме и пожнивно-корневых остатках. Об этом свидетельствуют характер распределения  $N-NO_3^-$  в профиле почвы под культурами севооборота (табл. 11, рис. 3). Так, перед уборкой озимой пшеницы, при односторонней восходящей миграции  $N-NO_3^-$ , в 0-10 см слое почвы на контроле содержание его снизилось на 57,1 кг/га, а в 1,5 м слое на 72,7 кг/га, что вполне вписывается в объёмы биологической миграции на формирование урожая ярового ячменя и озимой пшеницы.

Так, перед уборкой озимой пшеницы, при односторонней восходящей миграции  $N-NO_3^-$ , в 0-10 см слое почвы на контроле содержание его снизилось на 57,1 кг/га, а в 1,5 м слое на 72,7 кг/га, что вполне вписывается в объёмы биологической миграции на формирование урожая ярового ячменя и озимой пшеницы. Таким образом, в метровом профиле почвы от исходного содержания азота на контроле сохранилось 16,8%, в 1,5 метровом – 23,6%. Кривая миграции  $N-NO_3^-$  по профилю почвы из выгнутой с 10-20 до 100-125 см слоя преобразуется в почти прямую с некоторым отклонением в слое 125-150 см (рис. 3).

При более высоких абсолютных показателях под влиянием последействия системы удобрений картина миграции нитратного азота оказывается аналогичной контролю. Однако, за счёт последействия системы удобрений  $N-NO_3^-$  в метровом слое сохранилось в 2,6, в 1,5 м – почти в три раза больше по сравнению с контролем. Кривые миграции в слое 0-60 см, независимо от варианта опыта, параллельны, глубже она приобретает выгнутый вид с максимумом сосредоточения в слое 60-150 см (табл. 11, рис. 3).

В межкультурный период уборка озимой пшеницы – посев кукурузы в силу отмеченных явлений,  $N-NO_3^-$  на контроле концентрируется в 1 м слое почвы, а в 1,5 м, его оказывается соответственно в 2,7-3,2 раза больше по сравнению с контролем. При этом нитраты мигрируют в 100-125 см слой почвы, где и формируется максимум их содержания – 55,2% от наличия в 1,5 м слое. Кривая миграции свидетельствует о двух максимумах сосредоточения  $N-NO_3^-$ : 40-80 и 100-150 см (табл. 11, рис. 3).

Под влиянием системы удобрения, в метровом слое почвы по сравнению

с контролем, накапливается нитратного азота в 1,5 раза больше за счёт восходящей миграции из 100-150 см (-36%). Следовательно, наблюдается восходящая миграция нитратов из глубоких горизонтов почвы в верхний метровый слой. Отсюда, изменяется число и расположение максимумов сосредоточения их: 0-40; 60-80 и 125-150 см.

В силу сложившихся погодных и технологических условий к уборке кукурузы, вопреки традиционным представлениям, на контроле наблюдается восходящая миграция из всего 1,5 м профиля почвы, при неизменном содержании  $N-NO_3^-$  от посева до уборки. В результате в 1 м слое почвы содержание увеличилось на 18,5 кг/га за счёт почти равного уменьшения в 100-150 см слое (17,0 кг/га). Следует особо подчеркнуть биологическую миграцию, связанную с глубоко проникающей корневой системой кукурузы.

Под влиянием последствия системы удобрения содержание нитратного азота по сравнению с предыдущим сроком определения и контролем в метровом слое почвы увеличилось соответственно: на 14,4 и 3,6%; в 1,5 м – на 22,1 и 19,5%. На кривой миграции в уборку кукурузы отмечается два максимума сосредоточения  $N-NO_3^-$ : 20-60 и 100-150 см.

От уборки кукурузы до посева озимой пшеницы наблюдается активная миграция воды и содержащегося в ней нитрата, независимо от варианта опыта, из 1,5 м слоя почвы. С парами воды из метрового слоя почвы улетучилось 38,9, а из 100-150 см – 18,5 кг/га. Впервые на это явление в середине 60-х годов 20 столетия обратил внимание профессор Г.Е. Немерюк. Нитратный азот равномерно, почти по прямой разместился в 1,5 м профиле выщелоченного чернозёма (табл. 11, рис. 3). Кривая на варианте с последствием системы почти адекватна изображённому на контроле, но указывает на вдвое большее содержание в 1,5 м слое почвы по сравнению с контролем.

В течении осенне-зимне-ранневесеннего периода, независимо от вариантов опыта, наблюдается миграция и деминерализация органического вещества в 1,5 м слое почвы. В результате к весеннему кущению озимой пшеницы по сравнению с предыдущим сроком наблюдения содержание  $N-NO_3^-$  увеличи-

лось: на контроле в 1 м слое почвы в 5,7 раза, а 100-150 см – в 7,6 раза; соответственно под влиянием последействия в 3,2 и в 4,2 раза. Следовательно, под покровом озимой пшеницы на варианте с последействием, при менее активной миграции, по сравнению с контролем в 1,5 м слое почвы  $N-NO_3^-$  содержится на 17,8% больше, благодаря мощному биологическому экрану, препятствующему выщелачиванию нитратов. Максимум сосредоточения нитратов на контроле ограничивается 40-100 см слоем почвы, под влиянием последействия в 80-125 см слое.

В межфазный период весеннее кущение-колошение наблюдается односторонняя восходящая миграция  $N-NO_3^-$ , естественно при активном участии растений, из глубоких слоёв почвы в верхние горизонты (табл. 11, рис. 3). На контроле кривая миграция по всему профилю почвы, за исключением слоя 0-40 см, приближается к прямой и указывает на почти равное содержание  $N-NO_3^-$  по профилю. Под влиянием последействия в метровом слое почвы  $N-NO_3^-$  содержится на 60,7% меньше по сравнению с контролем, и обратная зависимость наблюдается в слое 100-150 см. Можно говорить о действии двух механизмов миграции – физическом и биологическом.

От колошения до уборки озимой пшеницы биологическое поглощение из почвы сокращается. Отсюда, изменяются миграционные потоки вещества (табл. 11, рис. 3). В слое 0-40 см, независимо от варианта опыта, содержится практически равное количество  $N-NO_3^-$ . На контроле в горизонте 40-100 см содержание  $N-NO_3^-$  приближается к нулю, а максимум сосредоточения оказывается в горизонте 100-150 см, что свидетельствует об одновременной восходящей и нисходящей миграции с участием корневой системы озимой пшеницы. Под влиянием последействия систем удобрений наблюдается нисходящая миграция  $N-NO_3^-$ .

Длительный межкультурный период (уборка озимой пшеницы - посев гороха) способствует миграции  $N-NO_3^-$ : на контроле в метровом слое однозначно нисходящей и не оказывает влияния на 100-150 см слой почвы, что приводит к увеличению их по сравнению с исходным содержанием и размещению по про-

филю более, чем в 2 раза (табл. 11, рис. 3).

Аналогично протекает миграция нитратного азота под влиянием последнего действия системы удобрений, только в значительно больших объемах по сравнению с контролем и выраженным восходящим потоком из 100-150 см горизонта почвы в верхние слои (0-40 см). Кривые миграции N-NO<sub>3</sub> по вариантам опыта почти совмещаются и заметны три зоны концентрации азота : 20-60, 80-100 и 125-150 см на контроле и два максимума в связи с последствием системы удобрения.

Под воздействием растений гороха и физических факторов, на контроле отмечается однозначно выраженная восходящая миграция в 1,5 м слое почвы и наблюдается увеличение содержания азота в метровом слое по сравнению с предыдущим сроком определения на 8,3%.

Что касается последствия системы удобрений на процессы миграции N-NO<sub>3</sub>, то они не однозначны и разнонаправленны: в 1 м слоя почвы от посева до цветения гороха наблюдается биологическая миграция, приводящая к снижению содержания нитратов по сравнению с предыдущим сроком определения и сопровождается активным перемещением их в 100-150 см слой почвы (табл. 11, рис. 3). Кривая миграции свидетельствует о двунаправленных, независимо от вариантов опыта, процессах: восходящая в слое 0-80 см и нисходящая в 100-150 см профиле выщелоченного чернозёма.

От цветения до уборки гороха наблюдается биологическая миграция метрового слоя почвы и незначительная на контроле нисходящая миграция в 100-150 см слой почвы. Под влиянием последствия системы удобрения физическая восходящая миграция в 1 м слое почвы превышает биологическую, поэтому происходит увеличение содержания N-NO<sub>3</sub> на 38,1% по сравнению с предыдущим определением, а по сравнению с контролем его содержится в 2,63 раза больше (табл. 11, рис. 3).

Урожайность сельскохозяйственных культур в севообороте, качество продукции, прибавка адекватно отражают миграционные процессы веществ почвы (табл. 12).

Как видно из данных приведённых в таблице 12, яровой ячмень в первый год последействия, в зависимости от предшественников, увеличил урожайность зерна на 5,2-7,8 ц/га. Особенно высокие прибавки получены (7,0-7,8 ц/га) по таким предшественникам как повторная озимая пшеница, кукуруза на силос, горох, озимая пшеница, размещаемая в севообороте после гороха, подсолнечник.

Всплеск эффективности последействия систем удобрений наблюдался в 1995 и 1997 годах, когда прибавки составили (ц/га): зелёной массы горохово-овсяной смеси – 52-44; озимой пшеницы в зависимости от предшественников – 6,0; 4,1-7,2; 3,2-3,7; гороха – 6,5-4,2; семян озимого рапса – 3,2-6,0; зелёной массы кукурузы – 44-42.

Таблица 12

**Последействие систем удобрений на урожайность (ц/га) культур в севообороте (отвальный способ обработки почвы на глубину 20-22 см)**

Чередование культур в севообороте	Внесено за 18 лет	
	0	N <sub>1246</sub> P <sub>1496</sub> K <sub>504</sub> + 135 т/га навоза
Горох + овёс 1994 г яровой ячмень 1995-1998 гг.	22,7 196	28,5 237
Озимая пшеница 1994 г яровой ячмень 1995-1998 гг.	23,0 27,8	28,8 33,0
Озимый ячмень 1994 г яровой ячмень 1995-1998 гг.	17,4 26,7	24,4 31,0
Кукуруза на силос 1994 г. яровой ячмень 1995-1998 гг.	22,1 266	29,5 306
Озимая пшеница 1994 г. яровой ячмень 1995-1998 гг.	22,2 25,1	27,2 30,6
Горох 1994 г яровой ячмень 1995-1998 гг.	25,7 19,9	32,8 24,3
Озимая пшеница 1994 г. яровой ячмень 1995-1998 гг.	21,9 27,9	29,0 32,2
Озимый рапс 1994 г. яровой ячмень по подсолнечнику 1995-1998 гг.	17,7 16,9	25,5 23,2

Примечание: в 1994 г. яровой ячмень выращивался по всем вариантам опыта в качестве

уравнительной культуры.

В засушливые годы или с неудачным распределением атмосферных осадков по основным фазам развития сельскохозяйственных культур прибавки снизились (а некоторые и повысились) соответственно (ц/га): 32; 5,4-5,3; 3,6-3,2; 5,8-4,4; 3,6-3,2; 9,5; 30-34.

Таким образом, урожайность сельскохозяйственных культур зависит от миграции воды и содержащихся в ней ионов, способности корневых систем сельскохозяйственных культур в севообороте извлекать элементы питания из различных слоёв почвенного профиля и, главным образом, из зон максимального сосредоточения того или другого питательного вещества.

Прибавки урожайности от последействия  $N-NO_3^-$  в системе удобрения в севообороте можно объяснить также использованием растениями мигрировавшего из зоны недосягаемости корневой системы в силу восходящей миграции почвенного раствора и содержащихся в нём элементов питания. Последействие систем удобрений с обсуждаемой насыщенностью удобрениями, на наш взгляд, может быть эффективным, как минимум, на ротацию 8-10-польного зернопашного севооборота.

Исходя из изложенного, можно с полной уверенностью ставить вопрос об уточнении коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений. Как мы указывали и ранее, новые коэффициенты будут принципиально отличаться от принятых ныне в агрохимической науке и практике, а это повлечёт за собой непременно уточнение норм удобрений под сельскохозяйственные культуры в севооборотах Юга России.

Еще одним показателем азотного состояния почв является количество усвояемого растениями азота в виде актуальных запасов. В состав актуальных запасов усвояемого азота обычно включают нитраты и обменно-поглощенный аммоний, присутствующие в почве на момент отбора проб и анализа. В почвах сельскохозяйственных ландшафтов содержание минерального азота даже в пределах одного подтипа под действием различных факторов может изменяться от очень низкого до очень высокого уровня.

Другим не менее важным показателем азотного состояния почв является активность почвенных ферментов, участвующих в азотном обмене, в частности протеазы и уреазы. Высокой протеазной активностью отличаются выщелоченные черноземы, средне-оподзоленные, типичные и карбонатные черноземы, низкой активностью характеризуются серые лесные почвы, обыкновенные и южные чернозёмы. Почвы Юга России характеризуются средней и высокой активностью уреазы.

Большую актуальность приобретает в последнее время поступление азота в почву за счет несимбиотической азотфиксации. Изучение уровня потенциальной азотфиксации может быть основой для прогнозирования уровня продуктивности сельскохозяйственных угодий и критерием оценки биологической активности почв. Минимальной азотфиксирующей активностью отличаются светло-серые лесные почвы (18-19 кг/га). Среднюю активность азотфиксации имеют серые, темно-серые лесные почвы, оподзоленные и южные черноземы (26-39 кг/га). Высокая азотфиксирующая активность у типичных, карбонатных и обыкновенных черноземов, а очень высокая - у выщелоченных черноземов (42-63 кг/га).

Эти показатели могут быть использованы для оценки азотного состояния почв различных агроценозов, их изменения под влиянием различных факторов (удобрения, окультуривание и т. п.), а также для оптимизации азотного режима и мониторинга.

Несмотря на утверждение, что аммонийный азот хорошо удерживается ППК и практически не вымывается из почвы, отмечается активная миграция его до глубины 1,5 м вниз и вверх по профилю почвы. Аммонифицирующая способность чернозёмов обычно не превышает 5,1-12,1%. Усвоение нитратного азота у пшеницы заканчивается к фазе выхода в трубку, а аммиачного - продолжается почти до уборки урожая вследствие медленного освобождения фиксированного аммония. Однако по доле участия в формировании урожая аммонийный азот часто уступает нитратному.

Исследованиями ряда ученых Северо-Кавказского региона показано, что



в выщелоченном черноземе Западного Предкавказья водорастворимого аммония накапливается очень мало, часто он обнаруживается в виде следов. Это обусловлено его быстрой нитрификацией и поглощением растениями. В обыкновенном черноземе его 9,9-10,2 мг/100 г или около 5% от общего азота. Ранней весной и поздней осенью в пахотном и подпахотном слоях парового поля выщелоченного чернозема содержится 1,5-2,0 мг/100 г поглощенного аммония, содержание которого к осени снижается. Большая часть аммония, внесенного с удобрениями весной или осенью, нитрифицируется в течение 15-20 дней - причем в обыкновенном черноземе значительно быстрее, чем в выщелоченном.

Фиксированный аммоний медленно освобождается. В течение вегетации содержание его в почве уменьшается с 34,6 до 3,2%. Практически растения в равной степени используют обменный и фиксированный аммоний. То есть, фиксация азота способствует временному сохранению в почве внесенного азота удобрений, так как фиксированный аммоний остается доступным для растений.

Часть аммонийного азота связывается в необменной форме органическим веществом почвы. Аммиак связывается гуминовыми кислотами и производными лигнина в форму, устойчивую к микробиологическому разложению и кислотному гидролизу. Размеры такого связывания зависят от содержания гумуса в почве и азота в аммонийной форме. При внесении аммонийных удобрений в средних дозах оно невелико и не оказывает существенного влияния на доступность растениям азота.

Содержание в почве аммония и особенно нитратов изменяется за короткий период времени в значительных размерах, что затрудняет получение объективных данных по обеспеченности почвы и растений азотом. В настоящее время для многих регионов страны разработаны методы почвенной диагностики обеспеченности почвы азотом.

Совместными исследованиями СКНИПТИАП и КНИИСХ установлено, что на типичных и выщелоченных черноземах при содержании рано весной в слое 0-90 см 150 и более кг азота отпадает необходимость весенней подкормки посевов азотом. Имеющийся в почве нитратный азот, при наличии фосфора и

калия, обеспечивает получение урожая в 5,8-7,8 т/га зерна озимой пшеницы. Это положение справедливо для озимой пшеницы на выщелоченных и типичных черноземах. На обыкновенных черноземах с большей нитрификационной способностью и меньшим увлажнением оно требует уточнения.

### **3.3. Фосфатный режим почв**

В разных почвах содержится неодинаковое количество фосфора - от 0,01%  $P_2O_5$  в бедных песчаных до 0,20% в мощных высокогумусных почвах. Современные представления о фосфатном режиме почв основаны на том, что растения поглощают фосфор в основном в форме ортофосфатов ( $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ), содержащихся непосредственно в почвенном растворе. Переход фосфора в почвенный раствор из твердой фазы почвы характеризует ее буферную способность по отношению к этому элементу. Этот процесс динамичный и обусловлен целым рядом внешних и внутренних факторов к которым относятся: запас всех форм природных фосфатов в соединениях разной степени прочности; остаточное количество фосфора от ранее внесенных удобрений; емкость поглощения почв в отношении фосфат-ионов; условия, влияющие на процессы трансформации фосфатов (температура, влажность, реакция среды, катионный состав ППК и т. д.); деятельность корневых систем растений и другие факторы.

В длительных опытах в орошаемых севооборотах на предкавказском карбонатном тяжелосуглинистом черноземе и темнокаштановой тяжелосуглинистой почве Е. А. Зверевой была установлена зависимость урожая возделываемых культур от содержания подвижного фосфора в почве по методу Мачигина. В условиях достаточной обеспеченности азотом, калием и влагой зависимость была четкой и имела характер затухающих кривых. Установленное совпадение параметров оптимальной обеспеченности фосфором для равного урожая конкретной культуры в разные годы, свидетельствует о равнозначности для растений одного и того же количества свежевнесенного и остаточного фосфора удобрений, извлекаемого 1%-ным раствором углекислого аммония.

Обыкновенные черноземы Ставрополя имеют сравнительно высокую обеспеченность валовыми формами фосфора (0,11-0,16% в пахотном слое и

0,10-0,13% в подпахотном). Однако из-за высокой карбонатности этих почв, основная часть фосфорных соединений находится в труднодоступных для растений формах. Поэтому в зоне распространения обыкновенных черноземов (основной зернопроизводящей части края) мало почв с высоким содержанием подвижного фосфора, и около 15% пашни обыкновенных черноземов можно отнести к среднеобеспеченным. Обыкновенные сверхмощные, мощные и средне-мощные черноземы содержат соответственно 18,2, 15,9 и 15,5 мг/кг почвы подвижного фосфора в пахотном слое (табл. 13).

Слитые темноцветные почвы содержат 0,12-0,15 % валового фосфора, 19,1 мг/кг подвижного, что несколько выше, чем в обыкновенных черноземах, что объясняется несколько повышенной подвижностью перегноя, находящегося в почве, насыщенностью почвенного поглощающего комплексы натрием и более интенсивной минерализацией органического вещества. Однако, большая часть фосфора труднодоступна для растений, т. к. связана с кальцием, железом и алюминием.

Таблица 13

**Динамика содержания подвижного фосфора по турам агрохимического обследования почв Ставропольского края (мг/кг почвы)**

Районы	Тур обследования*					
	I	II	III	IV	V	VI
<b>I зона</b>						
Апанасенковский	20	21	26	27	29	22
Арзгирский	17	17	17	21	26	23
Левокумский	20	19	19	24	28	-
Нефтекумский	22	22	28	32	35	-
Туркменский	15	17	15	20	20	17
<b>II зона</b>						
Александровский	15	18	19	24	26	25
Благодарненский	13	13	15	24	25	-
Буденновский	12	16	17	18	24	26
Ипатовский	15	18	19	22	24	21
Курский	15	17	17	20	23	-
Новоселицкий	13	14	15	15	25	23
Петровский	11	14	18	24	27	22
Советский	10	17	16	20	22	-
Степновский	15	17	17	21	26	-
<b>III зона</b>						

Изобильненский	15	18	21	17	22	18
Грачевский	16	14	15	19	22	22
Кочубеевский	11	13	15	18	24	20
Красногвардейский	16	21	19	24	25	20
Андроповский	13	15	14	17	20	15
Новоалександровский	15	17	19	25	29	20
Труновский	10	14	17	18	25	-
Шпаковский	13	18	21	25	30	14
<b>IV зона</b>						
Георгиевский	15	16	17	18	26	-
Минераловодский	18	17	20	24	31	26
Кировский	15	17	16	23	34	-
Предгорный	15	24	24	27	33	27
<b>Среднее по краю</b>	15	17	19	22	26	21

*Примечание:* \*Годы проведения туров обследования: I - 1964-1968, II – 1968-1976, III – 1976-1983, IV – 1983-1988, V – 1988-1993, VI – 1993-1996.

Из всех подтипов черноземов южные наиболее бедны подвижным фосфором- 15,4 мг/кг, но содержат 0,13-0,25% валового фосфора.

Темно-каштановые почвы также сравнительно богаты валовым фосфором – 0,12-0,21%. Причем более 50% его находится в органических соединениях. Минеральные соединения большей частью являются солями кальция. Фосфор темно-каштановых почв трудно доступен для растений.

Каштановые почвы содержат 0,10-0,20% валового фосфора и 18,7 мг/кг подвижного. По этому показателю они близки к темно-каштановым почвам.

Светло-каштановые почвы содержат 0,10-0,13 % валового и 20,9 мг/кг подвижного фосфора. Но вследствие чрезвычайной сухости климата большая часть его малодоступна для растений (табл. 13). Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что на всех перечисленных основных типах и подтипах почв эффективно применение фосфорных удобрений, особенно суперфосфатов.

Результаты четырех туров обследования почв Ставропольского края позволяют рассмотреть динамику изменения обеспеченности почв подвижными фосфатами (табл. 13).

Между 1 и 3 турами агрохимического обследования среднее содержание подвижного фосфора увеличилось на 3,9 мг/кг почвы.

Количество почв с низким содержанием сократилось с 2,9 млн. га до 2,1

млн. га или на 23,6%. Одновременно площадь среднеобеспеченной фосфором пашни увеличилась с 1,3 млн. га до 1,6 млн. га, а с повышенной и высокой – с 330 тыс. га до 434 тыс. га (табл. 14).

Удельный вес почв с низкой обеспеченностью фосфором составил 51%, средней – 38,5% и высокой – 10,5% ко всей обследованной пашне.

Однако по зонам края содержание подвижного фосфора в почвах повышалось не в одинаковой степени.

Таблица 14

Распределение пашни по обеспеченности почв подвижным фосфором, в % к площади пашни

Степень обеспеченности почвы	Содержание, мг/кг почвы	Тур обследования				
		I	II	III	IV	V
Низкая	до 15	63,6	54,9	51,0	36,4	22,0
Средняя	16-30	35,5	40,1	38,5	43,6	55,8
Высокая	более 30	0,9	5,0	10,5	20,0	22,2

Примечание: годы проведения туров обследования показаны под таблицей 13.

В первой зоне активно возрастало количество высокопродуктивных почв. Если в I туре обследования их площадь составляла 4,2 тыс. га (0,5%), то в III туре – 125,2 тыс. га или 14,5%. Количество почв с низким и средним содержанием фосфора уменьшилось с 41 до 39 % и с 59 до 47%.

Аналогично проходила трансформация низко- и среднеобеспеченных почв в категорию высокообеспеченных плодородных и в четвертой зоне, где количество последних составило 11% к обследованной пашне. Во второй и третьей зонах площадь почв с высоким содержанием фосфора возросла до 7,4 и 8,2% против 0,3 и 0,6% по результатам I тура. Но в отличие от других зон здесь уменьшается только количество низко обеспеченных почв, а со средним содержанием фосфора увеличивалось.

По результатам III тура обследования наиболее существенное повышение обеспеченности почв фосфором отмечалось в Апанасенковском районе, где площадь почв с высоким его содержанием возросла до 54,6 тыс. га (табл. 15).

Таблица 15

**Содержание подвижного фосфора в пахотных почвах Ставропольского края по районам (материалы V тура обследования)**

Районы	Об- следо- ван- ван- ная пло- щадь, га	Содержание подвижного фосфора в почвах											
		очень низкое		низкое		среднее		повышен- ное		высокое		очень высокое	
		<10		11-15		16-30		31-45		46-60		>60	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
<b>I зона</b>													
Апанасенковский	145699	4575	3,2	10657	7,3	70662	48,5	38819	26,6	18113	12,4	2873	2,0
Арзгирский	225000	2330	1,0	32030	14,2	151560	67,4	29650	13,2	6630	3,0	2800	1,2
Левокумский	170860	300	0,2	8780	5,1	107570	63,0	42100	24,6	8280	4,9	3830	2,2
Нефтекумский	108490	1770	1,6	5380	5,0	43280	39,9	32970	30,4	15810	14,6	9280	8,5
<i>Продолжение таблицы 15</i>													
Туркменский	136891	25859	18,9	28486	20,8	59441	43,4	17320	12,7	4720	3,4	1065	0,8
<b>II зона</b>													
Александровский	129010	4070	3,2	22250	17,2	73420	56,9	22080	17,2	4950	3,8	2240	1,7
Благодарненский	199020	3010	1,5	35590	17,9	122570	61,6	29940	15,0	4730	2,4	3180	1,6
Буденновский	240130	3430	1,4	54380	22,7	142260	59,2	27520	11,5	7640	3,2	4900	2,0
Ипатовский	272868	37664	13,8	60578	22,2	105315	38,6	36268	13,3	24588	9,0	8454	3,1
Курский	160500	3550	2,2	31050	19,3	95910	59,8	21310	13,3	6970	4,3	1710	1,1
Новоселицкий	134180	2750	2,0	24650	18,3	78500	58,5	20750	15,5	4560	3,4	3060	2,3
Петровский	131020	9704	7,4	20986	16,0	54052	41,3	26927	20,6	14068	10,7	5284	4,0
Советский	168860	29460	17,4	43460	25,8	60840	36,0	22970	13,6	7620	4,5	4510	2,7
Степновский	130770	1800	1,4	23710	18,1	71555	54,7	23370	17,9	6814	5,2	3521	2,7
<b>III зона</b>													
Изобильненский	126619	15338	12,1	24114	19,1	65224	51,5	13211	10,4	6607	5,2	2125	1,7
Грачевский	96860	12342	12,8	22978	23,7	41377	42,7	12548	13,0	5732	5,9	1883	1,9
Кочубеевский	122612	9909	8,1	24599	20,1	56690	46,2	19530	15,9	9564	7,8	2320	1,9
Красногвардей- ский	125518	16762	13,4	30239	24,1	40868	32,5	24169	19,3	8178	6,5	5301	4,2
Андроповский	176303	14699	8,3	51255	29,1	83197	47,2	21033	11,9	5620	3,2	499	0,3
Новоалександров- ский	164403	5743	3,5	19690	11,9	77245	47,0	38392	23,4	18739	11,4	4595	2,8
Труновский	130164	7090	5,5	21778	16,7	64448	49,9	27175	20,9	8296	6,4	827	0,6
Шпаковский	119541	6903	5,8	15851	13,3	43727	36,6	29881	24,9	17291	14,5	5888	4,9
<b>IV зона</b>													
Георгиевский	141400	12600	8,9	38280	27,1	65200	46,1	18190	12,9	4420	3,1	2710	1,9
Минераловодский	572249	3352	5,6	11061	19,3	27333	47,7	11990	20,9	3171	5,5	343	0,6
Кировский	111370	710	0,6	9100	8,2	58160	52,2	28450	25,5	10650	9,6	4300	3,9
Предгорный	82174	2132	2,6	7086	8,7	34715	42,2	18193	22,1	10747	13,1	9302	11,3
<b>По краю</b>	3807501	237852	6,2	677928	17,8	1895658	49,9	654755	17,2	244508	6,4	96800	2,5

Следующий за ним, Нефтекумский район имеет 33,8 тыс. га таких почв, Ипатовский район хотя и имеет 37,7 тыс. га высоко обеспеченных по фосфору почв, но они составляют 13,5% от площади пашни. Более 20% пашни такие

почвы занимают в Предгорном районе.

В Новоселицком районе в основном наблюдался переход почв из класса низко обеспеченных в класс со средним содержанием фосфора. Площадь же почв с высоким содержанием возросла здесь с 0,5 до 1,1% (в 1966 году почв такой категории в этом районе не было). Аналогичные тенденции отмечались и в Благодарненском районе - площадь хорошо обеспеченных фосфором почв здесь 2,5%, Красногвардейском районе – 4,3% и Буденовском районе – 4,8%.

Анализ изменения плодородия почв, по результатам трех туров обследования, показал, что за период с 1964 по 1983 год содержание фосфора в пахотном слое возросло в 1,5-2 раза в хозяйствах, где его вносили ежегодно в дозе 20-25 кг/га.

В хозяйствах, где применяли менее 20 кг/га, содержание подвижного фосфора изменялось менее значительно. В целом по краю между 1 и 3 турами изменения в содержании фосфора в почве колебались в пределах 0,7-10 мг/кг почвы.

В широком производственном эксперименте по изучению периодического внесения фосфорно-калийных удобрений на площади 79 тыс. га проведенном на преобладающих в крае почвах: южных карбонатных малогумусных мощных и среднемощных черноземах, карбонатных среднегумусных, сверхмощных и мощных черноземах, слитых солонцеватых черноземах, темно-каштановых солонцеватых и темно-каштановых карбонатных почвах, среднее содержание подвижного фосфора до начала опыта в них было в пределах 11,4-18,6 мг/кг почвы. За шестилетний период эксперимента было внесено 108-332 кг фосфорных удобрений на га по действующему веществу.

При внесении на фоне азота и калия 163-332 кг/га фосфора на карбонатных, слабовыщелоченных и южных черноземах содержание подвижного фосфора возросло до 19-28,7 мг/кг почвы.

В то же время на слитых черноземах и темно-каштановых почвах доза фосфора в 100-244 кг/га подняла его уровень в почве до 19-25 мг/кг.

По сравнению с первоначальным содержанием количество фосфора в

черноземах за 6 лет эксперимента возросло на 8-13,7 мг, в солонцеватых почвах - на 7,4-8,3 мг. Для увеличения подвижного фосфора в черноземах на 1 мг потребовалось 24 кг/га  $P_2O_5$ , а в каштановых почвах - 14 кг/га.

Таблица 16

**Содержание подвижного фосфора в почвах пашни  
Ставропольского края (мг/кг почвы)**

Наименование районов	Тур обследования			
	I	II	III	IV
Апанасенковский	20	21	26	27
Арзгирский	17	17	17	21
Левокумский	20	19	19	24
Нефтекумский	22	22	28	31
Туркменский	15	17	16	20
Александровский	15	18	19	24
Благодарненский	13	13	15	24
Буденновский	12	16	17	18
Ипатовский	15	18	19	22
Курский	15	17	17	20
Новоселицкий	13	14	15	15
Петровский	11	14	18	24
Советский	10	17	16	19
Степновский	15	17	17	21
Изобильненский	11	13	15	18
Грачевский	16	14	15	19
Кочубеевский	16	21	19	24
Красногвардейский	13	15	14	17
Андроповский	15	18	21	17
Новоалександровский	16	17	19	25
Труновский	10	14	17	18
Шпаковский	13	18	21	24
Георгиевский	15	16	17	18
Минераловодский	18	17	20	24
Кировский	15	17	16	23
Предгорный	15	24	24	27
Среднее по краю	15	17	19	22

Результаты IV тура обследования почв показали, что тенденции, отмеченные после III тура обследования, сохранились - содержание подвижного фосфора в почвах практически всех районов продолжало возрастать, и средняя обеспеченность их составила 22 мг/кг (при 19 мг/кг в 3 туре). Исключение составили Новоселицкий район, где этот показатель остался на прежнем уровне. В остальных районах среднее увеличение содержания фосфора в почвах обследованной пашни составило от 1 до 9 мг/кг почвы (табл. 16).



По результатам V тура обследования почв видно, что за период с 1983-1988 гг. по 1988-1993 гг. содержание подвижного фосфора в почвах практически всех районов Ставропольского края продолжало возрастать и в среднем содержание его достигло 26 мг/кг почвы, т. е. возросло по сравнению с 4 туром на 4 единицы. На прежнем уровне осталось содержание фосфора в почвах лишь Туркменского района.

VI тур обследования 1993-1996 гг., проведенный в 17 из 24 районов показал, что содержание подвижного фосфора в почвах практически всех обследованных районов существенно (на 1-16 мг/кг почвы) снизилось.

Это явилось неизбежным следствием резкого снижения уровня применения минеральных и органических удобрений (в 7 и 4 раза соответственно в 1995 году по сравнению с 1987-1990 гг.). Обеспеченность почв подвижным фосфором в среднем составила 21 мг/кг почвы, что на 5 мг/кг почвы меньше, чем по результатам V тура обследования.

### **3.4. Калийный режим почв**

Калий играет значительную роль в жизнедеятельности растений. По сравнению с другими элементами минерального питания изучение его физиологических функций затруднено тем, что выделить стабильный изотоп калия сложно. Установлено, что калий интенсифицирует процесс фотосинтеза. Это обусловлено способностью калия активизировать ферменты, участвующие в энергетическом переносе, построении АТФ, обеспечивающей энергией ассимиляцию углекислого газа. Калий ускоряет отток ассимилятов в запасующие органы, контролирует работу устьиц, тем самым, влияя на углеводный обмен в растениях. Значительное влияние калий оказывает и на азотный обмен в растениях. Он способствует образованию белков, стимулируя образование энергоносной АТФ, восстановление нитратов до  $\text{NH}_2^-$  группы, пополнение ассимилятами кетокислот в процессе синтеза аминокислот. С этим механизмом связано благоприятное действие калия на процесс азотфиксации у бобовых растений. Калий ослабляет неблагоприятное влияние засухи, способствуя эф-

фективному использованию воды. Повышает устойчивость растений и к другим стрессовым ситуациям: низким температурам, засоленности почв. Эти свойства основываются на способности калия повышать осмотическое давление клеточного сока и влиять, таким образом, на биофизические свойства клеток. Кроме этого установлено, что калий повышает устойчивость растений к ряду заболеваний.

Содержание калия в земной коре составляет 2,5%. Валовое содержание калия в почвах может сильно колебаться и в основном зависит от состава минералов и почвообразующих процессов, а также от их гранулометрического состава. Почвы тяжелого гранулометрического состава могут фиксировать значительно больше калия, чем легкие. На поглотительную способность почвы в отношении калия значительное влияние оказывают ее влажность, содержание гумуса, реакция среды, емкость поглощения и степень насыщенности основаниями, биологическая активность почв, а также дозы и формы калийных удобрений. Природа, запасы и формы соединений почвенного калия, их изменения под воздействием различных факторов рассмотрены в работах целого ряда исследователей. Меньше всего калия содержится в песчаных почвах (0,03-0,7%), максимальные запасы его сконцентрированы в черноземах, каштановых и особенно в сероземных почвах. Формы почвенного калия подразделяются на водорастворимый, обменный и необменный, также выделяют органический калий и калий почвенного скелета. Последний составляет 90-95% валового количества.

В процессе выветривания ионы калия попадают в почвенный раствор, где часть из них мигрирует с ним, а часть вторично закрепляется твердой фазой, компенсируя избыточный отрицательный заряд. Такой заряд могут образовывать разнообразные вторичные минералы и органические соединения. В зависимости от местонахождения заряда на поверхности минерала или от распределения электронной плотности в органической молекуле, прочность связи калия в каждом случае будет различной. Все это определяет разнообразие позиций в твердой фазе с различным физико-химическим сродством к калию. При изменении внешних условий обычно все формы калия подвержены

динамике, и многие исследователи указывают на наличие подвижного равновесия между ними.

Для практических целей необходимо в первую очередь знать, в какой степени растения обеспечены калием. Это подразумевает наличие сведений о доступных растениям формах, т.е. непосредственно потребляемых и возможности пополнения их за счет других форм.

Большую часть калия растения поглощают из почвенного раствора, поэтому водорастворимую форму, как считают западно-европейские исследователи, следует считать показателем питания растений калием. Это мнение основано также на более тесной корреляции между урожаем и водорастворимой формой, чем урожаем и обменной формой (ИРІ, 1977).

Содержание водорастворимого калия в почвах незначительно и, по мнению исследователей (Пчелкин, 1966, Ониани, 1981 и др.), как фактор, характеризующий эффективное плодородие почв, существенного значения не имеет. Об обеспеченности растений калием судят по содержанию в почве его обменной формы.

В условиях Юга России рекомендации по применению калийных удобрений сводятся к необходимости компенсации выноса калия планируемым урожаем и увеличения содержания обменного калия в почве, т. е. повышения плодородия почв. Уровень доз зависит от отклонения фактического содержания обменного калия от оптимального и определяется на базе сведений об эффективности калийных удобрений в многолетних полевых опытах, проводимых в данном регионе.

Более детальные рекомендации по использованию калийных удобрений предложены нами (1996). Они базируются на установленном факте повышения содержания обменного калия при отрицательном балансе его при внесении доз калийных удобрений, не компенсирующих вынос растениями. Подход к определению доз калийных удобрений основывается на экспериментальном определении для конкретных условий той минимальной дозы, при которой будет обеспечиваться определенный уровень продуктивности севооборота, эффек-

тивное использование удобрений и непрерывное увеличение содержания калия в почве. Для этого на основе балансовых расчетов вводится показатель предельно допустимой дозы калия за ротацию севооборота - разница между средней годовой дозой и средним годовым выносом калия урожаем заданной величины. Учеными сделана попытка оценить размеры оптимальной дозы удобрений с различных позиций: физиологической, почвенной, агрохимической, экономической и учетом климатического фактора. При этом предельно допустимая доза устанавливается с учетом продуктивности севооборота (в зерновых единицах), гранулометрического состава (процент содержания физической глины), содержания обменного калия и оптимального количества калия в ППК, климатического показателя данного региона (коэффициент увлажнения, сумма температур более 10° С за год).

Безусловно, пути оптимизации калийного питания растений будут совершенствоваться в дальнейшем.

За последние годы произошли существенные изменения в обеспеченности почв Ставрополя обменным калием (табл. 17, 18).

В целом по краю, по результатам III тура обследования, содержание калия стабилизировалось на уровне 337 мг/кг почвы.

Однако количество почв с высоким содержанием калия уменьшилось по сравнению со II туром с 90% до 79%. Вместе с этим возросли площади низкообеспеченных калием почв. Если после II тура их насчитывалось 30,4 тыс. га, то по результатам III тура их стало уже более 100 тыс. га, или 2,6% от всей обследованной пашни.

За период с 1976 по 1986 годы отмечается снижение площадей почв, хорошо обеспеченных калием. По краю это составляет почти 500 тыс. га. Удельный вес таких почв, выраженный в процентах ко всей площади обследованной пашни, понизился в 18 районах из 26, причем в Александровском районе с 62 до 46%, Благодарненском – с 95 до 73%, Курском - с 95 до 78%, Новоселицком - с 85 до 47% и в Петровском - с 92 до 74%. Аналогичная картина наблюдалась в Нефтекумском, Левокумском, Арзгирском, Апанасенковском, Ипатовском и

др. районах (табл. 19). Такое состояние сложилось вследствие того, что вынос калия сельскохозяйственными культурами не компенсировался вносимыми удобрениями, а это приводило к нарушению его баланса в почве.

Таблица 17

**Динамика содержания калия по турам агрохимического обследования почв Ставропольского края, мг/кг почвы**

Районы	Тур обследования*					
	I	II	III	IV	V	VI
<b>I зона</b>						
Апанасенковский	403	472	490	468	415	409
Арзгирский	434	385	417	399	415	349
Левокумский	456	447	450	448	436	-
Нефтекумский	493	500	473	457	466	-
Туркменский	392	412	413	426	356	334
<b>II зона</b>						
Александровский	243	268	310	278	284	280
Благодарненский	367	321	342	347	354	-
Буденновский	419	403	392	376	381	335
Ипатовский	404	449	446	403	483	410
Курский	389	350	358	365	354	-
Новоселицкий	328	308	305	293	312	261
Петровский	305	316	356	354	334	327
Советский	-	345	337	297	369	-
Степновский	321	386	391	376	371	-
<b>III зона</b>						
Изобильненский	347	363	333	374	369	346
Грачевский	381	324	358	355	315	255
Кочубеевский	329	313	354	354	340	325
Красногвардейский	302	302	309	321	343	275
Андроповский	364	386	409	406	380	363
Новоалександровский	374	321	376	411	443	379
Труновский	325	288	355	342	335	-
Шпаковский	342	346	375	325	359	346
<b>IV зона</b>						
Георгиевский	327	306	297	281	344	-
Минераловодский	400	369	395	438	405	323
Кировский	292	293	309	331	329	-
Предгорный	331	371	330	377	344	377
<b>Среднее по краю</b>	373	335	337	369	371	335

Примечание: \*Годы проведения туров обследования приведены в предыдущих таблицах.

**Распределение пашни по обеспеченности почв обменным калием, % к площади пашни**

Степень обеспеченности почвы	Содержание, мг/кг почвы	Тур обследования				
		I	II	III	IV	V
Низкая	до 15	63,6	54,9	51,0	36,4	22,0
Средняя	16-30	35,5	40,1	38,5	43,6	55,8
Высокая	более 30	0,9	5,0	10,5	20,0	22,2

Потребление калия на формирование урожаев за это же время было в пределах 170 тыс. т, а внесено с удобрениями - 105 тыс. т. В расчете на гектар среднегодовое внесение калия не превысило 30 кг/га при выносе 49 кг/га. Дефицит составил 38% или 19 кг/га. В районах под влиянием практикуемых норм внесения калийных удобрений сложился отрицательный баланс калия в системе почва-растение-удобрение.

Результаты IV тура обследования почв пашни свидетельствуют о том, что тенденция к снижению обеспеченности почв обменным калием, отмеченная по результатам III тура обследования, сохраняется в большинстве районов Ставрополья (табл. 19).

Наряду с этим в ряде районов отмечено существенное повышение этого показателя на 22-47 мг/кг почвы (Андроповский, Новоселицкий, Минераловодский, Кировский, Предгорный) и незначительное увеличение содержание обменного калия в Благодарненском, Курском, Шпаковском районах. Однако среднее содержание обменного калия в почвах пашни возросло на 3 мг/кг почвы.

**Содержание обменного калия в пахотных почвах Ставропольского края по районам (материалы V тура обследования)**

Районы	Обследованная площадь, га	Содержание обменного калия в почвах, мг/кг											
		очень низкое <100		низкое 101-200		среднее 201-300		повышенное 301-400		высокое 401-600		очень высокое >600	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
<b>I зона</b>													
Апанасенковский	145699	-	-	112	0,1	9459	6,5	60762	41,7	69623	47,8	5743	3,9
Арзгирский	225000	-	-	-	-	4650	2,1	86930	38,6	131000	58,2	2400	1,1
Левокумский	170860	-	-	180	0,1	5760	3,4	35000	20,5	116900	68,4	13020	7,6
Нефтекумский	108490	70	0,1	610	0,6	6290	5,8	27870	25,7	58520	53,9	1530	13,6
Туркменский	136891	-	-	197	0,2	33854	24,7	68205	49,8	34173	25,0	462	0,3
<b>II зона</b>													
Александровский	129010	3410	2,6	38530	29,9	48470	37,6	18640	14,4	15440	12,0	4520	3,5
Благодарненский	199020	-	-	1410	0,7	55850	28,1	119810	60,2	21240	10,7	710	0,3
Буденновский	240130	-	-	520	0,2	31340	13,1	126390	52,6	74280	30,9	7600	3,2
Ипатовский	272868	-	-	735	0,3	35532	13,0	109014	39,9	112379	41,2	15208	5,6
Курский	160500	-	-	2500	1,6	40460	25,2	78670	49,0	37480	23,3	1390	0,9
Новоселицкий	134180	-	-	4100	3,1	62710	46,7	56990	42,5	9460	7,0	920	0,7
Петровский	131020	52	0,1	5037	3,8	52574	40,1	43382	33,3	26819	20,5	2857	2,2
Советский	168860	-	-	2350	1,4	47180	28,0	69100	40,0	39380	23,3	10850	6,4
Степновский	130770	-	-	300	0,2	21950	16,8	67050	51,3	40290	30,8	1180	0,9
<b>III зона</b>													
Изобильненский	126619	72	0,1	3061	2,4	29918	23,6	50555	39,9	40279	31,8	2734	2,2
Грачевский	96860	242	0,2	9971	10,3	40551	41,9	27147	28,0	16958	17,5	1991	2,1
Кочубевский	122612	262	0,2	8603	7,0	39062	31,9	41672	34,0	31316	25,5	1697	1,4
Красногвардейский	125518	363	0,3	6544	5,2	42498	33,9	43052	34,3	29465	23,5	3547	2,8
Андроповский	176303	-	-	282	0,1	22595	12,8	91949	52,2	60230	34,2	1247	0,7
Новоалександровский	164403	-	-	47	0,0	4930	3,0	54131	32,9	92091	56,0	13205	8,1
Труновский	130164	16	0,0	3297	2,5	48302	37,1	52230	40,1	24667	19,0	1652	1,3
Шпаковский	119541	661	0,6	15671	13,1	30418	25,4	26502	22,2	42136	35,2	4153	3,5
<b>IV зона</b>													
Георгиевский	141400	1300	0,9	4120	2,9	59760	42,3	51160	36,2	21910	15,5	3150	2,2
Минераловодский	572249	-	-	230	0,4	10982	19,2	20493	35,8	22181	38,7	3362	3,9
Кировский	111370	-	-	1540	1,4	39320	35,3	53220	47,8	16420	14,7	870	0,8
Предгорный	82174	140	0,1	4111	5,0	30295	37,0	26411	32,1	17315	21,0	3942	4,9
<b>По краю</b>	3807501	6588	0,2	114108	3,0	854710	22,4	1520204	39,9	1201952	31,6	109939	2,9

Почвы Ставропольского края характеризуются в целом как хорошо обеспеченные калием за счет сложившегося естественного плодородия.

V тур обследования показал, что благодаря рациональному использованию минеральных удобрений в 12 из 24 районов содержание обменного калия возросло на 5-80 мг/кг почвы. В 9 районах содержание калия продолжало снижаться по сравнению с IV туром (табл. 19).

## II. УДОБРЕНИЯ И ДИНАМИКА ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Время и характер использования почв в сельском хозяйстве оказывает существенное влияние на ход почвообразовательного процесса, формирование почвенного плодородия. При антропогенном воздействии плодородие почвы увеличивается или заметно снижается от исходного в результате игнорирования известных приемов, направленных на его сохранение.

### *1. Изменение морфогенетических признаков почвы под влиянием агрохозяйственной деятельности*

Агротехника, противоэрозионные и мелиоративные мероприятия, лесные насаждения и направление лесных полос в сочетании с природным рельефом, ветровым режимом, гидрографией полей оказывают существенное влияние на морфогенетические признаки почвы. Покажем это на примере собственных исследований.

Разрезы выполнены на стационаре опытной станции университета 24.07.91 г., что совпало с завершением второй ротации восьмипольного севооборота. Макрорельеф - Ставропольская возвышенность, мезорельеф - северный пологий склон с крутизной около  $7^\circ$ , микрорельеф - ровное место. Накануне вечером (23.07.91.) выпал дождь, не вызвавший смыва почвы. Четыре полнопрофильных разреза заложены на вариантах: 1 - контроль без удобрений, 2 - насыщенность севооборота NPK 60 кг/га + 2,5 т/га навоза, 3 - насыщенность севооборота NPK 120 кг/га + 5,0 т/га навоза, 4 - насыщенность севооборота NPK 180 кг/га + 7,5 т/га навоза в первом поле первой повторности. Обработка почвы на протяжении двух ротаций севооборота плугом ПЛН-4-35 на глубину 20-22 см.

На представленном рисунке 4 четко просматривается существенное влияние систем удобрений на профиль почвы. Мощность  $A_{\text{пах}}$  на контроле - 17 см, что на 4-7 см короче по сравнению с удобренными вариантами. Тройная насыщенность севооборота туками поддерживает наибольшую мощность  $A_{\text{пах}}$ . Мощность  $A_{\text{подпах}}$  по мере удобренности почвы укорачивается с 17 см на контроле до 12-8-5 см соответственно системам удобрений. Системы удобрений с



двойной и тройной насыщенностью севооборота туками сводят на нет мощность подпахотного горизонта и его с небольшой долей риска можно считать вовлеченным в  $A_{\text{пах}}$ . В таком случае, на обсуждаемых вариантах мощность  $A_{\text{пах}}$  составит 29 см. По-видимому, достоверное снижение содержания гумуса на контроле объясняется, в первую очередь, «разбавлением», за счет припашки  $A_{\text{подпах}}$ .

На горизонт  $A_1$  влияние агрохозяйственной деятельности не проявляется, а мощность залегания, независимо от вариантов опыта, колеблется в пределах 50-54 см и по нижней отметке копирует уклон участка. Мощность АВ колеблется в пределах 31-34 см, за исключением варианта с двойной насыщенностью севооборота туками (23 см), что объясняется заложением по рельефу.

Все разрезы заложены строго по линии N-S с расстоянием между ними 15-20 м, а мощность залегания горизонта В соответственно вариантам опыта составила 8-14-14->8 см, что свидетельствует о достоверно разной мощности и волнообразном залегании по склону. Горизонт С разрезов 1, 3 имеет мощность 30 см, в разрезе 2 он оказался на 10 см короче, что свидетельствует о точности описанного только относительно обсуждаемых разрезов, и как же экстраполировать эти данные? Волнообразное сложение генетических горизонтов оказывает очень сильное влияние на миграцию воды и других веществ (рис. 5).

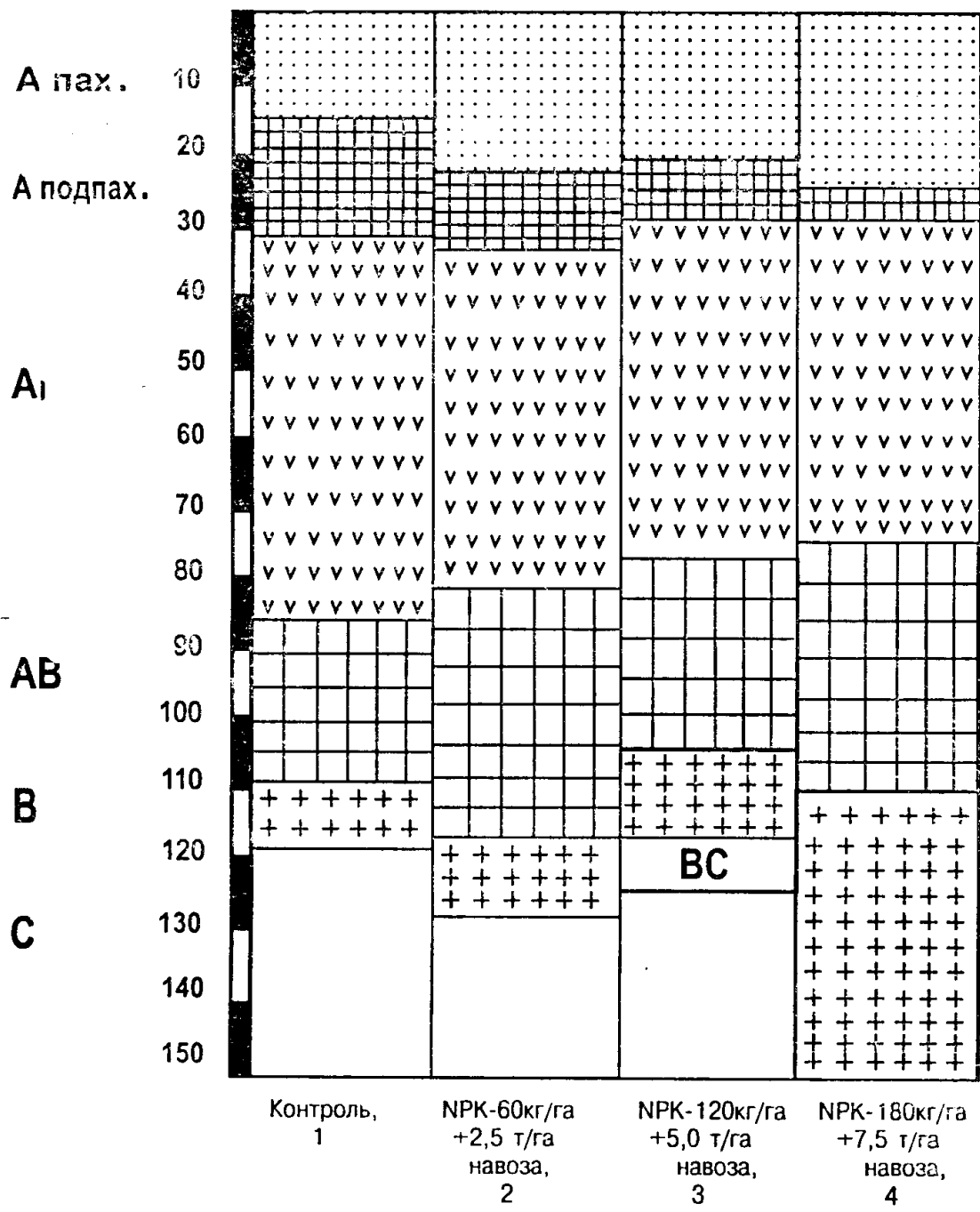


Рисунок 4. Влияние агрохозяйственной деятельности на морфологические признаки чернозёма выщелоченного.

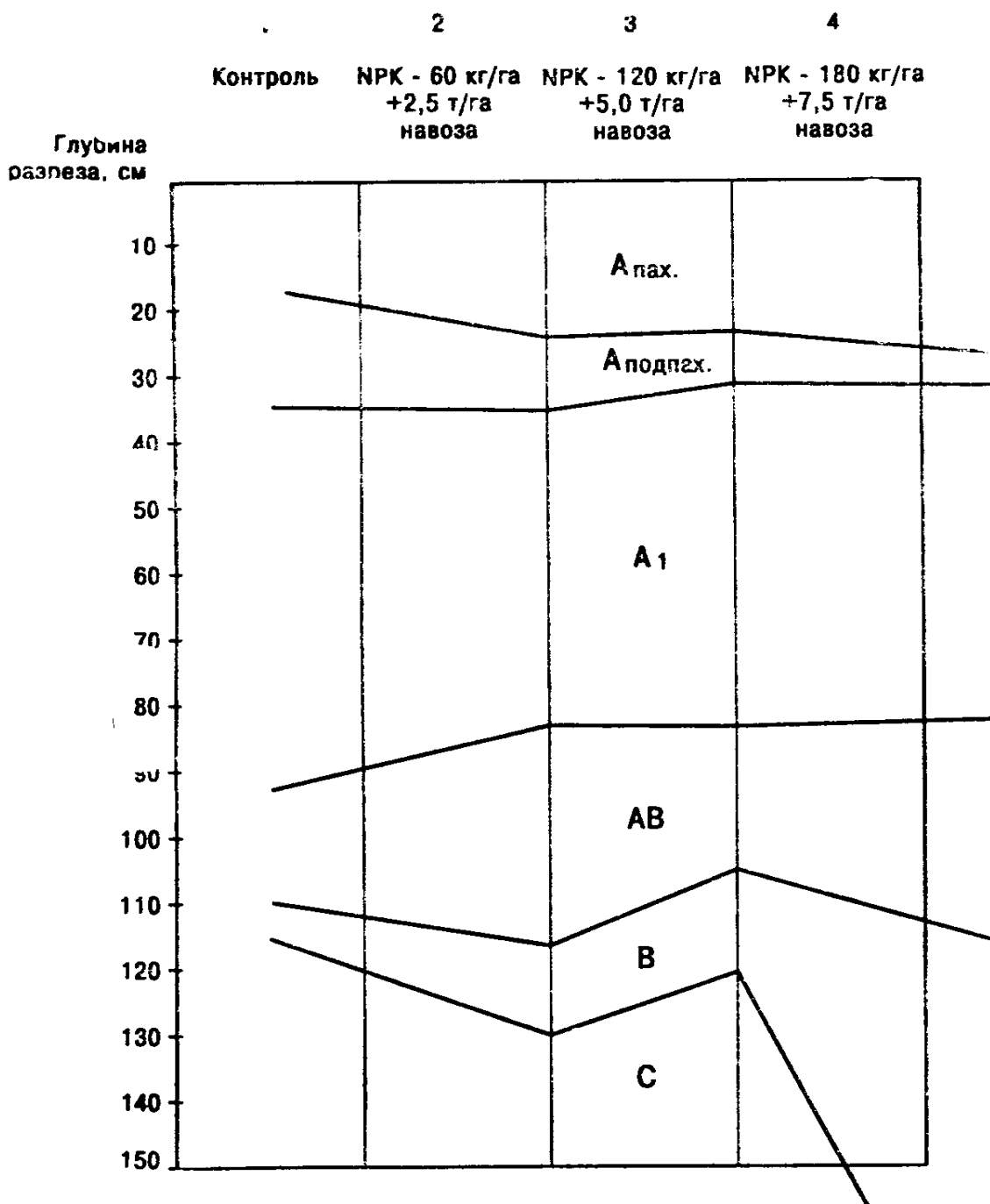


Рисунок 5. Залегание генетических горизонтов на экспериментальном севообороте.

Таким образом, мощность перегнойных горизонтов соответственно вариантам опыта составила 120-130-119>150 см.

Максимальное уплотнение начинается с глубины 24-26 см, за исключением варианта с одинарной насыщенностью севооборота туками, где оно отмечено с 34 см. На всех разрезах после указанных отметок уплотнение с глубиной уве-

личивается.

Вскипание от HCl на контроле отмечено со 120, на варианте с одинарной насыщенностью со 116, с двойной - со 119, с тройной - со 109 см. Отсюда следует, что системы удобрений заметно поднимают содержание  $Ca^{2+}$ , препятствуют вымыванию его в более глубокие слои (рис. 4, разрез 4). Включения карбонатов в виде прожилков, белых точек и отдельных кристаллов замечены с глубины 112 см, кроме разреза 1. Сульфаты и другие соли не обнаружены в разрезах 1, 3, 4. В разрезе 2 отмечены отдельные кристаллы сульфатов в горизонте В, во всех разрезах грунтовые воды не вскрыты.

Материнская порода вскрыта в разрезах 1, 2, 3 и характеризуется соответственно как тяжелый суглинок карбонатный тяжелый суглинок, карбонатный с кристалликами солей и карбонатов. В разрезе 4 материнская порода не вскрыта.

Генетические горизонты различались не только мощностью, но и по другим признакам. Так, разрез 4, выполненный на варианте с тройной насыщенностью севооборота туками  $A_{пах}$ , имел: влажность - около 24%; сложение - рыхлое; механический состав - суглинок тяжелый темно-серого (черного) цвета; структуру - мелкозернистую, кубовидную-творожистую; плотность - низкую; новообразований - нет, очень редко белые точки (удобрения, мелиоранты); корни злаковой культуры идут вертикально вниз; переход к  $A_{подпах}$  ясно выражен по увеличению плотности, структуре.  $A_{пах}$  разреза 3 отличается от  $A_{пах}$  разреза 4 большей влажностью ( $\approx 26\%$ ) и цветом - темно-серым; переход к  $A_{подпах}$  выражен еще и по цвету.  $A_{пах}$  разреза 2 - морфологические признаки идентичны  $A_{пах}$  разреза 3.  $A_{пах}$  разреза 1 отличается от  $A_{пах}$  разреза 4 ясно выраженным переходом к  $A_{подпах}$  по цвету.

Так же заметно различается  $A_{подпах}$  в описываемых разрезах. В разрезе 4 он характеризуется более плотным сложением, более темным цветом, корней меньше, чем в  $A_{пах}$ ; суглинок тяжелый, ближе к глине; немного суше ( $\approx 22-23\%$ ), а структура уже крупнозернисто-ореховатая с призматическими формами, запаханными полуразложившимися отдельными остатками растений; включений нет; переход выражен уменьшающейся плотностью, цветом, влажностью. На

варианте с двойной насыщенностью севооборота туками  $A_{\text{подпах}}$  отличается от  $A_{\text{подпах}}$  разреза 4: большей сухостью ( $\approx 22\%$ ); очень плотным сложением; более темным цветом; суглинок тяжелый - глина; включения - галька; новообразований - нет; червороин - нет; переход выражен только по структуре.  $A_{\text{подпах}}$  разреза 2 по всем морфологическим признакам идентичен  $A_{\text{подпах}}$  разреза 3.  $A_{\text{подпах}}$  контрольного варианта характеризуется влажностью около 24%, ореховато-призматической структурой с коричневатыми примазочками на гранях комочков; темно-серым (черным) цветом; наблюдаются растительные остатки. Как видим, морфологически  $A_{\text{подпах}}$  на контрольном варианте существенно отличается от аналога других разрезов.

Таким образом, агрохозяйственная деятельность существенно влияет на морфогенетические признаки  $A_{\text{пах}}$  и  $A_{\text{подпах}}$  почвы, а применение рациональных систем удобрений изменяет почвообразовательный процесс в желаемом направлении.

Агрохозяйственная деятельность затрагивает отдельные генетические признаки и горизонта  $A_1$ . Так, на варианте с тройной насыщенностью севооборота туками (разрез 4) он представлен тяжелым средневлажным суглинком (влажность  $\approx 21\%$ ), менее плотным по сравнению с  $A_{\text{подпах}}$ , желто-серой окраски со слабым буроватым оттенком; структура уже среднезернистая, кубовидной формы; редко отмечаются ходы корней, еще реже червороины.  $A_1$  разреза 3 выше рассмотренного выше, цвет имеет коричневатые оттенки; тот же суглинок, но с отдельными блестками слюды; встречаются отдельные корни серого цвета.

Морфологические признаки  $A_1$  разреза 2 идентичны разрезу 3, но суглинок среднеплотный, отчетливее просматриваются кротовины, встречаются кристаллики солей (хлор?) и карбонаты в виде мелких кристалликов. На контрольном варианте (разрез 1) горизонт  $A_1$  уже имеет окраску буроватого оттенка книзу; сложение плотное; новообразования представлены вертикально направленными корнями растений; редко встречаются ходы червей; заметна галька красного цвета с диаметром 15 мм; встречаются вертикальные трещины; переход к горизонту АВ неясно выражен, т. е. рассматриваемый разрез по ряду генетических

признаков существенно отличается от разрезов, выполненных на длительно удобряемых деланках.

Заметно различаются разрезы и горизонтом АВ. Так, разрез 4 характеризуется как свежий, плотный с буровато-серой окраской; тяжелый мелкопористый суглинок с зернистой кубовидной структурой, видны светлые пятна - привнесенные дождевыми червями с нижних горизонтов; переход к горизонту В явно выраженному вскипанию, усиливающемуся книзу. Обсуждаемый горизонт в разрезе 3 уже имеет серый цвет с бурым оттенком, тот же суглинок, но среднезернистый; включений не наблюдается. Из новообразований замечена древняя деятельность червей и кротов, переход к следующему горизонту отмечается по более осветляющейся окраске.

Многие генетические признаки горизонта АВ разреза 2 идентичны разрезу 3, но суглинок средний, несколько отчетливее кротовины. На контрольном разрезе АВ характеризуется серым цветом с бурым оттенком; влажность заметно ниже верхних горизонтов и по сравнению с другими разрезами; тяжелый суглинок - плотный. Новообразования - ходы червей, переход к В заметен по более осветляющейся окраске и плотности.

Горизонт В разреза 4 свежий на вид, плотный, желтовато-бурый с серыми пятнами средний суглинок с мелкозернистой структурой; встречаются бурно вскипающие белые кристаллики и мелкие прожилки карбонатов; видны микрокапилляры, мелкие кристаллы слоеных хлоридов. В отличие от разреза 4, обсуждаемый горизонт разреза 3 уже имеет серый цвет с бурым оттенком; суглинок - тяжелый среднезернистый; включений - нет; отдельные кротовины и червоточины.

Горизонт В разреза 2 по многим признакам идентичен разрезу 3, но отчетливее видны кротовины, ходы червей; встречаются карбонаты в виде мелких кристалликов. На контрольном разрезе этот горизонт уже бурого цвета; по влажности соответствует горизонту АВ; суглинок - тяжелый, очень плотный. Из новообразований редки червоточины, кротовины; солей не наблюдается.

Следовательно, как сама природа, так и агрохозяйственная деятельность

сильно изменяют жизнь почвы, почвообразовательный процесс по всему профилю разрезов.

Горизонт ВС с мощностью в 1 см вскрыт только на разрезе 3, на разрезе 4 не вскрыта материнская порода. Вскрытая материнская порода по механическому составу характеризуется как тяжелый суглинок карбонатный с кристалликами солей и карбонатов; в разрезе 2 уже отсутствуют карбонаты; в разрезе 1 не замечено ни солей, ни карбонатов.

По комплексной оценке морфогенетических признаков ныне почва систематизирована как: тип - чернозем, подтип - выщелоченный глубокомицеллярно-карбонатный, род - обычный, вид - среднемошный укороченный среднегумусный тяжело суглинистый. Тем самым мы хотели привлечь внимание администрации и общественности к насущной необходимости новых исследований почвенного покрова Ставропольского края и прилегающих территорий, ибо будет поздно.

## ***2. Воспроизводство органического вещества почвы в современных условиях***

При складывающейся в современных условиях насыщенности севооборотов удобрениями вряд ли возможно поддержание плодородия почвы на исходном уровне (1990 г.), когда внесение туков систематически снижается (табл. 20).

В настоящее время большую тревогу вызывает значительное снижение запасов гумуса в почве вследствие усиления минерализации органического вещества в условиях интенсивного использования пашни. Подтверждением этому являются итоги работы комплексной экспедиции, географически охватившей известные стационары Ставропольского и Краснодарского краёв, республик Северного Кавказа: Кабардино-Балкарская, Северная Осетия-Алания, Ингушетия, Дагестан, Карачаево-Черкесская, Калмыкия, Чеченская, Нижнее Поволжье и Ростовская область, расположенные вблизи знаменитого маршрута, пройденного в свое время В.В. Докучаевым.

В результате обследования длительных стационаров научно-

исследовательских учреждений Юга России, заложенных 10-40 лет назад, нами установлено: интенсификация севооборотов посредством насыщения их пашными культурами приводит к снижению содержания гумуса в типичном, на стыке с выщелоченным, мицеллярно-карбонатном чернозёме.

Таблица 20

**Внесение минеральных удобрений в хозяйствах Ставропольского края,  
кг/га д. в.**

Район	Среднее за 1986-1990 гг.				1991 г.				1995 г.			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Σ	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Σ	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Σ
Всего по краю	28	35	13	76	18	26	8	52	7	3	1	11
1. Апанасенковский	19	26	4	49	5	15	4	24	3	1	0	4
2. Арзгирский	15	20	5	40	5	13	3	21	0	0	0	0
3. Левокумский	25	26	5	46	9	14	2	25	2	2	0	4
4. Нефтекумский	35	36	8	79	17	20	6	43	1	1	0	2
5. Туркменский	13	18	4	35	8	9	1	18	3	2	0	5
6. Александровский	32	35	13	80	27	38	8	73	6	6	1	13
7. Благодарненский	18	24	8	50	7	16	8	31	6	1	0	7
8. Буденновский	15	26	7	48	10	14	3	27	2	2	0	4
9. Ипатовский	23	30	9	62	18	20	8	46	4	2	1	7
10. Курский	22	26	7	55	9	20	4	33	3	2	0	5
11. Новоселицкий	31	41	16	88	8	18	11	36	11	3	0	14
12. Петровский	37	46	13	96	30	35	7	72	14	1	0	15
13. Советский	25	42	15	82	16	38	6	74	7	16	0	23
14. Степновский	16	27	4	47	14	37	3	54	2	0	0	2
15. Изобильненский	29	42	10	81	20	30	2	52	2	3	0	5
16. Грачевский	33	41	10	84	27	39	2	68	16	5	0	21
17. Кочубеевский	51	60	26	137	32	35	17	84	14	6	1	21
18. Красногвардейский	48	53	23	124	39	35	15	93	16	6	1	23
19. Андроповский	22	30	10	62	13	23	3	39	7	6	0	13
20. Новоалександровский	53	21	29	133	25	41	16	82	16	6	1	23
21. Труновский	42	52	28	122	31	36	23	90	11	7	1	19
22. Шпаковский	36	47	20	103	18	27	8	53	14	10	0	24
23. Георгиевский	31	34	19	84	22	41	15	78	12	7	1	20
24. Минераловодский	37	43	12	92	28	29	6	63	16	7	0	23
25. Кировский	41	60	27	128	26	46	21	93	7	4	0	11
26. Предгорный	38	43	19	100	27	47	12	66	8	3	1	12

Так, в 0-20 см слое почвы, в неорошаемых севооборотах Карачаево-Черкесского НИИСХ с общепринятыми способами использования пашни и насыщенностью N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> за 12-летний период произошло уменьшение содержания гумуса более чем на 15% по сравнению с исходным. В условиях высокой



культуры земледелия, исключаящей межкультурные периоды в севооборотах за счёт сочетания основных и промежуточных культур, отмечен менее интенсивный распад гумуса в 0-150 см слое по сравнению севооборотом без промежуточных культур. Если в севообороте при непрерывном использовании пашни распад гумуса на неорошаемом фоне с начала опыта в слоях почвы 30-40 и 60-70 см достиг 23,4 и 33,6%, то в севообороте с общепринятым использованием – соответственно 28,7 и 48,2%

В орошаемых севооборотах процессы распада гумуса протекают более интенсивно, особенно в средней части почвенного профиля (30-60 см). Под влиянием орошения в севообороте с общепринятым способом использования пашни, потери гумуса в слоях почвы 30-40 и 60-70 см возросли в 1,9-2,12 раза, а в севообороте с непрерывным использованием – соответственно в 1,37 и 1,45 раза по сравнению с неорошаемым фоном.

Дополнительно количество органических остатков в севообороте с непрерывным использованием пашни без орошения сдерживает темпы потерь гумуса из почвы по сравнению с севооборотом без промежуточных культур. При орошении наблюдается обратное явление. Непрерывное использование пашни в севообороте посредством сочетания основных и промежуточных культур, как и в рекомендуемом севообороте, насыщенном пропашными культурами, на фоне  $N_{60}P_{60}K_{40}$ , независимо от условий увлажнения, ведёт к последовательному и устойчивому снижению содержания гумуса в мицеллярно-карбонатном чернозёме.

Исследования в 8-польном севообороте того же НИИСХ показали, что возделывание сельскохозяйственных культур на типичном мицеллярно-карбонатном чернозёме без применения удобрений приводит к заметному снижению содержания гумуса по всему профилю разреза. Если в исходных образцах его содержалось 7,27% в слое 0-20 см и 1,23% в слое 140-150 см, то к 1989 г. оказалось соответственно по 5,75 и 0,72%. В промежуточных горизонтах почвы потери гумуса ещё значительнее. Так, в слое 30-40 и 60-70 см они составили 27% от исходного запаса.

Содержание гумуса в образцах типичного чернозёма, отобранных с делянок, длительно удобряемых органо-минеральными смесями ( $N_{30}P_{45}K_{30} + 6,3$  т/га навоза в шесть полей и  $N_{30}P_{45}K_{30} + 6,3$  т/га навоза в одно поле севооборота в год), существенно не различалось. В обоих вариантах наблюдается плавное снижение содержания гумуса по всему почвенному профилю. Замена дробного внесения навоза на разовое - в одно поле из расчета 50 т/га (насыщенность севооборотной площади от этого не изменялась) не влияет на содержание гумуса.

Систематическое применение в этом севообороте минеральной системы удобрений с насыщенностью  $N_{30}P_{45}K_{30}$  способствует большим потерям гумуса, чем органо-минеральная. Если на органо-минеральной системе в слое 0-20 см почвы потери гумуса за 15-летний период составили 10%, то на минеральной – 15%. Аналогичная закономерность отмечается и в нижележащих слоях типичного чернозема.

Таким образом, в зоне достаточного увлажнения юга России ни одна из применявшихся до настоящего времени систем удобрения не способствовала сохранению гумуса на уровне исходных запасов.

В. И. Каргальцев (1988), изучая влияние удобрений на изменение содержания гумуса в черноземах (типичных, обыкновенных и южных с содержанием гумуса 5,2; 4,6 и 3,6% соответственно) Ставропольского края, установил, что содержание гумуса и его распределение по профилю хорошо коррелирует с общими запасами биомассы и распределением корней растений. Преобладание гуминовых кислот над фульвокислотами наблюдается до глубины 60 см, что определяет высокий показатель отношения  $C_{гк} : C_{фк}$ , который находится в пределах 2,3-1,9. С глубиной наблюдается относительное увеличение содержания фульвокислот и отношение  $C_{гк} : C_{фк}$  приближается к 1. В составе гумуса почв, на которые вносили органические удобрения, отмечено повышение содержания группы гуминовых кислот по сравнению с неудобренными и еще более резкие различия с почвами, где применяли только минеральные удобрения (NPK).

На обыкновенных, на стыке с каштановыми почвами, мицеллярно-карбонатных черноземах (бывшая Кабардино-Балкарская ГСХОС), после окон-

чания трех ротаций 10-польного севооборота, заложенного в условиях естественного (недостаточного) увлажнения, на не удобряемом варианте отмечено заметное снижение содержания гумуса по всему профилю. Так, в слое почвы 0-20 см распад гумуса по сравнению с исходным составил 25%. С глубиной процессы разрушения гумуса протекают еще интенсивнее - в слоях почвы 30-40 и 60-70 см достигают соответственно 34-43%.

Под воздействием минеральной ( $N_{69}P_{63}K_{45}$ ) и органо-минеральной ( $N_{84}P_{42}K_{24}$  + 8 т/га навоза) систем удобрений темпы разрушения гумуса ниже чем на контроле, но остаются довольно высокими, что приводит к сильному обеднению обыкновенных чернозёмов гумусом. В слое почвы 0-20 см на варианте с минеральной системой удобрения содержание гумуса за 30-летний период снизилось на 0,48% и оказалось равным 3,07%, а с органо-минеральной, соответственно, 0,76 и 2,79%. Распад гумуса составил соответственно 14-26%, т.е. минеральная система удобрений на обыкновенных чернозёмах оказывается эффективнее органо-минеральной. Для более глубоких слоев почвы отмеченное не характерно, в них наблюдается обратная зависимость. Потери гумуса в слоях почвы 30-40 и 60-70 см на минеральной системе удобрения составили 26 и 45%, на органо-минеральной соответственно 22 и 31%.

На всех системах удобрения неорошаемого 10-польного севооборота (слой 0-20 см) зафиксирован постепенный и необратимый процесс снижения содержания гумуса. В исходных образцах (1948 г.) обыкновенного чернозема в слое почвы 0-20 см содержалось 3,55% гумуса. В 1970 г. на неудобренном варианте его обнаружено 2,97%, а в 1979-1980 г.г. - 2,67%. На минеральной и органо-минеральной системах удобрений процессы распада гумуса идут еще более высокими темпами, особенно в почве, удобряемой только минеральными удобрениями, но разрушение органического вещества замедляется по сравнению с органо-минеральной системой. Так, в слое почвы 0-20 см его содержание составляло соответственно 3,07 и 2,79%. Это объясняется активизацией почвенной микрофлоры под влиянием вносимого навоза, которая в свою очередь минерализует гумус. Такое влияние навоза характерно для слоя, в который он

вносится.

Орошение, без применения удобрений, стимулирует процесс разложения гумуса в 0-20 см слое почвы. За рассматриваемый период времени от исходного запаса содержания гумуса уменьшилось на 28%. В нижележащих слоях содержание гумуса на удобренных и не удобренных фонах существенно не различалось. Отсюда следует, что под воздействием орошения происходит перераспределение гумуса по почвенному профилю. Орошение способствует перемещению части наиболее подвижных компонентов гумусовых веществ из верхних горизонтов в более глубокие слои почвы.

Минеральная и органо-минеральная системы при орошении замедляют процесс разрушения гумуса. На минеральной системе удобрения более чем за 30-летний период в слоях 0-20 и 30-40 см содержание гумуса снизилось на 21 и 34%; органо-минеральной – соответственно на 21 и 20%. За последние десятилетия под воздействием органо-минеральной системы удобрения наблюдается стабилизация процессов накопления-разрушения гумуса. Очевидно, это можно объяснить следующим ходом почвенных процессов. В первый период в новой экологической обстановке, которая создаётся орошением, внесением удобрений и т. п. при благоприятных биохимических и гидротермических условиях начинается усиленная минерализация менее устойчивых компонентов органического вещества и накопление устойчивых. Со временем при оптимальных условиях, в силу увеличения общей биомассы, на орошаемых и удобряемых органо-минеральными удобрениями полях наступает стабилизация в процессах разрушения-накопления органического вещества и устанавливается динамическое равновесие гумуса.

Бессменное с 1962 г. возделывание кукурузы при орошении на обыкновенном мицеллярно-карбонатном чернозёме без применения удобрений привело к снижению содержания гумуса по всему профилю почвы. Самые высокие потери гумуса отмечены в слоях 30-40 и 60-70 см и составили соответственно 31,4 и 60,2% от исходного содержания. Минеральная ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) и органо-минеральная ( $N_{60}P_{60}K_{60} + 20$  т/га навоза) системы удобрения кукурузы снижают

интенсивность распада гумуса почвы по сравнению с вариантом без удобрений, но не сохраняют исходного запаса. Так, на минеральном фоне по сравнению с не удобренными полями гумуса в слое почвы 0-20 см сократились почти в 2 раза, а на органо-минеральном – в 3 раза.

Аналогичная закономерность наблюдается в слоях почвы 30-40 и 60-70 см. По сравнению с исходным состоянием на минеральной системе удобрения в слое 0-20, 30-40 и 60-70 см содержание гумуса снижалось на 20,0, 41,3 и 54,1%, а на органо-минеральной - соответственно на 12,6, 33,5 и 48,3%. Разрушение гумуса интенсивнее протекает в средней части почвенного профиля (слой 30-70 см).

В чернозёмах Кубани за 25 лет содержание гумуса уменьшилось на 1,3%, распаханнные чернозёмы Ставрополя по запасам гумуса уступают целинным на 20%, каштановые – на 7-10%. Содержание гумуса, буферность, физико-химические свойства почвы предопределяются уровнем и длительностью применения удобрений. Органическим удобрениям принадлежит главная роль в накоплении гумуса в почве. Это объясняется взаимодействием повышенного количества органического вещества пожнивно-корневых остатков и органического вещества самого навоза. Совместное применение органических и минеральных удобрений усиливает гумусонакопительную способность почвы, что подтверждается многочисленными исследованиями. За редким исключением в хозяйственной практике процессы разрушения органического вещества особенно активны в первой половине последнего 10-летия уходящего века (табл. 21).

В разных почвенно-климатических условиях дозы навоза, необходимые для компенсации потерь гумуса, несколько различаются. На чернозёмах Центрального Предкавказья бездефицитный баланс гумуса обеспечивается внесением 5-6 т/га навоза в год, что позднее подтвердилось расчётными методами в Ставропольском крае. Изложенному созвучны и более обнадеживающие результаты, полученные нами в последние годы на выщелоченных чернозёмах в стационарном многофакторном опыте Ставропольского государственного аграрного университета (табл. 22).

За десять лет при возделывании полевых культур без применения удобрений содержание гумуса в пахотном слое снизилось с 6,37 до 6,22%. Среднегодовой расход гумуса, не компенсируемый поступлением пожнивно-корневых остатков, за счёт минерализации органического вещества почвы составил 4,34 ц/га. Насыщение зернопропашного севооборота 2,5 т/га навоза в сочетании с 60 кг/га NPK в виде минеральных удобрений не улучшает баланс гумуса: поступившие в почву с удобрениями питательные вещества, главным образом, используются на формирование дополнительного урожая. Двойная насыщенность севооборота (120 кг/га NPK в сочетании с 5 т/га навоза) удобрениями обеспечивает бездефицитный баланс гумуса. При насыщенности 180 кг/га NPK в сочетании с 7,5 т/га навоза отмечена тенденция повышения содержания гумуса (табл. 22). В бессменном чёрном пару потери гумуса за счёт минерализации по средним многолетним ежегодно достигают 7 т/га. Потери гумуса из почвы просчитываются исходя из величины выноса азота с урожаем не бобовых культур в среднем по севообороту за минусом использованного из удобрений и вновь образовавшегося гумуса:

$$Г_{п} = \frac{В_{у} * К_{п}}{50} - Г_{в.о.},$$

где:  $Г_{п}$  – потери гумуса, т/га;  
 $В_{у}$  – вынос азота урожаем, кг/га;  
 $К_{п}$  – коэффициент использования азота почвы (0,85-0,88);  
 50 – коэффициент перевода азота в гумус;  
 $Г_{в.о.}$  – вновь образовавшийся за счёт пожнивно-корневых остатков, т/га.

Таблица 21

**Динамика содержания гумуса в почвах хозяйств Ставрополя (по результатам 1995 г.)**

Наименование хозяйства	Содержание гумуса, %			% снижения или увеличения	
	оптимум	1991г.	1995г.	1995г. к опт.	1995г. к 1991г.
<b>Зона I Анапасенковский район</b>					
К-з «Россия»	2,82	1,6	1,5	-46,8	-6,3
К-з «Маныч»	2,82	1,9	1,5	-46,8	-21,1
<i>Туркменский район</i>					

АОЗТ «Дружба»	3,55	2,5	2,0	-43,7	-20,0
<b>Зона II Ипатовский район</b>					
ГПЗ им. 60 лет СССР	3,55	3,2	2,5	-29,6	-21,9
АО «Лиман»	3,55	2,6	2,2	-38,0	-15,4
К-з им. Кирова	3,55	2,8	2,1	-40,8	-25,0
ГПЗ «Советское руно»	3,55	2,4	2,1	-40,8	-12,5
<i>Продолжение таблицы 21</i>					
<b>Петровский район</b>					
К-з «Заря»	3,81	3,7	2,9	-23,9	-5,4
К-з «Колос»	3,55	2,6	2,1	-40,8	-19,2
К-з «Заветы Ленина»	3,55	2,5	2,5	-29,6	-
К-з им. Кирова	3,81	3,3	2,7	-29,1	-18,2
<b>Зона III Андроповский район</b>					
К-з «Родина»	6,35	4,9	4,7	-26,0	-4,1
К-з «Загорский»	6,35	4,8	4,7	-26,0	-2,1
<b>Изобильненский район</b>					
КПСХП «Дружба»	6,35	4,3	3,7	-41,7	-14,0
КПХ «Правда»	6,35	3,3	3,2	-49,6	-3,0
<b>Кочубеевский район</b>					
АОЗТ «Красная Звезда»	6,35	5,3	4,9	-22,8	-7,5
АОЗТ «Кубань - 1»	6,35	4,3	3,5	-32,3	-18,6
<b>Красногвардейский район</b>					
АКФК «Заречье»	3,81	2,7	2,8	-26,5	+3,7
СХП «Родина»	3,81	2,7	2,6	-31,6	-3,7
<b>Новоалександровский район</b>					
АО «Горьковский»	6,35	3,9	3,4	-46,4	-12,8
АОЗТ «Расшеватский»	6,35	3,4	3,4	-46,4	-
<b>Шпаковский район</b>					
СХП «Заря»	6,35	4,7	4,2	-33,9	-10,6
СХП «Дубовский»	3,55	2,8	2,9	-18,3	+3,6
АОЗТ «Чапаевское»	6,35	3,1	3,3	-49,6	+6,5
СХП «Новомарьевское»	6,35	3,6	3,5	-44,9	-2,8
<b>Зона IV Минераловодский район</b>					
КП «Возрождение»	6,35	4,2	3,4	-46,5	-19,0
КП «Победа»	6,35	5,2	3,9	-38,6	-25,0
СХАО им. К.Маркса	6,35	5,1	4,6	-27,6	-9,8
<b>Предгорный район</b>					
ТОО «Садовое»	6,35	5,1	4,6	-27,6	-9,8

Данные, полученные предлагаемым расчётным методом, согласуются с результатами трудоёмких химических анализов. На долю азота гумуса в выносе приходится 85% в общепринятом севообороте и 88% с непрерывным использованием пашни.

Кроме частных, отмеченных выше, выявлены тенденции, имеющие независимо от зональных условий, общее значение. Интенсивное использование пашни без системного применения удобрений приводит к постепенным и

возрастающим потерям гумуса. Органо-минеральные системы удобрения значительно замедляют процесс распада гумуса, по сравнению с минеральной системой удобрения.

Таблица 22

**Краткая характеристика исследуемых стационаров**

Научно-исследовательское учреждение	Почва	Стационар	Условия увлажнения	Год закладки стационара
КЧНИИСХ	Типичный мицеллярно-карбонатный чернозём	8-польный полевой севооборот по изучению систем удобрений	естественное	1967
	То же	9-польный полевой севооборот с ОИП	естественное орошение	1967
		9-польный полевой севооборот с ИИП	естественное орошение	1967
ВНИИ кукурузы	Обыкновенный мицеллярно-карбонатный чернозём	10-польный полевой севооборот по изучению систем удобрений	естественное орошение	1948
	То же	Монокультура кукурузы и систем удобрения	орошение	1961
Изобильненский ГСУ	То же	Опытные участки с различным использованием	орошение	1955
СтГАУ	Глубоко мицеллярно-карбонатный чернозём	8-польный полевой севооборот по изучению систем удобрения и обработки почвы	естественное	1976
ПФ СНИИСХ	Светлокаштановая	2-8-польные полевые севообороты	естественное	1939
ДагНИИСХ	Лугово-каштановая	4-польные полевые севообороты. Монокультура кукурузы и озимой пшеницы	орошение	1967

Минерализация гумуса интенсивнее протекает в средней части почвенного профиля (60-110 см), потери гумуса заметно возрастают при орошении. Органо-минеральная система удобрения способствует стабилизации процесса накопления-разложения гумуса. Длительное возделывание люцерны обогащает почву гумусом. При бессменном возделывании кукурузы приостановить снижение темпов разложения гумуса с помощью удобрений не представляется возможным.



Общие тенденции временных изменений содержания гумуса под воздействием агрохозяйственной деятельности в чернозёмах обыкновенных, типичных, выщелоченных и лугово-каштановых почвах юга России, позволяют сделать главный вывод: оптимальное сочетание известных агротехнических приёмов в севообороте – травосеяние, плодосмен, внесение органических удобрений и их смесей с минеральными обеспечивает в интенсивном земледелии бездефицитный баланс гумуса.

Время и использование почв в сельском хозяйстве оказывает существенное влияние на ход почвообразовательного процесса, формирование свойств, обеспечивающих оптимальное развитие агрофитоценозов. Утрата органического вещества – одно из проявлений деградации почв. В результате интенсивного использования в почве, по различным оценкам уже потеряно от 25-30 до 50 и более процентов гумуса, содержавшегося в целинных почвах.

Пашня в РФ занимает 132,0 млн. га или 7,7% от земельных угодий, в т. ч. сельскохозяйственного назначения - 129,1 млн. га. На долю чернозёмов приходится около 120 млн. га или около 7% общей площади и больше  $\frac{1}{2}$  всей пашни, на них производится почти 80% земледельческой продукции; на долю каштановых приходится 10,6% пашни; солонцов, солончаков и солодей – 3,4%. За последние 20 лет запасы гумуса на пашне сократились на 25-30%; 16,5 млн. га характеризуются очень низким и 21 млн. га – низким содержанием органического вещества.

Кубанские учёные, исследовавшие чернозёмы КНИИСХ, выявили, что в почвах с ограниченным внесением удобрений с 1928 по 1958 г. содержание гумуса в 0-8 см слое почвы уменьшилось на 18,6%, а с 1958 по 1978 г. – на 20,6%. Для слоя 40-45 см эти изменения были ещё контрастнее и составили 3,3 и 26,1% соответственно. Содержание гумуса в 0-40 см слое почвы за 50-летний период снизилось на 34,5%.

По данным Южгипрозема за последние 20 лет в Ростовской области содержание гумуса в почве уменьшилось на 17,1%, по почвенно-климатическим зонам на 12,0-22%, а в районах Константиновском – 30,2, Шолоховском, Цим-

лянском – 25,0, Бакаевском, Каменском, Песчанокопском, Семикоракорском – 20%.

Таким образом, динамика гумуса в различных почвах Северного Кавказа имеет единый ход, но уменьшение идёт с неодинаковой интенсивностью, что обусловлено гидротермическими условиями, применяемыми системами земледелия и другими факторами.

В основу настоящей части книги легли результаты, полученные в 27-65-летних стационарах, изученные в ходе двух экспедиций по Северному Кавказу (1979, 1993-1994 г.г.), расположенных вблизи известного маршрута, пройденного в своё время В. В. Докучаевым, а также литературные источники научно-исследовательских организаций по вопросам, касающимся этих стационаров. Результаты экспедиции 1979 г. опубликованы в академических изданиях (1982), региональных издательствах, вошли в учебные пособия (первое издание) (1991, 1992), доложены на делегатских съездах почвоведов (1980-1994).

Исследования 1993-1994 гг. продолжили агрохимики, почвоведы, агрономы, аспиранты, соискатели, студенты по сокращенному маршруту и программе (табл. 23). В отличие от экспедиции 1979 г. в названной проведены обширные архивные исследования, подвергнуты глубокому анализу опубликованные с 1920 г. по настоящее время работы. К сожалению, события в зоне Осетино-Ингушского и Чеченского конфликтов не позволили отобрать образцы почв на стационарах СКНИИГ и ПСХ, бывш. Чечено-Ингушской ГСХОС, а также со стационаров республики Дагестан. Только на стационаре СтГАУ были заложены полнопрофильные разрезы (16) с соответствующим числом прикопок (3-4 на разрез), а на других почвенные образцы отбирались буром Рязанова из 0-20 см толщи в 10-12 кратной повторности и состоящие не менее, чем из 20-22 индивидуальных проб; для нижних горизонтов (20-30, 30-40, 60-70, 100-111, 140-150 см) составляли смешанный образец из 4-5 индивидуальных. В выборке по почвам края заложено 12-15 характерных, описанных различными авторами разрезов.

В основу оценки динамики гумуса во времени под влиянием сельскохозяйственной деятельности и современного почвообразовательного процесса положен один из известных методических подходов: сопоставление результатов анализа почвы перед закладкой опыта и по истечении определённого времени (табл. 23).

В наблюдаемых объектах четко просматривается стадийность динамики гумуса, как интегрального показателя плодородия и выражается:

- в резком уменьшении содержания гумуса в первые 18-20 лет, или 2-х ротаций 9-10-польных севооборотов, как следствие несоответствия между процессами новообразования гумуса и его разложением;

- потери гумуса, связанные с развитием эрозионных процессов (1953, 1968-1973 гг.) с последующим «разбавлением» пахотного слоя подпахотным и нерациональным их использованием под пашню, достигают более 50% по сравнению с целинными аналогами;

- баланс гумуса во многом определяется погодными условиями: в полосу влажный лет усиливаются процессы гумификации, а в засушливой - минерализации; степень гумификации органического вещества низкая и колеблется от 11,3-12,0 до 26,0-34,0%, а количество негидролизующего остатка очень высоко и достигает 80%, что придаёт «стабильность» содержанию гумуса;

- последующие ротации севооборотов приводят содержание гумуса в соответствие с агрофитоценозами, в результате чего увеличивается количество поступающего в почву свежего органического вещества, наступает стабилизация в процессах разрушения гумусовых веществ и устанавливается динамическое равновесие гумуса.

## Динамика гумуса (%) в стационарах Северного Кавказа

Почва, учреждение	Стационар	Год закладки разреза	Глубина отбора образцов, см			
			0-20	30-40	60-70	100-110
Типичный чернозём, КЧНИИСХ	9-польный полевой севооборот с ОИП*	1950	9,30	7,30	5,40	2,70
		1967	6,55	6,38	5,60	2,83
		1973	6,30	6,21	5,32	2,57
		1979	5,93	5,99	4,61	2,17
		1994	5,47	5,24	4,47	2,12
	9-польный полевой севооборот с ИИП*	1950	9,30	7,30	5,40	2,70
		1967	6,55	6,38	5,60	2,83
		1973	6,25	6,18	5,28	2,68
		1979	5,74	5,96	4,72	2,41
		1994	5,70	5,49	4,65	2,38
	8-польный полевой севооборот	1950	9,30	7,30	5,40	2,70
		1967	7,27	5,65	3,99	2,95
		1979	5,78	4,27	2,89	2,32
		1994	5,64	4,18	2,70	2,21
		Обыкновенный чернозём, ВНИИ кукурузы	10-польный полевой севооборот	1948	3,55	3,42
1970	3,25			3,18	1,89	-
1979	2,67			2,38	1,39	-
1994	2,52			2,12	1,34	-
монокультура кукурузы	1962		4,35	3,58	2,79	1,62
	1970		4,07	3,32	2,58	1,45
	1979		3,08	2,46	1,88	0,93
	1994		2,98	2,32	1,72	0,90
Обыкновенный чернозём, Изобильненский ГСУ	опытный севооборот	1950	4,00	2,40	1,20	0,95
		1965	3,14	2,39	2,01	1,65
		1980	3,02	2,21	1,86	1,42
		1994	2,99	2,15	1,80	1,38
Глубокомицеллярный, карбонатный чернозём, СГСХА	8-польный полевой севооборот	1950	6,85	4,10	3,36	1,71
		1976	6,37	3,64	3,00	1,28
		1986	6,22	3,52	2,87	1,12
		1994	6,15	3,46	2,82	1,10
Светлокаштановая, ПФ СНИИСХ	6-польный полевой севооборот	1939	2,90	2,14	1,36	1,10
		1956	2,50	1,90	1,00	0,66
		1959	1,65	1,20	0,93	0,75
		1979	1,52	1,15	0,88	0,72
		1994	1,48	1,08	0,85	0,68

Примечание:\* ОИП – общепринятое использование пашни; \*\* ИИП - интенсивное использование пашни.

Наши исследования и выводы согласуются с обобщёнными нами данными, полученными агрохимической службой Ставропольского края (табл. 24).

**Динамика гумуса в пахотном слое различных почв  
Ставропольского края, %**

Почва	Тур обследования		
	I	III	IV
	до 1968 г.	1976-1984 гг.	1983-1985 гг.
Светлокаштановая карбонатная в комплексе с солонцами Приманычья	$\frac{2,05}{1,40-2,50}$	$\frac{180}{1,30-2,20}$	
Каштановая мицеллярно-карбонатная	$\frac{2,20}{1,60-2,70}$	$\frac{2,25}{1,30-2,50}$	
Тёмнокаштановая мицеллярно-карбонатная	$\frac{3,48}{3,00-4,15}$	$\frac{3,33}{2,90-3,80}$	
Чернозём южный мицеллярно-карбонатный	$\frac{4,15}{3,40-4,45}$	$\frac{3,12}{2,90-3,30}$	
Чернозём обыкновенный мицеллярно-карбонатный	$\frac{5,03}{3,00-6,55}$	$\frac{3,88}{3,60-4,20}$	
Чернозём типичный мицеллярно-карбонатный	$\frac{7,27}{5,70-10,80}$	$\frac{5,13}{4,20-6,00}$	
Чернозём глубокомицеллярный карбонатный	$\frac{7,58}{5,48-10,69}$	$\frac{5,43}{5,10-6,00}$	

*Примечание.* В знаменателе колебания по районам, входящим в зону соответствующих почв.

Подтверждая в целом динамику, выявленную нами, особенно подчеркнём – между двумя последними турами обследований не наблюдалось изменений в содержании гумуса на всех почвах, составляющих покров Ставропольского края. Очень стабильно содержание гумуса в почвах северо-восточной полупустынной подзоны и сухостепной подзоне по сравнению с зоной чернозёмных почв, что объясняется степенью интенсивности земледелия и менее выраженными эрозионными процессами.

Распад гумуса во времени изменяется в первые сроки наблюдений со скоростью 0,15-0,20% ... 0,02-0,04% в каждый последующий год во временном разрезе.

Появилась возможность на основании приведённых данных не только теоретически раскрыть основы и закономерности динамики гумуса в различных типах и подтипах почв, но и количественно выразить распад органического вещества.

Определение динамики гумуса по истечении краткого срока с момента действия того или иного приёма агрохозяйственной деятельности, а тем более

сезонной динамики не дают обстоятельных результатов. Разница в  $\pm 0,01\%$  и менее, получаемая в краткосрочных опытах (начало-конец опыта, тем более сезонные наблюдения), за редким случаем, не существенна, поэтому планировать изучение динамики гумуса в них не рекомендуется. Это прерогатива долгосрочных стационарных опытов.

Динамика гумуса в течение вегетации культуры, какой бы она продолжительной не была, доступными нам методами не устанавливается, тем не менее, она существует. В рассматриваемом случае она «смазывается», так называемыми, прижизненными корневыми выделениями растений. За счёт корневых выделений в типичном севообороте на выщелоченном чернозёме образуется 203,0-399,0 кг/га гумуса, или на долю этого источника приходится 21,8-40,2% в год вновь образовавшегося гумуса.

Динамика гумуса в течение вегетации зависит от культуры, гидротермических условий, агротехники выращивания и состояния ферментативных систем почвы (табл. 25).

Таблица 25

**Влияние удобрений и приёмов их размещения на коэффициент гумификации под озимой пшеницей (предшественник озимая пшеница)**

Насыщенность севооборота НРК, кг/га + навозом, т/га	Непосредственно внесено под культуру	Глубина размещения удобрений (обработки почвы), см	Орудие размещения удобрений	Полифенол-оксидаза: пероксидаза
0	0	20-22	ПН-4-35	0,34
		20-22	КПГ-250	0,26
		20-22	Фреза	0,31
		10-12	БДТ-3	0,26
60 + 2,5	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	0-22	ПН-4-35	0,33
		0-22	КПГ-250	0,25
		0-22	Фреза	0,30
		0-12	БДТ-3	0,26
120 + 5,0	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	0-22	ПН-4-35	0,25
		0-22	КПГ-250	0,19
		0-22	Фреза	0,23
		0-12	БДТ-3	0,20
180 + 7,5	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	0-22	ПН-4-35	0,21
		0-22	КПГ-250	0,18
		0-22	Фреза	0,20
		0-12	БДТ-3	0,18

При внесении удобрений, особенно азотных, интенсивность гумификации снижается, а в результате баланс гумуса становится неуравновешенным.

Минеральные удобрения, в первую очередь, влияют на минерализацию органического вещества, подвижность гумуса и углеводов по всему почвенному профилю. Поэтому предлагаем просчитать динамику гумуса в течение вегетации культуры по разнице азота, содержащегося в почве между двумя определениями, с использованием коэффициентов минерализации органического вещества почвы.

В настоящее время всё больше внимания уделяется возделыванию сидеральных культур и использованию их на удобрение. Сидераты – наиболее дешёвые, экологически чистые, экономически выгодные и перспективные органические удобрения. Они играют существенную роль в мобилизации почвенного плодородия, перераспределении элементов питания по почвенному профилю, активизации труднодоступных элементов питания; в борьбе с засолением, эрозией.

В условиях интенсивного земледелия наиболее целесообразна промежуточная культура сидератов, позволяющая получать зелёное удобрение без уменьшения посевов основных культур. При этом важнейшей задачей является правильный подбор сидеральных культур, совершенствование технологий возделывания их.

Внедрение пожнивных сидератов в условиях достаточного увлажнения и при орошении позволит увеличить насыщение севооборотов зерновыми культурами до 80-85%. Сами сидераты нуждаются в применении под них удобрений. Установлено повышение эффективности зелёного удобрения при сочетании его с навозом, компостами, соломой. Возделывание сидератов позволяет равномерно обогащать почву органическим веществом, снизить норму под последующую культуру в 1,5-2 раза.

В качестве подвижных сидератов пригодны культуры, способные за короткий период накопить достаточно высокий урожай зелёной массы: редька масличная, сурепица, рапс, фацелия, люпин однолетний, донник жёлтый и белый в

год посева, а также горох, вика, сераделла, кормовые бобы, амарант, перко. Максимальный урожай зелёной массы они накапливают за 50-80-90 дней.

Следствием снижения уровня плодородия почв является и снижение их продуктивности. Так, если средний урожай озимой пшеницы за 1985-1995 гг. составил 28,6 ц/га, то в 1996 г. всего 19,3 ц/га. Об этом свидетельствуют и данные по сопоставлению изменения плодородия почв и урожайности озимой пшеницы по ряду хозяйств (табл. 26).

Таблица 26

**Динамика плодородия и урожайности озимой пшеницы на черноземных и каштановых почвах**

Показатели	1990 г.	1996 г.	1990г.	1996 г.
	Каштановые почвы		Черноземные почвы	
	КСП «2 пятилетка» Ипатовского р-на		КПЗ им. Сараева Петровского р-на	
Площадь обследования, га	25800	25800	22534	22534
<b>Динамика агрохимических свойств пахотных угодий</b>				
Подвижный фосфор, мг/кг	27	20	30	22
Обменный калий, мг/кг	429	406	380	327
Гумус, %	2,9	2,4	3,0	2,7
pH	8,0	8,1	8,1	8,1
Минеральные удобрения, кг/га пашни	62,0	4,0	94,0	17,0
Урожайность, ц/га	30,4	18,8	36,6	35,1
	КПХ «Степной маяк» Туркменского р-на		АОЗТ «Спицевское» Грачевского р-на	
Площадь обследования, га	16004	16004	15427	15427
<b>Динамика агрохимических свойств пахотных угодий</b>				
Подвижный фосфор, мг/кг	17	13	22	20
Обменный калий, мг/кг	394	386	307	255
Гумус, %	2,0	1,8	3,1	2,8
pH	7,8	7,9	8,2	8,0
Минеральные удобрения, кг/га пашни	35	-	67	21
Урожайность, ц/га	28,4	18,4	33,3	21,7



### **3. Формирование пищевого режима почвы под влиянием систем удобрений в севооборотах**

Азот, фосфор и калий – важнейшие макроэлементы, играющие существенную роль в жизни растений.

#### ***3.1. Формирование азотного режима***

Содержание общего азота в почвах Ставрополя находится в пределах 0,15-0,30%. Питание растений предопределяет уровень содержания в почве доступных форм. Известно, что азот почвы представлен органическими соединениями, входящими в состав гумуса, растительных и животных остатков, микроорганизмов – 99%. В составе органического азота 65-82% приходится на долю негидролизующей фракции. Трудногидролизующего азота – 5-10%. Азотсодержащие органические соединения становятся доступными растениям лишь после минерализации. Из соединений минерального азота, используемых растениями в значительных количествах, преимущественно являются  $N-NO_3$  и  $N-NH_4$ .

Материалы вышеупомянутой комплексной экспедиции по Югу России, свидетельствуют о том, что ни одна из применявшихся до 1979 г. систем удобрения в обследованных стационарах не позволяла сохранить запасы валового азота на исходном уровне.

Так, типичный мицеллярно-карбонатный чернозем 5-польного севооборота, Карачаево-Черкесского НИИСХ с общепринятым использованием пашни потерял в верхнем 0-20 см слое почвы 15% первоначального содержания азота, а в слое почвы 30-40 см потери были еще более существенными. В севообороте с непрерывным использованием пашни темпы потерь азота замедляются, но не настолько, чтобы сохранить его на исходном уровне. Как и в севообороте с общепринятым использованием пашни в слое почвы 30-40 см, потери азота значительнее и достигают 19% от исходного. Наименьшими оказываются потери в 8-польном севообороте с органо-минеральной системой удобрений, предусматривающей внесение навоза в одно поле из расчета 60 т/га. Дробление этой дозы навоза между полями севооборота явно снижает его положительное влияние на поддержание запасов валового азота.

Обыкновенный мицеллярно-карбонатный чернозем 10-польного севооборота (бывшая Кабардино-Балкарская ГСХОС) в зоне недостаточного увлажнения, теряет валовые запасы азота в условиях естественного увлажнения, независимо от систем удобрения, но наибольшие потери оказались на не удобренных полях и с минеральной системой удобрения. По-видимому, здесь проявляется влияние физиологической реакции вносимых удобрений, а также более мощного развития корневой системы и активизации микробиологических процессов, способствующих гидролизу азота до минеральных форм, а отсюда и более активное потребление его растениями. Органо-минеральная система удобрения снижает потери валового азота до минимума. Так, в слое 0-20 см, по сравнению с исходными, потери азота составили около 7%.

В результате 30-летнего орошения, независимо от агрохимического фона, выявлено положительное влияние увлажнения на содержание валового азота в почве. Отмечена тенденция к увеличению его запасов по сравнению с неорошаемым аналогом. Отсюда следует вывод, что среди основных элементов питания, вопреки сложившемуся мнению, в первом минимуме для растений может оказаться азот.

Совместными исследованиями СКНИПТИАП и КНИИСХ установлено, что на типичных и выщелоченных черноземах при содержании рано весной в слое 0-90 см 150 и более кг азота, отпадает необходимость весенней подкормки посевов азотом. Имеющийся в почве нитратный азот, при наличии фосфора и калия, обеспечивает получение урожая в 5,8–7,8 т/га зерна озимой пшеницы. Это положение справедливо для озимой пшеницы на выщелоченных и типичных черноземах. На обыкновенных черноземах с большей нитрификационной способностью и меньшим увлажнением оно требует уточнения.

Исследования по изучению азотного режима основных почвенных разностей Ставропольского края проводились агрохимцентром «Ставропольский» в течение трех лет (1993-1995 гг.) в условиях возделывания озимой пшеницы (таблица 27).

**Динамика подвижных форм азота под озимой пшеницей по разным предшественникам, кг/га**

Хозяйство	Фаза развития	По чистому пару		По гороху		По озимой пшенице	
		Слой почвы, см					
		0-20	0-100	0-20	0-100	0-20	0-100
К-з «Маньч» Апанасенков- ского района	кущение	32	251				
	трубкование	16	183				
	колошение	21	68				
	полная спелость	10	42				
К-з им. Кирова Ипатовского района	кущение	19	312			37	227
	трубкование	12	181			33	185
	колошение	6	27			4	28
	полная спелость	12	40			11	42
К-з «Колос» Петровского района	кущение	41	326			43	275
	трубкование	30	222			29	182
	колошение	8	38			8	38
	полная спелость	6	48			24	56
АО «Надежда» Красногвардей- ского района	кущение	46	256	41	235	45	222
	трубкование	29	181	36	167	27	148
	колошение	31	185	30	157	33	152
	полная спелость	8	40	12	38	9	34
К-з им. Ленина Новоалександ- ровского района	кущение			45	262	83	309
	трубкование			33	167	28	154
	колошение			22	152	24	136
	полная спелость			8	34	8	33

Исследования проводили в хозяйствах, типичных для сельскохозяйственных зон Ставрополя и на стационарном опыте лаборатории агрохимии НИИ сельского хозяйства (Шпаковский район). Наблюдения за динамикой содержания нитратов по фазам развития озимой пшеницы в зависимости от предшественника показали, что в большинстве случаев содержание легкодоступного для растений азота в почве снижается от периода кущения к моменту полной спелости независимо от предшественника. Если по содержанию нитратов в пахотном слое предшественники мало различаются, то содержание их в метровом слое, как правило, выше по чистому пару практически на протяжении всего периода вегетации. Что подтверждается уровнем получаемых урожаев - по колосовым предшественникам он, как правило, ниже, чем по чистому пару (табл. 27, 28, 29).

**Относительное содержание подвижных форм азота по фазам развития  
озимой пшеницы по разным предшественникам,  
% от содержания рано весной**

Хозяйство	Фаза развития	По чистому пару		По гороху		По озимой пшенице	
		Слой почвы, см					
		0-20	0-100	0-20	0-100	0-20	0-100
К-з «Маньч» Апанасенков- ского района	кущение	100	100				
	трубкование	50	71				
	колошение	26	27				
	полная спелость	40	17				
К-з им. Кирова Ипатовского района	кущение	100	100			100	100
	трубкование	60	49			62	63
	колошение	24	7			8	10
	полная спелость	49	11			20	14
К-з «Колос» Петровского района	кущение	100	100			100	100
	трубкование	84	69			88	81
	колошение	29	13			17	14
	полная спелость	19	16			21	21
АО «Надежда» Красногвардей- ского района	кущение	100	100	100	100	100	100
	трубкование	62	78	73	59	66	74
	колошение	62	73	60	56	67	67
	полная спелость	16	15	23	14	18	15
К-з им. Ленина Новоалександ- ровского района	кущение			100	100	100	100
	трубкование			73	64	41	48
	колошение			44	52	36	33
	полная спелость			17	12	23	23

К моменту уборки содержание минерального азота не превышает в среднем 23% от весеннего запаса, который составляет в пахотном слое 32-46 кг/га, а в метровом - 222-326 кг/га. Полученные данные свидетельствуют о том, что минеральный азот активно потребляется озимой пшеницей из всего метрового профиля.

Следовательно, диагностика азотного режима в ранневесенний период по запасу нитратов в пахотном горизонте не дает его объективной характеристики.

Это обусловлено активной миграцией нитратов по почвенному профилю с нисходящим (ранней весной) и восходящим (в летний период) потоком почвенной влаги и активным потреблением их растениями озимой пшеницы, особенно в период колошение - полная спелость.

А запас минерального азота в пахотном слое составляет лишь 18-22% от его запаса в метровом слое.

Таблица 29

**Содержание подвижных форм азота по фазам развития озимой пшеницей по разным предшественникам, % от содержания рано весной**

Хозяйство	Фаза развития	Слой почвы, см					Среднее в 20 см слое почвы
		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	
К-з «Маньч» Апанасенков- ского района	кущение	32	44	56	61	58	251
	трубкование	16	20	52	56	40	184
	колошение	21	12	12	15	9	69
	полная спелость	10	7	8	7	8	40
К-з им. Кирова Ипатовского района	кущение	28	40	68	70	64	270
	трубкование	21	34	43	45	40	183
	колошение	5	5	6	6	6	28
	полная спелость	12	9	7	7	7	42
К-з «Колос» Петровского района	кущение	42	57	69	72	61	304
	трубкование	26	35	47	49	45	202
	колошение	8	8	8	7	8	39
	полная спелость	8	9	10	9	8	44
АО «Надежда» Красногвардей- ского района	кущение	44	42	47	53	51	237
	трубкование	30	29	33	36	36	164
	колошение	31	33	33	34	33	164
	полная спелость	10	7	7	6	8	38
К-з им. Ленина Новоалександ- ровского района	кущение	48	59	57	62	60	286
	трубкование	31	33	33	32	32	161
	колошение	23	24	29	35	33	144
	полная спелость	8	7	7	6	5	33
Среднее по всем точкам	кущение	39	48	59	64	59	269
	трубкование	25	30	42	44	39	180
	колошение	18	16	18	19	18	89
	полная спелость	10	8	8	7	7	40

При этом мобилизация азота более активно идет из нижележащих слоев, так, в среднем по всем полям к моменту созревания зерна количество нитратного азота составило в пахотном слое - 25%, в подпахотном - 17%, а в нижележащих слоях - 11-14% от его содержания в ранневесенний период.

Определение степени изменчивости содержания нитратов от изучаемых факторов показало, что полученные усреднения не являются достаточно репре-

зентативными, поскольку имеют очень высокую вариабельность. Коэффициент вариации в выборках составляет 28-47%, что характеризует этот показатель как неустойчивый.

Для такого мобильного элемента, как азот, в диагностических целях необходимо с большей точностью определять срок наблюдения за его состоянием. Во время вегетации озимой пшеницы такого индикаторного срока установлено не было.

Проведенный корреляционный анализ по всем пунктам наблюдения показал, что чем больше содержание в почве продуктивной влаги, тем выше количество подвижного азота в почве.

Анализ динамики азота нитратов по звену севооборота (пар, озимая пшеница, озимая пшеница), свидетельствует о том, что на полях под вегетирующими растениями происходит резкое снижение его запасов к концу вегетации. В тоже время при отсутствии проективного покрытия культур идет постепенное накопление нитратов к концу периода парования или полупаровой обработки. Особенно это заметно для верхних горизонтов (табл. 30).

Таблица 30

**Динамика N-NO<sub>3</sub> в звене севооборота чистый пар - озимая пшеница - озимая пшеница**

Срок наблюдения	Содержание поля	Слой почвы, см					Среднее в 20 см слое почвы
		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	
25-30.03.1993 г.	чистый пар	7,5	8,6	10,1	9,8	9,3	9,1
27.04-5.05.1993 г.		8,5	9,6	7,0	5,4	4,8	7,1
4.06-11.06.1993 г.		8,2	6,7	6,3	5,4	5,5	6,4
9.07-16.07.1993 г.		10,5	9,0	4,8	4,7	3,5	6,5
1.09-9.09.1993 г.		23,4	17,7	15,8	10,7	9,7	15,5
12.03-16.03.1994 г.	озимая пшеница	14,6	20,2	26,8	20,6	17,4	19,9
5.04-6.04.1994 г.		6,5	12,9	24,2	20,7	15,2	15,9
2.12-9.12.1994 г.		15,0	18,2	15,6	12,0	10,5	14,3
30.03-13.04.1995 г.		29,0	28,3	30,6	31,3	29,5	29,7
27.04-16.05.1995 г.		21,0	22,4	22,7	21,6	19,5	21,4
25.05-8.06.1995 г.		7,9	6,9	7,6	6,9	7,5	7,4
5.07-8.07.1995 г.		8,6	3,4	3,2	2,7	2,7	4,1

В круговорот азота вовлечен почти метровый слой почвы. При паровании происходит накопление нитратов по всему профилю и особенно в пахотных и подпахотных слоях. К началу весенней вегетации повышение запасов нитратного азота отмечается в большей степени на глубине 40-60 и 60-80см. По мере созревания растений происходит резкое ухудшение азотного режима метрового слоя почвы, что обусловлено как выносом этого элемента культурой, так и влагообеспеченностью почвы.

### **2.1.1. Динамика минерального азота**

В течение ротации севооборота, его звеньев, периода вегетации отдельных культур, содержание основных элементов питания в пахотном слое почвы весьма динамично. Это зависит от погодных условий, интенсивности потребления их растениями, уровня применяемых удобрений.

Из соединений минерального азота наиболее динамично содержание нитратного азота ( $N-NO_3$ ). В черноземах и каштановых почвах максимум содержания нитратов под зерновыми культурами приходится на апрель, под пропашными – на вторую половину апреля - май. В дальнейшем содержание  $N-NO_3$  в связи с затуханием процессов и возрастающим потреблением его растениями снижается. К уборке содержание  $N-NO_3$  достигает минимума. На уровне содержания в почве нитратов основывается почвенная диагностика. В предпосевной период для озимой пшеницы оптимум содержания нитратов находится в пределах 25 и более мг/кг почвы.

В предпосевной период озимой пшеницы содержание  $NO_3$  существенно зависит от предшественников. Влияние предшественников на уровень накопления нитратов проявляется через оставляемые ими пожнивно-корневые остатки, характер потребления азота предшественником, продолжительность периода от уборки предшественника до посева озимой пшеницы, степень увлажнения и температурный режим почвы в этот период. По уровню накопления нитратов предшественники располагаются в следующем порядке: занятый пар – горох и другие бобовые – колосовые – кукуруза на силос – кукуруза на зерно – подсолнечник – сахарная свекла.

В условиях юга России к посеву озимой пшеницы в пахотном слое накапливается  $\text{NO}_3$  (мг/кг почвы): после горохо-овсяной смеси до 60, гороха - 45-60, озимой пшеницы – 35-40, кукурузы – 30-40, подсолнечника, сахарной свеклы – 15-35 кг. Возможный после уборки колосовых, кукурузы, подсолнечника и сахарной свеклы острый дефицит нитратного азота предполагает внесение под одну из допосевных культиваций азотных удобрений. Влияние предшественников отчетливо сохраняется до массового кущения. Перед уборкой пшеницы содержание нитратов в слое почвы 0-20 см, независимо от предшественников, составляет 3-12 мг/кг.

Применение удобрений способствует улучшению азотного режима и, как следствие, лучшему росту и развитию сельскохозяйственных культур, большему накоплению сухого вещества, а в конечном итоге формированию высокого урожая.

Содержание  $\text{NO}_3$  в межфазный период посев – всходы озимой пшеницы, размещенной в севообороте, достигало: после горохо-овсяной смеси (занятой пар) без внесения удобрений – 48-50, при насыщенности севооборота 60 кг/га  $\text{NPK} + 2,5$  т/га навоза – 58-63; при двойной насыщенности – 68-70, тройной – 75-81 мг/кг почвы в 0-20 см слое. Аналогичная картина просматривается и при выращивании озимой пшеницы после гороха, но при несколько меньших абсолютных показателях (70 мг/кг почвы).

После предшественника кукуруза на силос и озимая пшеница  $\text{NO}_3$  ко времени посева озимой пшеницы в пахотном слое без применения удобрений достигает 34-39 мг/кг. С внесением удобрений содержание его повышается до уровня не удобренного занятого пара и гороха. Это оказывает определяющее влияние на рост и развитие растений в осенний период.

В течение вегетации озимой пшеницы содержание нитратов в почве в связи с питанием растений снижается и перед уборкой колеблется в пределах 8-14 мг/кг почвы.

Доступный растениям аммоний в основном представлен обменной формой. Он содержится преимущественно в верхних слоях почвы и менее динамичен в



течение вегетации сельскохозяйственных культур. В отличие от нитратов аммоний менее подвергается вымыванию в подпахотные горизонты.

Доля аммонийного азота в пахотном горизонте была более существенная по сравнению с N-NO<sub>3</sub>. Содержание N-NH<sub>4</sub> под озимой пшеницей в фазу массовых всходов составляет: после горохо-овсяной смеси 39-43, гороха – 34-40, озимой пшеницы – 40-44, кукурузы на силос – 35-38 мг/кг. Под влиянием удобрений повышается содержание N-NH<sub>4</sub> в почве. В течение вегетации снижение содержания N-NH<sub>4</sub> происходит постепенно – не так резко, как N-NO<sub>3</sub>.

### ***3.2. Формирование фосфатного потенциала почвы***

Природные запасы фосфора определяются содержанием его в материнских породах и характером почвообразовательного процесса. Среди неорганических соединений фосфора в почвах преобладают ортофосфаты кальция, алюминия и железа. При этом первая форма доминирует в почвах юга России. Содержание доступного растениям подвижного фосфора в каштановых почвах и черноземах колеблется в пределах 10-60 и более мг/кг почвы по Мачигину. Оптимальный уровень для формирования высокого урожая колеблется: пшеницы – 3,0-3,5, подсолнечника и гороха – 2,7-3,3, кукурузы – 2,5-3,0 мг/100 г почвы.

В отличие от азота интенсивное использование пашни в севооборотах Юга России с применением известных приемов повышения плодородия почвы не ведет к снижению валовых запасов фосфора. Так, на типичных мицеллярно-карбонатных черноземах в зоне достаточного увлажнения в 5-польном севообороте при разной насыщенности удобрениями (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>), независимо от способа использования пашни, в почве произошло недостоверное и равное по величине снижение запасов валового фосфора. В 8-польном севообороте этой же зоны при различных системах удобрений четкого влияния временного фактора на запасы фосфора, по сравнению с исходными, не установлено.

Аналогичные данные получены в 10-польном севообороте на обыкновенных черноземах ВНИИ кукурузы (бывшая Кабардино-Балкарская ГСХОС) в зоне недостаточного увлажнения. Наиболее четко проявляется тенденция к снижению запасов валового фосфора в полях, не получавших удобрений в те-

чение более 30 лет и систематически орошавшихся. Орошение, как фактор интенсификации земледелия, положительно влияет на перевод фосфора из труднорастворимых соединений в доступные формы, поэтому и количество его как в севообороте, так и под монокультурой кукурузы уменьшается незначительно, что согласуется с ранее проведенными П.Е. Простаковым (1964) в этом севообороте исследованиями.

Стабильное содержание фосфора объясняется взаимодействием растений с почвой, вносимыми удобрениями и сопровождается увеличением подвижного фосфора на всю глубину 0-150 см слоя почвы. Если в севообороте с общепринятым использованием пашни в исходных образцах (1969 г.) содержание  $P_2O_5$  по профилю снижалось с 17,5 в слое 0-20 до 3,4 мг/кг почвы в слое 140-150 см, то в течение более 10 лет произошло увеличение соответственно до 27,6-4,5 мг/кг почвы. За это же время в севообороте с непрерывным использованием пашни в слое почвы 0-20 см содержание  $P_2O_5$  увеличилось более чем в 3 раза по сравнению с исходным (54 мг/кг почвы), в слое 140-150 см сохранилось на уровне исходного (3,0 мг/кг почвы).

Следовательно, агрохозяйственная деятельность человека положительно влияет на формирование фосфатного режима по всему почвенному профилю, заметно обогащает им подпахотный горизонт, т.е. фосфор не выносится из нижних горизонтов (как это принято думать) корневой системой, а наоборот, корневая система, обогащенная фосфором, положительно влияет на содержание  $P_2O_5$  во всем корнеобитаемом слое. Это происходит под влиянием вносимых удобрений, подкисления почвы и корневых выделений.

По содержанию подвижного фосфора удобряемые и не удобряемые поля 8-польного севооборота не различались между собой. Применение органоминеральной системы удобрения, с внесением навоза в одно поле, повышает содержание подвижного фосфора в верхней части гумусового горизонта (0-20 см). Здесь по сравнению с не удобренными полями его оказалось больше на 6,6 мг/кг почвы. Очевидно, это является следствием большего содержания органического вещества в почве в связи с применением высоких доз навоза (50 т/га).

В зоне недостаточного увлажнения в неорошаемом 10-польном севообороте без применения удобрений, под влиянием более чем 30-летнего использования обыкновенных, на стыке с каштановыми почвами, мицеллярно-карбонатных черноземов, произошло уменьшение подвижного фосфора по сравнению с исходным в 1,5-2,0 раза, минеральная и органо-минеральная системы удобрения повысили содержание его в слое 0-20 см до 52, 76-65, 26 мг/кг.

Систематическое орошение, без применения удобрений, приводит к еще большему снижению содержания подвижного фосфора по сравнению с естественным увлажнением. Различные системы удобрения способствуют накоплению подвижного фосфора в почве орошаемого севооборота, наиболее эффективной оказывается органо-минеральная. Так, если в слое почвы 0-20 см на контроле содержится 8,75 мг/кг  $P_2O_5$ , то при применении минеральной и органо-минеральной системы удобрения содержание подвижного фосфора увеличивается до 35, 75 и 51, 75 мг/кг почвы.

Аналогичное положение с подвижным фосфором в почве складывается под монокультурой кукурузы в орошаемых условиях.

Таким образом, интенсификация земледелия всеми известными приемами и, прежде всего, через посредство химизации, орошения и оптимальной механизации процессов земледелия, положительно сказывается на фосфорном режиме почвы, что подтверждается практикой.

История каждого участка по общей сумме внесенного в предшествующие годы фосфора позволяет прогнозировать обеспеченность почв этим элементом. Оптимальным уровнем содержания подвижного фосфора в черноземных почвах является 10-15 кг/100 г (по Чирикову), в карбонатных черноземах и каштановых почвах – 3,0-3,5 мг/100 г (по Мачигину). В первом случае для увеличения его содержания на 1 мг/100 г почвы сверх выноса требуется внести 50-70, во втором – 90-120 кг/га  $P_2O_5$ .

Среди всех минеральных удобрений фосфорные оказывают наибольшее влияние на фосфатный режим почв. Поэтому применение фосфорных удобрений

ний - одно из важнейших условий повышения плодородия почв и, следовательно, увеличения урожайности культур.

Доступность растениям вносимых с удобрениями фосфатов тесно связана с превращениями их в почве. На основании экспериментальных данных было выделено 4 группы процессов, влияющих на трансформацию фосфатов в почве:

- *геохимические*: проявляются через увеличение разнообразия форм фосфатов в почве и через вынос - привнос фосфора из зоны почвообразования путем разрушения первичных фосфорсодержащих минералов;

- *биологические* (высшие растения и низшие организмы): оцениваются через суммарное количество фосфора, поглощаемого растениями и микроорганизмами, т.е. через иммобилизацию фосфатов, т.к. например, большая часть фосфора одной популяции микроорганизмов используется после их отмирания, последующими популяциями;

- *химические* (включая биохимию и физхимию) - обусловлены в основном внешними условиями (гидротермические, ОВП, рН, концентрационные), значительно влияющими на состав подвижных фосфатов;

- *антропогенные* (удобрения и мелиоранты) - наиболее сильно проявляются при внесении фосфорсодержащих удобрений и в связи с отчуждением фосфора из почвы с урожаями.

Антропогенные воздействия на почву тесно связаны с процессом ретроградации вносимых фосфатов. Ряд авторов (Бабарина и др., 1987; Минеев и др., 1991) пришли к выводу, что ретроградация проявляется тем сильнее, чем менее окультурена почва, т.е. чем меньше в почве подвижного фосфора, и связывается это с меньшей химической иммобилизацией фосфора на более окультуренных почвах.

Описывая графическое отображение процесса закрепления фосфатов в почве, Л. П. Антипина с соавторами (1990) выделяет три зоны (рис.6).

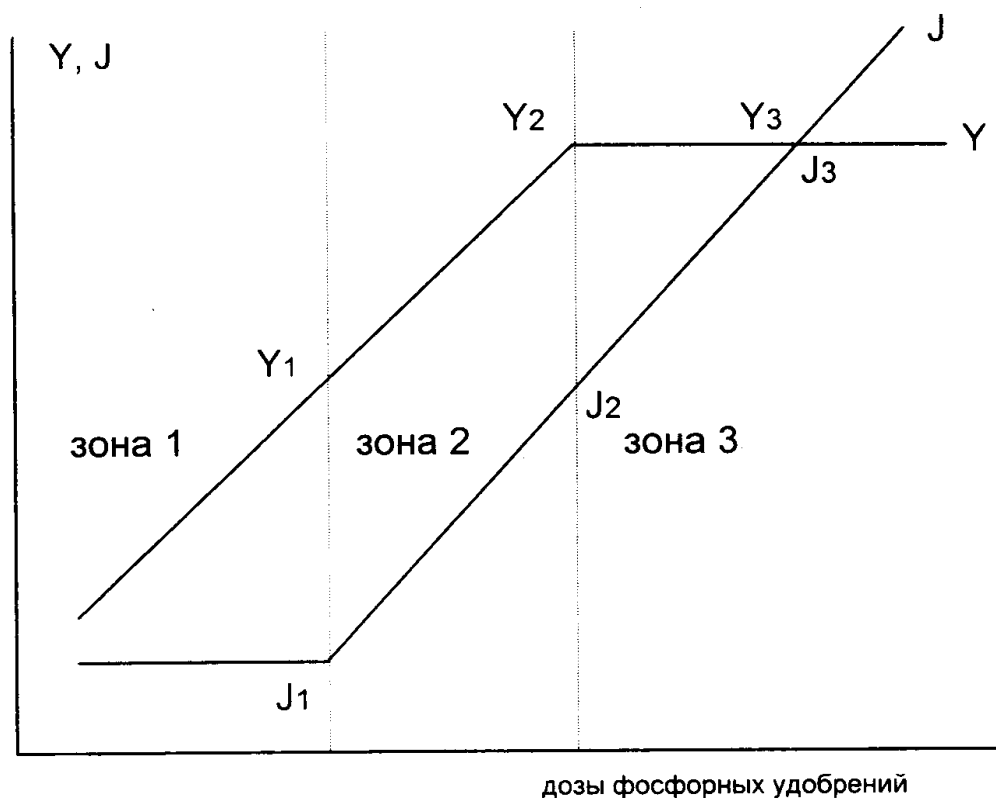


Рисунок 6. Влияние возрастающих доз фосфорных удобрений на величину  $P_2O_5$  в почве (Y) и на урожайность яровой пшеницы (J):

1 зона - преобладание процесса поглощения фосфора твердой фазой почв и насыщение емкости до критического уровня;

2 зона - (разумного окультуривания) внесение удобрений сопровождается линейным ростом урожайности;

3 зона - дальнейший рост доз удобрений экономически не оправдан.

Почва, как саморегулирующаяся система всегда стремится к равновесию, поэтому природные мобилизуемые и вносимые фосфаты вначале поглощаются ее твердой фазой. При этом химические методы не отмечают роста доступных фосфатов и концентрации (зона 1). Поток ионов фосфора в направлении твердой фазы продолжается до определенного критического уровня насыщенности фосфатной емкости почв, после чего часть фосфора удобрений начинает пополнять концентрацию фосфора в почвенном растворе. Такая концентрация называется критической. После ее наступления повышается эффективность и окупаемость удобрений. Линейный рост интенсивности сопровождается аналогичным ростом экономически оправданных прибавок урожая (зона 2). Это область экономического оптимума, зона разумного использования фосфорных

удобрений. Дальнейшее вложение средств экономически не оправдано, т. к. не окупается стоимость прибавочной продукции. В почве начинается процесс зафосфачивания (зона 3), который заключается в накоплении в почвенных слоях остаточных фосфатов, не использованных растениями.

По мнению Ю.И. Касицкого (1983), остаточные фосфаты могут быть потреблены растениями практически нацело за 3-5 лет в модельных вегетационных и микрополевых опытах, а в значительно больший срок в полевых условиях, что связано с ограниченной позиционной доступностью для корневых систем продуктов реакций удобрения и почвы, обладающих слабой способностью к диффузии. В то же время наличие остаточных фосфатов ведет к снижению эффективности свежевнесенных фосфатов.

Установлено, что систематическое внесение возрастающих доз фосфорных удобрений способствует накоплению в почве, прежде всего, хорошо доступных растениям одно- и двузамещенных фосфатов кальция, а содержание трехзамещенных фосфатов кальция, железа и алюминия повышается незначительно. Наибольшее количество хорошо растворимых фосфатов образуется в типичном и выщелоченном черноземах. При систематическом применении органических удобрений (навоза) содержание подвижного фосфора возрастает. Это связано с тем, что поглощение фосфат-иона органическими соединениями сохраняет его в доступной для растений форме.

Как правило, содержание фосфора в почве выше весной, а к лету и осени, к концу вегетации растений снижается в 1,5-2 раза.

Это объясняется двумя причинами: потреблением его растениями и уменьшением влажности почвы, т.к. между содержанием влаги в почве и подвижных фосфатов имеется прямая зависимость. Поэтому под озимой пшеницей, посеянной по черному пару, содержание подвижных фосфатов выше, чем под озимой пшеницей после подсолнечника или кукурузы, находящейся в худших условиях влагообеспеченности.

К концу вегетации, по мере уменьшения влажности, в почве освобождаются активные места на поверхности коллоидных и других частиц, замещаемые

фосфат-ионами. Фосфат-ионы в результате физико-химического взаимодействия также адсорбируются при высыхании почвы в местах растрескивания «гумусовой пленки». Следовательно, все приемы, обеспечивающие накопление и сохранение влаги в почве способствуют и накоплению усвояемых форм фосфатов.

Из фосфатов кальция во всех черноземах преобладают трех-основные. По данным Симакина (1983), наибольшее количество фосфатов этой формы - 30-33% от валового содержания имеется в карбонатном черноземе и меньше - 20-22% - в типичном и выщелоченном. Органофосфатов, относящихся к ближайшим резервам фосфора для растений, меньше в обыкновенных и больше в выщелоченных черноземах.

В.П. Суетовым (1978) в исследованиях, проведенных методом радиоактивных индикаторов, показано, что в выщелоченных и карбонатных черноземах при низких дозах внесения фосфорных удобрений поглощается 55-60% фосфора, а при высоких - 30-40%. Наиболее интенсивно этот процесс идет в первые минуты после внесения фосфорного удобрения и заканчивается на третьи - восьмые сутки. Доля связанных фосфатов увеличивается с повышением дозы удобрений, а наименьшая их ретроградация наступает при содержании в почве 30-50 мг/кг подвижных фосфатов, определяемых по методу Мачигина. Это соответствует повышенной и высокой обеспеченности почв фосфором.

В черноземах неиспользованные в год внесения фосфаты не превращаются в недоступные, а длительное время остаются в усвояемой, форме, и их слабое последствие часто объясняется недостатком доступного азота (Шконде, 1952; Носов, 1972).

Обыкновенные черноземы с большой способностью связывать фосфаты в менее подвижные формы обладают устойчивым длительным последствием фосфорных удобрений при внесении не менее 90 кг/га  $P_2O_5$ . Устойчивое последствие фосфора установлено и на выщелоченных черноземах в условиях длительного стационарного опыта. При внесении фосфорного удобрения один раз

в 2 года оно обеспечивало такие же приросты урожая, как и ежегодное (Симакин, Ширинян, 1979).

Большое значение для характеристики плодородия почв по содержанию подвижных форм фосфора имеют оптимальные сроки отбора почвенных образцов и факторы, влияющие на динамику его содержания в различных почвах в зависимости от климатических зон.

Исследованиями, проведенными агрохимцентром «Ставропольский» в течение трех лет в хозяйствах различных зон, показано, что динамика подвижных форм фосфора в почве под озимой пшеницей мало зависела от предшественника и влагообеспеченности почвы в период вегетации (табл. 31).

Таблица 31

**Динамика подвижных форм фосфора под озимой пшеницей по разным предшественникам, кг/га**

Хозяйство	Фаза развития	По чистому пару		По гороху		По озимой пшенице	
		Слой почвы, см					
		0-20	0-100	0-20	0-100	0-20	0-100
К-з «Маньч» Апанасенковскогорайона	кущение	69	159				
	трубкование	68	186				
	колошение	78	206				
	полная спелость	56	146				
К-з им. Кирова Ипатовского района	кущение	61	147			41	119
	трубкование	60	162			66	140
	колошение	56	146			64	166
	полная спелость	46	124			44	122
К-з «Колос» Петровского района	кущение	48	137			61	148
	трубкование	62	170			52	158
	колошение	47	160			52	163
	полная спелость	42	114			42	114
АО «Надежда» Красногвардейского района	кущение	35	105	39	115	48	124
	трубкование	33	104	24	86	42	114
	колошение	30	96	28	105	40	104
	полная спелость	34	96	26	86	32	90
К-з им. Ленина Новоалександровского района	кущение			51	136	54	163
	трубкование			58	170	55	164
	колошение			50	140	36	114
	полная спелость			39	130	56	117

В среднем по всем пунктам исследований в период кущения количество подвижного фосфора в пахотном слое составляло 53 кг/га, во время трубкова-



ния - 55, колошения- 53 и в период полной спелости - 45 кг/га. Подобная закономерность отмечена и для метрового слоя почвы (табл. 32).

Таблица 32

**Относительное содержание подвижных форм фосфора по фазам развития озимой пшеницы по разным предшественникам, % от содержания рано весной**

Хозяйство	Фаза развития	По чистому пару		По гороху		По озимой пшенице	
		Слой почвы, см					
		0-20	0-100	0-20	0-100	0-20	0-100
К-з «Маньч» Апанасенков- ского района	кущение	100	100				
	трубкование	92	108				
	колошение	108	132				
	полная спелость	78	94				
К-з им. Кирова Ипатовского района	кущение	100	100			100	100
	трубкование	85	109			200	144
	колошение	93	111			300	207
	полная спелость	78	94			132	125
К-з «Колос» Петровского района	кущение	100	100			100	100
	трубкование	132	119			73	92
	колошение	109	131			91	116
	полная спелость	97	117			73	82
АО «Надежда» Красногвардей- ского района	кущение	100	100	100	100	100	100
	трубкование	70	95	82	95	80	82
	колошение	100	110	96	132	54	76
	полная спелость	109	110	91	90	69	76
К-з им. Ленина Новоалександ- ровского района	кущение			100	100	100	100
	трубкование			105	124	102	89
	колошение			102	117	73	63
	полная спелость			81	109	113	65

Запас подвижного фосфора в почве, как в пахотном слое, так и метровом, за период вегетации изменялся незначительно - только к периоду полной спелости отмечено некоторое его уменьшение (в пределах 13%) относительно его запаса в ранневесенний срок отбора образцов почвы (табл. 33). Установлено, что значительная часть запаса подвижного фосфора (до 56-59%) сосредоточена в 40-сантиметровом слое. А естественное его снижение с глубиной не зависело от сроков отбора проб, климатической зоны и предшественника.

Содержание  $P_2O_5$  в метровом слое почвы в зависимости от фазы развития озимой пшеницы по почвенно-климатическим зонам, кг/га

Хозяйство	Фаза развития	Слой почвы, см					Σ 0-100
		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	
К-з «Маньч» Апанасенков- ского района	кущение	69	36	19	18	17	159
	трубкование	68	41	30	25	23	187
	колошение	79	45	27	31	24	206
	полная спелость	57	36	18	19	18	148
К-з им. Кирова Ипатовского района	кущение	51	30	20	17	15	133
	трубкование	62	29	21	21	19	152
	колошение	60	35	21	21	18	155
	полная спелость	45	30	17	16	16	124
К-з «Колос» Петровского района	кущение	54	30	21	20	17	142
	трубкование	57	34	28	24	20	163
	колошение	50	40	31	23	18	162
	полная спелость	42	19	18	19	18	116
АО «Надежда» Красногвардей- ского района	кущение	41	22	25	16	17	121
	трубкование	34	20	16	16	17	103
	колошение	33	20	16	16	17	102
	полная спелость	31	16	15	15	16	93
К-з им. Ленина Новоалександ- ровского района	кущение	52	34	24	23	16	149
	трубкование	56	37	30	23	21	167
	колошение	43	27	22	19	17	128
	полная спелость	48	23	16	16	21	124
Среднее по всем точкам	кущение	53	30	22	19	16	140
	трубкование	55	32	25	22	20	154
	колошение	53	33	23	22	19	150
	полная спелость	45	25	17	17	18	122

Исследования показали, что по содержанию подвижного фосфора в пахотном слое можно судить о его запасах до глубины 1 м.

Коэффициент вариации данного соотношения приемлем для использования в массовых расчетах. Его величина составила 10-18%.

В среднем на долю пахотного слоя приходится 33-42% от суммы запаса в метровом слое. При этом отмечено, что с повышением обеспеченности пахотного слоя подвижным фосфором с 10-15 мг/кг до 40 и более его удельный вес в суммарном запасе слоя 0-100 см возрастает с 32 до 49%. Этот рост составляет примерно 3% усвояемого фосфора на каждые 5 мг/кг почвы (табл. 33, 34).

При анализе динамики запасов подвижного фосфора в звене севооборота заметного варьирования по срокам наблюдения не установлено. Самая широкая амплитуда колебаний отмечена для пахотного слоя почвы, где максимальные

запасы отмечены в ранневесенний период, а минимальные - при уборке, что, по-видимому, обусловлено в основном потреблением его растениями и возможно частичным закреплением фосфора в почве в виде менее растворимых соединений (табл. 34).

Таблица 34

**Динамика подвижного фосфора в звене севооборота  
чистый пар - озимая пшеница - озимая пшеница  
(среднее по Ипатовскому и Петровскому районам)**

Срок наблюдения	Содержание поля	Слой почвы, см					Среднее в слое почвы
		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	
25.03.-30.03.1993 г.	чистый пар	17	9	7	5	5	8,6
27.04.-5.05.1993 г.		18	10	8	6	6	9,8
4.06.-11.06.1993 г.		23	13	8	7	7	11,4
9.07.-16.07.1993 г.		17	8	7	6	6	8,8
1.09.-9.09.1993 г.		26	9	6	6	6	10,6
12.03.-16.03.1994 г.	озимая пшеница	21	16	10	6	6	12,0
5.04.-6.04.1994 г.		33	15	11	7	7	15,0
2.12.-9.12.1994 г.		17	13	8	6	6	10,0
30.03.-13.04.1995 г.		14	5	5	5	5	6,8
27.04.-16.05.1995 г.		20	5	5	5	5	8,0
25.05.-8.06.1995 г.		26	10	8	6	6	11,4
5.07.-8.07.1995 г.	13	7	5	5	5	7,0	

Следовательно, фосфатный режим почвы при возделывании озимой пшеницы изменяется в незначительных пределах, и его значение, независимо от срока наблюдения, может дать более или менее объективную характеристику состояния плодородия почвы по фосфору.

Авторы приходят к выводу о том, что наилучшим сроком отбора проб почвы для агрохимического картирования полей по фосфору является конец лета - начало осени.

При достижении оптимальной обеспеченности почв фосфатами этот уровень поддерживают дозами, компенсирующими или несколько (на 10-15%) превышающими отчуждение фосфора урожаем. Обогащение почв до высокой и очень высокой обеспеченности подвижным фосфором не только ведет к непроизводительным затратам фосфора, но и не способствует росту урожая. В хозяйствах, ведущих интенсивное земледелие, контроль агрохимических свойств почвы предотвращает их зафосфачивание.

### **3.2.1. Динамика фосфора в почве под влиянием системы удобрения**

На содержание фосфатов в почве существенное влияние оказывают влажность почвы, ее температурный режим. Резкие колебания влажности почвы в пахотном слое могут приводить к перегруппировке активных фосфатов и увеличению содержания труднорастворимых форм. В течение вегетации растений разница в содержании подвижных форм в пахотном слое между максимумом и минимумом достигает 1,5-2,0 раз.

Содержание в почве подвижного фосфора за счет средних норм удобрений повышается менее значительно, чем  $N-NO_3$  и  $N-NH_4$ . Содержание подвижного фосфора под влиянием удобрений заметно повышается со 2-3 года ротации. Более существенно это отмечается под озимой пшеницей, размещаемой после занятого пара, получающего навозно-фосфорное удобрение. К концу вегетации озимой пшеницы содержание  $P_2O_5$  снижается на 8-13 мг и составляет 16-18 мг/кг почвы. Во все годы исследования наиболее значительно содержание  $P_2O_5$  (с 28-29 до 36,5 мг/кг) повысилось под горохо-овсяной смесью.

В севообороте к концу ротации содержание фосфора стабилизировалось. Если перед закладкой его в пахотном слое содержалось около 30 мг/кг почвы  $P_2O_5$ , то возделывание сельскохозяйственных культур без удобрений в течение 10 лет снизило содержание фосфора до 25 мг/кг почвы. Насыщенность севооборота 60 кг/га  $NPK + 2,5$  т/га навоза (1-я система) поддерживает содержание подвижного фосфора на исходном уровне (28-29 мг/кг почвы). При двойной насыщенности севооборота удобрениями содержание  $P_2O_5$  в пахотном слое за ротацию увеличивалось на 86 кг/га. Увеличение насыщенности севооборота до 180 кг/га  $NPK + 7,5$  т/га навоза (3 система) к середине 2-й ротации заметно повысило содержание  $P_2O_5$  в пахотном слое (35 мг/кг почвы) по сравнению с исходным.

### **3.3. Формирование калийного потенциала почвы**

Калий находится в почве главным образом в виде первичных и вторичных минералов, таких как полевой шпат, слюда, иллит, вермикулит и др. На черноземных почвах преобладающими являются монтмориллонит, каолинит и гид-

рослюда. В почвах юга России содержание калия колеблется в пределах 2,2-2,5%. Питание растений осуществляется в основном за счет его обменной формы. Содержание обменного калия в почве определяется ее минералогическим и механическим составом и достигает 200-600 и более мг/кг почвы.

Мицеллярно-карбонатные черноземы юга России отличаются довольно большими запасами валового калия. В горизонте А они достигают 2,5-3,0%, в нижних (В, С) – 1,0-1,2%. Характерно высокое содержание обменного калия (400-500 мг/кг почвы) в пахотном слое с плавным уменьшением по глубине разреза. Проведенные нами исследования подтверждают это положение для неорошаемых и орошаемых севооборотов. В 5-польных севооборотах, независимо от способа использования в них пашни, произошло заметное увеличение содержания обменного калия от исходного по профилю разреза. В 8-польном севообороте без применения этого элемента в составе удобрений отмечается тенденция к снижению обменного калия по всему профилю.

Минеральная система удобрения, предусматривающая небольшие дозы калия ( $K_{30}$ ) обеспечивает поддержание обменного калия в слое 0-60 см на исходном уровне, но заметно обогащает 100-150 см толщу почвы. Органоминеральная система удобрения способствует обогащению почвы обменным калием, особенно при дробном внесении в несколько полей севооборота.

В связи с изложенным, в ряде хозяйств, как в севооборотах, так и на отдельных участках, отмечается существенное уменьшение содержания калия.

Важным свойством почвы в отношении калия является фиксация калия удобрениями глинистыми минералами. Масштабы этого явления зависят от наличия в твердой фазе минералов с определенными межполостными расстояниями, позволяющими им высокоселективно поглощать калий в зависимости от реакции среды, а также от чередования циклов увлажнения и иссушения (увеличивает фиксацию). Если фиксация отсутствует, то необходимо учитывать возможный негативный концентрационный эффект от внесения калийных удобрений. Фиксированный калий может сдвигать равновесие между формами, а при сильном истощении почвенного раствора становится доступным для растений.

Относительно влияния калийных удобрений на другие формы калия в почве имеются различные данные. Западноевропейские исследователи доказывают, что увеличение обменных форм наблюдается после заполнения всех специфических позиций (PI, 1977). Российские ученые отмечают одновременное пополнение необменных и обменных форм калия в почве.

На калийное состояние почвы специфическое влияние оказывают органические удобрения. После их внесения потребность в калийных удобрениях резко снижается, т.к. этот вид удобрений содержит достаточное количество легкодоступного калия, что подтверждается выше приведенными экспериментальными материалами.

Отмечается, что органические удобрения, оказывая благоприятное воздействие на буферную способность почв, сглаживают возможное отрицательное действие минеральных удобрений.

При возделывании культур в зоне рискованного земледелия, эффект от калия в один из трех лет может быть достаточным для окупаемости его ежегодного внесения.

Эффективность калийных удобрений зависит не только от содержания калия в почве, но и от сопутствующих условий - интенсивности севооборота и набора культур, содержания фосфора в почве и фона удобрений, реакции среды и мелиоративных мероприятий.

Вынос калия сельскохозяйственными культурами не компенсируется вносимыми удобрениями. Это привело к нарушению его баланса в почве. В частности, в среднем за 5 лет вынос калия с урожаями возделываемых культур в Апанасенковском, Арзгирском, Левокумском, Нефтекумском и Курском районах Ставропольского края компенсировался в среднем на 46-57%.

Потребление калия на формирование урожаев за это же время было в пределах 170 тыс. т, а внесено с удобрениями - 105 тыс. т. В расчете на гектар среднегодовое внесение калия не превысило 30 кг/га при выносе 49 кг/га. Дефицит составил 38% или 19 кг/га. Таким образом, под влиянием практикуемых

норм внесения калийных удобрений сложился отрицательный баланс калия в системе почва - растение - удобрение.

В значительной мере это обусловлено недооценкой значения применения калийных удобрений, в прямой зависимости от которых находится накопление в почве доступных для растений форм калия. В стационарном опыте НПО «Нива Ставрополья» было показано, что при систематическом одностороннем внесении фосфорных удобрений содержание обменного калия в почве за 6 лет снизилось на 10%. Отрицательное действие на этот показатель азотных удобрений проявилось еще сильнее, а там, где ежегодно вносили калийные удобрения содержание его обменных форм в пахотном слое возросло на 10-20%.

По мере интенсификации технологий возделывания культур и роста урожайности потребность в калийных удобрениях возрастает.

В среднем при урожае озимой пшеницы в 50 ц/га из почвы выносятся до 130 кг/га калия. Почвенные запасы не всегда могут обеспечить такой уровень калийного питания, особенно в засушливых условиях региона. Поэтому вносимое количество калийных удобрений должно обеспечить требуемую компенсацию выноса и сбалансированность с другими макро- и микроэлементами. Это обусловлено и тем, что при значительном накоплении фосфатов в почве возникает опасность нарушения физиологически необходимого растениям соотношения питательных веществ. В таких условиях озимая пшеница, например, начинает испытывать потребность в калийных удобрениях. То есть, недостаточность калийного питания будет обусловлена несбалансированностью вносимых с удобрениями питательных веществ. Кроме того, содержание обменного калия в почве не характеризует в нужной степени доступность его растениям, которая в присутствии конкурирующих ионов кальция и магния значительно понижена.

Эффективность калийных удобрений зависит от обеспеченности почв обменным калием и другими элементами питания. Опыты НПО «Нива Ставрополья» показали, что применение одних калийных удобрений, как правило, не дает ожидаемого эффекта. Оно оправдано только на фоне фосфорных и азотно-

фосфорных удобрений, а также на почвах с низким содержанием обменного калия. Так, при низкой обеспеченности почв обменным калием внесение калийных удобрений в дозе 60 кг/га, повышает урожайность зерна озимой пшеницы на 6 ц/га, при средней обеспеченности - на 1-2 ц/га. Установлено, что на фоне фосфора калийные удобрения дают дополнительно 20 ц/га зеленой массы кукурузы, и до 50 ц/га сорго, 1,5-2 ц/га семян подсолнечника.

Возделываемые культуры существенно различаются по потребности в калийном питании и способности усваивать его различные формы. Так, озимая пшеница потребляет на 1 т урожая 24 кг калия, а подсолнечник в 5-8 раз больше. При этом внесение калийных удобрений в составе NPK под озимую пшеницу повышает урожайность, а подсолнечник на внесение калийных удобрений не отзывается, так как способен за счет мощной корневой системы использовать менее доступные формы калия, а также калий глубоких слоев почвы. Как правило, эффективность калийных удобрений возрастает на фоне высоких доз азота и фосфора. Несмотря на сравнительно невысокую эффективность калийных удобрений, их внесение рекомендуется на всех типах черноземов для сохранения высокого калийного потенциала почвы.

Большой интерес для характеристики калийного режима почв представляют данные по динамике его содержания в почве в период вегетации растений и определение зависимости этого показателя от различных факторов, влияние которых в той или иной степени может сказаться на обеспеченности растений этим элементом.

Такие исследования были проведены агрохимцентром «Ставропольский» в 1993-1995 годах по различным предшественникам под озимой пшеницей. Показано, что динамика содержания обменного калия имеет свои особенности. Как и в случае с другими питательными элементами запасы обменного калия в пахотном слое и в метровой толще почвы снижались в период от кущения (ранневесеннего отбора проб) до полной спелости пшеницы (табл. 35).



**Динамика обменного калия под озимой пшеницей  
по разным предшественникам, кг/га**

Хозяйство	Фаза развития	По чистому пару		По гороху		По озимой пшенице	
		Слой почвы, см					
		0-20	0-100	0-20	0-100	0-20	0-100
К-з «Маньч» Апанасенков- ского района	кущение	1042	3817				
	трубкование	983	3986				
	колошение	942	3609				
	полная спелость	960	3290				
К-з им. Кирова Ипатовского района	кущение	1066	3701			887	3437
	трубкование	1176	3845			1192	3340
	колошение	1018	3184			1251	3822
	полная спелость	896	2666			862	3186
К-з «Колос» Петровского района	кущение	547	2469			580	2719
	трубкование	702	2821			672	2913
	колошение	477	2332			644	2778
	полная спелость	508	2188			562	2172
АО «Надежда» Красногвардей- ского района	кущение	951	3190	910	3476	999	3514
	трубкование	843	3191	874	3080	973	3510
	колошение	850	3185	848	3166	693	3096
	полная спелость	804	2588	793	2568	812	2550
К-з им. Ленина Новоалександ- ровского района	кущение			765	3094	821	3333
	трубкование			769	3147	711	3011
	колошение			773	3052	648	2509
	полная спелость			668	2522	466	2068

Причем из нижних слоев расход калия происходит в большей мере, чем из пахотного слоя, особенно в период колошения – полной спелости, что возможно связано с активным потреблением калия хорошо развитой корневой системой пшеницы и перемещения калия в верхние горизонты за счет биологического переноса. Этим объясняется то, что в среднем по всем точкам наблюдений количество обменного калия в верхнем слое ко времени уборки снизились примерно на 10%, а в слое 0-100 см на 23-34% от весенних запасов (табл. 36).

**Относительное содержание обменного калия по фазам развития озимой пшеницы по разным предшественникам (% от содержания рано весной)**

Хозяйство	Фаза развития	По чистому пару		По гороху		По озимой пшенице	
		Слой почвы, см					
		0-20	0-100	0-20	0-100	0-20	0-100
К-з «Маньч» Апанасенков- ского района	кущение	100	100				
	трубкование	90	110				
	колошение	90	98				
	полная спелость	92	83				
К-з им. Кирова Ипатовского района	кущение	100	100			100	100
	трубкование	90	85			135	100
	колошение	90	79			142	115
	полная спелость	79	66			98	96
К-з «Колос» Петровского района	кущение	100	100			100	100
	трубкование	121	95			90	83
	колошение	90	90			96	89
	полная спелость	96	85			84	70
АО «Надежда» Красногвардей- ского района	кущение	100	100	100	100	100	100
	трубкование	84	96	99	87	96	91
	колошение	87	95	96	89	66	80
	полная спелость	82	77	90	72	78	66
К-з им. Ленина Новоалексан- дровского райо- на	кущение			100	100	100	100
	трубкование			97	95	90	98
	колошение			99	92	81	83
	полная спелость			86	77	69	73

Общий запас калия в метровой толще почвы в среднем составил в период кущения 3300 кг/га и в период полной спелости - 2630 кг/га. Также отмечено, что основная часть калийного запаса сосредоточена в слое 0-40 см (49-52 % от запаса в слое 0-100 см). А запасы калия в пахотном слое составляют 25-29% от запаса в метровом слое (табл. 37). Это соотношение достаточно стабильно. Коэффициент вариации в зависимости от изучаемых факторов составил 8-14%, что позволяет использовать его для характеристики обеспеченности метрового слоя почвы калием (табл. 38).

**Содержание обменного калия в метровом слое почвы в зависимости от фазы развития озимой пшеницы по почвенно-климатическим зонам, кг/га**

Хозяйство	Фаза развития	Слой почвы, см					Σ 0-100
		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	
К-з «Маньч» Апанасенков- ского района	кущение	1042	900	728	593	554	3817
	трубкование	983	835	722	724	722	3986
	колошение	942	766	683	646	572	3609
	полная спелость	960	748	504	436	641	3289
К-з им. Кирова Ипатовского района	кущение	977	800	655	596	540	3568
	трубкование	1182	744	617	574	532	3649
	колошение	1134	846	571	491	461	3503
	полная спелость	879	735	474	440	412	2940
К-з «Колос» Петровского района	кущение	563	527	504	521	479	2694
	трубкование	687	568	546	554	512	2867
	колошение	560	569	504	486	434	2553
	полная спелость	535	475	398	400	372	2180
АО «Надежда» Красногвардей- ского района	кущение	953	680	601	585	574	3393
	трубкование	900	634	587	578	584	3283
	колошение	797	626	589	568	570	3150
	полная спелость	803	507	418	405	436	2569
К-з им. Ленина Новоалександ- ровского района	кущение	793	625	576	538	528	3060
	трубкование	740	640	599	550	550	3079
	колошение	710	602	515	480	474	2781
	полная спелость	601	483	451	417	419	2381
Среднее по всем точкам	кущение	866	706	613	567	535	3287
	трубкование	898	684	614	596	580	3372
	колошение	829	682	572	534	502	3119
	полная спелость	756	590	449	420	416	2631

Отмечено, что запасы влаги коррелируют с калийным режимом в слое 0-100 см в большей степени, чем в пахотном слое. В среднем с увеличением запасов продуктивной влаги в верхнем горизонте на 1 мм содержание калия возрастает на 5,63 кг/га. В метровой толще этот прирост равен 21,75 кг/га.

В зависимости от условий увлажнения происходит изменение содержания обменного калия в звене севооборота (табл. 38). Установлено, что в паровом поле снижение или повышение содержания калия происходит синхронно по всем горизонтам. На полях с озимой пшеницей такого не наблюдалось. Так, при увеличении запасов усвояемого калия в верхнем слое, в нижних слоях его количество оставалось постоянным или в ряде случаев снижалось.

**Динамика обменного калия в звене севооборота чистый пар - озимая пшеница - озимая пшеница (среднее по Ипатовскому и Петровскому районам Ставропольского края), кг/га**

Срок наблюдения	Содержание поля	Слой почвы, см					Среднее в 20 см метрового слоя почвы
		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	
25-30.03.1993 г.	чистый пар	342	278	237	223	198	256
27.04.-5.05.1993 г.		292	233	192	177	177	214
4.06.-11.06.1993 г.		310	259	220	170	178	227
9.07.-16.07.1993 г.		256	170	131	124	116	159
1.09.-9.09.1993 г.		375	210	174	167	153	215
12.03.-16.03.1994 г.	озимая пшеница	305	222	162	150	147	197
5.04.-6.04.1994 г.		385	267	245	230	225	270
2.12.-9.12.1994 г.		313	262	198	185	171	226
30.03.-13.04.1995 г.		323	243	220	201	211	240
27.04.-16.05.1995 г.		375	196	177	175	170	219
25.05.-8.06.1995 г.		353	271	191	152	158	225
5.07.-8.07.1995 г.		298	242	158	148	143	198

Отсюда следует, что в круговороте обменного калия в той или иной степени задействован весь метровый слой почвы. Однако, судить о важности этого факта для питания растений пшеницы не представляется возможным, поскольку в период наблюдений все поля имели повышенную и высокую обеспеченность калием, и он не находился в первом минимуме.

### 3.3.1. Динамика обменного калия в почве

Незначительная динамика обменного калия в пахотном слое во время вегетации сельскохозяйственных культур предопределяется высоким содержанием валового и обменного калия. Миграции обменный калий, как и фосфор, по профилю подвержен незначительно. В наших опытах содержание обменного калия существенно повышалось в первые 2-3 года после внесения навоза под горохо-овсяную смесь – с 290-295 до 346 мг; озимой пшеницы, возделываемой после занятого пара – с 290 до 330 мг/кг почвы. К концу вегетации в связи с питанием растений и переходом его в необменное содержание  $K_2O$  в пахотном слое снижалось до 240-250 мг/кг почвы.

### **Часть 3. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

#### **ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

#### **ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ**

Сотрудники лаборатории кафедры агрохимии и физиологии растений и студенты, выполняющие на кафедре лабораторно-практические занятия по агрохимии, имеют дело с электронагревательными приборами, химической посудой, реактивами, огнеопасными и сильнодействующими веществами.

Многие из названных предметов при неумелом, неосторожном или небрежном обращении могут вызывать пожар, отравление, порезы рук стеклом, ожоги горячими предметами, кислотами, щелочами и другими реактивами с возможными тяжелыми последствиями как для работающего, так и для окружающих.

Знать опасности, встречать их и не быть захваченным врасплох, является важнейшей задачей каждого работающего в лаборатории.

В этих целях устанавливаются следующие обязательные правила.

#### **Противопожарные меры**

Причинами возникновения пожара могут быть неисправности: электропроводки, нагревательных приборов, газовых шлангов, кранов подвода газа, несоблюдение мер предосторожности, неумелое обращение с огнеопасными веществами. При выполнении работ по нагреванию и работ с огнеопасными веществами запрещается:

- использовать неисправные электроприборы и приборы, несоответствующие напряжению сети;
- использование нагревательных приборов на рабочих местах без подкладки толстого листа асбеста или другого теплоизоляционного материала;
- оставлять включенными без присмотра электрические и газовые приборы;
- при работе с огнеопасными веществами (серный эфир, спирт, бензин и другие) запрещается пользоваться горящими горелками всех видов. Все операции, связанные с нагреванием, следует производить на водяной или другой

бане с потушенной горелкой.

В случае если будет нечаянно разбита бутылка или дугой сосуд с огнеопасными веществами, прежде чем собирать осколки или разлитую жидкость, её нужно засыпать песком. Осколки стекла и песок, пропитанный жидкостью, собирают при помощи фанеры (или деревянной лопаты). Запрещается применять железную лопату, веник или щетку.

При возникновении пожара следует очень быстро удалить из помещения все горючие жидкости, кроме того, надо предусмотреть, чтобы находящиеся вблизи стальные баллоны не взорвались от разогрева. Для огнетушения использовать все имеющиеся под рукой средства (огнетушители, листовой асбест, влажные тряпки) и одновременно вызвать пожарную команду.

### **Меры предосторожности при работе с вредными и ядовитыми веществами, кислотами, щелочами и при обращении со стеклом**

В лаборатории приходится иметь дело с кислотами, щелочами, солями, содержащими ртуть, свинец и другими веществами, вредно действующими на организм человека при их вдыхании, а также при попадании на кожу или внутрь.

В целях предупреждения несчастных случаев необходимо знать:

1. Работы, связанные с выпариванием, удалением аммиака, сжиганием испытываемых веществ (озоление), должны проводиться только в вытяжном шкафу при хорошо действующей тяге.

2. Наполнение пипеток ядовитыми или едкими жидкостями ни в коем случае нельзя производить ртом. Следует применять грушу или бюретку.

3. При работе со щелочами, а также с ядовитыми веществами (сулема и другие) недопустимо брать куски или порошок голыми, не защищенными руками. Для этого необходимо пользоваться щипцами, пинцетом или совочком.

4. При смешивании жидкостей, взаимодействие которых вызывает сильное разогревание, необходимо соблюдать осторожность, так как раствор может закипеть и разбрызгаться. Например, при разведении концентрированной серной кислоты следует приливать кислоту в воду (а не наоборот) небольшими порциями постоянно помешивая, избегая чрезмерного нагревания.

5. При определении запаха вещества нельзя подносить к носу сосуд с веществом - его следует держать на расстоянии, направляя к носу небольшое количество паров вещества легким движением руки.

6. Запрещается выливать ядовитые вещества в раковину без предварительного их обезвреживания. Нельзя выливать концентрированные растворы щелочей, хромовую смесь, а также дурно пахнущие вещества, без предварительного сильного разбавления.

7. Запрещается при работе держать или встряхивать колбы и другие склянки с кислотами и щелочами выше или на уровне глаз.

8. Чтобы предохранить руки от порезов, надо осторожно обращаться со стеклянными приборами и посудой. Закрывать колбы пробками не применяя больших усилий. При сборке приборов пользоваться стеклянными трубками с оплавленными концами.

9. Работать в агрохимических лабораториях нужно в халатах, так как попавшие реактивы могут загрязнить платье или разрушить ткань.

### **Общие требования при пользовании газовыми горелками**

Перед работой в помещении, где установлены газовые приборы, необходимо открыть форточки и проветрить помещение, проверить наличие накидных ключей у кранов. При неисправности газового оборудования или запахе газа звонить в аварийную диспетчерскую газовую службу.

При наличии запаха газа в помещении категорически запрещается:

- а) включать и выключать электроосвещение, вентиляторы и прочие электроприборы;
- б) пользоваться открытым огнем;
- в) разжигать горелки.

Для зажигания горелок необходимо:

- 1) открыть кран на вводе газопровода на ответвлении к вытяжному шкафу (к лабораторному столу);
- 2) зажечь спичку, поднести ее к горелке, медленно открывая газовый кран, поджечь газ;

3) отрегулировать горение газа, пока пламя не станет синевато-фиолетовым. Следует постоянно контролировать устойчивое горение газа, не допуская копоти, отрыва или проскока пламени.

При проскоке пламени внутрь горелки следует закрыть газовый кран, когда остынет - снова зажечь ее как указано выше.

Если пламя шумит и слегка отрывается от устья горелки, нужно убавить подачу первичного воздуха.

Для остановки работы горелок необходимо: закрыть газовый кран у горелки, затем закрыть регулятор воздуха. При остановке работы всех газовых приборов закрывают краны на ответвлениях газопроводов к вытяжным шкафам (лабораторным столам).

При аварии (взрыве, пожаре, отравлении, сильной утечке газа) необходимо срочно закрыть кран на вводе газопровода, поставить в известность руководство учреждения и немедленно вызвать аварийную службу. Помещение проветрить.

При появлении признаков отравления (головокружение, головная боль, тошнота) пострадавших выводят на воздух, дают нюхать нашатырный спирт, при ухудшении состояния здоровья - вызывают скорую помощь.

### **Первая помощь при несчастных случаях**

1. При механическом ранении небольшие раны дезинфицируют небольшим количеством раствора йода и закрывают бинтом. Большие раны не промывают, а только забинтовывают стерильной марлей, ватой и бинтом, после чего прибегают к срочной медицинской помощи.

2. При ожогах на пораженное место накладывают кусок марли с висмутовой мазью и ежедневно обновляют повязку. Если появились волдыри, следует прибегнуть к медпомощи, приставшие остатки вещества удалять нельзя.

3. При попадании концентрированной кислоты на кожу рук или лица необходимо промыть пораженный участок кожи сначала водой, а затем слабым раствором пищевой соды. Концентрированную щелочь, попавшую на кожу,



смывают вначале слабым раствором уксусной кислоты, а затем водой, накладывается повязка с мазью от ожогов.

4. При попадании кислот, щелочей через ротовую полость необходимо тотчас же вызвать рвоту - лучше всего механически или принимая внутрь мыльную пену или горчичную воду. После чего пострадавшему дают активированный уголь, молоко, в крайнем случае - в большом количестве воду.

5. При отравлении газами (СО, Н<sub>2</sub>S), парами растворителя пострадавшего выводят на свежий воздух. Нельзя допускать, чтобы человек заснул, для этого его лицо опрыскивают холодной водой, при остановке дыхания применяют искусственное дыхание.

В лаборатории на видном месте должна находиться аптечка для оказания первой помощи пострадавшим.

## **ХИМИЧЕСКАЯ ПОСУДА И ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

В химической лаборатории используют специальную посуду, отличающуюся химической стойкостью или термоустойчивостью. Ее изготавливают из обычного или термостойкого стекла, фарфора и других огнеупорных материалов.

*Стеклопосуда.* По специфичности использования стеклянную посуду можно разделить на три группы: общего назначения, специальную и мерную. Посуду общего назначения (пробирки, стаканы, плоскодонные колбы, колбы Бунзена, бутылки, склянки, тройники) применяют для разных целей, а специальную посуду - для одной цели. Мерная посуда предназначена для отмеривания точных объемов жидкости и газов.

*Пробирки* - это узкие цилиндрические с закругленным дном сосуды разной величины и диаметра, сделанные из обычного или термостойкого стекла. Они бывают простые, градуированные и центрифужные. Пробирки применяют для первого ознакомления с веществом при определении его отношения к воде, проведении качественных реакций, колориметрических наблюдений и т. д. В пробирку вносят такое количество реактивов, чтобы общий объем не превышал половины объема пробирки. Реактивы перемешивают стеклянной палочкой или слегка постукивают пальцем по нижней части пробирки.

Чтобы быстро взять определенный объем отстоявшейся жидкости, не взмучивая осадка, в производственных условиях пользуются мерной пробиркой с боковым отверстием. Ее берут в правую руку, указательным пальцем плотно закрывают верхнее отверстие, погружают пробирку в раствор на 3-5 мм глубже бокового отверстия и слегка отодвигают палец, чтобы раствор поступал в боковое отверстие. Затем верхнее отверстие зажимают и вынимают пробирку из раствора.

*Химические стаканы* изготавливают из обычного и термостойкого стекла емкостью от 50 до 1000 мл. Их используют для фильтрования, осаждения, растворения и т. д.

*Колбы* бывают плоскодонные и круглодонные, различной емкости - от 50 до 1000 мл. Плоскодонные, в свою очередь, делятся на обычные и конические (Эрленмейера).

При титровании, фильтровании и прочих работах пользуются колбами Эрленмейера. Круглодонные колбы с отростком (Вюрца) используют при перегонке жидкостей, а с удлиненным горлом (Кьельдаля) - при сжигании вещества концентрированными кислотами. Во время работы эти колбы держат в специальных штативах с небольшим углублением. Коническую колбу с отростком (Бунзена) используют при фильтровании с разрежением.

Из обычной плоскодонной колбы можно собрать *промывалку*. Для этого к ней подбирают резиновую пробку, в которой просверливают два отверстия. В одно отверстие вставляют изогнутую под тупым углом стеклянную трубку так, чтобы она выходила из пробки на 2-3 см. В другое отверстие вставляют изогнутую под острым углом стеклянную трубку, доходящую почти до дна колбы, к наружному концу которой при помощи резиновой трубки присоединяют небольшую стеклянную трубочку с оттянутым концом.

В колбу наливают дистиллированную воду или какой-либо раствор и плотно закрывают пробкой. Тупой конец трубки берут в рот и вдывают воздух в колбу. Из другой трубки льется струя жидкости.

*Промывалка* - необходимое приспособление в лаборатории. Она служит

для промывания осадков дистиллированной водой, смывания осадков с фильтров, стенок сосудов и т. д.

*Воронки* изготовляют разных диаметров от 3 до 27 см из обычного стекла. Они служат для фильтрования и переливания жидкостей. Лучшими считаются воронки, у которых конус с горизонтальной плоскостью образует угол  $60^\circ$ , так как фильтрование в них проходит значительно быстрее. Для ускорения фильтрования используют воронки с шарообразным расширением, заполненным гигроскопической или стеклянной ватой.

*Эксикатор* применяют для охлаждения бюксов, стаканчиков, тиглей, а также для сохранения веществ в обезвоженном состоянии. Это толстостенный стеклянный сосуд, имеющий пришлифованную крышку. В коническую часть его помещают поглотитель (прокаленный хлористый кальций, фосфорный ангидрид, серную кислоту). На фарфоровом вкладыше, вставленном в эксикатор, размещают тигли, чашечки и др. При открывании и закрывании эксикатора крышку не поднимают, а сдвигают в сторону. Для того чтобы закрыть его герметически, крышку и бортик смазывают вазелином. При переносе эксикатора крышку придерживают рукой, иначе она может соскользнуть и разбиться. Раскаленные тигли сначала охлаждают на листе асбеста 1-2 минуты и только потом помещают их в эксикатор, оставив щель для выхода горячего воздуха; через 2-3 минуты его плотно закрывают. Перед установкой в эксикатор тигли закрывают крышками.

*Мерные цилиндры, мензурки* - это стеклянные толстостенные сосуды различной емкости; на наружной стенке их нанесены деления, соответствующие объему жидкости в миллилитрах. Цилиндры имеют цилиндрическую форму, мензурки - коническую.

*Пипетки* служат для точного отмеривания жидкости. Они бывают простые и градуированные. Простые пипетки (Мора) рассчитаны на определенный объем, указанный на их расширенной части. Круговая черта в верхней части пипетки служит меткой, до которой набирают жидкость. На наружной стенке градуированных пипеток нанесены деления через 0,1, 0,01 или 0,02 мл. Пипет-

кой можно отмерить любой объем в пределах ее емкости. Чтобы наполнить пипетку, ее нижний конец опускают в жидкость, а через верхний засасывают жидкость на 2-3 см выше метки и быстро закрывают верхнее отверстие указательным пальцем. Засасывают жидкость отрывистым сосательным движением языка и губ, не вдыхая воздух из пипетки, причем во время наполнения кончик ее должен находиться в жидкости. Наполненную пипетку приподнимают так, чтобы метка была на уровне глаз. Ослабляя нажим указательного пальца, дают жидкости стечь до метки и снова прижимают палец. Пипетку с раствором вводят в нужный сосуд, прислоняя ее нижний конец к стенке сосуда, затем отпускают палец и дают стечь жидкости. Выдувать жидкость из пипетки нельзя. При наполнении пипеток растворами ядовитых веществ, крепкими кислотами и щелочами пользуются резиновой грушей. Пипетки хранят в специальном штативе.

*Бюретки* применяют для точного измерения объема жидкости при титровании. На внешней стенке бюретки нанесены деления, соответствующие миллилитрам и их долям. Бюретки бывают с притертыми кранами и без них. Суженный конец бюретки без крана соединяют при помощи мягкой резиновой трубки с небольшой стеклянной трубкой с оттянутым концом. На резиновую трубку надевают зажим Мора или же внутрь ее закладывают стеклянную бусинку. Бюретку при титровании устанавливают в штатив в вертикальном положении.

*Мерные колбы* представляют собой обычные плоскодонные колбы с длинным узким горлышком с круговой меткой, до которой следует наливать жидкость. На колбе указывается ее емкость в миллилитрах при определенной температуре. Мерные колбы служат для растворения навески вещества в определенном объеме или для разбавления растворов до определенного объема и т. д.

Для заполнения мерной колбы раствором его сначала наливают на 0,1-1 см ниже метки, а затем осторожно, по каплям, доливают до метки. При растворении твердых веществ растворитель заливают до половины объема. Встряхивая колбу, растворяют содержимое, после чего растворитель доливают до мет-

ки. При перемешивании раствора колбу держат пальцами за горлышко, придерживая пробку указательным пальцем.

*Капельницы* применяют для отмеривания жидкостей по каплям. Устройство их различно, но наиболее распространены капельницы, состоящие из стеклянной колбочки с маленькой пипеткой, на конец которой надет резиновый баллончик. При отсутствии готовой капельницы ее можно собрать в лаборатории. Для изготовления капельницы берут стеклянную трубку с оттянутым концом, на другой конец надевают эластичную резиновую трубку длиной 3-5 см, верхний конец которой закрывают кусочком стеклянной палочки. Пипетку со склянкой соединяют резиновой пробкой. Склянку берут емкостью не более 50 мл.

*Фарфоровую посуду* можно прокаливать в муфельной печи, нагревать на открытом пламени, она прочнее стеклянной.

В *стаканах* и *кружках* растворяют, перемешивают или нагревают жидкость до температуры 300° С.

*Выпарительную чашку* применяют для выпаривания и упаривания жидкостей. Ее внутренняя поверхность покрыта глазурью. Чашки нумеруют простым карандашом на верхней неглазурованной кромке.

*Тигли* используют для прокаливания различных веществ, сжигания органических соединений при определении зольности и т. д.

*Ступки с пестиками* служат для измельчения различных веществ. Их изготавливают разных размеров.

*Воронки Бюхнера* предназначены для фильтрования с разрежением. У фарфоровых воронок, в отличие от стеклянных, имеется перегородка с отверстиями, на которую перед фильтрованием укладывают два кружка фильтровальной бумаги. Чтобы фильтровальная бумага плотно прилегала к сетчатой перегородке, ее смачивают фильтруемой жидкостью.

### **Подготовка посуды к анализу**

*Мытье и сушка химической посуды.* Нередко причиной неточных анализов

бывает плохо вымытая посуда. Мыть посуду следует сразу же после анализа, удалив из нее содержимое. Спиртовые растворы и растворы, содержащие соединения серебра и прочих ценных веществ, собирают в отдельные банки. Крепкие кислоты и щелочи сливают в банки, затем выливают в ямы. Чтобы не было разбрызгивания жидкостей, кислоты и щелочи сливают в разные банки или разбавляют водой.

При выборе способа мытья посуды следует учитывать, каким веществом она была загрязнена. Если посуда загрязнена растворимыми в воде веществами, то ее моют теплой водой; если есть осадок или к стенкам пристали частицы вещества, то их удаляют волосяным ершом или щетками. Пользоваться ершом надо осторожно, чтобы не продавить дно или стенку. Для мытья посуды применять песок не рекомендуется, так как он царапает стекло, и такая посуда при нагревании может лопнуть.

Загрязненную органическими веществами посуду моют 10-15%-ным раствором соды, мыла, стиральных порошков. Моющую жидкость заливают в сосуд на 1/4 объема, кладут кусочки фильтровальной бумаги и энергично встряхивают. Затем посуду ополаскивают 3-5%-ным раствором соляной кислоты, тщательно моют водопроводной водой и 2-3 раза споласкивают дистиллированной.

Чтобы достичь особой чистоты, посуду пропаривают на приспособлении, состоящем из колбы - парообразователя, закрытой резиновой пробкой с двумя отверстиями, в одно из которых вставляют трубку для выхода пара, в другое - трубку для стока конденсированной воды. Колбу - парообразователь наполовину заливают водой, для равномерного кипения воды на дно ее кладут несколько кусочков пемзы или стеклянных капилляров. Посуду для пропаривания устанавливают так, чтобы струя пара омывала ее внутренние стенки. Пропаривание продолжают не менее часа и заканчивают после того, как на внутренних стенках перестанут задерживаться капли воды. Обработанную посуду снимают и сушат, не переворачивая.

Если посуда не отмывается указанными выше способами, применяют химические вещества (хромовую смесь, азотную кислоту, смесь соляной кислоты и

перекиси водорода).

Чтобы приготовить хромовую смесь, на 5 весовых частей измельченного в фарфоровой ступке двуххромовокислого калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) берут около 100 весовых частей концентрированной серной кислоты. Смесь в фарфоровой чашке осторожно нагревают в водяной бане до полного растворения соли. Небольшое количество приготовленной хромовой смеси наливают в посуду и ополаскивают ее внутренние стенки. Смесь сливают в банку, где и хранят ее. Посуда быстрее и лучше отмывается, если пользоваться горячей ( $40-50^\circ C$ ) хромовой смесью.

Пипетки, бюретки, трубки удобно мыть хромовой смесью в толстостенном цилиндре такой высоты, чтобы предметы были погружены в нем более чем на половину. Через некоторое время предметы вынимают, дают жидкости стечь и вновь опускают в цилиндр, но уже другим концом.

Раствором хромовой смеси можно пользоваться до тех пор, пока он не потеряет своей окисляющей способности и не станет зеленым.

В качестве моющего средства можно применять раствор двуххромовокислого калия в концентрированной азотной кислоте (200 г  $K_2Cr_2O_7$  растворяют в 1 л  $HNO_3$ ) или смесь равных объемов концентрированной или разбавленной соляной кислоты и 5-6%-ного раствора перекиси водорода. Последнюю смесь перед употреблением лучше немного подогреть. Эти растворы используют несколько раз.

Чисто вымытую химическую посуду надевают на колышки сушильной доски или помещают в ячейки сушильного решета и оставляют до тех пор, пока она не высохнет. Сушится посуда медленно, иногда в течение нескольких часов. Быстро высушить мелкую посуду можно в сушильном шкафу. Полки сушильного шкафа перед сушкой застилают чистой фильтровальной бумагой. Высушенную посуду ставят для охлаждения на стол, накрытый фильтровальной бумагой.

## **ПРАВИЛА РАБОТЫ НА ТЕХНИЧЕСКИХ И АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЕСАХ**

Весы - один из самых распространенных приборов. Кроме обычных технических и теххимических весов, предназначенных для грубых взвешиваний на воздухе, существуют весы для научных исследований следующих типов: аналитические, торсионные микроаналитические, а также весы, предназначенные для специальных целей - определения очень малых масс (ультрамикровесы), термогравиметрии, вакуумных работ и т.д.

Каждые весы имеют определенный набор гирь (разновес). Каждая гирька имеет свою массу (номинальную). Истинная же масса гирьки не равна ее номинальной массе, так как изготовление имеет свои допуски, которые выражаются в десятых, а иногда в сотых долях миллиграмма. Эти погрешности не отражаются на точности взвешивания, если для определенных работ были выбраны весы определенного класса точности. В разновесах к более грубым весам, чем аналитические, абсолютное отклонение массы гирь может быть более значительным. Величина отклонения номинальной массы от истинной характеризует точность разновеса. Метрологическую поверку и клеймение гирь проводят территориальные органы Государственного надзора.

### **Методы взвешивания**

Ввиду того, что все типы весов имеют общие устройства и узлы, методы взвешивания на них можно свести к трем: взвешивание по отклонению, нулевой метод и смешанный. Погрешность метода взвешивания суммируется с погрешностями разновесов, что дает общую погрешность взвешивания.

### **Взвешивание по отклонению**

В этом методе масса образца, помещенного на весы, вызывает переме-



щение подвижных частей весов (растяжение пружины, поворот коромысла и т. д.) или отклонение от начальной величины какого-нибудь другого параметра, например частоты электрических колебаний в весах с кварцевым резонатором. Эти перемещения или отклонения и подлежат измерению. Это самый простой метод.

### **Нулевой метод взвешивания**

В этом методе перемещение подвижных частей весов или изменение параметра, вызванное массой исследуемого образца, устраняется введением внешнего воздействия, которое возвращает подвижные части в исходное («нулевое») положение. В этом случае мерой массы будет величина воздействия, требующегося для возвращения подвижных частей весов в нулевое положение. Нулевой метод сложен, но точен, так как не связан с размерами весов и величиной механических перемещений их деталей.

### **Смешанный метод**

Является разновидностью взвешивания по отклонению. В этом методе, используемом только в коромысловых весах, большие отклонения подвижных деталей весов от нулевого положения компенсируются в основном внешним воздействием, а остающиеся малые измеряются по отклонению подвижных деталей. Весы, основанные на смешанном методе взвешивания, являются самыми точными, так как на них взвешивание ведется как бы в два приема: вначале приблизительным подведением подвижных деталей весов к нулю, а затем окончательно и более точно по методу отклонения.

### **Весы для грубого взвешивания**

Весы для грубого взвешивания имеют точность от 0,5 до 2 %. Если предельная нагрузка, то есть максимальная грузоподъемность по шкале, составляет, например, 1 кг или 50 кг, то 2 %-ная точность взвешива-

ния максимальной массы будет соответственно  $\pm 20$  г и  $\pm 1000$  г.

Весы чашечные, рычажные, типа безменов и циферблатные являются весами для грубого взвешивания. У чашечных весов указатели в нерабочем состоянии должны находиться один против другого, то есть в положении равновесия, а у рычажных или циферблатных - указатель или стрелка должны находиться на нулевом делении.

Весы для грубого взвешивания применяют для взвешивания больших количеств сыпучих материалов или жидкостей, которые помещают не на саму чашку весов, а в какую-либо тарированную, то есть предварительно взвешенную или уравновешенную посуду (банку, коробку и т. д.). Эту посуду ставят на правую чашку весов и уравновешивают ее какими-либо предметами (дробь, гвозди и др.) на левой чашке весов, куда затем кладут гири требуемой массы. После того в тару насыпают или наливают взвешиваемое вещество до тех пор, пока весы не уравновесятся. Нельзя снимать излишки или досыпать недостающее количество материала пальцами, необходимо использовать шпатели, совочки, ложки. Жидкость при взвешивании вливают небольшими порциями, проявляя особую осторожность к концу взвешивания. Особой осторожности требует и взвешивание кислот и дымящихся жидкостей, которое необходимо проводить на весах, установленных под тягой.

Если нужно определить просто массу какого-либо предмета, то гири ставят на правую чашку. Иначе говоря, все операции по измерению массы следует проводить правой рукой на правой чашке весов.

Чашки весов и гири всегда должны быть чистыми и сухими.

Весы циферблатные и ВТК-500 не требуют разновеса, что позволяет проводить взвешивание быстрее, чем на чашечных весах.

### **Весы для точного взвешивания**

Весы для точного взвешивания имеют точность от 10 до 1 мг. По

конструкции они бывают двухплечие и одноплечие. По типам - ручные (аптечные), теххимические и технические.

Теххимические весы имеют грузоподъемность от 200 г до нескольких кг, чем выгодно отличаются от аптечных.

Весы для точного взвешивания имеют так называемое арретирное устройство, при помощи которого призмы коромысла и подушки отделяют в нерабочем положении, что предохраняет их от износа.

### **Правила работы с техническими весами**

Технические весы устанавливаются стационарно в определенном месте лаборатории. При установке соблюдают правила, указанные в инструкции к весам. Основное внимание при установке обращают на их правильное положение по вертикали, и при необходимости регулируют с помощью винтовых ножек. Правильность установки весов, контролирует острие отвеса, которое должно совпадать с вершиной конуса, находящегося у подножки колонки. У некоторых типов весов вместо отвесов имеются жидкостные уровни (нивелиры) с пузырьком воздуха, который при правильной установке весов должен находиться строго в центре.

Равновесие устанавливают балансировочными винтами, расположенными на обоих концах коромысла. Правильная балансировка весов при общей исправности и чистоте весов приводит к отклонению стрелки по нижней шкале от нуля на одно и то же число делений вправо и влево. При взвешивании на технических весах применяют точный разновес, в котором, кроме граммовых, имеются миллиграммовые гири в виде пластинок из алюминия или других металлов.

Аналитические весы являются измерительным прибором, имеющим точную конструкцию и обеспечивающим высокую точность показаний. Длительность эксплуатации весов в большой степени зависит от правильного их использования и тщательности ухода за ними. Поэтому

необходимо перед распаковкой весов подробно ознакомиться с инструкцией. Выполнение помещённых в ней указаний является основным условием для правильного действия прибора.

Во время распаковки, установки и эксплуатации весов, следует помнить о необходимости соблюдения большой осторожности. Особенную заботливость следует проявлять по отношению к призмам, качество которых имеет большое влияние на точность производимых взвешиваний. Чтобы предохранить их острия от излишнего изнашивания весы имеют устройство, изолирующее призмы от подушек.

Соприкосновение призм с подушками должно происходить только во время взвешивания. Следовательно, снятие или накладывание нагрузки, включение или выключение гирь, тарирование, изменение чувствительности, подвешивание серег или чашек и даже открывание и закрывание дверец должно производиться при выключенном коромысле.

Нельзя оставлять весы включёнными после окончания взвешивания, а также ни в коем случае нельзя допустить до того, чтобы, вследствие невнимательности пользующегося весами, коромысло или серьги спали с поддерживающих винтов.

### **Установка аналитических весов**

Действие весов в большой степени зависит от места их установки. Содрогания и колебания, изменения температуры, а также сквозняки и продувание могут вызвать значительные изменения показаний, в следствие чего получают ошибочные показания измерения веса массы. Поэтому весы следует установить на прочном основании, лучше всего на плите, прикреплённой к стене при помощи кронштейнов, на возможно большом расстоянии от окна, двери и нагревательных приборов и при этом так,

чтобы на них не падал непосредственно солнечный свет.

Помещение не должно подвергаться каким-либо содроганиям, особенно, колебаниям, вызываемым непрерывной работой машин.

Температура помещения не может иметь больших колебаний и должна составлять около  $+ 20^{\circ} \text{C}$ .

### **Подготовка весов к эксплуатации**

После распаковки и очистки весов от пыли при помощи мягкой кисточки, следует их приготовить к эксплуатации, соблюдая нижеуказанную очередность:

1. Установить весы по уровню, при помощи установочных винтовых ножек. После установки положение винтовых ножек зафиксировать контргайками.
2. Подключить весы к сети переменного тока.

Если напряжение тока в сети составляет 120 В, следует вынуть вилку переключателя напряжений, находящегося в задней камере весов, и воткнуть её так, чтобы число на вилке, обозначающее соответствующее напряжение (120 В), сошлось с точкой выполненной на патроне.

3. Поставить на место верхнюю крышку.
4. Проверить: все ли гири включены, то есть установлен ли на нуле барабан счётчика. Включение гирь осуществляется при помощи воротков.
5. Отрегулировать чёткость изображения микрошкалы при помощи воротка, находящегося в задней камере весов. Регулировку чёткости изображения следует, разумеется, выполнять при включённых весах.
6. Выполнить тарировку весов при помощи образцовых мер. Перед началом тарирования следует убедиться в том, что цифровой барабан, находящийся за матовым стеклом, установлен на нуле. Если во время тарирования расстояние нулевой черты изображения микрошкалы от черты матового стекла будет малое, то можно привести к совпадению

этих черт путём поворачивания воротка.

7. Проверить, правильна ли весовая цена деления.

После констатирования того, что черта матового стекла совпадает с нулевой чертой изображения микрошкалы, следует положить на чашку для груза гирю весом 100 мг и проверить, вызывает ли она соответствующее отклонение микрошкалы. Если результат будет отрицательный, следует отрегулировать чувствительность весов при помощи гайки регулятора чувствительности. Перемещение гайки вниз вызывает увеличение весовой цены деления, а вверх - уменьшение. После каждого перемещения гайки регулятора чувствительности следует производить тарировку весов.

*Примечание.*

Гиря весом 100 мг, предназначенная для проверки весовой цены деления, находится в кассете с образцовыми гирями для тарирования и для отличия от них обозначена звёздочкой.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите существующие типы весов
2. Перечислите наиболее употребляемые методы взвешивания
3. Каков принцип работы на технических весах?
4. Что обозначает термин «точность взвешивания»?
5. Каковы различия работы с техническими и аналитическими весами?
6. В какой последовательности подготовить весы к эксплуатации?

## **Занятие 1. ПРАВИЛА ОТБОРА ПОЧВЕННЫХ ПРОБ.**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ В ПОЧВЕ НИТРАТНОГО АЗОТА ДИСУЛЬФО- ФЕНОЛОВЫМ МЕТОДОМ ПО ГРАНДВАЛЬ - ЛЯЖУ**

*Цель занятий:*

- а) изучение правил отбора средней почвенной пробы и подготовки ее к анализу;
- б) контроль знаний методики определения нитратов в почве;
- в) контроль знаний условий, способствующих нитрификации;
- г) определение содержания  $\text{NO}_3^-$  в сухих образцах почвы по методу

Грандваль – Ляжу;  
д) постановка почвы на компостирование (начало).

### ***1. Взятие почвенных образцов в поле и подготовка их к анализу***

Взятие почвенных образцов в поле - очень ответственная часть работы по составлению агрохимических картограмм. Если не обеспечить правильного взятия образцов, то последующие анализы почв будут в значительной мере обесценены.

Данные массовых анализов распространяются на определенную площадь. Поэтому почвенный образец должен быть типичен для всего пахотного слоя характеризуемой площади или, по крайней мере, преобладающей ее части.

Учитывая неоднородность территории, принять брать смешанные образцы. Их составляют из «индивидуальных» проб, взятых в различных точках характеризуемой площади.

Почвенные образцы берут в продолжение 1,5-2 месяцев весной (до внесения удобрений и до посева) и в продолжение 1,5-2 месяцев осенью (сразу же после уборки урожая).

Образцы почв на пашне берут с глубины пахотного слоя (обычно 0-20 см). Из подпахотных горизонтов образцы почв берутся на орошаемых землях, а также при сильной пестроте почвенного профиля (близкое залегание карбонатов, гипса, растворимых солей и т.д.)

На полях с плантажной вспашкой (например, под сады, виноградники) берут два (три) образца: на глубину 15-25 см из слоя систематической обработки и внесения удобрений и на глубину 20-40 и 40-70 см.

Количество образцов из подпахотных горизонтов не должно превышать 15% от количества образцов из пахотного слоя, иначе это сильно замедлит сбор почвенных образцов.

На лугах и пастбищах образцы берут на глубину 15-116 см, т.е. из

слоя наибольшей биологической активности, и небольшое количество 10-15 % - на глубину 20-40 см.

Частота взятия смешанных почвенных образцов в зависимости от почвенных условий следующая:

- 1 категория - один смешанный образец на 1 – 30 га берется в сельскохозяйственных районах лесной зоны (дерново-подзолистые и подзолистые почвы), а также в других районах с волнистым сильно расчлененным рельефом;
- 2 категория - один смешанный образец на 3 – 6 га для лесостепных и степных районов с расчлененным рельефом;
- 3 категория - один смешанный образец на 5-10 га для степных и сухостепных районов с равнинным или слаборасчлененным рельефом и однообразным почвенным покровом.

В условиях орошаемого земледелия смешанный образец берут с площади 2 – 3 га. В горных районах, где размер хозяйственных полей небольшой и велика комплексность почвы, почвенный образец отбирают с площади 0,5-3 га.

В настоящее время наиболее распространено взятие проб по маршрутной линии, проходящей по оси участка.

При отборе смешанных образцов этим методом, поля разбиваются на прямоугольники, у которых короткие стороны равняются длине одной из сторон элементарного участка, а длинные - соответственно равны коротким границам поля. Посередине каждого прямоугольника прокладывается маршрутная линия (ход), в начале и конце которой ставятся двухмерные вешки. При длине маршрутного хода более 500 м ставятся дополнительно одна или две вешки в середине части хода.

В каждом прямоугольнике маршрутная линия делится на части, равные более длинной стороне элементарного участка (рис. 7).



Делением части маршрутной линии, равной по длине стороне элементарного участка, на число индивидуальных проб, из которых составляется один смешанный образец (например, 20), определяется расстояние между пунктами взятия проб, т.е. то расстояние, пройдя которое, нужно сделать «укол» буром.

Все пробы, взятые буром по маршрутной линии в пределах элементарного участка, ссыпаются в полотняный мешок и снабжаются этикеткой с номером, соответствующим номеру элементарного участка на плане. При отборе образцов в дневнике делают записи о состоянии посевов, особенностях почвенного покрова и т.д.

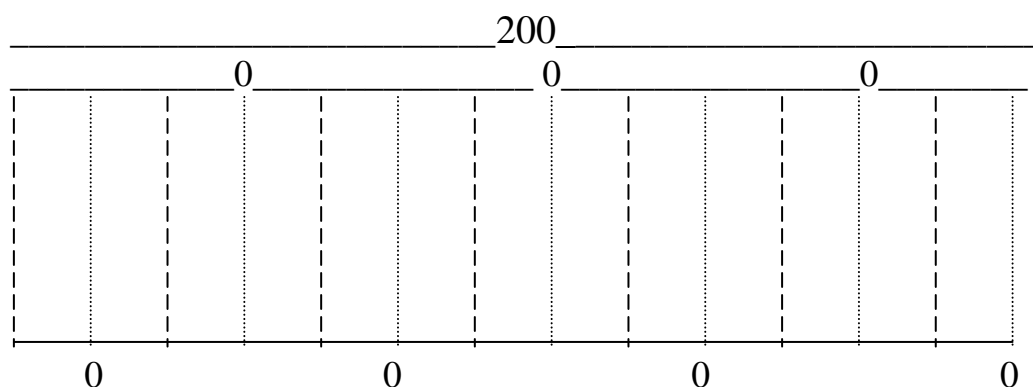


Рис.7. Схема отбора смешанных почвенных образцов по маршрутным ходам:

- 0 - вехи;
- ..... границы прямоугольников;
- маршрутные ходы.

Делением части маршрутной линии, равной по длине стороне элементарного участка, на число индивидуальных проб, из которых составляется один смешанный образец (например, 20), определяется расстояние между пунктами взятия проб, т.е. то расстояние, пройдя которое, нужно сделать «укол» буром.

Все пробы, взятые буром по маршрутной линии в пределах элементарного участка, ссыпаются в полотняный мешок и снабжаются этикеткой с номером, соответствующим номеру элементарного участка на плане.

При отборе образцов в дневнике делают записи о состоянии посевов, особенностях почвенного покрова и т.д.

При отборе образцов по маршрутным линиям следует избегать взятия индивидуальных проб в местах, резко отличающихся по почвенным свойствам и условиям залегания. Смешанный образец следует составлять из индивидуальных проб, взятых на преобладающей почвенной разности, не допуская смешивания с пробами почв, не имеющих значительного пространства на данной площади.

Контроль над проведением отбора почвенных образцов осуществляется руководителем оперативной группы путем повторного отбора почвенных образцов по маршрутным ходам почвовед-агрохимика. Отобранные образцы шифруются. Сравнение результатов анализа этих образцов с результатами анализа образцов, отобранных ранее агрохимиком, является основным критерием для оценки качества выполнения этих работ.

Каждый смешанный образец снабжается этикеткой, на которой указывается: номер образца (образцы нумеруются в порядке очередности взятия - 1, 2, 3 и т.д.), глубина взятия его (для смешанного пишется «см», для индивидуального - глубина взятия его). Затем указывается название колхоза (совхоза), севооборот и номер поля, сельскохозяйственная культура, дата взятия и фамилия взявшего образец.

### **Подготовка образцов к анализу**

Собранные почвенные образцы в тот же день должны быть положены для просушки в хорошо проветриваемом, защищенном от солнца помещении.

Почву рассыпают тонким слоем на бумаге, разминают крупные комочки, этикетку кладут под почву. В хорошо оборудованных лабораториях массовых анализов сушку образцов проводят в сушильных камерах

воздухом, подогретым до не менее 40°. Высушенные образцы размалывают, просеивают и ссыпают в коробки.

Образцы регистрируют в специальной ведомости, в которой указывают, какие виды анализов будут выполняться.

## **2. Ход определения нитратов ( $NO_3$ )**

Подготовить водную вытяжку, для чего:

а) отмерить мерным цилиндром 100 мл дистиллированной воды и небольшими порциями добавить в стакан с почвой (20 г), перенося ее в бутылку;

б) взбалтывать вручную 3 минуты и отфильтровать в колбу;

в) для ускорения фильтрации и избежания окрашивания вытяжки к дистиллированной воде добавляют 1-5 кристалликов алюмокалиевых квасцов;

Отмерить пипеткой 25 мл вытяжки и поместить в фарфоровую чашечку.

Отмерить пипеткой 1, 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80 мл образцового раствора (искусственно приготовленный раствор из  $KNO_3$ , содержащий 0,01 мг/мл  $NO_3$ ) и перенести в фарфоровые чашечки.

Фарфоровые чашечки с рабочими и образцовыми растворами поставить на водяную баню и досуха выпаривать.

Снять чашечки с бани и к сухому выпаренному осадку прибавить 1 мл дисульфохеноловой кислоты (соблюдать осторожность).

Стеклянной палочкой равномерно смочить (растереть) внутреннюю поверхность чашечки, дать постоять 10 минут и вновь растереть.

В чашечки добавить 10 мл дистиллированной воды.

Содержимое чашечки нейтрализовать NaOH (KOH) по лакмусовой бумажке (до перехода ее розовой окраски в синюю).

Полученные растворы декантацией перелить из чашечки в 50 мл мерные колбы, тщательно перемешать и довести водой до метки.

Через 10 минут растворы (вначале образцовые) исследуют, строят калибровочный график и по нему находят концентрацию  $\text{NO}_3$  для искомого образца.

Содержание нитратов вычисляют в мг/кг абсолютно сухой почвы по формуле:

$$N = \frac{a \cdot b \cdot 1000}{c \cdot d} \cdot \frac{100}{100 - y}$$

где N - содержание  $\text{NO}_3$ , мг/кг;

*a* - концентрация  $\text{NO}_3$  по графику, мг/мл;

*b* - количество растворителя, приливаемого к почве, мл;

*c* - количество раствора, взятого для исследования, мл;

*d* - навеска почвы, г;

1000 - для пересчета на 1 кг почвы;

100 - для пересчета на абсолютно сухую почву;

*y* - гигроскопическая влажность образца почвы.

В задачу студента входит:

1. Рассчитать содержание азота в пахотном слое почвы в кг/га  $\text{NO}_3$  и N, если 10 см слой карбонатной почвы весит 1200 т, некарбонатной - 1340 т, коэффициент пересчета  $\text{NO}_3$  в N - 0,226.

2. Определить возможный урожай озимой пшеницы на основе содержания азота в почве (при оптимальном обеспечении другими элементами), если коэффициент использования его из почвы составляет 50 %. Вынос азота урожаем этой культуры берется из результатов анализа растений.

3. Рассчитать ориентировочную дозу азотных удобрений под озимую пшеницу на данной почве по разности между выносом азота с урожаем и

запасом его в почве.

Форма записи:

1. Содержание $\text{NO}_3$	мг/кг
2. Действие на интенсивность нитрификации (вариант удобрения)	мг/кг
3. Обеспеченность почвы азотом (группа почвы)	
4. Содержание в пахотном слое $\text{NO}_3$	кг/га
N	кг/га
5. Использование азота из почвы	кг/га
6. Возможный урожай	ц/га
7. Ориентировочная доза удобрений	кг/га
8. Заключение о степени влияния удобрения на нитрификационную способность почвы.	

*Реактивы, материалы, посуда и оборудование:*

дисульфифеноловая кислота.

гидроксид калия КОН (NaOH) 10 %-ный.

образцовый раствор нитрата.

алюмокалиевые квасцы.

дистиллированная вода.

бутылки для взбалтывания почвы.

бюретки.

фильтры.

воронки

конические колбы на 200 или 250 мл.

мерные колбы на 50 мл.

водяная баня.

фарфоровые чашки для выпаривания.

миллиметровая бумага.

стеклянные палочки.

лакмусовая бумага.

фотоэлектроколориметр КФК-2, спектофотометр UNICO 1200/1201.

***Контрольные вопросы:***

- 1. Для каких целей отбираются почвенные образцы?*
- 2. Каким образом отбираются смешанные образцы?*
- 3. С какой глубины берутся почвенные образцы?*
- 4. В форме каких соединений находится азот в почве?*

### **3. Спектрофотометр UNICO 1200/1201**

**Общие сведения.** Приборы UNICO 1200/1201 являются однолучевыми спектрофотометрами (рис.8), сконструированными для общих целей, и пригодными для нужд стандартной лаборатории. UNICO 1200/1201 предназначен для решения аналитических задач нефтехимии, клинической химии, биохимии и экологии, широко используется в пищевых лабораториях, лабораториях качества воды и в других сферах контроля качества и химического состава. При соблюдении условий эксплуатации спектрофотометр UNICO 1200/1201 является надёжным и удобным в использовании аналитическим оборудованием.

**Принцип работы.** Принцип действия спектрофотометра основан на сравнении светового потока  $\Phi$ , прошедшего через исследуемое вещество (раствор) со световым потоком  $\Phi_0$ , прошедшим через растворитель или контрольный раствор, по отношению к которому производится измерение.

Диапазон длин волн светового потока: 325-1000 нм.

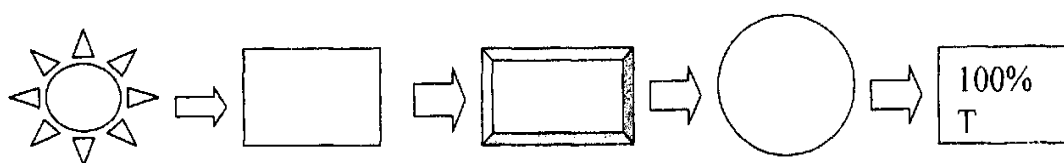


**Рисунок 8. Спектрофотометр UNICO 1200/1201.**

Спектрофотометр состоит из следующих основных частей:

источник светового потока - галогеновая лампа. Монохроматор для выделения спектрального диапазона требуемых длин волн. Кюветное отделение для размещения проб и калибровочных растворов. Детектор для регистрации светового потока и преобразования его в электрический сигнал. Цифровой дисплей для вывода значений измеренной оптической плотности (% пропускания).

На рисунке 9 схематично показано взаимодействие между этими частями прибора:



Источник  
света

Монохроматор.

Кюветное  
отделение для проб.

Детектор

Дисплей

**Рисунок 9. Блок - схема спектрофотометра.**

Свет от галогеновой лампы фокусируется на входной щели монохроматора, где зеркало направляет пучок света на решетку. Решетка, с помощью коллиматора создает в плоскости выходной щели монохроматора изображение входной щели, разложенное в спектр.

Выходная щель выделяет из спектра монохроматический пучок света, который через один из фильтров, устраняющих рассеянный свет после дифракции-

онной решетки, направляется в отделение для проб. На выходе из отделения для проб пучок попадает на кремниевый фотодиод и преобразуется в электрический сигнал.

Световые потоки  $\Phi_0$  и  $\Phi$  преобразуются фотоприемником в электрические сигналы  $U_0$ ,  $U$  и  $U_t$  ( $U_t$  - сигнал при неосвещенном приемнике), которые обрабатываются на микропроцессоре и выводятся на дисплей спектрофотометра, в формате коэффициента пропускания, оптической плотности или концентрации. Коэффициент пропускания (Т%) исследуемого раствора определяется как отношение световых потоков (или сигналов):

$$T\% = \Phi/\Phi_0 \cdot 100\% = (U - U_0) / (U_0 - U_t) \cdot 100\%$$

$$\text{Оптическая плотность (A): } A = \lg I/T = \lg ((U_0 - U_t)/(U - U_0))$$

$$\text{Концентрация (C): } C = A \cdot F,$$

где F - коэффициент пересчёта оптической плотности в концентрацию.

#### **4. Фотозлектроколориметр КФК-2**

**Общие сведения.** Прибор позволяет измерять коэффициенты светопропускания и оптической плотности растворов в отдельных участках диапазона длин волн 315-98 нм (1 нм -  $10^{-9}$  м), выделяемых светофильтрами. Оптическую плотность растворов можно определить в диапазоне от 0 до 1,3, коэффициенты светопропускания в диапазоне 100-5%.

Сущность измерения коэффициента светопропускания состоит в том, что сначала на пути светового потока ставят кювету с растворителем или контрольным раствором. Изменяя чувствительность прибора, выводят стрелку микроамперметра на 100, т. е. полный световой поток  $I_0$ , условно принимая его равным 100%. Затем в световой поток вводят кювету с исследуемым раствором. Отсчет по шкале дает коэффициент светопропускания:

$$T = I_1 : I_0 \cdot 100$$

По шкале D прибора можно отсчитать коэффициент оптической плотности.

Оптическая схема прибора представлена на рисунке 10. Видно, что свето-



вой поток с узким диапазоном длин волн проходит через кювету с раствором, где ослабляется, а затем попадает или на регистрирующий фотоэлемент Ф-26, работающий в пределах 315-540 нм, или на фотодиод ФД-7К при измерении в пределах спектра 590-980 нм. Встроенная наклонная пластина 9 делит световой поток на две части, из которых  $\approx 90\%$  направляется на фотоэлемент Ф-26, а  $\approx 10\%$  - на ФД-7К. Для уравнивания фототоков при работе с различными цветными фильтрами перед фотодиодом установлен светофильтр 10.

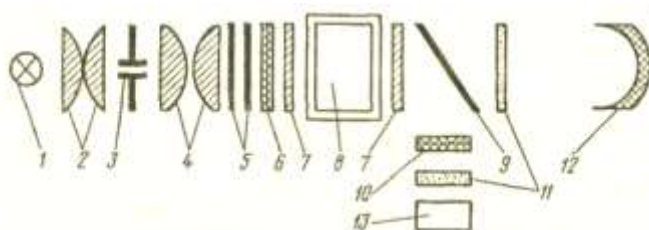


Рисунок 10. Оптическая схема фотоэлектроколориметра КФК-2.

1 - лампа накаливания; 2 - конденсатор; 3 - диафрагма; 4 - объектив; 5 - теплозащитные фильтры; 6 - светофильтр фотоэлемента Ф-26; 7 - защитные стекла; 8 - кювета; 9 - делитель светового потока; 10 - светофильтр фотодиода ФД-7К; 11 - матовые стекла; 12 - фотоэлемент Ф-26; 13 - фотодиод ФД-7К.

Фотоколориметр снабжен одиннадцатью цветными светофильтрами с шириной полосы пропускания 20-40 нм. Светофильтры находятся в гнездах диска, жестко связанного с переключателем длин волн 3 (рис. 11). С помощью этой же ручки включают нужный фотоприемник.

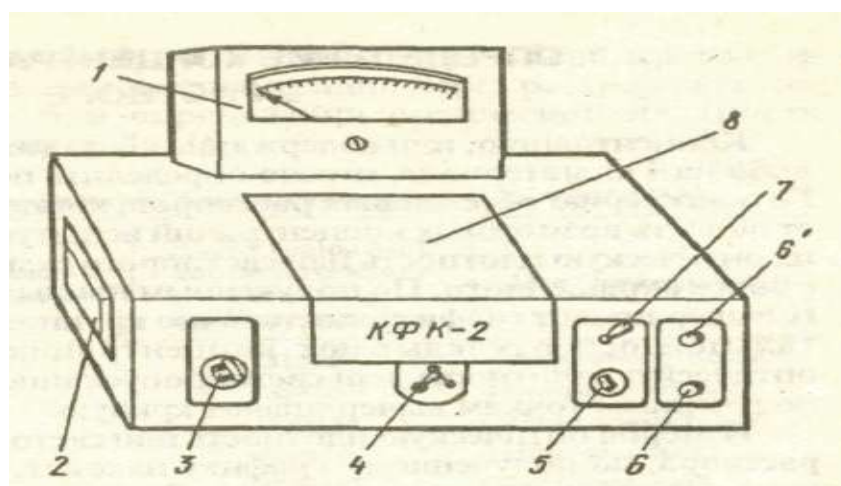


Рисунок 11. Фотоэлектроколориметр КФК-2.

1 - микроамперметр; 2 - источник освещения; 3 - переключатель длин волн; 4 - смена кювет; 5 - чувствительность; 6 - ручка установки грубого отсчета; 6' - ручка установки точного отсчета; 7 - тумблер включения; 8 - кюветная камера.

**Порядок работы.** Сначала необходимо убедиться, что ручка чувствительности 5 находится в положении минимальной чувствительности «1», а ручка 6 «Установка 100 грубо» - в крайнем левом положении, соответствующем минимальной чувствительности. В противном случае усилитель прибора и микроамперметр могут выйти из строя от перегрузки. Затем вилкой электрошнура и тумблером 7 прибор включают в электросеть. Ручкой 3 устанавливают необходимый светофильтр.

После 15-минутного прогрева прибора в световой пучок помещают кювету с растворителем или контрольным раствором. Контрольным должен быть раствор, не содержащий исследуемого вещества, или раствор, по отношению к которому проводят измерения.

Закрывают крышку кюветной камеры 8 и ручками 5 «Чувствительность», 6 «Установка 100 грубо» и 6' «Точно» устанавливают отсчет по шкале Г на 100% светопропускания («О» оптической плотности). Затем поворотом ручки 4 в световой пучок вводят кювету с исследуемым раствором и снимают отсчет коэффициентов светопропускания Т в процентах или по шкале D в единицах оптической плотности. Проводят 2-3 измерения и берут их среднее значение.

При работе нужно строго следить, чтобы наружные стенки кювет были чистыми и без капель жидкости.

После работы ставят ручку 5 в положение минимальной чувствительности «1», а ручку 6 - в крайнее левое положение, прибор выключают тумблером 7, отсоединяют от сети, кюветы вынимают, моют и вытирают насухо. Кюветную нишу прибора несколько раз протирают влажной тряпкой, а затем вытирают насухо, крышку закрывают.

***Контрольные вопросы:***

1. *Дайте определение оптической плотности*

2. Сравните порядок работы Спектрофотометра UNICO 1200/1201 и КФК-2
3. Какие принцип работы спектрофотометра?

## **Занятие 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИТРИФИКАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ ПО КРАВКОВУ В МОДИФИКАЦИИ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМ. В. В. ДОКУЧАЕВА**

*Цель занятия:*

- а) определить нитрификационную способность почвы;
- б) дать оценку обеспеченности почвы азотом по нитрификационной способности, пользуясь агрохимической картограммой;
- в) рассчитать запасы  $\text{NO}_3^-$  в почве. Определить возможный урожай по запасам нитратного азота.

**Значение анализа.** Азот почвы преимущественно (99 %) представлен органическими соединениями (перегной, корни, пожнивные остатки и бактерии), недоступными для питания растений. Лишь незначительная часть (около 1 %) находится в минеральной форме (нитраты, нитриты, аммоний, амиды).

В почву поступает азот с атмосферными осадками и фиксируется микробами из воздуха, главный же путь его накопления - минерализация органических азотсодержащих соединений почвы. Под влиянием ряда грибов и бактерий органические вещества почвы минерализуются с выделением аммиака (аммонификация). Эта форма азота, взаимодействуя с водой, кислотами ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HNO}_3$  и др.) трансформируется в  $\text{NH}_4$ , который хорошо поглощается ППК почвы и усваивается растениями.

Но основная его часть окисляется аэробными бактериями, сначала до азотистой, а затем - азотной кислоты (нитрификация).

Схематично процесс нитрификации можно представить в виде уравнения: гумус → белки → аминокислоты → амиды → NH<sub>3</sub> → HNO<sub>2</sub> → HNO<sub>3</sub>.

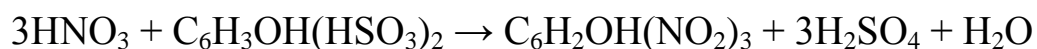
Способность почвы к минерализации почвенного азота - объективный показатель плодородия почвы.

Под влиянием образующейся HNO<sub>3</sub> изменяется также доступность растениям почвенных фосфатов и калия.

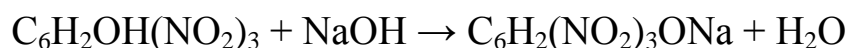
Применение удобрений, в особенности минеральных, изменяет условия нитрификации, что важно знать в практических целях.

**Принцип метода.** Для определения мобилизуемой доли азота, почву на 7-14 дней помещают в благоприятные условия: влажность 60 % от ПВ, температура 28° С и аэрация (доступ кислорода), которые поддерживаются в течении всего периода компостирования.

Образовавшиеся соли азотной кислоты (нитраты) определяют колориметрически с дисульфифеноловой кислотой, которая в присутствии NaOH образует нитросоединение, окрашивающее раствор в желтый цвет по уравнению:



пикриновая кислота



пикрат натрия

Интенсивность окраски зависит от количества NO<sub>3</sub> в растворе. Для учета нитрифицирующей способности почвы определяют содержание нитратов в исходной навеске (до компостирования). Разница в содержании NO<sub>3</sub> в компостированных и исходных образцах показывает ее нитрифицирующую способность.

**Техника компостирования.** Навеску почвы 20 г помещают в предварительно взвешенный стакан. До закладки опыта определяют полную гиг-

роскопическую влажность и капиллярную влагоемкость почвы. Затем влажность почвы в стакане доводят до 60% от полной влагоемкости. Необходимое количество воды определяют следующим образом: допустим, взятая почва имеет влажность 50%, тогда 60% составляет:

$$50 \cdot 60 : 100 = 30 \%$$

Значит, к 100 г почвы следовало бы добавить 30 мл воды. Но в почве содержится, например, 5 % гигроскопической влаги. Поэтому прилить ее нужно не 30, а 25 мл. Поскольку навеска почвы берется не 100 г, а 20 г, то количество приливаемой воды составит:

$$25 \cdot 20 : 100 = 5 \text{ мл}$$

Воду приливают до контрольного веса (г), складывающегося из:

1. Вес тары (с этикеткой)	100
2. Вес почвы (с влажностью 5%)	20
3. Вес воды (60% от полной влагоемкости)	5
4. Контрольный вес	125

На этикетке указывается контрольный вес.

Вес стакана с контролируемым весом проверяется ежедневно. При уменьшении его добавляется дистиллированная вода по каплям на весах до контрольного веса. Появившиеся проростки растений удаляются пинцетом.

Для изучения интенсивности нитрификации используются почвенные образцы, отобранные со стационарного опыта с удобренных и не удобренных участков. Динамика отбора почвенных образцов включила следующие фазы развития озимой пшеницы: кущение, выход в трубку, колошение-цветение, уборка.

**Ход анализа.** Подготовить водную вытяжку, для чего:

а) отмерить мерным цилиндром 100 мл дистиллированной воды и небольшими порциями добавлять в стакан с почвой (20 г), перенося ее в бутылку;

- б) взбалтывать вручную 3 мин и отфильтровывать в колбу;
- в) для ускорения фильтрации и избежания окрашивания вытяжки к дистиллированной воде добавляют 1-5 кристалликов алюмокалиевых квасцов.

Отмерить пипеткой 25 мл вытяжки и поместить в фарфоровую чашечку.

Отмерить пипеткой 1, 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80 мл образцового раствора (искусственно приготовленный раствор из  $KNO_3$ , содержащий 0,01 мг/мл  $NO_3$ ) и перенести в фарфоровые чашечки.

Фарфоровые чашечки с рабочими и образцовыми растворами поставить на водяную баню и досуха выпаривать.

Снять чашечки с бани и к сухому выпаренному осадку прибавить 1 мл дисульфохеноловой кислоты (соблюдать осторожность).

Стеклянной палочкой равномерно смочить (растереть внутреннюю поверхность чашечки), дать постоять 10 минут и вновь растереть.

В чашечки добавить 10 мл дистиллированной воды.

Содержимое чашечки нейтрализовать  $NaOH$  ( $KOH$ ) по лакмусовой бумажке (до перехода ее розовой окраски в синюю).

Полученные растворы декантацией перелить из чашечки в 50 мл мерные колбы, тщательно перемешать и довести водой до метки.

Через 10 минут растворы (вначале образцовые) исследуют на спектрофотометре UNICO 1200/1201. По полученным данным строят калибровочный график и по нему находят концентрацию  $NO_3$  для искомого образца.

Содержание нитратов вычисляют в мг/кг абсолютно сухой почвы по формуле:

$$N = \frac{a \cdot b \cdot 1000}{c \cdot d} \cdot \frac{100}{100 - y}$$

где N - содержание  $\text{NO}_3$ , мг/кг;

a - концентрация  $\text{NO}_3$  по графику, мг/мл;

b - количество растворителя, приливаемого к почве, мл;

c - количество раствора, взятого для исследования, мл;

d - навеска почвы, г;

1000 - для пересчета на 1 кг почвы;

100 - для пересчета на абсолютно сухую почву;

у - гигроскопическая влажность почвы.

В задачу студента входит:

1. Определить нитрификационную способность почвы.
2. Установить действие удобрений на интенсивность нитрификации.
3. Дать оценку обеспеченности почвы азотом по нитрификационной способности, пользуясь агрохимической картограммой.
4. Рассчитать содержание азота в пахотном слое почвы в кг/га  $\text{NO}_3$  и N, если 10 см слой карбонатной почвы весит 1200 т, некарбонатной - 1340 т, коэффициент пересчета  $\text{NO}_3$  в N - 0,226.
5. Определить возможный урожай озимой пшеницы на основе содержания азота в почве (при оптимальном обеспечении другими элементами), если коэффициент использования его из почвы составляет 50%. Вынос азота урожаем этой культуры берется из результатов анализа растений.
6. Рассчитать ориентировочную дозу азотных удобрений под озимую пшеницу на данной почве по разности между выносом азота с урожаем и запасом его в почве.

*Форма записи:*

1. Содержание  $\text{NO}_3$  мг/кг
2. Действие на интенсивность нитрификации

(вариант удобрения)	мг/кг
3. Обеспеченность почвы азотом (группа почвы)	
4. Содержание в пахотном слое $\text{NO}_3$	кг/га
N	кг/га
5. Использование азота из почвы	кг/га
6. Возможный урожай	ц/га
7. Ориентировочная доза удобрений	кг/га
8. Заключение о степени влияния удобрения на нитрификационную способность почвы.	

***Контрольные вопросы:***

1. *Что такое аммонификация, нитрификация и денитрификация?*
2. *Каковы оптимальные условия среды (температура, влажность, аэрация, реакция почвы и т.д.) для этих процессов?*
3. *Назовите ингибиторы нитрификации, их свойства и условия применения?*
4. *Дайте определение нитрификационной способности почвы.*
5. *От каких факторов зависит скорость нитрификации?*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИТРАТОВ В ПОЧВЕ С ПОМОЩЬЮ  
ИОНОСЕЛЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОДА**

Иономер лабораторный И-160МИ (далее - прибор), предназначен для измерений показателя активности ионов водорода (рН) и других одновалентных и двухвалентных анионов и катионов (рХ), а также массовой, молярной концентрации и массовой доли ионов (сХ) (далее - концентрация), окислительно-восстановительного потенциала (Еh), электродвижущей силы (ЭДС) электродной системы и температуры водных растворов. Прибор осуществляет индикацию результатов измерений на цифровом матричном дисплее, и преобразовы-



вает измеренные величины в пропорциональные аналоговые и цифровые выходные сигналы.

Прибор может быть использован в лабораториях промышленных предприятий и научно-исследовательских учреждений в различных отраслях народного хозяйства.

Прибор состоит из первичных измерительных преобразователей : электродной системы и датчика температуры (далее - термодатчик), вторичного измерительного преобразователя (далее - преобразователь) и комплекта принадлежностей для измерений.

### ***Устройство и принцип работы***

В основу работы прибора положен потенциометрический метод измерений рХ (рН) и Eh анализируемого раствора. Работа преобразователя основана на преобразовании сопротивления термодатчика и ЭДС электродной системы соответственно в значение температуры раствора и значения показателя активности или концентрации ионов. Измеренные значения индуцируются на дисплее, и преобразуются в пропорциональные аналоговые и цифровой выходные сигналы.

При измерении рХ (рН) или Eh растворов используется электродная система, состоящая из измерительного электрода и электрода сравнения. Потенциал измерительного электрода, зависит от содержания в растворе ионов определенного вида, называемых потенциалобразующими. Потенциал электрода сравнения от состава раствора не зависит и служит опорным при измерении электродвижущей силы (ЭДС), развиваемой электродной системой.

При погружении в анализируемый раствор электродная система развивает ЭДС, зависящую от значения показателя активности ионов в растворе и его температуры.

Для измерений температуры используется термодатчик, погружаемый в анализируемый раствор. Сопротивление термодатчика пропорционально температуре раствора. Прибор измеряет величину сопротивления и преобразовывает его значение в значение температуры раствора.

Для измерений окислительно-восстановительного потенциала (Eh) используется электродная система, состоящая из редоксметрического измерительного электрода и хлорсеребряного электрода сравнения.

Прибор представляет собой комплект из преобразователя, блока питания, штатива, термодатчика и электродов.

*Конструкция преобразователя.*

Конструктивно измерительный преобразователь (рис.12-13) представляет собой корпус, внутри которого расположена измерительная плата. На лицевой панели расположены цифровой дисплей и органы управления (клавиатура). Органы управления и элементы внешних электрических соединений имеют соответствующую маркировку. Общий вид преобразователя и элементы его конструкции:

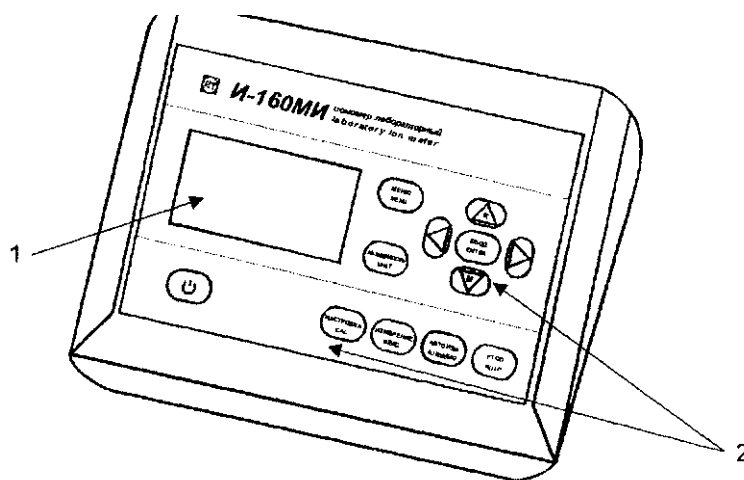
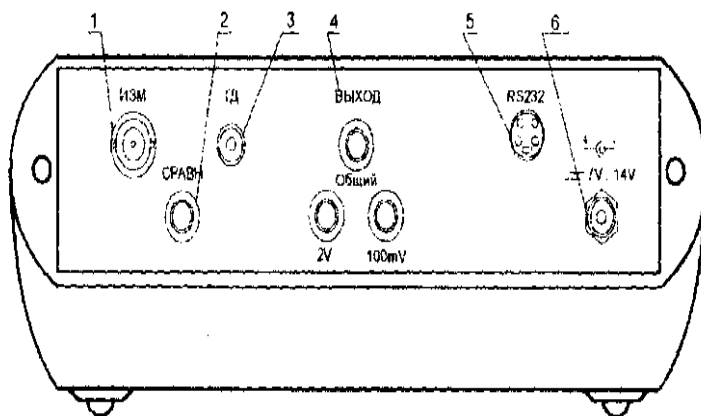


Рис. 12.

1 – матричный дисплей; 2 – органы управления



*Рис. 13 задняя панель преобразователя*

1. разъем «ИЗМ.» для подключения измерительного или комбинированного электрода;
2. гнездо «СРАВН.» для подключения электрода сравнения;
3. разъем «ТД» для подключения термодатчика;
4. гнезда «ВЫХОД» для подключения исполнительных устройств (самопишущего потенциометра, блока автоматического титрования и др.);
5. разъем «RS-232» для подключения персонального компьютера;
6. разъем для подключения блока питания и электролитический ключ.

Электролитический ключ предназначен для анализа проб малого объема (2-3 мл), а также для проведения измерений с помощью электродов, чувствительных к ионам калия или хлора. Электролитический ключ имеет форму цилиндра со сферическим дном, в нижней части которого впаяна пористая мембрана, обеспечивающая электрическую связь между электродами. Конструкция ключа препятствует проникновению хлористого калия в анализируемые пробы.

**Подготовка прибора к работе.** Перед эксплуатацией прибор необходимо включить и прогреть в течение 15 минут.

Для того, чтобы выключить прибор нужно нажать кнопку «О» и удерживать ее в течение 1-2 секунд.

Для проведения измерений используется электродная пара, состоящая из измерительного электрода и электрода сравнения. Измерительный рН-электрод и электрод сравнения входят в комплект поставки прибора. Для анализа других ионов необходимо выбрать измерительный электрод в соответствии с видом иона, требуемым диапазоном измерений и температурой анализируемых растворов. Ионоселективные электроды в комплект поставки прибора не входят, и поставляются по отдельному заказу.

Для измерений допускается применять комбинированные электроды, в которых измерительный электрод и электрод сравнения совмещены в одном корпусе.

Измерительный электрод и электрод сравнения устанавливаются на штатив

и подключаются, соответственно, к гнездам «ИЗМ.» и «СРАВН.» преобразователя. Комбинированный электрод подключается к гнезду «ИЗМ.» преобразователя. При этом электрод сравнения к прибору не подключается. Для автоматических измерений температуры термодатчик закрепляется в штативе и подключается к разъему «ГД».

При ручной установке температуры в штатив устанавливается контрольный термометр, значение температуры анализируемой среды вводится вручную с клавиатуры.

**Режимы работы с прибором.** Прибор имеет следующие режимы работы:

- измерения;
- градуировка;
- контроль.

Режим измерений является основным режимом работы прибора. Этот режим устанавливается сразу после включения преобразователя. Для перехода в этот режим из других режимов необходимо нажать кнопку ИЗМЕРЕНИЕ

Режим градуировки представляет собой совокупность операций по доведению погрешности прибора до нормируемых значений. Для запуска этого режима необходимо нажать и удерживать кнопку НАСТРОЙКА

**Режим контроля** предназначен для просмотра установленных и измеренных значений параметров в ходе предыдущей градуировки прибора. Переход в этот режим производится через главное меню прибора.

Неоперативное управление прибором, а именно: выбор языка отображения информации, выбор анализируемого на заданном канале иона, методики измерений и алгоритма градуировки производится через главное меню прибора.

**Режим измерений.** После включения прибора автоматически устанавливается режим измерений. Переход в режим измерений из любого другого режима производится нажатием кнопки ИЗМЕРЕНИЕ.

Промыть электроды и другие применяемые устройства (термодатчик или термометр) дистиллированной водой, и (желательно) отобранной частью анализируемого раствора, капли удалить фильтровальной бумагой и погрузить в ана-

лизируемый раствор. При использовании термодатчика глубина его погружения в анализируемый раствор должна быть не менее 30 мм.

После установления стабильных показаний считать результат измерения с дисплея.

Обычно время проведения измерений не превышают 3 минут с момента погружения электродной системы в анализируемую среду. Однако при измерениях рН сильнокислых и сильнощелочных растворов, а также при температурах, близких к 0°C время установления показаний может достигать 10 минут.

*Метод определения нитратов в почве с помощью ионоселективного электрода* основан на определении концентрации нитратов в почве с помощью ионоселективного электрода в солевой суспензии 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов при соотношении проба: раствор 1:2,5

Метод используют для определения нитратов во всех почвах кроме засоленных.

**Ход анализа.** Пробу сухой почвы (навеска 20 г), просеянной через сито с диаметром отверстий 2 мм, помещают в конические колбы объемом 100 см<sup>3</sup> и приливают 50 см<sup>3</sup> 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов и перемешивают в течение 3 минут. В полученной суспензии нитратным ионо-селективным электродом измеряют активность нитрат-иона, в единицах рN<sub>03</sub>- или в мВ.

*Измерение активности в мВ.* В этом случае нитратный электрод (для любых марок милливольтметров) подключают к гнезду «ИЗМ.», а хлорсеребряный - к гнезду «ВСП.». Тумблер «Род работ» ставят в положение +мВ и производят измерение ЭДС электродной пары. Активность ионов NO<sub>3</sub> находят по калибровочному графику, построенному на миллиметровой бумаге. По оси абсцисс откладывают величины рN<sub>03</sub>, соответствующие стандартным растворам KNO<sub>3</sub> в молях, а по оси ординат - ЭДС, мВ. Для этого перед измерением активности исследуемых образцов проводят измерение ЭДС электродной пары в стандартных растворах.

Полученные значения рN<sub>03</sub> переводят в миллиграммы N-NO<sub>3</sub> почвы по таблице 38 или рассчитывают по формуле

$$\text{NO}_3 = \frac{M \cdot 62 \cdot a \cdot 20}{50}$$

где M – молярная концентрация;

62 – атомная масса NO<sub>3</sub>;

a – поправочный коэффициент значения функции (десятичного антилогарифма);

20 – навеска почвы, г;

50 – количество реагента, прилитого к почве, мл

Таблица 38

**Значения функции 10\* (десятичные антилогарифмы)**

m	0	m	0	m	0
,00	1000	,35	2239	,70	5012
,01	1023	,36	2291	,71	5129
,02	1047	,37	2344	,72	5248
,03	1072	,38	2399	,73	5370
,04	1096	,39	2455	,74	5495
,05	1122,	,40	2512	,75	5623
,06	1148	,41	2570	,76	5754
,07	1175	,42	2630	,77	5888
,08	1202	,43	2692	,78	6026
,09	1230	,44	2754	,79	6166
,10	1259	,45	2818	,80	6310
,11	1288	,46	2884	,81	6457
,12	1318	,47	2951	,82	6607
,13	1349	,48	3020	,83,	6761
,14	1380	,49	3090	,84	6918
,15	1413	,50	3162	,85	7079
,16	1445	,51	3236	,86	7241

,17	1479	,52	3311	,87	7413
,18	1514	,53	3388	,88	7585
,19	1549	,54	3467	,89	7762
,20	1585	,55	3548	,90	7943
.21	1622	.56	3631	,91	8123
,22	1660	,57	3715	,92	8318
,23	1693	,58	3802	,93	8511
,24	1738	,59	3890	,94	8710
,25	1778	,60	3981	,95	3913
,26	1820	,61	4074	,96	9120
,27	1862	,62	4169	,97	9333
,23	1905	,63	4266	,98	9550
,29	1950	,64	4365	,99	9772
,30	1995	,65	4467		
.31	2042	,66	4571		
,32	2089	,67	4677		
,33	2138	,68	4786		
,34	2188	,69	4898		

*Реактивы, материалы, посуда и оборудование*

1. алюмокалиевые квасцы;
2. дистиллированная вода;
3. бутылки для взбалтывания почвы;
4. бюретки;
5. фильтры;
6. воронки;
7. конические колбы на 200 или 250 мл;
8. миллиметровая бумага;

9. иономер лабораторный И-160 МИ

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое аммонификация, нитрификация и денитрификация?
2. Каковы оптимальные условия среды (температура, влажность, аэрация, реакция почвы и т.д.) для этих процессов?
3. Назовите ингибиторы нитрификации, их свойства и условия применения?
4. Дайте определение нитрификационной способности почвы.
5. От каких факторов зависит скорость нитрификации?

**Занятие 3. КОЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
СОДЕРЖАНИЯ АММОНИЙНОГО АЗОТА  
С ПОМОЩЬЮ РЕАКТИВА НЕССЛЕРА**

**Цель занятий:**

- а) контроль знаний роли аммония в почве и методики его определения;
- б) определение содержания (мг/кг почвы) аммиачного азота в почве;
- в) расчёт запасов  $\text{NH}_4$  в почве;
- г) определение возможного урожая по запасам аммиачного азота;
- д) определение возможного урожая по запасам минерального азота.

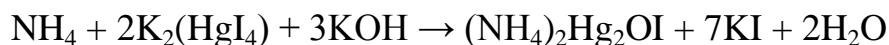
**Значение анализа.** Из почвы растения извлекают два главнейших азотных соединения: нитратные и аммонийные соли. Нитраты находятся в почве только в растительном соединении. Аммиак же может присутствовать как в растворе, так и в поглощенном состоянии, причем в поглощенном состоянии его весьма больше, чем в растворенном. Поэтому нитраты из почвы легко извлечь водой.

Аммонийные соединения водой извлекаются частично, полностью же извлекаются при обработке почв соленым раствором.

Определение нитратов и аммиака позволяет узнать наличие легкоусвояемых азотистых веществ в почве, служащих пищей для растений.



**Принцип метода.** Определение основано на образовании окрашенного соединения - йодистого меркураммония - при взаимодействии аммиака с реактивом Несслера. Йодистый меркураммоний дает раствору желтую окраску, тем более интенсивную, чем больше  $\text{NH}_4$  в растворе.



Для связывания  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , мешающих определению, прибавляют сегнетовую соль.

**Ход анализа.** На технических весах отвешивают 10 г почвы, помещают в колбу или бутылку и приливают 100 мл 2 %-ного раствора  $\text{KCl}$ , приготовленного на безаммиачной воде. Содержимое колбы взбалтывают 30 минут и фильтруют.

Берут 5-10 мл вытяжки и разбавляют водой до 40 мл в мерной колбе ёмкостью 50 мл, прибавляют 2 мл раствора сегнетовой соли и перемешивают.

Затем готовят образцовые растворы. Для этого при помощи пипеток в мерные колбы на 50 мл наливают 1, 2, 5, 10, 15 мл образцового раствора (1 мл содержит 0,005 мг  $\text{NH}_4$ ) и доводят дистиллированной водой до 40 мл. Затем приливают 2 мл сегнетовой соли и перемешивают. Одновременно во все колбы (образцовые и испытуемые) приливают по 2 мл реактива Несслера и тщательно перемешивают. Растворы в колбах доводят дистиллированной водой до метки и оставляют стоять 2-3 минуты, после чего приступают к измерению. Аммиачный азот рассчитывают в мг на 1 кг абсолютно сухой почвы по формуле:

$$N = \frac{a \cdot b \cdot 1000 \cdot 0,776}{c \cdot d} \cdot \frac{100}{100 - y},$$

где  $N$  – содержание  $N$ , мг/кг почвы;

$a$  – концентрация, по калибровочному графику, (мг/л);

$b$  - количество растворителя, в котором растворена навеска, мл;

$c$  - количество вытяжки, взятой для исследования, мл;

$d$  - навеска почвы, г;

1000 - для пересчета на 1 кг почвы;

0,776 - коэффициент пересчета  $\text{NH}_4$  на  $N$ .

у -процент влаги в почве

### **Контрольные вопросы:**

1. Каковы трансформация азотных соединений в почвах и доступность их растениям?

2. Что такое аммонификация, нитрификация и денитрификация?

## **Занятие 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В КАРБОНАТНЫХ ПОЧВАХ ПО МЕТОДУ Б.П. МАЧИГИНА**

*Цель занятия:*

а) контроль знаний содержания фосфора в почве и методики его определения;

б) определение содержания (мг/кг) фосфора в почве;

в) расчет запасов фосфора в почве (кг/га);

г) определение возможного урожая культуры по запасам фосфора в почве.

**Значение анализа.** Различные формы фосфора неодинаково доступны для питания растений, наиболее доступны одно- и двухзамещенные фосфаты. Менее усвояемы фосфаты полуторных окислов и трехкальциевый фосфат. Фосфор, входящий в органические соединения, также малодоступен для растений.

Исследование почв на содержание в них доступного для растений фосфора и калия позволяет выявить степень нуждаемости их в фосфорных и калийных удобрениях.

Определение доступного для растений фосфора и калия выполняют в одной вытяжке. Существующие методы определения подвижного фосфора и калия в почве еще нельзя считать совершенными: все они дают лишь условные показания. Тем не менее, для удовлетворения практических запросов сельского хозяйства их можно успешно использовать.

**Принцип метода.** Метод основан на извлечении подвижных форм фосфора и калия из почвы 1%-ным раствором углекислого аммония при соот-

ношении почвы и раствора 1:20 с последующим определением фосфора в виде молибденовой сини на спектрофотометре и калия на пламенном фотометре.

**Ход анализа.** Среднюю пробу анализируемой почвы массой 5 г пересыпают в бутылку и приливают к ней 100 мл 1%-ного углекислого аммония. Закрывают пробкой и взбалтывают на ротаторе 1 час. По окончании взбалтывания вытяжку фильтруют через бумажный фильтр в коническую колбу на 250 мл. Первые мутные порции повторно переносят на этот же фильтр.

В этой же вытяжке при помощи пламенного фотометра определяют калий.

Для обесцвечивания вытяжки берут 10 мл фильтрата, помещают его в мерную колбу емкостью 50 мл и добавляют 2 мл разбавленной серной кислоты (27 %) и 4 мл 0,5 Н раствора  $\text{KMnO}_4$  и кипятят в течение 2 минут (считая от начала кипения). Избыток перманганата калия обесцвечивают добавлением к горячему раствору 1 мл 10%-ной глюкозы. Затем содержимое колбы охлаждают, избыток серной кислоты нейтрализуют 10%-ным раствором соды в присутствии 3 капель индикатора -  $\beta$ -динитрофенола до появления светло-желтой окраски. Нейтрализация исследуемого раствора очень важна, т.к. при сернокислой реакции результаты анализа будут занижены, а при щелочной - завышены.

К бесцветной вытяжке добавляют 2 мл раствора молибденового реактива, доводят водой до метки и перемешивают. Затем сверх метки прибавляют 3 капли хлористого олова и перемешивают, через 5 минут исследуют.

Для приготовления образцовых растворов определения фосфора. В мерные колбы емкостью 50 мл приливают 0, 0,5, 1, 2, 4, 8 мл образцового раствора с содержанием 0,005 мг  $\text{P}_2\text{O}_5$  в 1 мл, затем приливают до 45 мл дистиллированную воду и перемешивают, после чего из бюретки приливают по 2 мл молибденового реактива, доливают водой до метки и еще раз перемешивают. Исследуют через 5 минут.

По полученным данным строят калибровочный график, количество  $\text{P}_2\text{O}_5$  в мг на кг почвы определяют по калибровочной кривой и по формуле:

$$P = \frac{a \cdot V \cdot 1000}{b \cdot c},$$

где: P - содержание  $P_2O_5$  в почве, мг/кг;

a - содержание  $P_2O_5$  в испытуемом растворе, найденное по калибровочной кривой, мг/кг;

V - объем реагента прилитого к почве, мл;

b- объем фильтрата, взятый для анализа, мл;

c - навеска почвы, г;

1000 - для пересчета на 1 кг почвы.

При содержании фосфора (в  $P_2O_5$ ) в мг на 100 г почвы:

до 2,0 мг - почва считается бедной фосфором;

от 2,0 до 4,0 - почва средне обеспечена фосфором;

свыше 4,0 - почва хорошо обеспечена фосфором.

**Подведение итогов занятия.** Сравнивая полученные в агрохимическом анализе данные с группировкой почв (табл.39), определяют его количество (кг) на 1 га и устанавливают к какой группе по обеспеченности данным элементом относится испытуемый образец.

*Таблица 39. Группировка почв по содержанию подвижного фосфора*

Класс	Обеспеченность	Содержание $P_2O_5$ , мг/кг
1	очень низкая	менее 10
2	низкая	11-15
3	средняя	16-20
	---	21-25
	---	26-30
4	повышенная	31-45
5	высокая	46-60
6	очень высокая	более 60

*Реактивы, материалы, посуда и оборудование*

углекислый аммоний.

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 27%-ная.

KMnO<sub>4</sub>.

глюкоза 10 %-ная.

сода 10% -ная.

β-динитрофенол.

молибденовокислый аммоний.

хлористое олово.

бутылки для взбалтывания.

конические колбы на 200 - 250 мл.

воронки.

мерные колбы на 50 мл.

бюретки.

водяная баня.

миллиметровая бумага.

спектрофотометр.

***Контрольные вопросы:***

- 1. Значение и принцип метода определения содержания в почве подвижного фосфора по методу Б.П. Мачигина*
- 2. Каково значение фосфора в питании растения?*
- 3. Назовите основные формы фосфора в почве, доступные растениям?*
- 4. Опишите проблемы фосфора в земледелии.*

**Занятие 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБМЕННОГО КАЛИЯ В ПОЧВЕ В 1 %-НОЙ УГЛЕАММОНИЙНОЙ ВЫТЯЖКЕ С ЗАВЕРШЕНИЕМ НА ПЛАМЕННОМ ФОТОМЕТРЕ**

*Цель занятий:*

- а) ознакомление с устройством и принципом работы пламенного фотометра (ПФА-378);

- б) контроль знаний содержания обменного калия в почве и методики его определения;
- в) определить содержание (мг/кг) обменного калия в почве;
- г) расчет запасов обменного калия в почве (кг/га) в почве;
- д) определение возможного урожая культуры по запасам обменного калия в почве.

**Значение анализа.** Основную роль в питании растений играет обменный калий. О степени обеспеченности почвы элементом судят по содержанию в ней этих форм элемента.

Обменный калий извлекают из почвы солевыми вытяжками, вытесняя калий ионом аммония. В углеаммонийную вытяжку переходят и водорастворимые соединения. Поскольку водорастворимых соединений калия в почве мало - они большого значения в питании растений не имеют.

**Принцип метода.** Метод основан на извлечении подвижных соединений калия из почвы раствором углекислого аммония концентрации 10 г/дм<sup>3</sup> при отношении почвы к раствору 1: 20 и измерение интенсивности излучения элементов в пламени.

**Ход работы.** Пробы почвы массой  $5,0 \pm 0,1$  г помещают в конические колбы и приливают по 100 см<sup>3</sup> раствора углекислого аммония концентрации 10 г/дм<sup>3</sup>. Почву с раствором перемешивают в течение 5 минут и оставляют на 18-20 ч при температуре  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Затем суспензии взбалтывают вручную и фильтруют через бумажные фильтры.

Содержание калия определяют на пламенном фотометре, используя светофильтр с максимумом пропускания в области 766-770 нм.

**Подведение итогов занятия:** сравнивая полученные в агрохимическом анализе данные с группировкой почв (табл. 40), определяется обеспеченность почвы обменным калием и рассчитывается его количество (кг) на 1 гектаре.

*Таблица 40*

**Группировка почв по содержанию обменного калия**

Класс	Обеспеченность	Содержание K <sub>2</sub> O, мг/кг
1	очень низкая	менее 100

2	низкая	101-200
3	средняя	201-300
4	повышенная	301-400
5	высокая	401-600
6	очень высокая	более 600

*Реактивы:*

-раствор углекислого аммония концентрации 10 г/дм<sup>3</sup> с рН 9,0.

-образцовые растворы с Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> и К<sub>2</sub>О

Для настройки и калибровки пламенного фотометра готовят серию растворов сравнения: в мерные колбы на 250 см<sup>3</sup> помещают указанные в таблице объемы раствора, приготовленного по пункту. Объемы растворов доводят до метки экстрагирующим раствором.

**Растворы сравнения хранят не более 15 дней.**

Характеристика раствора	Номер раствора сравнения							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Объем раствора, приготовленного по пункту 2, см <sup>3</sup>	0	1,0	2,0	3,0	5,0	7,5	10,0	15,0
Концентрация К <sub>2</sub> О в растворах сравнения, г/дм <sup>3</sup>	0	0,002	0,004	0,006	0,010	0,015	0,020	0,030
Массовая доля К <sub>2</sub> О в почве, млн <sup>-1</sup>	0	40	80	120	200	300	400	600

**Контрольные вопросы:**

1. Значение, принцип метода и ход определения содержания калия в почве?
2. Каково значение калия в питании растения?
3. Назовите основные формы калия в почве, доступные растениям.
4. Опишите проблему калия в земледелии?

## 2. ПЛАМЕННЫЙ ФОТОМЕТР ПФА-378: УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

**Принцип метода.** Данный метод анализа основан на измерении интенсивности излучения элементов в пламени. Анализируемый раствор распыляют

пульверизатором и образующийся туман вводят в пламя горелки прибора – пламенного фотометра. В пламени сначала происходит поглощение энергии атомами, а затем выделение энергии в виде лучей с определенной длиной волны. Так как температура пламени невысока, то получающиеся спектры сравнительно просты: излучения состоят из немногих спектральных линий с характерной для каждого элемента длиной волны. Одну из этих линий выделяют интерференционным светофильтром, направляют ее на фотоэлемент и, измерив силу тока гальванометром, определяют интенсивность излучения. При соблюдении определенных условий она пропорциональна концентрации вещества в растворе.

### **Начало работы.**

- Включить прибор(рис.12).
- Открыть регулятор газа, повернув его на четверть против часовой стрелки.
- Открыть регулятор воздуха, его давление должно превысить 7 psi. Доведите давление воздуха до 10 psi.
- Загорится красный газовый диод, и зуммер подаст сигнал, замолчав через 3 секунды. Автоматически произойдет возгорание и загорится желтый диод.
- Повернуть регулятор газа так, чтобы получить ровное пламя с голубым кончиком приблизительно 8-10 мм высотой. Подождите около 20 минут для стабилизации пламени. Период в 20 минут может зависеть от состояния окружающей среды. Как только пламя стабилизируется, оно будет гореть до выключения, повторная стабилизация не нужна. В случае выключения питания подача газа автоматически прекратится. В этом случае повторить все вышеописанные процедуры. Следующие надписи по очереди появляются на дисплее при начале работы:

Экран модели	* ПФА-378 * Пламенный Фотометр
Экран версии Программного обеспечения	Версия х.х Month уууу
Экран начала работы	Проверка.... Пожалуйста подождите....



**ВЫБОР ФУНКЦИИ.** Экран функции показывается после завершения процесса начала работы.

Экран функции	1. Чтение	2. Калибровка
	3. Просмотр	4. Печать

*Активные клавиши: <1-4>*

**ВЫБОР ТРЕБУЕМОЙ ФУНКЦИИ.** Использовать активные кнопки 1-4 для выбора требуемой функции. На дисплее появится соответствующая картинка.

**РАБОТА С ФУНКЦИЕЙ КАЛИБРОВКИ.** Перед использованием этой функции для создания кривой калибровки необходимо установить следующие параметры:

- a. Режим, где заданы величины концентрации и коэффициент растворения (1).
- b. Элементы для калибровки (2).
- c. Тип кривой (3).
- d. Количество стандартов (3.1 или 3.2).
- e. Численная концентрация стандартов (4).

После выбора функции появляется экран режима калибровки

Экран режима калибровки

Выберите способ измерения		
1.GEN.	2.SERUM	3.URINE

*Активные клавиши: <1-3>*

*<ESC> для возврата к экрану функции*

## 1. ВЫБОР ТРЕБУЕМОГО РЕЖИМА КАЛИБРОВКИ.

Используйте активные кнопки <1-3> для выбора требуемого режима. Появится экран элементов калибровки.

Экран элементов калибровки

1. Na 2. K 3. Li 4. Ca
<#, ENT>

*Активные клавиши: <1 to 4>*

*<ESC> для возврата к экрану режима калибровки*

## 2. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ.

Использовать активные кнопки <1-4> для выбора требуемых элементов для калибровки.

Отметка будет указывать на выбор.

Нажать <ENTER> для подтверждения выбора элемента. Появится экран опций выбора кривой.

#### Экран опций выбора кривой

* Кривая * 1. Сегментная 2. Квадратичная
---

*Активные клавиши: <1, 2>*

*<ESC> для возврата к экрану элементов калибровки*

### 3. ВЫБОР ТРЕБУЕМОЙ ОПЦИИ КРИВОЙ КАЛИБРОВКИ.

Использовать активные клавиши <1,2> для выбора требуемой опции. Появляется экран ввода номера стандартов 3.1 или 3.2.

3.1. Нажать <1> для выбора сегментной кривой калибровки. Отобразится экран номера стандартизации - 1.

#### Экран номера стандартизации - 1

Введите номера стандартов (min: 2 max:20): 2
---

*Активные клавиши: <#> <ENTER>, <ESC>*

*<ESC> to CURVE FIT OPTION SCREEN*

Нажать <ENTER> для подтверждения выбора или нажать <ESC> для отмены выбора или использовать цифровые клавиши <#> для выбора номеров стандартов.

После установки номеров стандартов появляется экран концентрации стандартов.

3.2. Нажать <2> для выбора квадратичной кривой калибровки. Появится экран номера стандартизации - 2.

#### Экран номера стандартизации - 2

Введите номера стандартов (min: 3 max:20): 3
---

*Активные клавиши: <#> <ENTER>, <ESC>*

*<ESC> для возврата к экрану опций кривой*

Нажать *<ENTER>* для подтверждения ввода или нажать *<ESC>* для отмены ввода или использовать цифровые клавиши *<#>* для установки номеров стандартов.

После установки номеров стандартов появляется экран концентрации стандартов.

#### 4. ВВОД ВЕЛИЧИНЫ КОНЦЕНТРАЦИИ СТАНДАРТОВ.

Экран концентрации стандартов

[STD-##] Na K Li Ca
------------------------

*Активные клавиши: <#>, <ENTER>, <ESC>*

*<ESC> для возврата к экранам номеров стандартов*

Использовать цифровые клавиши *<#>* для ввода величины концентрации стандартов.

Нажать *<ENTER>* для подтверждения или нажать *<ESC>* для отмены ввода данных.

Экран концентрации стандартов появляется много раз после операций 3.1 или 3.2 для подтверждения ввода концентраций для всех стандартов. После ввода величин концентраций для всех стандартов появляется экран подтверждения стандартов, где можно изменить введенные данные в случае необходимости.

Экран подтверждения стандартов.

Будете ли вы проверять введенные Концентрации? <Да / Нет>
--

*Активные клавиши: <YES>, <NO>*

Опция *<Да>*. Вновь появляется экран концентраций стандартов.

Экран концентрации стандартов

xxxxx=Введенная концентрация

[STD-##] Na xxxxx K xxxxx Li xxxxx Ca xxxxx
--

*Активные клавиши: <#>, <ENTER>, <ESC>*

*<ESC> для возврата к экранам номеров стандартов*

Нажать *<ENTER>* для подтверждения ввода или нажать *<ESO* для отмены ввода или использовать цифровые клавиши *<#>* для ввода концентраций стандартов

Опция *<Нет>*. В случае выбора сегментальной кривой появляется следующий экран ввода второго относительного стандарта, требуемого во время стандартизации:

Your Mid Range Ref? Enter Std. No
--------------------------------------

Использовать цифровые клавиши *<#>* для ввода требуемых стандартов.

Нажать *<ESC>* для отмены ввода или нажать *<ENTER>* для подтверждения ввода - вы перейдете к пункту **5**.

В случае квадратичной кривой вы сразу перейдете к пункту **5**.

**Итог:** Во время пунктов 1-4 вы установили параметры, необходимые для создания кривой калибровки и перейдете к циклу измерения **5**.

## **5. ЦИКЛ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ КРИВОЛИНЕЙНОЙ КАЛИБРОВКИ.**

Цикл измерений связан с измерениями интенсивности эмиссий чистых и стандартных растворов. Точность стандартов влияет на точность анализа проб.

Появляются экраны, соответствующие чистому измерению и операции чистки в порядке, необходимом для цикла измерений.

### **Процесс чистого измерения**

Экран чистого измерения

Подача чистой пробы <ENT>
------------------------------

*Активные клавиши: <ENTER>*

*<ESO> для перехода к экрану меню проб*

Загрузить чистый раствор и нажать *<ENTER>*. Пока прибор измеряет интенсивность эмиссии чистого раствора для выбранных элементов, горит экран ожидания.

Экран ожидания

E1 = измеряемый элемент

Пожалуйста, подождите..... Чтение .....E1
--

**Измерение занимает приблизительно (5 сек/элемент + 7) секунд.**

**После этого перейдите к процедуре очистки**

Процедура очистки важна для того, чтобы вымыть остатки последней пробы из распылителя и смесительной камеры, чтобы избежать загрязнения следующей пробы. Вслед за любым измерением интенсивности эмиссии отображается экран очистки.

Экран очистки

Подача дистиллированной воды Очистка! <ENT>
--

*Активные клавиши: <ENTER>*

После завершения чистого измерения появляется экран загрузки стандартов для начала стандартного измерения и экран операции очистки в порядке, необходимом для цикла измерений.

Экран загрузки стандартов

Загрузить стандарт: # раствор <ENT>
--

*Активные клавиши: <ENTER>, <ESC>*

*<ESC> для возврата к экрану подачи чистого раствора*

Загрузить стандартный раствор и нажмите <ENTER>. Экран ожидания будет гореть во время измерения интенсивности раствора стандарта для выбранного элемента. Измерение занимает приблизительно 5 сек/элемент + 7 секунд. Чистка должна проводиться так, как описано в экранах меню очистки, идущих за измерением интенсивности эмиссии. Вы вернетесь на экран загрузки стандартов для следующего измерения. Так будет продолжаться до конца измерений всех стандартов.

Вслед за окончанием измерений всех стандартов появляется экран сохранения кривой для сохранения созданной кривой.

### Экран сохранения кривой

Сохранить данную кривую?  
<Да / Нет>

*Активные клавиши: <Да>, <Нет>*

Опция <Нет>. Появляется экран проверки калибровки, где можно распечатать таблицу проверки калибровки для проверки кривой.

### Экран проверки калибровки

Распечатать вашу таблицу  
проверки калибровки?

*Активные клавиши: <Да>, <Нет>*

Опция <Нет> - перевод на экран меню проб и прибор готов к анализу проб.

## 6. ПРОЦЕСС ИЗМЕРЕНИЯ ПРОБЫ.

Вслед за выполнением стандартизации перейдите в экран меню пробы.

### Экран меню пробы

1. SAMPLES 2. RAPID 3. VIEW  
4. PRINT 5. NORM 6. SAVE

*Активные клавиши: <#>, <ESC> для выхода*

Нажать <2> для выбора продолжительного измерения пробы. Отображается экран быстрой подачи проб.

### Экран быстрой подачи проб

Подача пробы!!  
<ENT>

*Активные клавиши: <ENT>*

*<ESC> для возврата к экрану меню проб*

Загрузить раствор пробы и нажать <ENTER>. Пока прибор измеряет интенсивность эмиссии раствора пробы для выбранных элементов, горит экран ожидания.

Измерение занимает приблизительно (5сек/элемент + 7) секунд.

Концентрация измеряемой пробы обновляется и показывается на экране быстрого просмотра.

### Экран быстрого просмотра

uuu = единица; xxxx = концентрация

Conc uuu Na xxxx K xxxx Li xxxx Ca xxxx
--

<ESC> для возврата к экрану меню проб

## **Занятие 6. ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH ПОЧВЫ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ**

*Цель занятия:*

- а) контроль знаний методики потенциометрического определения pH почвы;
- б) ознакомление универсального иономера ЭВ-74 – устройством и принципом работы;
- в) определение pH водной вытяжки;
- г) определить pH солевой вытяжки;
- д) определение гидролитической кислотности почвы.

**Принцип метода.** Определение реакции почв относится к числу наиболее распространенных анализов как в теоретических, так и в прикладных исследованиях.

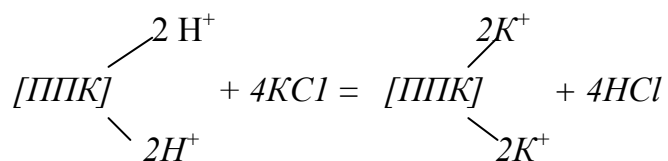
Наиболее полная картина кислотных и основных свойств почв складывается при одновременном измерении нескольких показателей, в том числе титруемой кислотности или щелочности - фактор емкости и величины pH - фактор интенсивности.

Фактор емкости в данном случае характеризует общее содержание кислот или оснований в почвах, от него зависят буферность почв, устойчивость реакции во времени и по отношению к внешним воздействиям.

Фактор интенсивности характеризует силу мгновенного действия кислот или оснований на почву и растения: от него зависит поступление минеральных веществ в растения в данный отрезок времени. Это позволяет дать наиболее правильную оценку кислотности почв, так как в этом случае учитывается об-

щее количество ионов водорода и алюминия, находящихся в почве в свободном и поглощённом состояниях.

Различают формы почвенной кислотности: актуальную и потенциальную, которая в свою очередь подразделяется на обменную и гидролитическую. Под актуальной кислотностью понимают активную концентрацию ионов водорода в почвенном растворе или в водной вытяжке из почвы (рН), определяется потенциметрически. Потенциальная кислотность определяется количеством ионов водорода, находящихся в почвенном поглощающем комплексе. При известных условиях эти ионы могут быть переведены в раствор: более подвижная часть ионов водорода (и Al) почвы может быть переведена в раствор при обработке почвы избытком нейтральных солей (KCl).



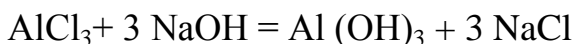
По количеству образовавшейся свободной соляной кислоты судят об обменной кислотности почвы. Часть ионов водорода остаётся в поглощённом состоянии, так как образующаяся в результате реакции сильная соляная кислота полностью диссоциирует и избыток свободных ионов водорода в растворе препятствует их полному вытеснению из ППК.

Менее подвижная часть ионов водорода может быть переведена в раствор лишь при дальнейшей обработке почвы растворами гидролитически щелочных солей (CH<sub>3</sub>COONa). По количеству образовавшейся свободной уксусной кислоты судят о гидролитической кислотности почв. Ионы водорода в данном случае наиболее полно переходят в раствор (вытесняются из ППК), так как образующаяся уксусная кислота прочно связывает водородные ионы и реакция смещается вправо вплоть до полного вытеснения ионов водорода из ППК. Величина гидролитической кислотности равна разности между результатами, полученными при обработке почвы CH<sub>3</sub>COONa и KCl. На практике за величину гидролитической кислотности принимают результат, полученный при обработке почвы CH<sub>3</sub>COONa. Необходимо знать, что кислотность почвы обуславливается

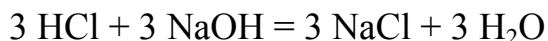


ионами не только водорода, но и алюминия:

Гидроокись алюминия выпадает в осадок, и система практически ничем не отличается от той, в которой содержатся только поглощённые ионы водорода. Но если даже  $\text{AlCl}_3$  останется в растворе, то при титровании:



что равноценно реакции:



Поглощённые ионы алюминия вытесняются и при обработке почвы раствором  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . В этом случае весь вытесненный алюминий переходит в осадок в виде гидроокиси.

По степени кислотности, определяемой в солевой вытяжке 0,1 н.  $\text{KCl}$  потенциометрически, почвы делятся на:

очень сильнокислые	pH менее 4,0
сильнокислые	4,1 - 4,5
среднекислые	4,6 - 5,0
слабокислые	5,1 - 5,5
близкие к нейтральным	5,6 - 6,0
нейтральные	6,0 - 7,0
слабощелочная	7,0 - 7,5
щелочная	7,5 - 8,5
сильнощелочная	более 8,5

Растения проявляют различную чувствительность к кислой и щелочной среде. Депрессия ростовых процессов наблюдается при pH ниже 5 и выше 8. Оптимальное pH почвы для льна, ржи, люпина, картофеля, гречихи 5,5; для клевера, гороха, кукурузы, пшеницы 6,0 - 7,0. Негативное влияние кислотности особенно опасно в начальный период вегетации. Повышенная кислотность или щелочность нарушает физиологическое равновесие в почвенном растворе, ухудшает питание растений, дестабилизирует белковый, углеводный и фосфорный обмен.

Реакция почвенного раствора оказывает на растение прямое и косвенное влияние. Повышение концентрации водородных ионов в ризосфере снижает поступление в растение всех наиболее важных катионов и анионов: кальция, калия, магния, молибдена, фосфатов; увеличивает поглощение из почвенного раствора алюминия, марганца - токсичных для растений, а также активизирует гидролитические ферменты в корневой системе.

Косвенное влияние кислотности в питании растений связано с изменением подвижности ряда элементов в почвенном растворе. В щелочной среде снижается подвижность бора, цинка, меди, алюминия, марганца, возрастает подвижность молибдена и фосфатов.

Внесение в почву минеральных, органических удобрений и известковых материалов с учётом особенностей высеваемой культуры обеспечивает физиологическую уравновешенность почвенного раствора. Оптимизация условий питания осуществляется за счёт использования различных форм, доз и сроков внесения удобрений.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТУАЛЬНОЙ КИСЛОТНОСТИ

Эта форма кислотности обусловлена содержанием свободных ионов водорода в почвенном растворе и измеряется по величине рН водной вытяжки из почвы. Этот вид кислотности непосредственно действует на корневую систему растений и на почвенные микроорганизмы.

Определение актуальной кислотности почвы необходимо для выяснения возможности воздействия на почву разных форм, доз и сочетаний удобрений, а также подбора культур в севооборотах. Однако рН водной вытяжки - величина неустойчивая, часто изменяющаяся под действием разных факторов в течение даже одного вегетационного периода.

**Ход анализа.** На технических весах взять навеску почвы массой 20 г и поместить в колбу на 200 - 250 см<sup>3</sup>. Прилить цилиндром 50 см<sup>3</sup> дистиллированной воды.

Взбалтывать на ротаторе в течение 1 ч. В суспензии или фильтрате опре-

делить значение рН электрометрическим методом.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ рН СОЛЕВОЙ ВЫТЯЖКИ ПО МЕТОДУ ЦИНАО (ГОСТ 26483)**

**Сущность метода** заключается в извлечении обменных катионов из почвы раствором хлористого калия концентрации 1 моль/дм<sup>3</sup> (1 н.) при соотношении почвы и раствора 1 : 2,5 и потенциометрическом определении рН с использованием стеклянного электрода. При определении рН в пробах органических горизонтов почв вытяжку готовят при соотношении почвы и раствора 1 : 25.

**Ход анализа. Приготовление вытяжки (ГОСТ 26483.)** Пробу почвы (в воздушно-сухом состоянии, пропущенной через сито с диаметром отверстий 1 - 2 мм) массой 30 г взвешивают на технических весах с погрешностью не более 0,1 г и пересыпают в коническую колбу. К пробам дозатором или цилиндром приливают 75 см<sup>3</sup> экстрагирующего раствора (КС1 н.). Одновременно проводят холостой опыт без пробы почвы. Почвы с раствором перемешивают в течение 1 минуты.

При определении рН в пробах органических горизонтов почв отбирают навеску массой 4 г, прибавляют к ней 100 см<sup>3</sup> экстрагирующего раствора и перемешивают суспензию в течение 3 минуты.

После проведения настройки рН-метра или иономера по трем буферным растворам с рН 4,01, 6,86 и 9,18 электроды погружают в суспензию и измеряют величину рН. Показания прибора считывают не ранее чем через 1 минуты после погружения электродов в суспензию. Во время работы настройку прибора периодически проверяют по буферному раствору с рН 4,01.

После измерения рН суспензию оставляют на 18 - 24 ч, затем перемешивают на электромеханической мешалке в течение 1 мин и фильтруют через бумажные фильтры. Первую мутную порцию фильтрата объемом 10-15 см<sup>3</sup> отбрасывают. Допускается вместо настаивания проб почв с раствором хлористого калия проводить перемешивание суспензий на встряхивателе или ротаторе в

течение 1 ч.

Фильтраты используются для последующего анализа (определение обменной кислотности, обменного алюминия, а также нитратов, обменного аммония, подвижной серы, обменного марганца, обменного кальция и обменного (подвижного) магния по методам ЦИНАО).

*За результат анализа принимают* значение единичного определения рН со шкалы прибора с точностью не ниже 0,1 единицы рН. Допускаемые отклонения от среднего арифметического результатов повторных анализов при выборочном статистическом контроле при вероятности  $P = 0,95$  составляют 0,2 единицы рН.

*Реактивы:*

- экстрагирующий раствор - раствор калия хлористого концентрации  $c(KCl) = 1 \text{ моль/дм}^3$  (1 н.) (рН 5,6 – 6,0).

- буферные растворы для настройки рН-метра готовят из стандарт-титров 2-го разряда по ГОСТ 8.135.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБМЕННОЙ КИСЛОТНОСТИ ПО МЕТОДУ ЦИНАО (ГОСТ 26484)**

*Сущность метода* заключается в извлечении обменных катионов водорода и алюминия из почвы раствором хлористого калия концентрации  $1 \text{ моль/дм}^3$  при соотношении почвы и раствора 1 : 2,5 и последующем потенциометрическом титровании фильтрата гидроокисью натрия до рН 8,2.

**Ход анализа.** В химический стакан отбирают  $25 \text{ см}^3$  фильтрата вытяжки, приготовленной по ГОСТу 26483. Стакан помещают на магнитную мешалку. В раствор погружают электродную пару. Бюретку заполняют раствором гидроокиси натрия концентрации  $0,1 \text{ моль/дм}^3$ . На блоке автоматического титрования устанавливают значение эквивалентной точки, равной 8,2 рН, и время выдержки, равное 30 секунд. Включают блок автоматического титрования, магнитную мешалку и открывают кран бюретки. По окончании титрования определяют расход NaOH по бюретке.

Аналогично проводят титрование 25 см<sup>3</sup> фильтрата холостого опыта. При отсутствии блока автоматического титрования анализируемые пробы титруют вручную, контролируя рН с помощью рН-метра или индикатора - 1%-ного раствора фенолфталеина, до появления слабо розовой окраски, не исчезающей в течение 1 минуты.

**Обменную кислотность (X)** в миллимолях в 100 г почвы вычисляют по формуле:

$$X=(V-V_0)\cdot c / (250\cdot V_1),$$

где V – объем раствора NaOH, израсходованный на титрование пробы вытяжки, см<sup>3</sup>;

V<sub>0</sub> – объем раствора NaOH, израсходованный на титрование пробы холостого опыта, см<sup>3</sup>;

V<sub>1</sub> – объем пробы вытяжки, взятый для титрования, см<sup>3</sup>;

c - концентрация раствора NaOH, ммоль/см<sup>3</sup>,

250 - коэффициент пересчета на 100 г почвы, см<sup>2</sup>.

Результаты анализа выражают в миллимолях в 100 г почвы с округлением до второго десятичного знака.

Допускаемые относительные отклонения от среднего арифметического результатов повторных анализов при выборочном статистическом контроле при вероятности P = 0,95 составляют 35 % при обменной кислотности до 0,1 ммоль в 100 г почвы, 15 % - св. 0,1 до 0,5 ммоль в 100 г почвы, 10 % - св. 0,5 ммоль в 100 г почвы.

*Реактивы:*

- гидроокись натрия (ГОСТ 4328. «х.ч.» или «ч.д.а.») концентрации 0,1 моль/дм<sup>3</sup>.

- фенолфталеин, индикатор (ГОСТ 5850 «ч.д.а.»). раствор массовой концентрации 10 г/дм<sup>3</sup>.

- дистиллированная вода (ГОСТ 6709).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ ПО КАППЕНУ

Эта форма кислотности обусловлена ионами водорода, более прочно связанными в почвенном поглощающем комплексе и способными обмениваться на основания только в нейтральной или щелочной среде. Эти ионы водорода труднее замещаются на основания и вытесняются в раствор только гидролитически щелочными солями. В качестве гидролитически щелочной соли применяется уксуснокислый натрий, который в водном растворе образует слабо диссоциирующую уксусную кислоту и сильное основание - рН раствора 8,2.

Гидролитически щелочная соль взаимодействует как с ППК, так и с почвенным раствором, таким образом, в данном случае определяется общая кислотность почвы, которая включает актуальную и потенциальную кислотность, как обменную, так и собственно гидролитическую. Гидролитическую кислотность выражают в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы. Установлено, что таким путём вытесняется не весь водород, поэтому при расчёте вводят коэффициент  $\Pi = 1,75$  - поправка на полноту вытеснения водорода. Величина гидролитической кислотности используется для расчёта дозы извести при известковании кислых почв.

**Ход анализа.** На технических весах берут 40 г воздушно-сухой почвы. Переносят навеску в колбу ёмкостью 250 – 300 см<sup>3</sup>. Приливают из бюретки 100 см<sup>3</sup> 1,0 н. раствора уксуснокислого натрия (рН 8,0 - 8,2). Взбалтывают на ротаторе 1 час или взбалтывают 15 минут и оставляют на ночь.

Отфильтровывают через воронку с бумажным складчатым фильтром, отбросив первые порции фильтрата. 50 см<sup>3</sup> фильтрата переносят пипеткой в колбу Эрленмейера объёмом 100 см<sup>3</sup>.

Приливают 2-3 капли фенолфталеина и оттитровывают образующуюся кислоту 0,1 н. раствором щёлочи до устойчивой слабо-розовой окраски.

### *Расчёт*

$$H_{г} \text{ мг-экв/100г почвы } H_{г} = \frac{(V_{кон} \cdot n_{KOH}) \cdot P \cdot 100 \cdot K \cdot 1,7}{100}$$

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

$P$  - разведение ( $100/50 = 2$ ),

$H$  - навеска почвы в г;

$V_{\text{кон}}$  - количество щёлочи, пошедшее на титрование, мл;

$n_{\text{KOH}}$  - нормальность щёлочи,

1,75 - коэффициент на полноту вытеснения ионов водорода из ППК (вычислен из расчета доведения рН почвы до 7,0),  $H$  - навеска почвы (г),

$K$  - коэффициент влажности почвы.

- При определении этих показателей во влажной почве одновременно определяют процент влажности и рассчитывают коэффициент влажности  $K$ .

*Пример расчета.* На титрование 50 см<sup>3</sup> фильтрата пошло 1,0 см<sup>3</sup> 0,1205 н. раствора щелочи.

$$H_{\Gamma} = (1,0 \cdot 0,1205) \cdot 2 \cdot 100 \cdot 1,75 : 40 = 1,05 \text{ мг экв /100 г почвы.}$$

*Форма записи*

№ образца	Навеска почвы, г	Разведение	KOH		$H_{\Gamma}$ , мг·экв/100 г почвы
			н.	см <sup>3</sup>	
1	40	2	0,1205	1,0	1,05

*Реактивы*

1. Раствор натрия уксуснокислого 1,0 н. Раствор готовится непосредственно перед проведением анализа.

2. 0,1 н раствор KOH или NaOH, готовится из фиксанала.

3. Фенолфталеин 1%-ной спиртовой раствор, готовится на этанол-ректификате.

***Контрольные вопросы:***

1. Какова роль разных видов кислотности почв в питании растений?

2. Для чего нужно знать виды кислотности и сумму поглощенных оснований?

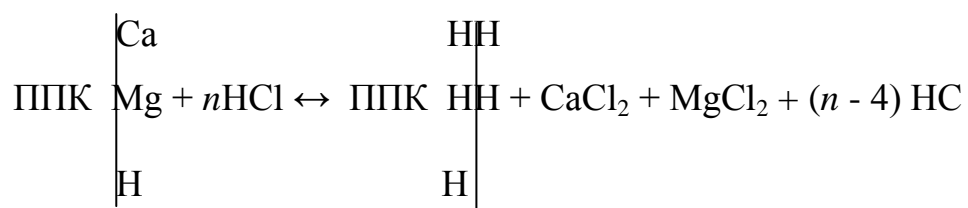
## Занятие 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ ПОГЛОЩЕННЫХ ОСНОВАНИЙ ПО КАППЕНУ-ГИЛЬКОВИЦУ

*Цель занятий:*

- а) контроль знаний студентами методики определения суммы поглощенных оснований по Каппену-Гильковицу;
- б) определить в почве сумму поглощенных оснований.

Для установления степени насыщенности почвы основаниями определяют сумму поглощенных оснований.

**Принцип метода.** Почву обрабатывают определенным количеством титрованного раствора соляной кислоты. Часть ее расходуется на вытеснение и нейтрализацию поглощенных оснований по схеме:



Остаток кислоты учитывают титрованием щелочью такой же концентрации. Сумма поглощенных оснований эквивалентна количеству соляной кислоты, израсходованной на их вытеснение; ее находят по разности между взятым количеством этой кислоты и ее остатком (расчет обычно ведут в миллиэквивалентах).

**Ход анализа.** В колбу вместимостью 250 – 300 мл помещают 20 г почвы и приливают пипеткой или из бюретки 100 мл 0,1 н. раствора соляной кислоты. Содержимое колбы взбалтывают в течение 60 минут на ротаторе и оставляют на 24 ч; потом фильтруют через сухой складчатый фильтр, отбрасывая первые мутные порции фильтрата. Затем 50 мл фильтрата переносят в коническую колбочку на 150-200 мл, нагревают на асбестовой сетке над горелкой или на электрической плитке и кипятят 3-5 минут; горячий раствор титруют в присутствии двух капель 0,1 н. раствором щелочи до не исчезающей в течение 1 минуты слабо-розовой окраски.

Для расчета используют формулу:

$$X = (a - b) \cdot 10,$$



где  $X$  - сумма поглощенных оснований, мг-экв /100 г почвы;

$a$  - количество соляной кислоты, взятое для вытеснения оснований, содержащихся в 10 г почвы, мг-экв;

$b$  - количество щелочи, пошедшей на титрование избытка соляной кислоты, мг-экв;

10 - коэффициент для пересчета на 100 г почвы.

*Реактивы, материалы:*

- соляная кислота, 0,1 н. раствор.
- фенолфталеин, 1%-ный спиртовой раствор.
- щелочь (NaOH или KOH), 0,1 н. раствор.
- конические колбы на 150-200 мл.
- бюретки.
- бутылки.
- фильтры.

***Контрольные вопросы:***

1. Что такое поглотительная способность почв? Каково значение поглотительной способности почвы в питании растений и применении удобрений?
2. Как вычислить и для чего необходимо знать степень насыщенности почв основаниями?
3. Что такое емкость поглощения, какова ее величина для разных типов почв?

## **Занятие 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГУМУСА ПОЧВЫ ПО МЕТОДУ И.В. ТЮРИНА В МОДИФИКАЦИИ ЦИНАО**

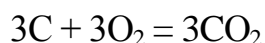
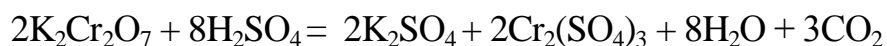
*Цель занятий:*

- а) контроль знаний методики определения гумуса в почве;
- б) определение содержания гумуса в образцах почвы по методу Тюрина;
- в) роль гумуса в плодородии почвы и питании растений.

**Значение анализа.** Метод И. В. Тюрина основан на окислении органиче-

ского вещества почвы хромовой кислотой до образования углекислоты. Количество кислорода, израсходованное на окисление органического углерода, определяют по разности между количеством хромовой кислоты, взятой для окисления, и количеством ее, оставшимся не израсходованным после окисления. В качестве окислителя применяют 0,4 н. раствор  $K_2Cr_2O_7$  в серной кислоте, предварительно разбавленный водой в соотношении 1:1.

Реакция окисления протекает по следующим уравнениям:



Остаток хромовой кислоты, не израсходованной на окисление, оттитровывают 0,1 н. раствором соли Мора с индикатором дифениламин. Титрование солью Мора, представляющей собой двойную соль сернокислого аммония и сернокислой закиси железа -  $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$ , идет по следующему уравнению:



Полнота окисления органического вещества при соблюдении всех условий метода, указанных ниже, составляет 85-90% величины окисления методом сухого сжигания (по Густавсону).

Применение сернокислого серебра в качестве катализатора увеличивает полноту окисления до 95%.

Для получения надежных результатов необходимо обратить внимание: 1) на тщательную подготовку почвы к анализу и 2) на точное соблюдение продолжительности кипячения при окислении органического вещества; само кипение окислительной смеси должно протекать спокойно.

Метод дает хорошую сопоставимость параллельных анализов, быстр, не требует специальной аппаратуры (в связи с чем может быть использован и в экспедиционных условиях) и в настоящее время является общепринятым, особенно при проведении массовых анализов.

**Подготовка почвы к анализу.** При подготовке почвы к анализу на содержание гумуса особое внимание должно быть обращено на удаление из почвы корешков и различных органических остатков растительного и животного про-

исхождения.

Из взятого в поле и доведенного до воздушно-сухого состояния образца почвы берут среднюю пробу в количестве 50 г, тщательно отбирают пинцетом корни и видимые глазом органические остатки (панцири насекомых, семена, угольки и т. д.), раздавливают почвенные комки деревянным пестиком с резиновым наконечником и вновь тщательно отбирают корни, пользуясь при этом лупой. Затем растирают почву в фарфоровой ступке и пропускают через сито диаметром отверстий в 1 мм, после чего из нее снова берут среднюю пробу весом 5 г и повторяют отбор корешков, используя для этого следующий прием. Сухую стеклянную палочку энергично натирают сухой суконной или шерстяной тканью и быстро проводят на высоте около 10 см над почвой, распределенной тонким слоем по поверхности восковки или пергаментной бумаги. Тонкие мелкие корешки и полуразложившиеся растительные остатки, которые до этого не удалось отобрать в связи с их малыми размерами, прилипают к поверхности наэлектризованной палочки и таким образом выносятся из почвы. Их снимают с палочки при повторном ее натирании. Не следует слишком низко проводить палочкой над поверхностью почвы во избежание выноса из почвы не только органических остатков, но и мелкозема.

В процессе отбора корешков надо неоднократно перемешивать почву и вновь распределять ее тонким слоем. Операцию следует вести до тех пор, пока на палочке будут обнаруживаться лишь единичные корешки. Чистоту отбора корешков контролируют, помимо того, просмотром почвы в лупу.

По окончании отбора корешков почву снова растирают в фарфоровой, яшмовой или агатовой ступке и пропускают через сито с диаметром отверстий в 0,25 мм. Описанным выше способом должен быть подготовлен весь образец в 5 г. Отбрасывать трудно поддающуюся растиранию часть образца ни в коем случае нельзя.

Почву, подготовленную вышеуказанным образом для анализа, следует хранить в пакетиках из пергаментной бумаги или восковки, либо в пробирках с пробками.

**Ход анализа.** Навеску воздушно сухой почвы для анализа на гумус

берут на аналитических весах. Размер навески зависит от предполагаемого содержания гумуса в почве, причем учитывается тип почвы (чернозем, подзолистая и т. д.) и глубина взятия образца.

При содержании гумуса от 7 до 15% И. В. Тюрин рекомендует навеску в 0,1 г; при 4-7% - 0,2 г; при 2 – 4% - 0,3 г; меньше 2% - 0,5 г. В случае песчаных почв с малым содержанием гумуса навеску можно увеличить до 1 г.

При очень высоком содержании гумуса (свыше 15-20%) его определение по методу Тюрина становится ненадежным, так как не достигается полнота окисления.

Навески лучше брать точные 0,1, 0,2 г, что облегчает в дальнейшем вычисления. Для взятия точных навесок можно пользоваться тарированным часовым стеклом диаметром 2,5 – 3 см, с которого навеску целиком переносят в колбу для сжигания при помощи маленького шпателя и кисточки для акварельных красок. Определение гумуса по Тюрину одновременно можно вести 20 – 30 навесками.

Навески помещают в сухие конические колбы на 100 мл из обыкновенного стекла, туда же добавляют на кончике ножа порошкообразное сернокислое серебро. При выполнении массовых анализов сернокислое серебро не применяется. Для возможности сравнения получаемых в этом случае результатов с методом сухого сжигания Тюрин И. В. приводит коэффициент 1,17 (1936). Затем в каждую колбу приливают по 10 мл 0,4 н. раствора  $K_2Cr_2O_7$ , приготовленного на смеси одной части  $H_2SO_4$  удельного веса 1,84 и одной части дистиллированной воды.

Раствор бихромата калия следует приливать из бюретки, отмеривая необходимый объем каждый раз от нуля и давая жидкости стекать всегда с одинаковой скоростью. Можно пользоваться также пипеткой, но обязательно снабженной в верхней части предохранительными шариками. Очень удобна в данном случае делительная воронка из тугоплавкого стекла, приспособленная для работы с крепкими кислотами. Пользование такой воронкой намного ускоряет работу и делает ее безопасной.

После приливания раствора  $K_2Cr_2O_7$  в горлышко колбы вставляют воронки диаметром около 4 см, содержимое колб осторожно перемешивают (следа, чтобы почва не прилипла к их стенкам), после чего колбы ставят на уже горячую этернитовую или песчаную электроплитку, или на плитку с обнаженной спиралью, но прикрытую слоем асбеста. Можно пользоваться также газовыми горелками, а в экспедиционных условиях - примусом или керосинкой, помещая нагревательный прибор под песчаную баню (сковорода с прокаленным кварцевым песком).

Содержимое колб доводят до кипения и кипятят ровно 5 минут. Необходимо точно отмечать начало кипения жидкости, не смешивая его с появлением в начале нагревания мелких пузырьков воздуха. Кипение должно быть равномерным и умеренным. Выделение пара из воронки и подпрыгивание последней недопустимы. Сильного кипения следует избегать, чтобы не изменить концентрацию серной кислоты, увеличение которой может вызвать разложение хромовой кислоты. Во избежание слишком бурного кипения, кипячение на плитках с обнаженной спиралью недопустимо. После 5-минутного кипячения колбы с нагревательного прибора снимают, дают им остыть, обмывают воронки над колбами с внутренней и наружной стороны дистиллированной водой из промывалки и содержимое колб количественно переносят в конические колбы на 250 мл, несколько раз тщательно ополаскивая колбу, в которой производилось окисление. Объем жидкости после переноса в колбу на 250 мл должен составлять 100-150 мл. Цвет жидкости - оранжево-желтый или зеленовато-желтый; позеленение ее свидетельствует о недостатке окислителя; анализ в этом случае необходимо повторить, уменьшив навеску.

К жидкости прибавляют 8 капель раствора дифениламина, являющегося индикатором, и титруют оставшуюся не израсходованной после окисления органического вещества хромовую кислоту 0,1 н. раствором соли Мора. Индикатор следует вносить непосредственно перед титрованием. Титрование ведут на холоду. Красно-бурая окраска жидкости, появляющаяся после прибавления дифениламина, при титровании раствором соли Мора постепенно переходит в

интенсивную синюю, а затем в грязно-фиолетовую. С этого момента титрование ведут осторожно, прибавляя соль Мора по одной капле и тщательно перемешивая содержимое колбы. Конец титрования - изменение грязно-фиолетовой окраски раствора в бутылочно-зеленую; после некоторого стояния (10-15 минут) окраска жидкости становится зеленой. Появление при титровании ярко-зеленой окраски указывает на избыток соли Мора, т. е. на то, что раствор перетитрован, анализ в этом случае необходимо повторить.

Для устранения влияния ионов трехвалентного железа, которое окисляет индикатор и вызывает преждевременное изменение окраски раствора, применяют 85%-ную ортофосфорную кислоту. Ее вносят в колбу перед титрованием в количестве 2,5 мл; изменение окраски в конце титрования в присутствии фосфорной кислоты очень резкое и вызывается 1-2 каплями раствора соли Мора.

Одновременно с основными анализами в той же последовательности проводят холостой (в трехкратной повторности) для установления соотношения между 10 мл раствора хромовой смеси и раствором соли Мора. Для равномерного кипения жидкости при холостом анализе в колбу перед приливанием раствора хромовой смеси обязательно вносят около 0,1 - 0,2 г растертых в порошок прокаленных пемзы или почвы. В противном случае происходит неизбежное при кипячении чистого раствора перегревание, могущее вызвать разложение хромовой кислоты. В остальном поступают согласно описанному ходу анализа.

При проведении больших партий анализов на содержание гумуса по методу Тюрина (30 – 60 анализов одновременно) можно делать перерывы на следующих этапах работы: взятие навесок - один день; окисление, перенос в колбы для титрования и титрование - на другой день. Или, что менее желательно, взятие навесок и окисление проводить в один день, титрование - на следующий. В последнем случае содержимое колб после сжигания должно быть разбавлено и перенесено в колбы для титрования. Титрование холостых анализов в этом случае также должно быть оставлено до следующего дня. Титрование каждой партии необходимо всегда вести при одинаковых условиях освещения (при дневном или электрическом свете).

**Вычисление результатов анализа.** Количество миллиметров раствора соли Мора, пошедшее на титрование после окисления гумуса навески, отвечает тому количеству хромовой кислоты, которое осталось неизрасходованным в процессе окисления.

И. В. Тюрин указывает, что устойчивые результаты наблюдаются тогда, когда на титрование остатка хромовой кислоты после окисления органического вещества идет не менее 20 мл 0,1 н. раствора соли Мора. Иначе говоря, концентрация  $\text{CrO}_3$  не должна быть к концу окисления ниже 0,2 н.

Количество соли Мора, отвечающее тому количеству хромовой кислоты, которое пошло на окисление гумуса пробы, определяют вычитанием из результатов холостого титрования результатов титрования после окисления гумуса.

При вычислении содержания органического углерода и гумуса приняты следующие величины: 1 мл 0,1 н. раствора соли Мора соответствует 0,0003 г органического углерода или 0,000517 г гумуса (1 г углерода соответствует 1,724 г гумуса).

Если раствор соли Мора не точно 0,1 н., то вводится соответствующая поправка:

*Примеры.* Титр соли Мора 0, 10, 50 последовательно, 1 мл этого раствора соответствует:

$$(0,0003 \cdot 0,1050) : 0,1 = 0,000315 \text{ г углерода или}$$

$$(0,000517 \cdot 0,1050 \cdot 0,1) : 0,1 = 0,000543 \text{ г гумуса.}$$

*Формула вычисления содержания гумуса в почве:*

Гумус в процентах к воздушно сухой почве =  $(a - b) \cdot K \cdot 100$ ,

где  $a$  - количество раствора соли Мора, пошедшее на титрование 10 мл 0,4 н. раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  при холостом анализе, мл;

$b$  - количество соли Мора, пошедшее на титрование после окисления гумуса, мл;

$(a - b)$  - количество раствора соли Мора, отвечающее тому количеству, которое израсходовано на окисление гумуса, мл;

$K$  - коэффициент перевода в гумус с внесенной поправкой на нормальность раствора соли Мора;

Если результаты желательно вычислить в углероде, то, вместо коэффициента перевода на гумус, следует поставить величину 0,0003 г с соответствующей поправкой на нормальность раствора соли Мора, т. е.:

0,0003 (нормальность раствора соли Мора) : 0,1

*Пример вычисления содержания гумуса в почве:*

Титр соли Мора 0,1050 н., следовательно, 1 мл соответствует

$$0,000517 \cdot 0,1050 : 0,1 = 0,000543 \text{ г гумуса.}$$

Между раствором двухромовокислого калия и раствором соли Мора установлено следующее соотношение: на 10 мл хромовой смеси при холостом анализе идет 44,2 мл соли Мора. Навеска почвы 0,2 г. На титрование после окисления гумуса пошло 34,2 мл раствора соли Мора.

Таким образом, на окисление гумуса израсходовано  $44,2 - 34,2 = 10,0$  мл 0,1050 н. раствора хромовой кислоты.

Содержание гумуса в навеске:  $10 \cdot 0,000543 = 0,00543$  г. Содержание гумуса в процентах к воздушно сухой почве из пропорции:

0,2 г почвы – 0,00543 г гумуса,

100,0 г почвы - X г гумуса;

$$X = 0,00543 \cdot 100 : 0,2 = 2,72 \%$$

Для пересчета содержания гумуса в процентах к абсолютно сухой почве определяют влажность в отдельной навеске почвы и в вычисление вводят соответствующий коэффициент.

*Для работы удобна следующая форма записи:*



### Содержание гумуса в почве

№ анализа	№ разреза	Глубина пробы, см	Воздушно-сухая навеска, г	Количество соли Мора, пошедшее на титрование после окисления гумуса, мл	Количество соли Мора, отвечающее количеству хромовой кислоты, израсходованной на окисление гумуса, мл	Гумус, % к воздушно-сухой почве

Холостой анализ на титрование раствора 10 мл 0,4 н. раствора  $K_2Cr_2O_7$  идет 45,0 мл раствора соли Мора 0,102 н. (среднее из трех определений), К - коэффициент пересчета на гумус.

**Подведение итогов занятия.** Сравнивая полученные в агрохимическом анализе данные с группировкой почв (табл. 41), определяется количество гумуса (%) и устанавливается к какой группе по обеспеченности данным элементом относится испытуемый образец.

*Таблица 41*

#### Группировка почв по содержанию гумуса

Класс	Обеспеченность	Содержание гумуса, %
1	очень низкая	менее 2,0
2	низкая	2,1 - 3,0
3	средняя	3,1 - 4,0
4	повышенная	4,1 - 5,0
5	высокая	5,1 - 6,0
6	очень высокая	более 6,0

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПО МЕТОДУ ТЮРИНА В МОДИФИКАЦИИ ЦИНАО (ГОСТ 26213)

*Метод основан* на окислении органического вещества раствором двухромовоокислого калия в серной кислоте и последующем определении трехвалентного хрома, эквивалентного содержанию органического вещества, на фотоэлектроколориметре.

Метод не пригоден для проб с массовой долей хлорида более 0,6% и проб с массовой долей органического вещества более 15%.

Из размолотой почвы или породы отбирают представительную пробу массой 3-5 г для тонкого измельчения. Перед измельчением из пробы удаляют пинцетом видимые невооруженным глазом неразложившиеся корни и растительные остатки. Затем пробу полностью измельчают и пропускают через плетеное сито с отверстиями диаметром 0,25 мм. Для тонкого измельчения используют ступки и измельчительные устройства из фарфора, стали и других твердых материалов.

*Ход анализа. Окисление органического вещества.* Массу пробы почвы или породы для анализа определяют, исходя из предполагаемого содержания органического вещества:

<i>Массовая доля органического вещества, %</i>	<i>Масса пробы для анализа, мг</i>
до 2	500-700
2-4	250-350
4-7	100-200
более 7	50- 100

Пробы почвы или породы взвешивают с погрешностью не более 1 мг и помещают в пробирки, установленные в штативы. К пробам приливают по 10 см<sup>3</sup> хромовой смеси. В каждую пробирку помещают стеклянную палочку и тщательно перемешивают пробу с хромовой смесью. Затем штативы с пробирками опускают в кипящую водяную баню. Уровень воды в бане должен быть на 2-3 см выше уровня хромовой смеси в пробирках. Продолжительность нагрева-

ния суспензий - 1 ч с момента закипания воды в бане после погружения в нее пробирок. Содержимое пробирок перемешивают стеклянными палочками через каждые 20 минут. По истечении 1 ч штативы с пробирками помещают в водяную баню с холодной водой. После охлаждения в пробирки приливают по 40 см<sup>3</sup> воды. Затем из пробирок вынимают палочки, тщательно перемешивают суспензии барботацией воздуха и оставляют для оседания твердых частиц и полного осветления надосадочной части раствора. Вместо отстаивания допускается проводить фильтрование суспензий через беззольные фильтры (синяя лента).

*Приготовление растворов сравнения.* В девять пробирок наливают по 10 см<sup>3</sup> хромовой смеси и нагревают их в течение 1 ч в кипящей водяной бане вместе с анализируемыми пробами. После охлаждения в пробирки приливают указанные далее в таблице объемы дистиллированной воды и раствора восстановителя. Растворы тщательно перемешивают барботацией воздуха.

Характеристика раствора	Номер раствора сравнения								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Объем воды, см <sup>3</sup>	40	38	36	32	30	25	20	15	10
Объем раствора восстановителя, см <sup>3</sup>	0	2	4	8	10	15	23	25	30
Масса органического вещества в растворе сравнения, мг эквивалентная объему восстановителя									
	0	1,03	2,07	4,14	5,17	7,76	10,3	12,9	15,5

*Фотометрирование растворов* проводят в кювете с толщиной просвечиваемого слоя 1-2 см относительно раствора сравнения № 1 при длине волны 590 нм или используя оранжево-красный светофильтр с максимумом пропускания в области 560 - 600 нм. Растворы в кювету фотоэлектроколориметра переносят осторожно, не взмучивая осадка расчет. Массу органического вещества в анализируемой пробе определяют по градуировочному графику. При по-

строении градуировочного графика по оси абсцисс откладывают массу органического вещества в миллиграммах, соответствующую объему восстановителя в растворе сравнения, а по оси ординат - соответствующее показание прибора.

Массовую долю органического вещества ( $X$ ) в процентах вычисляют

$$\text{по уравнению} \quad X = m/m_1 \cdot 100,$$

где  $m$  - масса органического вещества в анализируемой пробе, найденная по графику, мг;  $m_1$  - масса пробы, мг;

100 - коэффициент пересчета в проценты.

Допускаемые относительные отклонения от аттестованного значения стандартного образца для двусторонней доверительной вероятности  $P = 0,95$

<i>Массовая доля органического вещества, %</i>	<i>Допускаемые отклонения, %(отн.)</i>
менее 3	20
3-5	15
более 5	10

*Аппаратура и материалы:*

1. Фотоэлектроколориметр.
2. Баня водяная.
3. Весы торсионные или другие с погрешностью не более 1 мг.
4. Пробирки стеклянные термостойкие вместимостью 50 см<sup>3</sup>
5. Штатив для пробирок.
6. Бюретка или дозатор для отмеривания 10 см<sup>3</sup> хромовой смеси.
7. Палочки стеклянные длиной 30 см.
8. Цилиндр или дозатор для отмеривания 40 см<sup>3</sup> воды.
9. Груша резиновая со стеклянной трубкой или устройство для барботации
10. Бюретка вместимостью 50 см<sup>3</sup>.
11. Колбы мерные вместимостью 1 дм<sup>3</sup>.

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое потенциальные и эффективные запасы элементов в почвах,

зачем они нужны?

2. Какова роль органической и минеральной частей почвы в питании растений и применении удобрений?

3. В чем заключается принцип определения гумуса в почвенном образце?

## **Занятие 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ В ПОЧВЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ АТОМНО-АБСОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ**

*Цель занятия:*

а) контроль знаний роли тяжелых металлов (микроэлементов) в питании растений и методик их определения;

б) определение содержания тяжелых металлов в почве.

Метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии (ААС) основан на явлении селективного поглощения (абсорбции) резонансного излучения определяемого элемента атомным паром исследуемого вещества. Принцип метода иллюстрирует рисунок 15.

Превращение анализируемой пробы из жидкого (или твердого) состояния в атомный пар происходит в атомизаторе. Пар вводится в аналитическую зону атомизатора, просвечиваемую источником излучения с линейчатым спектром изучаемого элемента.

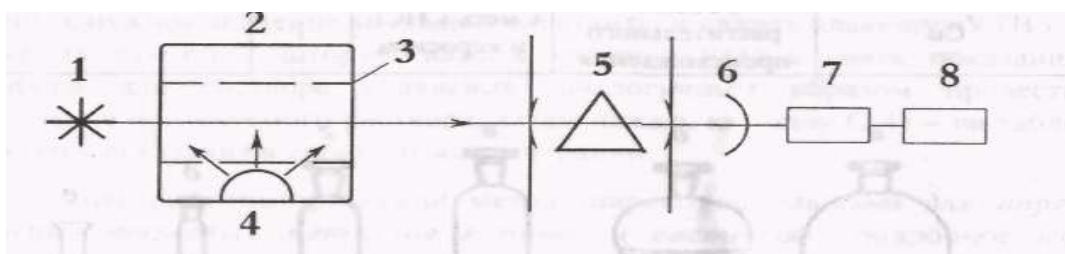


Рисунок 15. Принципиальная схема атомно-абсорбционного спектрофотометра:

*1 - источник резонансного излучения; 2 – атомизатор; 3 - аналитическая чаша; 4 – монохроматор; 5 – фотоумножитель; 6 – усилитель;*

*7 - регистрирующее устройство; 8 – проба.*

Закон атомного поглощения аналогичен закону светопоглощения в молекулярной спектрофотометрии и характеризуется экспоненциальным убыванием

интенсивности проходящего излучения в зависимости от длины поглощающего слоя атомного пара (длины атомизатора) и концентрации атомов определяемого элемента  $c$ . В определенном интервале концентрации, зависящем от характера определяемого элемента и свойств источника резонансного излучения, поглощение излучения атомами подчиняется закону Бугера-Ламберта-Бера:

$$I = I_0 10^{-klc} \text{ или } \lg(I_0 / I) = klc,$$

где  $I$  - интенсивность излучения после взаимодействия с атомами (после прохождения через атомизатор);

$I_0$  - интенсивность излучения до взаимодействия;

$l$  - длина поглощающего слоя атомного пара;

$K$  - атомный коэффициент поглощения, зависящий от длины волны и линии поглощения.

Величину  $\lg(I_0 / I)$  называют атомным поглощением  $A$ , она аналогична оптической плотности в молекулярной спектрофотометрии. Указанная зависимость является практической основой атомно-абсорбционного метода анализа.

Рассмотрим отдельные узлы атомно-абсорбционного спектрофотометра и их роль в формировании аналитического сигнала.

*Источник излучения.* Наиболее распространенным источником резонансного излучения для ААС является лампа с полым катодом, изготовленным из определяемого металла или его сплава. Спектр лампы содержит линии металла катода и заполняющего лампу газа, обычно неона. Важнейшим фактором, влияющим на точность и чувствительность анализа, является стабильность излучения лампы. Она определяется конструктивными особенностями и индивидуальными свойствами лампы, а также зависит от качества работы источника питания.

Кроме ламп с полым катодом, в практике атомно-абсорбционного анализа применяют высокочастотные безэлектродные лампы, представляющие собой кварцевый или стеклянный баллон (шарик), в который введены соответствующий металл (или его соединение) и инертный газ, поддерживающий разряд в

лампе. Высокочастотные лампы наиболее часто используют для определения тех элементов, для которых лампы с полым катодом не отличаются высокой стабильностью и надежностью в работе. Это - мышьяк, сурьма, висмут, селен, теллур.

*Атомизатор.* В ААС существуют варианты пламенных и электротермических атомизаторов.

В практике анализа наибольшее распространение получили пламенные атомизаторы. В них аналитической зоной служит участок непосредственно над газовой горелкой, через который проходит луч от источника излучения. Обычно раствор распыляют потоком газа и равномерно вводят в пламя в виде аэрозоля, регистрируя установившееся значение абсорбции. Наиболее эффективным способом атомизации является пламя ацетилен - воздух. Эта смесь используется при определении большинства элементов, не образующих термостойких окислов. Для элементов, склонных к образованию термостойких окислов и труднодиссоциируемых комплексов (алюминий, кремний, титан, молибден и некоторые другие) следует использовать смесь закись азота (в качестве газа - окислителя) - ацетилен - воздух, которая позволяет получить наиболее высокотемпературное пламя.

Электротермическими атомизаторами (ЭТА) служат печи сопротивления - трубки, тигли, стержни, нити из тугоплавкого материала, К ЭТА относится и вариант гидридной техники, в котором кварцевую трубку нагревают электропечью. Во всех типах ЭТА осуществляют полное импульсное испарение анализируемых микропроб. Пары пробы переносятся через просвечиваемую полость трубки или зону над телом нагрева за счет диффузии, конвекции или с помощью потока инертного газа. Применение ЭТА позволяет повысить чувствительность и предел обнаружения элементов на 1-2 порядка по сравнению с пламенными атомизаторами (0,001 - 0,0001 мкг/см<sup>3</sup>).

*Монохроматор.* В ААС монохроматор выделяет резонансную аналитическую линию и в большой степени отделяет ее от молекулярных спектров и сплошного фона, излучаемых атомизаторами. В современных атомно-

абсорбционных спектрофотометрах используются монохроматоры, позволяющие выделять спектральную полосу шириной 0,2-2 нм в интервале от 190 до 850 нм.

*Приемное и регистрирующее устройство.* В качестве детектора излучения используют фотоэлектронные умножители - ФЭУ. Фототок с ФЭУ после усиления и логарифмирования поступает на регистрирующее устройство. Современные атомно-абсорбционные спектрофотометры оснащены цифровой индикацией, цифropечатью и ЭВМ, что позволяет получать результаты в единицах концентрации, интегрировать аналитический сигнал за определенный промежуток времени и выдавать его среднее значение, проводить статистическую обработку результатов.

*Помехи, влияющие на результаты атомно-абсорбционного анализа. Методы их учета*

Помехи, возникающие в ходе атомно-абсорбционного анализа почв и растений, можно подразделить на пять групп: 1) спектральные помехи; 2) фоновые помехи (неселективное поглощение); 3) ионизационные помехи; 4) помехи из-за различий физических свойств растворов; 5) химические помехи.

Спектральные помехи обусловлены явлением поглощения излучения не только резонансной линией определяемого элемента, но и атомами других элементов с близкой длиной волны. По сравнению с эмиссионным спектральным методом в атомно-абсорбционном анализе взаимное наложение спектральных линий элементов достаточно мало.

Неселективное поглощение излучения возникает в результате светорассеяния, молекулярного поглощения, а также поглощения пламенем или ЭТА. Светорассеяние и молекулярное поглощение происходят при неполной атомизации пробы и вызываются появлением в аналитической зоне твердых частиц и молекул основного вещества пробы. Собственное излучение ЭТА имеет спектр черного тела, для пламени характерно излучение со структурой молекулярного спектра.

Для учета спектральных помех и неселективного поглощения применяют



так называемый корректор фона. В качестве корректора фона обычно используют оптическую схему со вспомогательным источником сплошного спектра - дейтериевой лампой. В последнее десятилетие широкое распространение получил метод коррекции фона, основанный на эффекте расщепления спектральных линий в магнитном поле (эффект Зеемана).

Ионизационные помехи вызваны снижением количества нейтральных атомов в аналитической зоне атомизатора в результате превращения их в положительно заряженные ионы под действием температуры пламени. В этом случае интенсивность поглощения резонансного излучения существенно уменьшается. Данный вид помех имеет место при определении элементов с низкими потенциалами ионизации (щелочные и щелочноземельные элементы). Контролировать ионизацию в пламени можно путем добавления к растворам проб и стандартов избытка легко ионизируемых элементов. Обычно в качестве ионизационного буфера используют растворы солей цезия, лития и калия.

Помехи, возникающие из-за различий физических свойств растворов (вязкости, поверхностного натяжения), можно контролировать, максимально сближая состав (содержание солей, концентрация растворителей) растворов проб и стандартов. При невозможности нивелировать различия в составах следует использовать метод добавок.

Химические помехи обусловлены присутствием трудно диссоциируемых соединений определяемого элемента в аналитической зоне атомизации. В ряде случаев такие соединения могут образовываться непосредственно в пламени при распылении в него анализируемого раствора. В результате снижается количество свободных атомов, способных к поглощению резонансного излучения. Типичным проявлением химических помех является снижение абсорбции при определении в почве щелочноземельных элементов в присутствии фосфора, кремния, алюминия. Другим примером помех такого рода служит уменьшение сигнала поглощения при определении алюминия, молибдена, ванадия и др. в результате образования устойчивых окислов.

Устранить влияние химических помех можно двумя путями:

1) использовать высокотемпературное пламя, энергия которого достаточно высока и способна разрушить многие устойчивые соединения и атомизировать пробу;

2) добавлять к растворам проб и стандартов маскирующие вещества, которые реагируют с мешающими элементами и снимают возможные химические помехи.

Примером служит добавление к растворам (при анализе почв, растений, вод) лантана, который при определении кальция, магния, стронция и бария устраняет деформирующее влияние фосфора, кремния и алюминия. Позволяет снизить химические помехи и полная идентификация по составу растворов проб и стандартов.

Атомно-абсорбционный метод отличается от традиционных аналитических методов простотой выполнения анализа и высокой производительностью. Он обеспечивает предел обнаружения многих элементов  $0,1 - 0,01 \text{ мкг/см}^3$  (с атомизацией в пламени) и ниже, что в большинстве случаев оказывается достаточным для применения метода в почвенно - агрохимических исследованиях.

**Ход анализа.** *Приготовление стандартных растворов.* В качестве основных стандартных растворов используют государственные стандартные образцы (ГСО) с гарантированной концентрацией элемента или комплекса элементов –  $1000 \text{ мкг/см}^3$ .

Возможно приготовление стандартных растворов из окислов или солей металлов с постоянной стехиометрией.

Цинк. Навеску  $1,000 \text{ г}$  металлического цинка помещают в стакан вместимостью  $100 \text{ см}^3$  и добавляют  $20 \text{ см}^3$  раствора азотной кислоты (1 : 1). Растворившийся цинк количественно переносят в мерную колбу объемом  $1000 \text{ см}^3$  и доводят до метки 1%-ным раствором азотной кислоты. Полученный раствор имеет концентрацию  $1000 \text{ мкг/см}^3$  цинка.

Марганец. Навеску  $4,388 \text{ г}$  сернокислого марганца ( $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) помещают в стакан вместимостью  $100 \text{ см}^3$ , растворяют в бидистиллированной воде и затем количественно переносят в мерную колбу объемом  $1000 \text{ см}^3$ . В колбу прилива-

ют приблизительно  $500 \text{ см}^3$  бидистиллированной воды, добавляют  $82 \text{ см}^3$  концентрированной соляной кислоты и доводят до метки бидистиллированной водой. Полученный раствор имеет концентрацию  $1000 \text{ мкг/см}^3$  марганца.

Медь. Навеску  $3,798 \text{ г}$  нитрата меди ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) помещают в стакан вместимостью  $100 \text{ см}^3$ , растворяют в бидистиллированной воде и количественно переносят в мерную колбу объемом  $1000 \text{ см}^3$ . Добавляют  $30 \text{ см}^3$  раствора азотной кислоты (1:1) и доводят до метки 1%-ным раствором азотной кислоты. Полученный раствор имеет концентрацию меди –  $1000 \text{ мкг/см}^3$ .

Свинец. Навеску  $1,000 \text{ г}$  металлического свинца помещают в стакан вместимостью  $100 \text{ см}^3$ , растворяют в  $30 \text{ см}^3$  азотной кислоты (1:1) и количественно переносят в мерную колбу объемом  $1000 \text{ см}^3$ . Доводят до метки 1%-ным раствором азотной кислоты. Полученный раствор имеет концентрацию  $1000 \text{ мкг/см}^3$  свинца.

Кадмий. Навеску  $1,142 \text{ г}$  оксида кадмия ( $\text{CdO}$ ) помещают в стакан вместимостью  $100 \text{ см}^3$ , растворяют в  $20 \text{ см}^3$  азотной кислоты (1:1) и количественно переносят в мерную колбу объемом  $1000 \text{ см}^3$ . Доводят объем до метки 1%-ным раствором азотной кислоты. Полученный раствор имеет концентрацию  $1000 \text{ мкг/см}^3$  кадмия.

Никель. Навеску  $4,953 \text{ г}$  нитрата никеля ( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ ) помещают в стакан вместимостью  $100 \text{ см}^3$ , растворяют в бидистиллированной воде и количественно переносят в мерную колбу объемом  $1000 \text{ см}^3$ , доводят объем до метки 1%-ным раствором азотной кислоты.

Кобальт. Навеску  $4,769 \text{ г}$  сернокислого кобальта ( $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) помещают в стакан вместимостью  $100 \text{ см}^3$ , растворяют в бидистиллированной воде и количественно переносят в мерную колбу объемом  $1000 \text{ см}^3$ . Добавляют  $50 \text{ см}^3$  азотной кислоты (1:1) и доводят до метки бидистиллированной водой. Полученный раствор имеет концентрацию  $1000 \text{ мкг/см}^3$  кобальта.

Железо. Навеску  $8,635 \text{ г}$  железоаммонийных квасцов ( $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) помещают в стакан вместимостью  $100 \text{ см}^3$ , растворяют в  $50 \text{ см}^3$  8%-ного раствора серной кислоты, количественно переносят в мерную колбу объемом

1000 см<sup>3</sup> и доводят до метки бидистиллированной водой. Полученный раствор имеет концентрацию 1000 мкг/см<sup>3</sup> железа.

Хром. Навеску 3,734 г хромата калия (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) помещают в стакан вместимостью 100 см<sup>3</sup>, растворяют в бидистиллированной воде, количественно переносят в мерную колбу объемом 1000 см<sup>3</sup> и доводят до метки 1%-ным раствором соляной кислоты. Полученный раствор имеет концентрацию 1000 мкг/см<sup>3</sup>.

Основные стандартные растворы хранят в герметичной посуде из стекла или полиэтилена высокого давления на рассеянном свете. Гарантированный срок хранения основных растворов - 1 год.

Промежуточные стандартные растворы элементов готовят последовательным разбавлением основных растворов в 10 и 100 раз 1%-ной азотной кислотой. Эти растворы хранят в герметичной посуде не более 1 года.

Стандартные растворы сравнения готовят из промежуточных растворов путем разбавления тем же раствором кислоты, проб. Содержание тяжелых металлов не должно выходить за пределы следующих диапазонов рабочих концентраций: для железа, цинка и марганца – 0,1 – 5; для меди - 0,05 – 5; для хрома, никеля и свинца - 0,1 – 5; для кадмия - 0,02 – 1 мкг/см<sup>3</sup>. В рабочих диапазонах необходимо иметь по 3-4 стандартных раствора сравнения. Стандартные растворы сравнения могут быть как смешанными, так и моноэлементными. Растворы с концентрацией металла от 1 до 10 мкг/см<sup>3</sup> хранят в герметичной посуде не более 1 месяца, растворы с концентрацией менее 1 мкг/см<sup>3</sup> должны быть свежеприготовленными.

В качестве нулевого стандарта (бланк) используют 1%-ный раствор азотной или соляной кислоты, т.е. тот раствор, который применяли для растворения проб и разбавления растворов.

*Реактивы, материалы:*

1. Государственные стандартные образцы (смешанные или моноэлементные) с концентрацией каждого элемента 1000 мкг/см<sup>3</sup> или:

- цинк гранулированный по ГОСТ 4165;
- марганец сернокислый пятиводный по ГОСТ 435-77;

- медь азотнокислая трехводная по ГОСТ;
  - свинец металлический по ТУ 6-09-3523-74;
  - кадмий оксид по ГОСТ 11120-75;
  - никель азотнокислый шестиводный по ГОСТ 4055-70;
  - кобальт сернокислый по ГОСТ 4462-58;
  - калий хромовокислый по ГОСТ 4220;
2. Колбы мерные объемом 1000 см<sup>3</sup> по ГОСТ 1770;
  3. Стаканы объемом 100 см<sup>3</sup> по ГОСТ 25336;
  4. Кислота азотная по ГОСТ 11125 «ос. ч.» раствор в бидистиллированной воде 1:1 по объему;
  5. Кислота азотная по ГОСТ 11125 «ос. ч.» раствор в бидистиллированной воде с массовой долей 1%;
  6. Кислота соляная по ГОСТ 14261 «ос. ч.» раствор в бидистиллированной воде с массовой долей 1%;
  7. Кислота серная по ГОСТ 4204 «ос. ч.» или «х. ч.» раствор в бидистиллированной воде с массовой долей 8%.

***Проведение измерений.*** Подготовку атомно-абсорбционного спектрофотометра к работе, его включение и выведение на рабочий режим осуществляют в соответствии с инструкциями по эксплуатации. Особое внимание следует уделить выполнению таких моментов, как:

- установление требуемой силы тока (на каждой лампе с полым катодом указаны оптимальная сила тока и максимально допустимая) и прогрев источника резонансного излучения не менее 30 минут;

- точная настройка монохроматора на резонансную линию по максимуму излучения при минимальной ширине щели, но проведение измерений при рекомендуемой ширине щели; используют наиболее чувствительные линии поглощения элементов со следующими длинами волн: цинк -213,9 нм, железо-248,3 нм, кадмий-228,8 нм, никель-232,0 нм, свинец - 283,3 нм, кобальт - 240,7 нм, марганец - 278 нм, медь - 324,8 нм, хром -357,9 нм;

- юстировка источников резонансного и (если корректором фона служит дейтериевая лампа и в спектрофотометре отсутствует режим автокомпенсации) нерезонансного излучения;

- юстировка высоты горелки и ее положения относительно луча источника резонансного излучения;

- если в состав инструкций по эксплуатации прибора не включено «Руководство для оператора» с оптимальными аналитическими параметрами определения каждого элемента, то юстировку высоты горелки и соотношение ацетилен / воздух необходимо проводить во время прогрева горелки по максимуму абсорбции одного из стандартных растворов сравнения;

- прогрев включенной горелки перед началом измерений с одновременной ее промывкой бидистиллированной водой в течение 5 минут.

**Техника измерений.** Сначала распыляют в пламя нулевой стандарт (при экстракционном концентрировании - его экстракт) и устанавливают показания прибора на ноль. Затем в порядке возрастания концентрации измеряют абсорбцию стандартных растворов сравнения (или их экстрактов). В конце градуировки отмечают положение нулевой линии при распылении нулевого стандарта.

После окончания градуировки прибора в пламя распыляют исследуемые растворы и измеряют величину абсорбции (практически во всех моделях современных атомно-абсорбционных спектрофотометров предусмотрен режим автоматического построения градуировочного графика, что позволяет получать результаты измерений, как в величине абсорбции, так и в единицах концентрации). Измерение каждого раствора проводится не менее двух раз. Для проверки стабильности работы прибора через каждые 10 - 15 измерений исследуемых проб в пламя вводят нулевой стандарт и один из стандартных растворов сравнения. Если обнаружено отклонение от первоначально полученных значений величины абсорбции (или концентрации), то градуировку прибора проводят заново и повторно измеряют последние 10-15 проб.

При прямом определении в исследуемых растворах кадмия, свинца, ни-

келя, кобальта и хрома необходимо обязательно проводить коррекцию фонового поглощения.

**Обработка результатов.** При наличии в приборе автоматизированной системы расчета концентрации по величине абсорбции результаты можно получить в единицах концентрации. При ручной обработке данных строят график зависимости величины абсорбции от концентрации. По градуировочному графику находят концентрацию определяемого металла в исследуемом растворе (и в холостой пробе) и рассчитывают его содержание в пробе по формуле:

$$X = ((C_x - C_0) \cdot V) / m,$$

где  $C_x$  - концентрация элемента в исследуемом растворе, мкг/см<sup>3</sup>;

$C_0$  - концентрация элемента в холостой пробе, мкг/см<sup>3</sup>;

$V$  - объем исследуемого раствора;

$m$  - навеска пробы, г;

$X$  - массовая доля элемента в пробе, млн<sup>-1</sup> (мг/кг).

За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

*Аппаратура, реактивы, материалы*

1. Атомно-абсорбционный спектрофотометр с пламенным вариантом атомизатора и укомплектованный источниками резонансного излучения железа, марганца, цинка, меди, кадмия, свинца, кобальта, никеля и хрома (лампами с полым катодом, безэлектродными разрядными лампами).
2. Компрессор воздушный, соответствующий требованиям технической инструкции для атомно-абсорбционного спектрофотометра, или сжатый воздух в баллонах.
3. Ацетилен, растворенный и газообразный технический по ГОСТ - 2457 в баллонах.

### **Определение содержания цинка, марганца, кобальта в почве атомно-абсорбционным методом**

*Метод основан на извлечении соединений элементов из почвы и измере-*

нии поглощения электромагнитного резонансного излучения свободными атомами цинка, марганца, кобальта.

Содержание подвижного цинка, марганца, кобальта в большинстве используемых вытяжек определяют атомно-абсорбционным методом напрямую в пламени ацетилен - воздух.

**При определении цинка** в вытяжке 1 М раствора КСl из-за высокой концентрации соли нарушается нормальное распыление раствора и горение пламени. Для устранения указанного явления необходимо предварительно разбавить вытяжку, использовать трёхщелевую горелку на атомно-абсорбционном спектрофотометре и учитывать неселективное поглощение с помощью корректора фона.

Методика определения подвижных соединений цинка, извлекаемых из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8 и последующим атомно-абсорбционным и фотометрическим дитизиновым окончанием, утверждена в качестве Государственного стандарта РФ.

**Методика определения подвижных соединений марганца**, извлекаемых из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8 (по Крупскому и Александровой), а также 0,1 М раствором 1/2 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (по Пейве-Ринькису) и последующим атомно-абсорбционным и фотометрическим (с формальдоксимом) окончанием утверждена в качестве Государственного стандарта РФ.

При определении марганца по Крупскому и Александровой из карбонатных почв по стандартизированной методике на каждые 10 см<sup>3</sup> почвенной вытяжки, контрольного раствора и растворов сравнения добавляют по 1 капле насыщенного раствора хлористого стронция.

Приготовление насыщенного раствора хлористого стронция - 100 г стронция хлористого шестиводного (по ГОСТ 4140) растворяют при нагревании в 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды.

**Содержание подвижного кобальта** в используемых вытяжках можно определять атомно-абсорбционным методом напрямую в пламени ацетилен



- воздух. Однако с целью повышения чувствительности определения и устранения мешающего влияния матрицы предварительно проводят экстракционное концентрирование элемента. Для получения устойчивого комплекса кобальта наиболее часто используют 2-нитрозо-1-нафтол, экстрагируют соединение изоамиловым эфиром уксусной кислоты и в экстракте проводят определение кобальта атомно-абсорбционным методом.

Методика определения подвижных соединений кобальта, извлекаемых из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8 (по Крупскому и Александровой), а также 1 М раствором азотной кислоты (по Пейве-Ринькису) и последующим атомно-абсорбционным и фотометрическим (с нитрозо-Р-солью и с 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолом (ПАН)) окончанием утверждена в качестве Государственного стандарта РФ.

В стандартной методике экстракционно-атомно-абсорбционное определение кобальта в вытяжке из почвы по Крупскому и Александровой проводят так же, как и меди.

В вытяжке из почвы по Пейве-Ринькису стандартная методика предусматривает экстракционно-атомно-абсорбционное определение кобальта с использованием 2-нитрозо-1-нафтола.

**Ход анализа.** 25 см<sup>3</sup> вытяжки из почвы или стандартного раствора сравнения: помещают в делительную воронку объемом 100 см<sup>3</sup>, добавляют 25 см<sup>3</sup> маскирующего раствора и 2 см<sup>3</sup> раствора 2-нитрозо-1-нафтола. После добавления каждого реагента содержимое воронки тщательно перемешивают. Воронку с содержимым оставляют на 1,5 ч. Затем добавляют 5 см<sup>3</sup> изоамилацетата и в течение 1 минуты энергично встряхивают. После разделения фаз водный нижний слой отбрасывают, а экстракт сливают в пробирку с притертой пробкой.

#### *Реактивы*

- маскирующий раствор готовят в день проведения анализа. В мерную колбу объемом 1000 см<sup>3</sup> помещают 400 см<sup>3</sup> 40%-ного раствора лимоннокислого натрия, 400 см<sup>3</sup> 40%-ного раствора уксуснокислого натрия и 40 см<sup>3</sup>

концентрированного раствора перекиси водорода. Объем до метки доводят дистиллированной водой;

- стандартные растворы сравнения кобальта с содержанием элемента 0,1 – 5 мкг в 1 см<sup>3</sup>. Для приготовления используют ГСО с содержанием кобальта 1 мг/см<sup>3</sup> или кобальт сернокислый (ГОСТ 4462);

- 2-нитрозо-1-нафтол МРТУ 6-09-5829 «ч.д.а.», раствор в дистиллированной воде с массовой долей 0,1 %;

- натрий лимоннокислый трехзамещенный (ГОСТ 3161 «ч.д.а.»), раствор в дистиллированной воде с массовой долей 40%;

- натрий уксуснокислый (ГОСТ 199 «ч.д.а.»), раствор в дистиллированной воде с массовой долей 40%;

- перекись водорода (ГОСТ 10929);

- изоамиловый эфир уксусной кислоты (изоамилацетат) (МРТУ 6-09-2071);

- дистиллированная вода.

*Аппаратура и материалы.*

- атомно-абсорбционный спектрофотометр;

- компрессор;

- воронки делительные объемом 100 см<sup>3</sup> по ГОСТ 25336;

- колбы мерные объемом 100, 1000 см<sup>3</sup> по ГОСТ 1770;

- пипетки объемом 1, 2 и 25 см<sup>3</sup> по ГОСТ 20292;

- пробирки с притертыми пробками по ГОСТ 1770;

- цилиндры мерные объемом 50 и 500 см<sup>3</sup> по ГОСТ 1770.

### **Определение содержания ртути в почве беспламенным атомно-абсорбционным методом (методом «холодного пара»)**

*Метод основан* на извлечении соединений элемента из почвы (переведении в раствор) и измерении поглощения электромагнитного резонансного излучения свободными атомами ртути. Для получения атомного пара ртути осуществляют восстановление в растворе химически связанной ртути до

металлической, перевод ее в газовую фазу потоком воздуха и продувку этого воздуха с парами ртути через атомизатор (кварцевую трубку). Приводимая ниже методика является модификацией атомно-абсорбционного метода определения ртути с использованием отечественного ртутного анализатора типа «Юлия».

В почве, как правило, определяют валовое содержание ртути, реже - экстрагируемое 1 М раствором соляной кислоты. Техника получения из почвы вытяжки 1 М HCl – общепринятая.

*Подготовка почвы при определении валового содержания ртути:* навеску 2 г помещают в коническую колбу объемом 100 см<sup>3</sup>, приливают 10 см<sup>3</sup> смеси концентрированных серной и азотной кислот в соотношении 1: 1 (по объему). Содержимое тщательно перемешивают стеклянной палочкой и накрывают часовым стеклом. Разложение проводят на водяной бане при температуре 60-80°C в течение 2 часов или при комнатной температуре в течение 18 – 20 ч. После разложения почвы в каждую колбу приливают по 15 см<sup>3</sup> 5%-ного раствора перманганата калия и осторожно перемешивают. Затем добавляют по 5 см<sup>3</sup> 5%-ного раствора персульфата калия для разложения органических соединений и оставляют стоять 18-20 ч. После этого содержимое колбы фильтруют в мерную колбу объемом 100 см<sup>3</sup> через фильтр «синяя лента», предварительно промытый 4 М раствором HCl. Осадок промывают порциями бидистиллированной воды и доводят объем до метки.

#### *Реактивы*

- 5%-ный раствор калия марганцовокислого: 5 г реактива (ГОСТ 20490 «х. ч.») растворяют в бидистиллированной воде и доводят объем до 100 см<sup>3</sup>.

- 5%-ный раствор калия надсерноокислого (персульфата ГОСТ 4146 «ч. д. а.»): 5 г реактива растворяют в бидистиллированной воде и доводят объем до 100 см<sup>3</sup>

- кислота азотная по ГОСТ 11125 «ос. ч.».

- кислота серная по ГОСТ 14262 «ос. ч.».
- кислота соляная (ГОСТ 14261 «ос. ч.»), 4 М раствор в бидистиллированной воде.
- вода бидистиллированная.

#### *Аппаратура и материалы*

- весы лабораторные общего назначения 2 класса точности по ГОСТ 24104.
- баня водяная лабораторная.
- колбы конические объемом 100 см<sup>3</sup> по ГОСТ 25336.
- колбы мерные объемом 100 см<sup>3</sup> по ГОСТ 1770.
- цилиндры мерные объемом 5 и 20 см<sup>3</sup> по ГОСТ 25336.
- воронки лабораторные по ГОСТ 25336.
- стекла часовые.
- палочки стеклянные.
- фильтры беззольные «синяя лента».

**Ход анализа.** Аликвоту анализируемого раствора 1-2 см<sup>3</sup> помещают в реакционную пробирку (1), добавляют 1 см<sup>3</sup> 10%-ного раствора двухлористого олова и сразу же вводят в склянку барбатер. Снимают показания иономера. При сильном пенообразовании в реакционную пробирку перед добавлением раствора двухлористого олова вносят одну каплю силиконового вазелинового масла. После окончания измерения помещают барбатер реакционной пробирки в пустую приборную пробирку (2) и продувают газодинамическую систему анализатора до установления показаний стрелки иономера на цифру 100. Перед началом измерения барбатер находится в приборной пробирке (3), заполненной перед началом анализ 5 см<sup>3</sup> 5%-ного раствора перманганата калия для поглощения отработанной ртути.

*Калибровочную шкалу* строят для двух диапазонов от 0 до 0,01 мкг и от 0,01 до 0,03 мкг ртути в реакционной пробирке. Для этого в реакционную пробирку вносят поочередно 0; 0,3; 0,5; 0,6; 0,8 и 1,0 см<sup>3</sup> стандартного раствора сравнения содержащего 0,01 мкг в 1 см<sup>3</sup> ртути (0; 0,003; 0,005; 0,006;

0,008; 0,01 мкг в реакционной пробирке), добавляют бидистиллированную воду до объема 2 см<sup>3</sup>. Затем приливают 1 см<sup>3</sup> 10%-ного раствора двухлористого олова и сразу же вводят в склянку барбатер. Записывают показания иономера. Для построения калибровочной шкалы с диапазоном 0,01 - 0,03 мкг в реакционную пробирку вносят поочередно 0; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 см<sup>3</sup> стандартного раствора сравнения, содержащего 0,1 мкг/см<sup>3</sup> ртути (0: 0,010; 0,015; 0,020; 0,025; 0,030 мкг в реакционной пробирке). Далее ход анализа такой же, как и для растворов калибровочной шкалы от 0 до 0,01 мкг.

*Градуировочный график* строят, откладывая по оси абсцисс концентрацию ртути в мкг/V реакционной пробирки, по оси ординат - пропускание, выраженное в % от полной шкалы в диапазоне 4 – 9 иономера. Оцифровка «0 – 100» верхней шкалы иономера соответствует диапазону 40 – 90 относительных единиц пропускания интенсивности резонансного излучения ртути.

Содержание ртути в мг/кг почвы рассчитывают по формуле:

$$Hg = (C \cdot V_0) / V \cdot m$$

где C - концентрация ртути, найденная по градуировочному графику, мкг/ V;

V<sub>0</sub>- объем исходной вытяжки (объем раствора разложенной пробы - 100 см<sup>3</sup>);

V<sub>1</sub> - объем аликвоты, см<sup>3</sup>;

m - навеска почвы, г.

#### *Реактивы*

- основной стандартный раствор ртути с концентрацией 100 мкг/см<sup>3</sup>; 0,166 г азотнокислой ртути (ГОСТ 4520 «х. ч.») растворяют в бидистиллированной воде в колбе объемом 1000 см<sup>3</sup>, предварительно добавив 30 см<sup>3</sup> концентрированной азотной кислоты (ГОСТ 11125 «ос. ч.») и несколько кристаллов калия хромовокислого (ГОСТ 4459 «х. ч.»). Раствор хранят в течение 3 месяцев. Или используют ГСО раствора соли ртути;

- стандартный раствор с концентрацией ртути  $10 \text{ мкг/см}^3$ :  $10 \text{ см}^3$  основного стандартного раствора ртути помещают в мерную колбу объемом  $100 \text{ см}^3$  и доводят до метки бидистиллированной водой. Раствор готовят в день проведения анализа;

- стандартный раствор с концентрацией ртути  $0,1 \text{ мкг/см}^3$ :  $5 \text{ см}^3$  раствора с концентрацией ртути  $10 \text{ мкг/см}^3$  помещают в мерную колбу вместимостью  $500 \text{ см}^3$  и доводят объем до метки бидистиллированной водой. Раствор готовят в день проведения анализа;

- стандартный раствор с концентрацией ртути  $0,01 \text{ мкг/см}^3$ :  $10 \text{ см}^3$  раствора с концентрацией  $0,1 \text{ мкг/см}^3$  помещают в мерную колбу объемом  $100 \text{ см}^3$  и доводят до метки бидистиллированной водой. Раствор готовят в день проведения анализа;

- 10%-ный раствор двухлористого олова: 12 г олова двухлористого безводного (ГОСТ 3678 «ч. д. а.») растворяют в  $15 \text{ см}^3$  концентрированной соляной кислоты и доводят объем бидистиллированной водой до  $100 \text{ см}^3$ ;

- 5%-ный раствор калия марганцовокислого (перманганата калия ГОСТ 20490 «х. ч.»): 5 г реактива растворяют в бидистиллированной воде и доводят объем до  $100 \text{ см}^3$ . Раствор готовят в день проведения анализа;

- масло вазелиновое или силиконовое;

- вода бидистиллированная.

*Аппаратура и материалы:*

- анализатор ртути «Юлия-2», «Ртуть-101» или любой другой аналогичный анализатор ртути;

- иономер или рН-метр (типа ЭВ-74, рН 121);

- колбы мерные объемом 100, 500, 1000  $\text{см}^3$  по ГОСТ 1770;

- пипетки объемом 1, 2, 5, 10  $\text{см}^3$  по ГОСТ 20292;

- цилиндр мерный объемом 50  $\text{см}^3$  по ГОСТ 25336.

## **Занятие 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ В ПОЧВЕ ПОДВИЖНОЙ СЕРЫ (В МОДИФИКАЦИИ ЦИНАО)**

Данный метод определения подвижной серы используют при проведении почвенного, агрохимического, мелиоративного обследования угодий, контроля за состоянием почв, а также при других изыскательских и исследовательских работах.

Сущность метода заключается в извлечении подвижной серы из почвы раствором хлористого калия, осаждении сульфатов хлористым барием и последующем турбидиметрическом определении их в виде сульфата бария по оптической плотности взвеси. В качестве стабилизатора взвеси используется растворимый крахмал.

**Ход анализа:** На технических весах отвешивают 30 г почвы, помещают в колбу или бутылку и приливают 75 мл раствора KCl. Содержимое колбы взбалтывают в течение одного часа или оставляют на ночь. Затем фильтруют.

В пробирки отбирают по 15 мл фильтратов и образцовых растворов. К пробам приливают по 15 см<sup>3</sup> осаждающего раствора и тщательно перемешивают.

Для приготовления образцовых растворов берут 0,443 г сернокислого натрия, высушенного до постоянной массы при температуре 100-105 °С, взвешивают с погрешностью не более 0,001 г, помещают в мерную колбу вместимостью 1000 см<sup>3</sup>, растворяют в растворе хлористого калия концентрации 1 моль/дм<sup>3</sup>, доводя объем раствора до метки, и тщательно перемешивают. Раствор хранят в склянке с притертой пробкой в холодильнике не более 3 мес.

В мерные колбы вместимостью 250 см<sup>3</sup> помещают указанные в таблице объемы раствора. Объемы растворов доводят до метки раствором хлористого калия концентрации 1 моль/дм<sup>3</sup> и тщательно перемешивают.

Характеристика раствора	Номер раствора сравнения							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Объем раствора, приготовленного по п.3.2, см	0	2	4	8	12	16	20	24
Концентрация серы: в растворе сравнения, мг/дм	0	0,8	1,6	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6
в пересчете на массовую долю в почве, млн	0	2	4	8	12	16	20	24

Растворы хранят в склянках с притертыми пробками не более 1 мес.

Образцы не ранее чем через 10 мин после прибавления осаждающего раствора фотометрируют при длине волны 520 нм или используя светофильтр с максимумом пропускания в области 500-540 нм. Перед помещением в кювету фотоэлектроколориметра раствор необходимо перемешать. Допускается пропорциональное изменение объемов проб анализируемых вытяжек, растворов сравнения и осаждающего раствора при погрешности дозирования не более 1%.

**Приготовление осаждающего раствора:** 20 г двуводного хлористого бария, взвешенного с погрешностью не более 0,1 г, помещают в стакан из термостойкого стекла вместимостью 1000 см<sup>3</sup>, приливают примерно 800 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и 60 см<sup>3</sup> раствора соляной кислоты концентрации 1 моль/дм<sup>3</sup>. Стакан помещают на кипящую водяную баню. В горячий раствор добавляют 5 г растворимого крахмала, взвешенного с погрешностью не более 0,1 г и предварительно разведенного небольшим количеством дистиллированной воды. Смесь нагревают на водяной бане при непрерывном помешивании до получения прозрачного раствора. Затем раствор охлаждают, переносят в мерную колбу вместимостью 1000 см<sup>3</sup>, доводят дистиллированной водой объем раствора до метки и тщательно перемешивают.



Раствор хранят в склянке с притертой пробкой в холодильнике не более недели. Перед использованием раствор фильтруют через бумажный фильтр.

Кюветы фотоэлектроколориметра и пробирки после работы помещают в моющий раствор на 1 ч.

### ***Занятие 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ В ПОЧВЕ КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ В ВОДНОЙ ВЫТЯЖКЕ***

Метод основан на последовательном комплексонометрическом титровании в одной пробе катионов  $\text{Ca}^{2+}$  при рН 12,5-13 и катионов  $\text{Mg}^{2+}$  при рН $\approx$ 10 с использованием в качестве металлоиндикатора хрома кислотного темно-синего.

**Ход анализа:** Отбирают дозатором или пипеткой 10 см анализируемой вытяжки в химический стакан или в коническую колбу. Стакан или колбу помещают на магнитную мешалку и при перемешивании приливают 50 см дистиллированной воды, 0,5 см раствора гидроксиламина гидрохлорида с массовой долей 5%, 2 см раствора гидроксида натрия концентрации 2 моль/дм<sup>3</sup>, несколько кристаллов диэтилдитиокарбамата натрия и 5 капель раствора хрома кислотного темно-синего с массовой долей 0,5%. Титруют кальций раствором трилона Б до перехода окраски от розовой к сиреневой и регистрируют расход титранта по бюретке. Затем нейтрализуют оттитрованный раствор соляной кислотой, разбавленной 1:4, до перехода окраски в исходную (розовую) так, чтобы избыток кислоты не превышал 1-2 капель. Прибавляют 5 см хлоридно-аммиачного буферного раствора и титруют магний раствором трилона Б до перехода окраски от розовой к синей. По окончании титрования регистрируют расход титранта. Таким же образом титруют холостую пробу. Допускается увеличение или уменьшение объема пробы для анализа в зависимости от предполагаемого содержания кальция и магния в анализируемой почве. Для темно-окрашенных вытяжек допускается

увеличение до 100 см объема дистиллированной воды, добавляемой к титруемой пробе.

Расчет результатов: Количество эквивалентов кальция или магния в анализируемой почве, ммоль/100 г, вычисляют по формуле:

$$X = (V - V_1) \cdot C \cdot 500 / V_2, \text{ где}$$

V - объем 0,5 н. раствора трилона Б, израсходованный на титрование  $\text{Ca}^{2+}$  или  $\text{Mg}^{2+}$ , мл;

$V_1$  - объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование  $\text{Ca}^{2+}$  или  $\text{Mg}^{2+}$  в холостой пробе, мл;

C - концентрация раствора трилона Б;

500 - коэффициент пересчета на 100 г почвы;

$V_2$  - объем пробы анализируемой вытяжки, мл.

Массовую долю кальция в почве вычисляют по формуле:

$$X_1 = C \cdot 0,02, \text{ где}$$

C - количество эквивалентов кальция в анализируемой почве, ммоль в 100 г;

0,020 - коэффициент пересчета в проценты.

Массовую долю магния в анализируемой почве вычисляют по формуле:

$$X_2 = C \cdot 0,0122, \text{ где}$$

C - количество эквивалентов магния в анализируемой почве, ммоль в 100 г;

0,0122 - коэффициент пересчета в проценты.

Допускаемые относительные отклонения при доверительной вероятности 0,95 от среднего арифметического результата повторных анализов при выборочном статистическом контроле составляют: 18% - для количества эквивалентов кальция и магния свыше 1 до 2 ммоль в 100 г почвы; 14% - свыше 2 до 6 ммоль в 100 г почвы; 7% - свыше 6 ммоль в 100 г почвы.

### ***Приготовление хлоридно-аммиачного буферного раствора***

20 г хлористого аммония, взвешенного с погрешностью не более 0,1 г, растворяют примерно в 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, приливают 100 см<sup>3</sup> водного аммиака и доводят объем раствора до 1000 см<sup>3</sup> дистиллированной водой. Приготовленный раствор тщательно перемешивают. Раствор хранят в склянке с притертой пробкой не более 2 мес.

#### ***Приготовление раствора индикатора***

0,5 г хрома кислотного темно-синего, взвешенного с погрешностью не более 0,1 г, помещают в мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup> и растворяют в этиловом спирте, разбавленном дистиллированной водой 1:5, доводя объем раствора до метки. Раствор хранят в склянке оранжевого стекла с притертой пробкой не более 2 мес.

#### ***Приготовление раствора сернокислого магния концентрации (1/2 MgSO<sub>4</sub>)=0,1 моль/дм<sup>3</sup> (0,1 н.)***

Готовят из стандарт-титра. Раствор хранят в склянке с притертой пробкой не более 1 года. В случае помутнения, образования хлопьев, осадка раствор заменяют свежеприготовленным.

#### ***Приготовление раствора трилона Б концентрации (1/2 Na ЭДТА)=0,05 моль/дм<sup>3</sup> (0,05 н.)***

9,3 г трилона Б, взвешенного с погрешностью не более 0,1 г, помещают в мерную колбу вместимостью 1000 см<sup>3</sup> и растворяют в дистиллированной воде, доводя объем раствора до метки. Приготовленный раствор тщательно перемешивают. Раствор хранят в склянке с притертой пробкой не более 3 мес. Точную концентрацию раствора трилона Б устанавливают титрованием по раствору сернокислого магния, приготовленному по п.1.3.3. Для этого 5 см<sup>3</sup> раствора сернокислого магния концентрации с (1/2 MgSO<sub>4</sub>)=0,1 моль/дм<sup>3</sup> отбирают пипеткой в химический стакан. Стакан помещают на магнитную мешалку и при перемешивании приливают 50 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, 5 см<sup>3</sup> хлоридно-аммиачного буферного раствора,

5 капель раствора хрома кислотного темно-синего и титруют раствором трилона Б до перехода окраски от розовой к синей. Титрование проводят три раза и для расчета точной концентрации используют среднее арифметическое результатов трех титрований.

Точную концентрацию трилона Б (X), моль/дм<sup>3</sup>, вычисляют по формуле.

$$X = \frac{0,1 \cdot 5}{V},$$

где 0,1 - концентрация раствора сернокислого магния, моль/дм<sup>3</sup>

5 - объем раствора сернокислого магния, взятый для титрования, см<sup>3</sup>

V- объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование, см<sup>3</sup>.

**Оборудование:** мешалка магнитная; пипетки мерные на 1, 2, 10 мл; стаканы химические на 150 мл или колбы конические на 250 мл; бюретка.

**Реактивы:** кислота соляная HCl, разбавленная дистиллированной H<sub>2</sub>O 1:1 и 1:4, 2 н. раствор гидроксида натрия NaOH, 5% раствор гидроксиламина солянокислого NH<sub>2</sub>OH·HCl, диэтилдитиокарбамат натрия C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>NS<sub>2</sub>Na, 0,1 н. раствор сульфата магния MgSO<sub>4</sub>, индикатор хром кислотный темно-синий, 0,05 н. раствор трилона Б C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O<sub>8</sub>N<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, этанол C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, разбавленный дистиллированной водой 1:5; хлорид аммония NH<sub>4</sub>Cl; аммиак водный NH<sub>4</sub>OH.

**Занятие 12. КОЛЛОКВИУМ ПО ТЕМЕ: «СВОЙСТВА ПОЧВЫ В СВЯЗИ С ПИТАНИЕМ РАСТЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ». ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ УИРС ПО ТЕМЕ «АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ»**

**Вопросы к коллоквиуму**

1. *Химическая поглотительная способность почвы и ее значение для применения удобрений.*
2. *Потенциальные и эффективные запасы питательных веществ в различных почвах. Роль удобрений в повышении плодородия почв.*
3. *Физико-химическая или обменная поглотительная способность почвы и ее практическое значение для применения удобрений.*
4. *Содержание азота в почве и динамика его соединений.*
5. *Содержание, формы соединений калия в почве и их доступность растениям.*
6. *Гипсование солонцов и солонцеватых почв. Изменения, вызываемые в почве гипсом.*
7. *Содержание и формы соединений фосфора в почве. Усвоение растениями труднорастворимых фосфатов.*
8. *Виды кислотности почв и их характеристика.*
9. *Краткая агрохимическая характеристика основных типов почв и основные направления химизации.*
10. *Биологическая поглотительная способность почв.*
11. *Источник поступления и потерь азота из почвы.*
12. *Химический анализ почв и установление доз удобрений.*
13. *Значение концентрации раствора, его рН, антагонизма ионов, физиологической уравновешенности в поступлении питательных веществ в растения.*
14. *Органическое вещество почвы, как источник азотного питания растений (аммонификация, нитрификация).*

15. *Значение, принцип и ход анализа определения в почве нитратного азота дигсульфофеноловым методом по Грандваль - Ляжу.*
16. *Значение, принцип и ход анализа определения нитрификационной способности почвы по Кравкову в модификации почвенного института им. В. В. Докучаева.*
17. *Значение, принцип и ход анализа определения содержания аммонийного азота с помощью реактива Несслера.*
18. *Значение, принцип и ход анализа определения содержания подвижного фосфора в карбонатных почвах по методу Б. П. Мачигина.*
19. *Значение, принцип и ход анализа определения содержания обменного калия в почве по методу Б. П. Мачигина в модификации ЦИНАО.*
20. *Значение, принцип и ход анализа потенциометрического определения рН почвы.*
21. *Значение, принцип и ход анализа определения суммы поглощенных оснований по Каппену - Гильковицу.*
22. *Значение, принцип и ход анализа определения гумуса почвы по методу Тюрина в модификации ЦИНАО.*

Данные лабораторных опытов и анализов, выполненных студентами, оформляются в виде таблицы 42.

При подведении итогов учебно-исследовательской работы студент делает выводы о влиянии удобрений на химический состав почвы в течение вегетации озимой пшеницы.

## Влияние удобрений на агрохимические показатели \_\_\_\_\_

тип почв

Показатели	Фон	Фаза развития озимой пшеницы					
		кущение	выход в трубку	колошение	молочно-восковая спелость	полная спелость (солома)	полная спелость (зерно)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/кг	Контроль						
	НРК						
N - NO <sub>3</sub> мг/кг	Контроль						
	НРК						
NH <sub>4</sub> мг/кг	Контроль						
	НРК						
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг	Контроль						
	НРК						
K <sub>2</sub> O мг/кг	Контроль						
	НРК						
рН вод. %	Контроль						
	НРК						
рН сол. %	Контроль						
	НРК						
Н <sub>г</sub> мг·эquiv./100 г почвы	Контроль						
	НРК						
S <sub>x</sub> мг·эquiv./100 г почвы	Контроль						
	НРК						

**Занятие 13. ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ УДОБРЕНИЙ.  
РАСПОЗНАВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПРОИЗ-  
ВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ. ПРИЗНАКИ УДОБРЕНИЙ И  
КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ИХ СВОЙСТВ**

*Цель занятия:*

- а) контроль знаний методики распознавания минеральных удобрений в производственных условиях;
- б) изучение классификации минеральных удобрений, их физических и химических свойств;
- в) определение по качественным реакциям и физическим свойствам минеральных удобрений и мелиорантов.

### **1. Основные признаки удобрений**

*Цвет.* Устанавливают визуально, принимая во внимание возможность его изменения при транспортировке и хранении.

*Влажность.* При хранении в закрытом помещении одни удобрения остаются сухими и сыпучими, другие впитывают влагу вследствие высокой гигроскопичности (поглощения паров воды из воздуха).

*Строение.* Удобрения подразделяют на порошковидные и кристаллические. Кристаллы могут быть крупными и мелкими.

Кристаллическое состояние характерно для всех азотных (кроме цианамид кальция) и калийных удобрений (за исключением калимага), а также для азотно-фосфорного удобрения - аммофоса. В порошковидном (аморфном) состоянии находятся фосфорные и известковые удобрения, цианамид кальция и калимаг.

*Растворимость в воде.* Минеральные удобрения делят на две группы - хорошо и трудно растворимые в воде.

Все кристаллические удобрения (азотные, калийные и аммофос) хорошо растворимы в воде, все аморфные (фосфорные, известковые, а также калимаг и цианамид кальция) слабо растворимы или нерастворимы в ней. Для определе-



ния растворимости в пробирку помещают 1 г удобрения, приливают 10 мл дистиллированной воды, встряхивают и наблюдают.

## **2. Основные качественные реакции при определении свойств удобрений**

*Реакция со щелочью.* Необходима для выявления аммиака в удобрении. К 2 мл водного раствора удобрения в пробирке добавляют 1 мл щелочи и смесь осторожно подогревают на газовой горелке или на спиртовке. Присутствие аммиака устанавливают по посинению введенной в отверстие пробирки красной лакмусовой бумажки или (при отсутствии ее) по запаху.

*Реакция с хлоридом бария.* Показывает присутствие в удобрении сульфат-иона ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). К 2 мл раствора удобрения прибавляют 2 – 3 капли раствора  $\text{BaCl}_2$ . Если в растворе находится сульфат-ион, то выпадает осадок  $\text{BaSO}_4$ . Если это действительно сульфат бария, то при добавлении в ту же пробирку 1 мл слабой соляной или уксусной кислоты осадок не растворяется.

*Реакция с нитратом серебра.* К 2 мл раствора удобрения прибавляют 2 – 3 капли раствора  $\text{AgNO}_3$  и содержимое пробирки встряхивают. Появление белого створаживающегося осадка хлорида серебра указывает на присутствие хлора в удобрении. Если выпадает желтый осадок, удобрение содержит фосфор (в желтый цвет окрашен фосфат серебра, возникающий в процессе реакции). Нитрат серебра дает белый осадок также с сульфат-ионом, однако в этом случае осадка образуется гораздо меньше, чем при реакции сульфат-иона с хлоридом бария.

*Поведение на раскаленном угле.* На раскаленный в ложечке или на шпателе уголь насыпают 0,2 - 0,3 г удобрения (с кончика ножа) и отмечают быстроту его сгорания, цвет пламени, запах.

Поведение на раскаленном угле дает возможность отличить калийные удобрения от азотных. Калийные удобрения в этом случае не дают характерных реакций. Они не сгорают, не имеют определенного запаха, остаются без изменений, иногда лишь потрескивают на угле. Селитры, наоборот, сгорают, а цвет пламени позволяет различить их. Натриевая селитра вспыхивает и быстро сгорает, образуя желто-оранжевое пламя, калийная селитра также вспыхивает и

быстро сгорает, но в отличие от натриевой, дает фиолетовое пламя, аммиачная селитра сгорает, образуя белое пламя, иногда только плавится, чадит и выделяет белый дым с запахом аммиака.

*Реакция с дифениламином.* На смоченную раствором удобрения поверхность белой фарфоровой чашки наносят 1-2 капли дифениламина. Появление синего окрашивания указывает на присутствие нитрат-ионов.

*Реакция с кислотой.* Обнаруживает карбонат-ион. В пробирку помещают 1 г (1 чайную ложку) сухого удобрения и осторожно приливают из капельницы несколько капель соляной кислоты. Вскипание содержимого пробирки (выделение пузырьков углекислого газа) указывает на присутствие карбонатов в удобрении.

*Реакция хлорида бария или нитрата серебра с трудно растворимым удобрением.* К прозрачной жидкости над не растворившимся удобрением прибавляют 2 – 3 капли указанных реактивов.

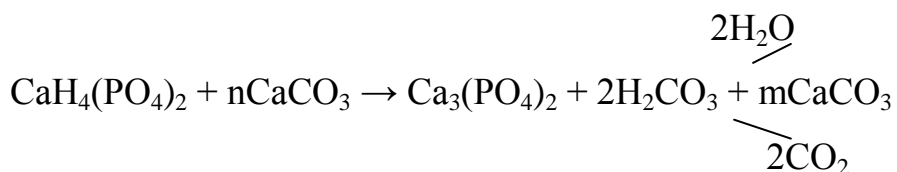
При качественном анализе удобрений записи удобно вести по следующей форме:

### Качественный анализ удобрений

Номер удобрения	Цвет	Строение	Растворимость в во-	Присутствие ионов							Прочие реакции	Состав, формула	Название удобрения
				NH <sub>4</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1 3	14

**Реакция 1.** На суперфосфат и другие, трудно растворимые в воде удобрения. В стакан насыпается ложка удобрения, прибавляется немного воды и если удобрение не растворяется (мажется по стенкам стакана) добавляется ложка тонко измельченного мела или золы. Масса тщательно перемешивается дере-

вянной палочкой. Появление пены (бурное выделение  $\text{CO}_2$ ) свидетельствует о том, что анализируемое вещество суперфосфат.



Если удобрение в воде не растворяется и при добавлении мела или золы  $\text{CO}_2$  не выделяется, необходимо взять новую порцию этого удобрения и подействовать небольшим количеством соляной или уксусной кислоты (разведенной в 10 раз уксусной эссенции).

При этом могут быть такие случаи:

1. Удобрение не вспыхивает, по виду темно-серый землистый порошок - фосфоритная мука, белый или грязно-белый дает с  $\text{AgNO}_3$  желтый осадок - преципитат.
2. Удобрение вскипает (выделяется  $\text{CO}_2$ ), цвет белый или грязно-белый - известковое удобрение.
3. Удобрение вскипает, по виду темно-серый или черный тонкий порошок, иногда при действии кислоты пахнет сероводородом - томасшлак. Если же определяемое удобрение хорошо растворяется в воде, то оно не может быть фосфорным, а должно быть азотным или калийным. В таком случае надо взять новую порцию и перейти ко второй реакции.

Примечание: *кристаллические удобрения (чаще азотные или калийные) хорошо растворяются в воде, а амфотерные слабо или почти не растворяются.*

**Реакция 2** на азотные удобрения. Сульфат аммония, аммиачная селитра и аммофос в воде растворяются хорошо.

Половину удобрения смешивают в стакане с ложкой золы (лучше горячей) и тщательно перемешивают палочкой. Выделение аммиака является показателем того, что определяемое удобрение - сульфат аммония, аммиачная селитра или аммофос. Для различия этих удобрений необходимы дополнительные качественные реакции.

1-я дополнительная реакция - отличие сульфата аммония от аммиачной се-

литры. На раскаленный древесный уголь быстро насыпают щепотку удобрения. При этом могут быть два случая:

а) удобрение не вспыхивает, а плавится и дает белый дымок - сульфат аммония или аммофос;

б) удобрение вспыхивает и сгорает - аммиачная селитра.

2-я дополнительная реакция - отличие аммония от аммофоса.

Из удобрения приготавливается водная вытяжка и отфильтровывается. К небольшому количеству фильтрата прибавляют 10 капель раствора 5%-ного  $\text{AgNO}_3$ . Если выпадает обильный осадок желтого цвета, то это удобрение - аммофос.

**Реакция 3** на азотные удобрения нитратной формы, мочевины и калийные удобрения.

Если удобрение хорошо растворяется в воде, но при действии золы аммиак не выделяется, то оно азотное нитратной формы  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  или мочевины  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , или калийное  $\text{KCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 40%-ная калийная соль и сильвинит. Азотные удобрения нитратной формы отличаются от калийных тем, что они подобно аммиачной селитре на раскаленном угле дают вспышку разного цвета и быстро сгорают:

а)  $\text{NaNO}_3$  - вспышка желтого цвета;

б)  $\text{KNO}_3$  - вспышка фиолетового цвета;

в)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  - вспышка желтого цвета.

Мочевина - при действии щелочи (золы) аммиак не выделяется, но на раскаленном угле аммиак выделяется.

Все калийные удобрения на раскаленном угле вспышки не дают. Для отличия  $\text{K}_2\text{SO}_4$  от хлористых солей  $\text{KCl}$ , 40%-ной калийной соли и сильвинита необходимо приготовить из удобрения водную вытяжку, взять в пробирку немного фильтрата и прибавить несколько капель 10%-ной  $\text{HCl}$  и 5%-ного  $\text{BaCl}_2$ . Появление белого молокообразного осадка свидетельствует о том, что это удобрение  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , а в противном случае - хлористые калийные соли.

## Различие хлористых калийных солей между собой

Сильвинит-крупка чаще розового, красного и других цветов.

40%-ная калийная соль по виду напоминает столовую соль, но всегда видна примесь кристаллов сильвинита.

Хлористый калий напоминает столовую соль, но розового или красного цвета, кристаллы сильвинита отсутствуют (сейчас выпускают хлористый калий розового цвета).

**Комплексные удобрения** содержат два и более элементов питания. Перед определением гранулы комплексных удобрений растирают в ступке из фарфора. Затем около 1 г удобрений помещают в пробирку и добавляют туда 15 мл дистиллированной воды. Содержимое пробирки нагревают и тщательно перемешивают. После отстаивания жидкость над осадком используют для проведения реакций:

- а) с NaOH для выделения  $\text{NH}_3$  и Ca (выпадает в осадок  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )
- б) с  $\text{BaCl}_2$  - для выделения сульфатных ионов (выпадает осадок  $\text{BaSO}_4$ )
- в) с  $\text{AgNO}_3$  - при наличии хлора выпадает белый осадок хлорида серебра ( $\text{AgCl}$ ), а  $\text{AgH}_2\text{PO}_4$  окрашивает раствор в желтый цвет;
- г) с дифениламином для выделения  $\text{NO}_3^-$  (проявляется окраска синего цвета);
- д) при наличии калия пламя газовой горелки приобретает фиолетовую окраску.

Нитрофоска дает характерные реакции на  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .

Нитрофос - на  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .

Аммофос - на  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{HPO}_4^-$ .

Нитроаммофоска - на  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ .

Нитроаммофос - на  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ .

*Реактивы, материалы, посуда и оборудование:*

- хлорид бария, 2 – 5%-ный раствор.

- нитрат серебра, 1 – 2%-ный раствор.
- щелочь, 8 – 10%-ный раствор.
- дифениламин, 1%-ный раствор.
- соляная кислота разбавленная водой (1:5).
- лакмусовая бумага, промывалка для воды, пробирки, капельницы, газовая или спиртовая горелка, древесный уголь, дистиллированная вода.

***Контрольные вопросы:***

- 1. Как по внешним признакам распознать калийные удобрения?*
- 2. Как определить труднорастворимые фосфорные удобрения?*
- 3. Как определить удобрения, содержащие аммиак?*
- 4. Как обнаружить карбонат-ион в удобрениях?*

\

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Периодичность комплексного агрохимического обследования на орошаемых землях составляет:

- а) 3 года;
- б) 5 лет;
- в) 10 лет.

2. Периодичность комплексного агрохимического обследования для хозяйств со средним уровнем применения удобрений (30 – 60 кг д. в.):

- а) 1-2 года;
- б) 2-3 года;
- в) 5-7 лет.

3. Агрохимическое обследование почв административного района должно проводиться:

- а) за 1 полевой сезон;
- б) за 2 полевых сезона;
- в) не имеет значения.

4. Научно-методическое руководство при проведении работ по комплексному агрохимическому обследованию осуществляет:

- а) районная агрохимическая служба;
- б) краевая агрохимическая служба;
- в) Центральный научно-исследовательский институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО).

5. Комплексное агрохимическое обследование проводится с целью анализа:

- а) ландшафтно-агрохимического;
- б) эколого-токсикологического;
- в) гербологического;
- г) радиологического;
- д) всего перечисленного выше.

6. По каждому хозяйству, подлежащему обследованию, подготавливают не

*менее:*

- а) 2-х экземпляров копий;
- б) 4-х экземпляров копий;
- в) 10 экземпляров копий.

*7. Какие формы азота доступны растениям?*

- а)  $\text{NO}_3^-$ ;
- б)  $\text{NH}_4^+$ ;
- в) все перечисленные.

*8. Содержание азота, фосфора и калия в растениях измеряется в:*

- а) %;
- б) кг;
- в) кг/га.

*9. Азотные удобрения повышают в растениях содержание:*

- а) жира;
- б) золы;
- в) сырого протеина;
- г) не влияют на химический состав растения.

*10. В органическом веществе почвы содержится азота:*

- а) до 5 %;
- б) до 10 %;
- в) до 15 %.

*11. Способы внесения удобрений, это:*

- а) основное;
- б) припосевное;
- в) подкормка;
- г) все перечисленные.

*12. Какая форма фосфора в почве легко доступна для растений:*

- а)  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ;
- б)  $\text{HPO}_4^{2-}$ ;
- в)  $\text{PO}_4^{3-}$ ;



г) все перечисленные.

*13. Коррекцию доз удобрений осуществляют по результатам:*

- а) почвенной диагностики;
- б) растительной диагностики;
- в) сочетание а) и б).

*14. Почвы Ставропольского края характеризуются в целом как:*

- а) низкообеспеченные калием;
- б) среднеобеспеченные калием;
- в) высокообеспеченные калием.

*15. По мере развития растения содержание в нём азота, фосфора, калия:*

- а) повышается;
- б) остается неизменным;
- в) снижается.

*16. Система удобрения - это:*

- а) организационно-хозяйственный, агротехнический и агрохимический комплекс мероприятий, направленный на выполнение научно обоснованного плана применения удобрений с указанием вида, доз, сроков и способов внесения удобрений под сельскохозяйственные культуры;
- б) основанное на знаниях свойств и взаимоотношений растений, почв и удобрений агрономически и экономически наиболее эффективное и экологически безопасное применение удобрений при любой обеспеченности ими хозяйства в каждом агроландшафте с учетом природно-экономических условий;
- в) всесторонне обоснованные виды, дозы, соотношения, сроки и способы применения удобрений и мелиорантов с учетом потребностей и чередования культур и уровня плодородия почв в каждом агроландшафте, обеспечивающие максимальные урожаи культур хорошего качества с одновременной оптимизацией плодородия почв.

*17. В подкормки под различные культуры применяют чаще всего:*

- а) азотные удобрения;
- б) фосфорные удобрения;

- в) калийные удобрения;
- г) органические удобрения.

*18. Органическая часть почвы представляет собой:*

- а) негумифицированные органические вещества растительного или животного происхождения;
- б) органические вещества специфической природы гумусовые, или перегнойные;
- в) комплекс негумифицированных и гумусовых веществ.

*19. К азотным удобрениям относится:*

- а) мочевины;
- б) сульфат калия;
- в) суперфосфат.

*20. К комплексным удобрениям относится:*

- а) 40%-ная калийная соль;
- б) аммофос;
- в) двойной суперфосфат.

*21. К органическим удобрениям относятся:*

- а) сидераты;
- б) птичий помет;
- в) солома;
- г) сапропель;
- д) все перечисленные.

*22. К минеральным удобрениям не относится:*

- а) сапропель;
- б) нитроаммофос;
- в) калийная селитра.

*23. К микроэлементам не относится:*

- а) цинк;
- б) бор;
- в) фосфор.

24. К кислым относятся почвы по реакции рН:

- а) 7,0;
- б) 8,0;
- в) 6,0.

25. Какой период развития озимой пшеницы является критическим в потреблении фосфора:

- а) первые 15 дней после появления всходов;
- б) фаза колошения;
- в) на протяжении всей вегетации.

26. Какой период развития озимой пшеницы является критическим в потреблении азота:

- а) всходы;
- б) кущение;
- в) полная спелость.

27. Какое из перечисленных удобрений является физиологически кислым:

- а)  $\text{NaNO}_3$ ;
- б)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;
- в)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

28. Какое из перечисленных удобрений является физиологически щелочным:

- а)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ;
- б)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;
- в)  $\text{KCl}$ .

29. Какое из этих определений соответствует аммонификации:

- а) восстановление нитратного азота до газообразных форм ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{N}_2$ );
- б) разложение органических веществ до аммиака;
- в) окисление солей аммония до нитратов.

30. Какая форма азотных удобрений является лучшей для ранневесенней прикорневой подкормки озимой пшеницы:

- а) аммиачная селитра;
- б) сульфат аммония;

в) хлористый аммоний.

31. Какой из представленных элементов не относят к необходимым элементам питания:

- а) азот;
- б) цинк;
- в) олово.

32. Физико-химическая (обменная) поглощательная способность почвы:

- а) способность поглощать ионы почвенного раствора, преимущественно катионы, путем эквивалентного обмена на одноименно заряженные ионы диффузного слоя минеральных, органических и органоминеральных коллоидов твердой фазы почвы;
- б) обусловлена пористостью почвы, способностью задерживать твердые частицы из воздуха и фильтрующихся вод;
- в) обусловлена наличием в почве живых организмов – растений, микроорганизмов и других, которые избирательно поглощают из почвенного раствора и воздуха питательные элементы.

33. Нуждаемость почв в гипсовании устанавливают по:

- а) содержанию Na в ППК;
- б) требовательности культур к реакции почвы;
- в) содержанию Ca в ППК.

34. Минимальная доза подстилочного навоза при разбросном внесении в зоне неустойчивого увлажнения составляет (т/га):

- а) 5;
- б) 20;
- в) 50.

35. Лучшее время заделки навоза в почву после разбрасывания его по полю:

- а) в течение суток;
- б) в течение недели;
- в) в течение месяца.

36. При посеве под все культуры наиболее эффективно внесение:

- а) суперфосфата;
- б) аммиачной селитры;
- в) сульфата натрия.

*37. Оптимальная доза припосевного удобрения под озимую пшеницу в зоне неустойчивого увлажнения составляет:*

- а) P<sub>5</sub>;
- б) P<sub>20</sub>;
- в) P<sub>40</sub>.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ В СЕВООБОРОТАХ ХОЗЯЙСТВА»**

**Методические указания** по выполнению курсовой работы: «Агрохимическое обследование и мониторинг почвенного плодородия в севооборотах хозяйства» агрономического факультета составлены на основе Федерального Государственного Образовательного Стандарта Высшего Профессионального образования от 27.03.2000 г., типового учебного плана по специальностям: 120302.65 – «Земельный кадастр», 120303.65 – «Городской кадастр», на основе Федерального Государственного Образовательного Стандарта Высшего Профессионального образования от 18.11.2009 г. по направлениям: 120700.62 - «Землеустройство и кадастры» (степень - бакалавр), 120700.68 – «Землеустройство и кадастры» (степень - магистр).

**Задачи и порядок выполнения.** Изучение курса «Агрохимическое обследование и мониторинг почвенного плодородия» завершается выполнением курсовой работы по агрохимическому обследованию почв в севооборотах хозяйства.

**Цель** - освоить методики проведения комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий, результаты которых могут быть использованы для поддержания и повышения их плодородия, снижения и предотвращения негативных антропогенных воздействий на почву, повышения урожая и его качества.

Общий объем работы 45-50 страниц формата А 4 для рукописного или 35-40 страниц машинописного текста (программа Word, шрифт 14). Страницы нумеруются вверху посередине, начиная с 3-ей (титульный лист и содержание работы не нумеруются). Оформление титульного листа приведено в приложении 1. Заголовки отделяются от текста промежутками. Оставляются поля: слева - 30, сверху - 20, внизу - 20, справа - 15 мм. На странице должно быть размещено 28-30 строк. Содержание работы приводится на 2-й странице с указанием в правой стороне цифры, обозначающей начальную страницу раздела.

Все таблицы в тексте должны иметь порядковые номера и название, как показано в «Методических указаниях». В конце работы приводится список использованной литературы в алфавитном порядке в соответствии с требованиями ГОСТ. В списке использованной литературы указывают фамилии и инициалы автора, полное название статьи или книги, а также издательство, город, год издания и количество страниц. Если приводится статья из периодического издания, то дается его название, номер выпуска, год издания и нумерация страниц. Выполняется работа по данным своего хозяйства или по заданию преподавателя.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В этом разделе студент раскрывает значение агрохимического обследования почв, составления агрохимических карт и паспортов полей хозяйства, роль систематического контроля состояния почв сельскохозяйственных угодий; обосновывает необходимость проведения комплексного агрохимического мониторинга, объединяющего различные направления работ по обследованию почв: агрохимическое, токсикологическое, гербологическое. Студент отмечает роль органических и минеральных удобрений в сохранении почвенного плодородия и увеличении продуктивности сельскохозяйственных культур; анализирует динамику основных агрохимических показателей почвы и намечает мероприятия для поддержания и повышения ее эффективного плодородия (объем 1,5-2 стр.).

# 1. МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ В СВЯЗИ С ДЛИТЕЛЬНЫМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

## 1.1. Общие сведения о хозяйстве

1.1.1. Название края, района, хозяйства \_\_\_\_\_

1.1.2. Специализация хозяйства \_\_\_\_\_

1.1.3. Тип, разновидность почвы \_\_\_\_\_

На пункты 1.1.1. – 1.1.3. даются краткие и четкие ответы.

1.1.4. Структура земельных угодий. Данные по удельному весу земельных угодий приводятся в таблице.

Таблица 1

Состав и структура земельных угодий в \_\_\_\_\_ на 20...год

Показатели	Площадь	
	га	%
Общая земельная площадь		
в т. ч. с.-х. угодий		
из них: - пашня		
- сенокосы		
- пастбища		
- многолетние насаждения		
Посевная площадь		
в т. ч. - зерновые		
- технические		
- картофель, овощи, бахчи		
- кормовые		
- пары		

Студент должен графически представить экспликацию земельных угодий хозяйства и размещение полей севооборотов.

## 1.2. Влияние минеральных и органических удобрений и других способов мобилизации плодородия на агрохимические показатели почв

При изложении данного вопроса студент должен раскрыть влияние органических и минеральных удобрений на основные показатели почвенного плодородия (*обязательно делая ссылки на литературный источник*). Необходимо привести данные применительно к конкретным условиям зоны расположения хозяйства. Автор работы должен привести результаты по влиянию антропогенных факторов (хозяйственная деятельность, дефляция, эрозия) на агрохимиче-



ские показатели почвы (гумус, макро- и микроэлементов, рН почвы).

### 1.3. Динамика почвенного плодородия в хозяйстве (название хозяйства)

Показать значение и периодичность проведения агрохимического обследования почв хозяйства. Привести содержание основных элементов питания. Назвать тип, подтип почвы, механический состав. Раскрыть изменения почвенного плодородия в зависимости от уровня применения органических и минеральных удобрений, по результатам 3–8 туров агрохимического обследования.

Данные почвенного обследования по динамике содержания в почвах хозяйства: гумуса, подвижного фосфора, обменного калия, рН почвы привести в форме таблиц 2, 3, 4, 5.

Таблица 2

#### Сравнительная характеристика пашни по содержанию гумуса

Название группировки почв и содержание гумуса, %	VI цикл			VII цикл			VIII цикл		
	площадь,	%	среднее содержание, %	площадь,	%	среднее содержание, %	площадь,	%	среднее содержание, %
Очень низкое менее 2,0									
Низкое 2,1 – 4,0									
Среднее 4,1 – 6,0									
Повышенное 6,1 – 8,0									
Высокое 8,1 – 10,0									
Очень высокое более 10,0									
Всего									

Сравнительная характеристика пашни по содержанию  $P_2O_5$ 

Название группировки почв и содержание $P_2O_5$ , мг/кг почвы	VI цикл			VII цикл			VIII цикл		
	площадь,	%	среднее содержание, мг/кг почвы	площадь,	%	среднее содержание, мг/кг почвы	площадь,	%	среднее содержание, мг/кг почвы
Очень низкое менее 10									
Низкое 11 – 15									
Среднее 16 – 30									
Повышенное 31 – 45									
Высокое 46 – 60									
Очень высокое более 60									
Всего									

Таблица 4

Сравнительная характеристика трех последних агрохимических обследований пашни по содержанию  $K_2O$ 

Название группировки почв и содержание $K_2O$ , мг/кг почвы	VI цикл			VII цикл			VIII цикл		
	площадь,	%	среднее содержание, мг/кг	площадь,	%	среднее содержание, мг/кг	площадь,	%	среднее содержание, мг/кг
Очень низкое менее 100									
Низкое 101–200									
Среднее 201–300									
Повышенное 301–400									
Высокое 401–600									
Очень высокое более 600									
Всего									

**Сравнительная характеристика пашни  
по реакции почвенного раствора, рН**

Группировка почв по реакции почвенного раствора	Значение рН	VI цикл			VII цикл			VIII цикл		
		площадь,	%	среднее значение	площадь,	%	среднее значение	площадь,	%	среднее значение
Сильнокислая	3–4									
Кислая	4–5									
Слабокислая	5–6									
Нейтральная	7									
Слабощелочная	7–8									
Щелочная	8–9									
Сильнощелочная	9–11									

## 2. ПРОВЕДЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО АГРОХИМИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

### 2.1. Цели и периодичность комплексного агрохимического обследования почв

Комплексное агрохимическое обследование почв сельскохозяйственных угодий проводится с целью контроля направленности и оценки изменения плодородия почв, характера и уровня их загрязнения под воздействием антропогенных факторов, создания банков данных полей (рабочих участков), проведения сплошной сертификации земельных (рабочих) участков почв.

Необходимо раскрыть цели комплексного агрохимического обследования почвы; сформулировать задачи проведения ландшафтно-агрохимической, эколого-токсикологической, гербологической и радиационной оценки и контроля изменения экологического состояния и плодородия почв сельскохозяйственных угодий; указать сферы применения и использования результатов комплексного агрохимического обследования.

Периодичность агрохимического обследования почв устанавливается дифференцированно для различных природно-экономических районов и зон Российской Федерации.

Студент должен указать сроки повторных обследований в зависимости от уровня химизации, способа использования пашни и формы введения хозяйства.

## *2.2. Планирование и организация работы, камеральная подготовка картографической основы для проведения агрохимического обследования почв*

В плане работ определяются ежегодные объемы площадей почв, подлежащих обследованию по видам угодий, число агрохимических, токсикологических и радиологических анализов по видам с указанием методов их выполнения. Устанавливается очередность проведения работ по административным районам. Агрохимическое обследование почв административного района должно проводиться за один полевой сезон.

В данном разделе необходимо раскрыть основные принципы планирования и организации работ по агрохимическому обследованию почв, описать порядок выполнения работ по подготовке картографической основы и другой документации для агрохимического обследования почв.

В предгорной, лесостепной и степной зонах, горных районах полевое агрохимическое обследование проводится в масштабе 1 : 10000 и 1 : 25000; в полупустынной зоне – в масштабе 1 : 25000. На орошаемых землях обследование проводится в масштабе 1 : 5000 - 1 : 10000.

Картографической основой для проведения комплексного агрохимического обследования является план внутрихозяйственного землеустройства территории землепользования с нанесенными на них границами контуров почв и границами рабочих участков, выделенных при проведении земельных оценочных работ специалистами СтавНИИгипрозем.

Описать порядок выполнения, условия проведения, оформления документов и организацию полевых работ по агрохимическому обследованию почв.

### *2.3. Правила отбора почвенных образцов*

В данном разделе студенту необходимо указать сроки проведения и частоту отбора почвенных проб, дать размеры элементарных участков при агрохимическом обследовании почв Ставропольского края в зависимости от зоны расположения хозяйства, уровня химизации, способа использования (приложение 3).

Раскрыть технику отбора смешанных проб, указать глубину отбора, массу и количество индивидуальных (точечных) проб, прокладку маршрутных ходов на элементарном участке.

Описать порядок нумерации мешочков (коробочек), хранения в полевых условиях, транспортировку и сдачу почвенных образцов в отдел химико-аналитического контроля почвы и агрохимикатов.

## *3. СОСТАВЛЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ОЧЕРКОВ*

### *3.1. Оформление агрохимических картограмм*

В настоящее время агрохимическое обследование почв проводят Государственные центры агрохимической службы. Эти службы в отобранных из пахотного слоя смешанных образцах почв определяют содержание гумуса, доступного фосфора и калия, рН. На основании результатов анализа составляются картограммы гумуса, реакции почвенной среды и обеспеченности почвы доступным фосфором и калием.

На плане землепользования обозначают результат анализа почвы по каждому полю соответствующими красками (табл. 6) или штрихами.

Исследования показали, что для разных типов почв (черноземы, каштановые и т. д.) нельзя пользоваться каким-то единым методом определения доступного фосфора, калия и создать единую шкалу для разделения почв по его содержанию. В зависимости от особенностей почв должны быть дифференцированы и методы определения элементов питания растений.

**Цветовая шкала, рекомендуемая для раскраски картограмм**

Группы или классы почвы	Обеспеченность почвы	Картограмма			
		кислотности почв	содержания гумуса	обеспеченности почвы фосфором	обеспеченности почвы калием
1	очень низкая	тёмно-красный	красный	бирюзовый	светло-жёлтый
2	низкая	красный	оранжевый	бирюзово-голубой	жёлтый
3	средняя	розовый	желтый	голубой	оранжевый
4	повышенная	оранжевый	зеленый	светло-синий	светло-оранжевый
5	высокая	жёлтый	голубой	синий	коричневый
6	очень высокая	зелёный	синий	тёмно-синий	тёмно-коричневый

В то же время, применяя методы, разработанные для определения почв (например, метод Чирикова для определения подвижного фосфора в выщелоченных почвах, метод Мачигина для карбонатных почв), можно получить для этих почв данные, которые в известной мере коррелируют с результатами полевых и вегетационных опытов. Поэтому для каждой почвенной зоны устанавливают свой набор методов определения в почвах доступных форм питательных элементов.

Стандартным методом для определения подвижного фосфора в карбонатных черноземах, каштановых, бурых почвах и сероземах является метод Мачигина. Подвижный калий в этих почвах определяют также в 1 %-ной углекислотной вытяжке, т. е. подвижный фосфор и калий в карбонатных почвах

определяют в одной вытяжке. Для выщелоченных и типичных черноземов рекомендуют метод Чирикова, для красноземов, подзолистых почв и желтоземов предгорий рекомендуются соответствующие методы.

Для каждого из этих методов разработаны свои группировки почв по содержанию в них доступного фосфора и калия. По этим градациям выделяются на картограммах контуры почв, различающиеся по содержанию доступных форм элементов питания растений. Эти шкалы разработаны с учетом данных полевых опытов, показавших, что между содержанием питательных веществ в почвах и эффективностью удобрений имеется коррелятивная связь. Однако эта связь еще недостаточно полно установлена, и ее продолжают уточнять, чем объясняются несколько различающиеся градации для одного метода в различных руководствах. В данном разделе приведены градации, которые приняты в рабочих инструкциях для Государственных центров агрохимической службы соответствующей зоны.

Оформление картограмм складывается из следующих работ:

1. Подготовка копий плана (для картограмм реакции почвенной среды, содержания гумуса и обеспеченности почвы фосфором и калием).
2. Нанесение сетки (элементарных участков) на копии плана землепользования (нумерация простым черным карандашом и выделение почвенных контуров толстой линией черной тушью).
3. Вписывание в центр каждого (элементарного участка на плане) простым черным карандашом результатов анализа. Эти цифры (по классам) переносят на план из сводной таблицы анализов.
4. Обведение контуров (элементарных участков) цветными карандашами или их штриховка.
5. Закрашивание или штриховка смежных участков с близкими показателями, совпадающими с границами по обеспеченности элементами питания, содержанию гумуса, рН.

Агрохимические картограммы вычерчивают на плотной бумаге или синьке, подклеенной на марле. Сверху каждой картограммы дается ее наименова-

ние, в нижней части - экспликации с условными обозначениями. В правом углу внизу указывают дату составления и ставят подпись исследователя. Картограмму составляют на 4 – 6 лет.

### 3.1.1. Картограмма реакции почвенной среды (рН)

Картограмму составляют для каждого хозяйства. На ней выделяют контуры почв, различные по степени щелочности, кислотности (рН в 1н. КС1 вытяжке). При составлении картограмм, пользуясь величинами рН, нанесенными на план землепользования, проводят границы площадей и указывают номер группы (римскими цифрами) согласно экспликации (табл. 7).

Экспликация картограммы по реакции почвенного раствора должна содержать: номер группы, цвет раскраски, степень кислотности, рН в КС1 вытяжке и площади почв различной степени рН по группам и угодьям: пашня, залежь и пастбища.

Значение рН вписывается на карту в центр элементарных участков, которым были присвоены номера смешанных почвенных образцов (табл. 7).

Таблица 7

#### **Группировка почв по реакции почвенной среды (определено в солевой вытяжке потенциметрически)**

Номер группы или класс почвы	Цвет	Реакция среды	рН КС1
I	светло-красный	кислая	4,5 – 5,5
II	голубой	слабокислая	5,5 – 6,5
III	фиолетовый	нейтральная	6,5 – 7,0
IV	синий	слабощелочная	7,0 – 7,5
V	оранжевый	щелочная	7,5 – 8,5
VI	красный	сильнощелочная	8,5 и выше

Картограмма реакции почвенной среды служит для того, чтобы выявить в хозяйстве площади, подлежащие химической мелиорации. Однако выбор площадей и установление очередности химической мелиорации определяются не только свойствами почвы, ее рН, механическим составом, но и рядом других



моментов: особенностями сельскохозяйственных культур, применением удобрений (органических и минеральных), обеспеченностью хозяйства удобрениями для химической мелиорации и т.п. Поэтому на картограмме реакции почвенной среды «нуждаемость» или очередность мелиоративных мероприятий не указывается. Это должно быть дано в объяснительной записке к картограмме.

### 3.1.2. Картограмма содержания доступного фосфора

Картограмму фосфора составляют для хозяйств всех зон. Данные анализа смешанных образцов по содержанию подвижного фосфора вписываются на карту-схему с элементарными участками. Клетки с одинаковыми значениями по содержанию доступного фосфора в пределах одной градации по экспликации (табл. 8) объединяются в один агрохимический контур, который закрашивают в соответствующий цвет или штрихуют согласно экспликации.

Таблица 8

#### Группировка почв по содержанию подвижного фосфора

Класс	Обеспеченность	Содержание $P_2O_5$ , мг/кг
1	очень низкая	менее 10
2	низкая	11 – 15
3	средняя	16 – 20
	---	21 - 25
	---	26 - 30
4	повышенная	31 - 45
5	высокая	46 - 60
6	очень высокая	более 60

Контур с очень низким содержанием фосфора закрашивают в красный цвет, низким – оранжевый, средним – желтый, повышенным – зеленый, высоким – голубой, очень высоким – в синий цвет.

В картограмме дается экспликация, в которой указываются названные методы определения, номер групп почв, цвет, количество  $P_2O_5$  и площади почв по группам и угодьям.

### 3.1.3. Картограмма содержания обменного калия

На картограмме калия выделяют контуры почвы, различающиеся по со-

держанию обменного калия. Пункты взятия образцов обозначают в виде значка (х), рядом с ним ставят величину  $K_2O$  (мг на 1 кг почвы). Методика выделения контуров такая же, как для картограмм реакции почвы и фосфора. Контуров с очень низким содержанием калия закрашиваются красным цветом, низким – оранжевым, средним – желтым, повышенным – зеленым, высоким – голубым, и очень высоким - синим цветом (табл. 9).

Таблица 9

**Группировка почв по содержанию обменного калия**

Класс	Обеспеченность	Содержание $K_2O$ , мг/кг
1	очень низкая	менее 100
2	низкая	101 - 200
3	средняя	201 - 300
4	повышенная	301 - 400
5	высокая	401 - 600
6	очень высокая	более 600

Если в хозяйстве выделяются разные генетические типы почв или несколько разновидностей, резко различающихся по механическому составу, то на картограммах калия целесообразно проводить их границы и ставить индексы, так как при использовании данных по содержанию калия в почвах для установления способов удобрения почв калием необходимо учитывать их механический состав. При одном и том же содержании подвижного калия легкие почвы в большей степени нуждаются в калийных удобрениях (за севооборот), чем тяжелые.

Экспликация картограммы калия должна содержать: название метода определения, номер группы, цвет раскраски, характеристику содержания подвижного калия, количество  $K_2O$  (мг/кг) и площади почв различного содержания калия по группам и угодьям (пашня, залежь, пастбища).

*3.1.4. Картограмма содержания гумуса*

В таблице 10 приводятся группировки почв по содержанию гумуса. Агрохимические картограммы могут быть и совмещенными, когда один показатель

(например, реакция почвы) показывают раскраской, а содержание подвижных  $P_2O_5$  и  $K_2O$  - соответственно кружочком или треугольником. Цвет кружочка или треугольника соответствует шкалам раскраски доступных  $P_2O_5$  и  $K_2O$ .

Таблица 10

### Группировка почв по содержанию гумуса

Класс	Обеспеченность	Содержание гумуса, %
1	очень низкая	менее 2,0
2	низкая	2,1 – 3,0
3	средняя	3,1 – 4,0
4	повышенная	4,1 – 5,0
5	высокая	5,1 – 6,0
6	очень высокая	более 6,0

### *3.2. Примерное содержание агрохимического очерка*

В объяснительной записке к агрохимическим картограммам приводятся общие сведения о хозяйстве, методика полевой и аналитической работы по составлению картограмм, подробная агрохимическая характеристика почв хозяйства, площади почв с реакцией почвенного раствора, содержания гумуса и с различным содержанием питательных веществ, даются рекомендации по использованию картограмм при применении в хозяйстве удобрений и химических мелиорантов.

Агрохимические карты изготовляют в трех экземплярах: первый - хозяйству, второй - производственному управлению, третий - Государственному центру агрохимической службы (в картохранилище).

Почвенные карты, сдаваемые в хозяйства и в производственное управление, следует подклеивать на марлю или полотно.

## **4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ КАРТОГРАММ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ**

### *4.1. Определение потребности растений в элементах питания*

Любая система удобрения пригодна для хозяйства только в том случае, если она обеспечивает увеличение урожайности сельскохозяйственных культур,

улучшение качества продукции и повышение плодородия почв. Достигается это на основе удовлетворения потребности растений элементами питания по выносу с планируемым урожаем за счет использования почвенных запасов и из органических удобрений. Дефицит восполняется применением минеральных удобрений.

Вынос питательных веществ рассчитывается на основе коэффициентов выноса, определяющих потребность азота и зольных элементов для формирования 1 ц товарной и побочной продукции (приложение 6) и приводится в форме таблицы 11.

Таблица 11

**Вынос элементов питания планируемым урожаем сельскохозяйственных культур**

№ по- ля	Чередование культур в севообороте	Планируемая урожайность, ц/га	Вынос элементов питания, кг/га		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1.	Пар черный				
2.	Озимая пшеница				
и т.д. согласно полей в севообороте					
Всего за севооборот, кг					
В среднем на 1 гектар, кг					

**4.2. Расчет норм удобрений под планируемый урожай**

В основу всех расчетных методов положены данные по выносу питательных веществ урожаями и коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений, а также данные по окупаемости удобрений урожаем.

Приведенные сведения по нормам удобрений в настоящее время нуждающиеся в уточнении расчетными методами, исходя из почвенного плодородия, уровня планируемой урожайности и финансовых возможностей хозяйства. Получение программируемой урожайности достигается на основе удовлетворения главных сельскохозяйственных культур в элементах питания по выносу планируемым урожаем за счет использования почвенных запасов и применения удобрений. В связи с выше изложенными методическими подходами расчет норм удобрений под планируемый урожай проводится по формуле, предложенной В. В. Агеевым:

$$N_y = (B_y - B_y \cdot K_n) : K_{uy} \cdot 100,$$

где  $N_y$  - норма  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , кг/га;

$B_y$  - вынос  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  с планируемым урожаем, кг/га;

$K_n$  - коэффициент использования  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  из почвы от выноса с урожаем (прил. 7);

$K_{uy}$  - коэффициент использования питательных веществ из удобрений, % (прил. 8).

Нормы N удобрений рассчитываются по преобразованной формуле:

$$N_y = (B_{y(азот)} - (B_{y(фосфор)} \cdot K_n(фосфора) \cdot K) : K_{uy} \cdot 100,$$

где  $K$  - вынос N с планируемым урожаем : вынос  $P_2O_5$  с планируемым урожаем.

### **4.3. Проектирование систем удобрения**

Реальные материально-денежные возможности хозяйства, особенно в настоящее время, далеко не всегда позволяют удовлетворить потребность сельскохозяйственных культур в удобрениях, дозы которых были определены на основе результатов полевых опытов или расчетными методами. Поэтому руководствуются фактической или заданной обеспеченностью хозяйства удобрениями (кг/га NPK). Для определения общего количества питательных веществ на гектар севооборотной площади обеспеченность (кг/га) умножают на число полей и распределяют их между культурами разными способами.

Прежде всего, необходимо установить дозу и место внесения удобрений длительного действия (навоз, гипс, солома). При этом необходимо учитывать, что в севообороте навоз вносится основным способом в одно или два поля, поскольку обладает длительным последствием.

Распределяя минеральные удобрения по полям севооборота, необходимо определить ведущую культуру и обеспечить ее потребность в удобрениях в оптимальных дозах. При этом назначаются средние дозы, рекомендуемые научно-исследовательскими учреждениями края, для каждой сельскохозяйственной культуры с учетом предшественника, по которому она размещается.

При разработке системы удобрения по возможности необходимо использо-

вать все способы удобрения. При этом основное удобрение, как правило, планируется в одно - два поля севооборота под ведущие культуры. Другие культуры звена обеспечиваются за счет припосевного и подкормочного удобрения. Название удобрений в системе приводится в виде агрохимических символов (прил. 9). Кроме того, в проектируемой системе рекомендуются под отдельные культуры микроудобрения и мелиоранты. Разработанная система удобрения приводится в виде таблицы 12.

Для корректировки доз удобрений и удовлетворения растений в питательных веществах учитывать:

- периодичность питания каждой культуры севооборота и обеспечение их элементами в это время, т.е. рассматривая способы удобрения как приемы регулирования питания растений;
- сколько и в какие сроки потребляют растения питательных веществ;
- влияние предшественника на плодородие почвы и последствие удобрений, внесенных под него;
- принятую технологию выращивания сельскохозяйственных культур;
- количество и распределение осадков по периодам вегетации растений.

Таблица 12

**Рекомендуемая система удобрений в севообороте**

№ по поля	Чередование культур в севообороте	Способы удобрения				
		допосевное		припосевное	подкормки	
		название удобрения, доза, кг/га д.в.	срок внесения	название удобрения, доза, кг/га д.в.	название удобрения, доза, кг/га д.в.	срок внесения
1	Пар черный					
2	Озимая пшеница					
3	Сахарная свекла					
и т.д. по числу полей						

**4.4. Определение годовой потребности в минеральных удобрениях и мелиорантах**

Общая потребность в химических мелиорантах, органических и минераль-

ных удобрениях определяется из рекомендуемой системы удобрения в севообороте. Минеральные удобрения из действующего вещества (д. в.) пересчитываются в туки и по каждому виду (форме) проставляются в соответствующие графы таблицы 13 с учетом севооборотной площади.

Таблица 13

**Календарный план потребности в удобрениях, тонн**

№ п/п	Удобрения	Квартал года				За год
		I	II	III	IV	
1.	Навоз					
2.	Навозная жижа					
3.	Фосфогипс					
	<i>Азотные:</i>					
1.	Аммиачная селитра					
2.	Мочевина					
3.	Сернокислый аммоний					
4.	КАС					
	<i>Фосфорные:</i>					
1.	Суперфосфат простой					
2.	Суперфосфат двойной					
	<i>Комплексные удобрения:</i>					
1.	Аммофос					
2.	Нитроаммофос					
3.	Нитроаммофоска					
4.	Нитрофоска					
5.	ЖКУ					

*Пример.* Под озимую пшеницу было внесено мочевины с содержанием азота 46 % 100 кг д. в. Для пересчета в туки производится следующий расчет:

В 1 ц мочевины содержится 46 кг N

В X ц мочевины содержится 100 кг N

$$X = \frac{100 \cdot 1}{46} = 2,2 \text{ (ц)}$$

С учетом площади поля 150 га (150 га · 2,2 ц = 330 ц = 33 т), потребность в мочеvine при использовании в III квартале составит 33 т.

**4.5. Расчет площади склада**

Расчет потребной площади склада для хранения минеральных удобрений производится в таблице 14. Наименование удобрений и их годовая потребность

берутся из календарного плана потребности в удобрениях (табл. 13).

Таблица 14

**Расчет потребной площади склада для хранения минеральных удобрений**

№ п/п	Наименование удобрений	Годовая потреб- ность,  т	Объем 1 тонны удобрения,  м <sup>3</sup>	Объем всего кол-ва ту- ков, м <sup>3</sup>	Допусти- мая высота укладки,  м	Пло- щадь пола,  м <sup>2</sup>
1. 2. 3. 4.	Аммиачная селитра Мочевина Суперфосфат и т.д.					
	Всего		-		-	

Примечание: полученную общую площадь пола с учетом двухразового оборота удобрений в хозяйстве необходимо разделить на 2.

Объем одной тонны и допустимую высоту укладки находят по справочным материалам (приложение 9).

Полученный объем всего количества туков делят на высоту укладки, что дает потребную площадь склада.



# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

## *1. Цели и задачи дипломной работы*

Итоговым видом государственной аттестации студентов по специальностям «Земельный кадастр» и «Городской кадастр» является выпускная квалификационная работа - дипломная работа.

Дипломная работа представляет собой законченную разработку по заданной тематике, содержащую анализ конкретной производственной проблемы, возможных путей ее решения, сопровождаемую расчетно-теоретическими и графическими материалами.

Дипломная работа имеет следующие цели:

- систематизация, закрепление и углубление теоретических знаний по специальности, и применение этих знаний при решении конкретных научных и производственных задач;
- развитие навыков самостоятельной работы и овладение методикой исследования и экспериментирования, применения компьютерной техники при проведении работ по учету, регистрации и оценке земель и иной недвижимости;
- развитие навыков аналитического, графического и литературного изложения принятых проектных решений, а также умения их защищать;
- ознакомление с новейшими отечественными и зарубежными научно-техническими достижениями в области земельного и городского кадастра.

В процессе выполнения дипломной работы студент должен показать, что он владеет основами науки о кадастре и связанных с ней дисциплин, умеет использовать научную, учебную, справочно-нормативную и другую литературу, теоретические знания и практический опыт работы, полученный во время преддипломной практики.

Результатом является написание дипломной работы по утвержденной теме в соответствии с выданным заданием и ее защита в Государственной аттестационной комиссии.

## ***2. Выбор темы дипломной работы***

Тема дипломной работы должна быть актуальной, соответствовать современному состоянию науки и практики, учитывать основные принципы и перспективы развития кадастра. Тему дипломной работы рекомендуется увязывать с характером будущей работы студента.

Тема выпускной квалификационной работы выбирается студентом, она должна быть актуальной и направленной на решение конкретных научных и практических задач. Задание на выполнение выпускной квалификационной работы выдается научным руководителем и утверждается на заседании кафедры.

Руководителями выпускной квалификационной работы могут быть профессор, доцент, старший преподаватель, научные сотрудники СтГАУ, имеющие ученую степень доктора или кандидата наук. Научный руководитель несет ответственность за актуальность темы, методический и научный уровень выпускной квалификационной работы.

К написанию и защите выпускной квалификационной работы допускаются студенты, полностью прошедшие теоретический курс обучения и учебно-производственные практики согласно учебному плану, собравшие необходимый для дипломной работы материал в соответствии с заданием.

Примерный перечень тем дипломных работ, разрабатываемых по основным направлениям кадастра, приводится далее по тексту.

Выбранная студентом тема дипломной работы согласовывается с руководителем дипломной работы и затем утверждается деканом факультета и приказом по университету. Дипломник, приступивший к работе по выбранной и утвержденной теме, не вправе ее самостоятельно менять или корректировать.

## ***3. Задание на дипломную работу***

Задание на дипломную работу выдается студенту руководителем дипломной работы. Задание должно быть сдано на кафедру для утверждения заведующим кафедрой. Оно составляется в двух экземплярах, из которых 1 экземпляр находится в период выполнения дипломной работы у студента, другой

экземпляр - на кафедре. В дальнейшем оба экземпляра задания вместе с дипломной работой представляются в Государственную аттестационную комиссию. Один экземпляр задания помещается в конверт. Образец задания приведен в приложении 1. В задании указывается фамилия, имя, отчество студента-дипломника. Тема дипломной работы формулируется четко, точно, исчерпывающе и с максимальной краткостью. В ней должны содержаться указания на особенности данного дипломного проекта и соблюдаться общепринятая для земельного кадастра терминология. **Срок сдачи на кафедру законченной дипломной работы – за 10 дней, в деканат - за 3 дня до защиты.** В содержании расчетно-пояснительной записки точно формулируются все обязательные разделы пояснительной записки, подлежащие разработке. Они должны по своему составу обеспечивать раскрытие содержания и обоснование проекта в соответствии с темой.

В перечне графического материала указываются обязательные чертежи и таблицы, которые будут представлены к защите. Их число установлено в соответствии с требованиями кафедры. Формулируется точное и полное название каждого из них, а также название таблиц, представляемых к защите. Основной рабочий план должен иметь название, соответствующее теме дипломного проекта. Изложенные положения в пунктах задания являются основой разработки программы дипломной работы.

В задании на дипломную работу указываются консультанты по определенным вопросам дипломной работы, также даты выдачи и получения задания. Руководитель и студент расписываются.

#### ***4. Состав, структура, содержание и объем дипломной работы***

*Структура дипломной работы должна иметь следующий вид:*

Титульный лист.

Содержание.

Введение.

1. Обзор литературных источников.
2. Характеристика объектов исследования.

3. Цель, задачи и методика выполнения работ.
4. Результаты исследований.
5. Экономическая эффективность.
6. Охрана окружающей среды.
7. Безопасность жизнедеятельности на производстве.

Выводы и предложения.

Библиографический список.

Приложения.

### **Титульный лист (приложение 11)**

**Введение.** Здесь приводится современное состояние проблемы, актуальность и производственное значение темы, основные исходные материалы. По объему занимает **2-3** страницы.

**Глава I. Обзор литературных источников.** Обзор литературы – это объективный критический анализ современной отечественной и зарубежной научно-технической литературы по исследуемому вопросу. В нем освещается степень изученности вопроса. Обзор литературы включает 40 – 50 источников, из которых 40% должны быть за последние 5 лет. При изучении литературы главное внимание должно быть обращено не столько на руководства и учебники, которые прорабатывались в процессе обучения в вузе, сколько на современные монографии, статьи в научных и научно-производственных журналах, научных сборниках, диссертации и авторефераты диссертаций.

При написании обзора литературы ссылки на литературные источники в выпускной квалификационной работе должны делаться так, как принято в научной литературе – с указанием фамилии авторов, их инициалов и года издания.

Главу необходимо закончить краткими выводами или заключением и сформулировать целесообразность изучения по выбранной теме исследования. По объему она занимает **10-12** страниц текста.

**Глава II. Характеристика объектов исследования.** Глава должна содержать характеристику природных и экономических условий анализируемого

объекта. Анализ характеристики объектов учета, оценки, регистрации, налогообложения, технико-экономический анализ ведения и управления автоматизированным кадастровым программным комплексом. Объем этой главы должен составлять **6-8** страниц.

**Глава III. Цель, задачи и методика выполнения работ.** В ней приводятся цель, задачи и методика выполнения работ, предусмотренных темой дипломной работы. По объему глава занимает **3-5** страниц.

**Глава IV. Результаты исследований.** Результаты исследований составляют экспериментальную часть выпускной квалификационной работы. Это ее центральный раздел и занимает он по объему **15-25** страниц текста. В этом разделе размещаются таблицы, графики, схемы, фотографии и другой иллюстрационный материал. После каждой таблицы дается пояснительный текст. Таблицы не должны преобладать над текстом, иначе затрудняется восприятие материала. Кроме того, такая структура работы свидетельствует о недостаточном умении студента анализировать полученные результаты, делать на их основе выводы. Для объективной оценки полученных результатов проводится статистический анализ.

**Глава V. Экономическая эффективность.** Выполняется под руководством консультанта кафедры предпринимательства. По объему составляет **2-3** страницы. Дается анализ экономической эффективности кадастровых работ, связанных с темой дипломной работы.

**Глава VI. Охрана окружающей среды.** В VI главе дается описание экологической и санитарно-эпидемиологической обстановки, источников загрязнения, состояния и использования природных ресурсов.

Глава должна быть согласована с темой выпускной квалификационной работы и содержать рекомендации, направленные на улучшение природоохранной работы. Выполнение этого раздела работы осуществляется под руководством кафедры, ответственной за консультации по данному разделу. Объем **5-6** страниц.

**Глава VII. Безопасность жизнедеятельности на производстве.** Излага-

ется техника безопасности труда, правила производственной, санитарной гигиены и противопожарные мероприятия при организации и проведении кадастровых работ. Этот раздел дипломной работы выполняется под руководством дипломного руководителя. Объем **2-3** страницы.

**Выводы и предложения.** Выводы и практические предложения делают на основании статистического анализа данных выпускной квалификационной работы. Они должны быть всесторонне продуманными, четко и лаконично сформулированы, полностью вытекать из собственных исследований дипломника. Объем этого раздела **2-3** страницы.

**Библиографический список.** В него включают только те источники, на которые есть ссылки в обзоре литературы или которые использовались в качестве информационного материала при выполнении других разделов выпускной квалификационной работы. Библиографический список используемой литературы помещается в конце работы после выводов и предложений. Он является важным свидетельством глубины проработки состояния изученности вопроса по теме выпускной квалификационной работы. Библиография составляется по алфавиту авторов, сначала отечественных, затем зарубежных. Работы одного автора размещаются в хронологическом порядке.

Список использованной литературы оформляется по ГОСТ 7.1-2003 Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

## **ОФИЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Российская Федерация. Конституция (1993). Конституция Российской Федерации: офиц. текст. – М. : Маркетинг, 2001. – 39 с.

Российская Федерация. Законы. Гражданский кодекс Российской Федерации. Ч. III : федер. закон от 26 ноября 2001 г. №146-ФЗ // Собр. зак-ва РФ. – 2001. – № 34. – Ст. 1759.

Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в таможенный кодекс Российской Федерации : федер. закон от 24 июля 2009 г. № 207-ФЗ // Собр. зак-ва РФ. – 2009. – № 30. – Ст. 3733.

Ставропольский край. Законы. Об исполнении бюджета Ставропольского края за 2008 год : закон Ставроп. края от 13 июля 2009 г. № 40-кз // Сб. законов

и др. правовых актов Ставроп. края. – 2009. – № 19. – Ст. 8403.

## **КНИГИ**

Ковалев, В. В. Финансовый анализ: методы и процедуры / В. В. Ковалев. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 560 с.

Агафонова, Н. Н. Гражданское право : учеб. пособие для вузов / Н. Н. Агафонова, Т. В. Богачева, Л. И. Глушкова ; под общ. ред. А. Г. Калпина ; М-во общ. и проф. образования РФ, Моск. гос. юрид. акад. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Юрист, 2002. – 542 с.

Шафрин, Ю. Информационные технологии. В 3 ч. Ч. 2. Офисная технология и информационные системы / Ю. Шафрин. – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2000. – 336 с.

## **ГЛАВЫ ИЗ КНИГ**

Охрана земель и окружающей среды в процессе землеустройства // Основы землеустройства / П. В. Ключин, А. С. Цыганков. – М.- СПб. ; Н. Новгород [и др.], 2002. – С. 219 – 296.

Голоусов, Н. С. Агротехнический метод борьбы с сорняками / Н. С. Голоусов // Сорные растения и методы борьбы с ними : учеб. пособие / под общ. ред. Г. Р. Дорожко. – Ставрополь, 1992. – С. 27– 48.

## **ФРАГМЕНТ КНИГИ, НЕ ИМЕЮЩИЙ ЗАГЛАВИЯ**

[Карта химической промышленности Центрального района] // Социально-экономическая география и регионология России : учебник-атлас. – М., 2002. – С. 143.

## **СТАТЬИ ИЗ СБОРНИКОВ**

Гурницкий, В. Н. Применение метода конечных разностей для расчета аппарата магнитной обработки вещества / В. Н. Гурницкий, Г. В. Никитенко // Методы и технические средства повышения эффективности применения электроэнергии в сельском хозяйстве : сб. науч. тр. / СтГАУ. – Ставрополь, 2002. – С. 4–13.

Востриков, М. В. Проблема сохранения земельного фонда Ставропольского края / М. В. Востриков // Сб. науч. тр. / Ставроп. ГСХА. – 2001. – Вып. 10. – С. 46–50.

## **СТАТЬИ ИЗ ЖУРНАЛОВ**

*С 1 автором*

Минаева, Е. В. Основные критерии макроэкономического развития страны / Е. В. Минаева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 8. – С. 26–29.

*С 2-мя авторами*

Соколов, Я. В. Управленческий учет: как его понимать / Я. В. Соколов, М. Л. Пятов // Бух. учет. – 2003. – № 7. – С. 53–55.

*С 3-мя авторами*

Хицков, И. Интеграционные связи в агропромышленном производстве / И. Хицков, Н. Мытина, Е. Фомина // АПК: экономика, управление. – 2003. – № 9. – С. 9–17.

*С 4-мя и более авторами*

Экономика федеральных округов России: сравнительный анализ / В. И. Суслов, Ю. С. Ершов, Н. М. Ибрагимов, Л. В. Мельникова // Регион: экономика и социология. – 2003. – № 4. – С. 47–63.

## **ФРАГМЕНТ СТАТЬИ ИЗ ЖУРНАЛА, НЕ ИМЕЮЩИЙ ЗАГЛАВИЯ**

[Производство основных видов продукции растениеводства : таблица] // Экономика сел. хоз-ва России. – 2004. – № 1. – С. 17.

## **СТАТЬИ ИЗ ГАЗЕТ**

Михайлов, С. А. Система платных дорог в России находится в начальной стадии развития / С. А. Михайлов // Независимая газ. – 2002. – 17 июня.

## **СТАНДАРТЫ**

ГОСТ Р 517721-2001. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Входные и выходные параметры и типы соединений. Технические требования. – Введ. 2002-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2001. – 27 с.

## **ПАТЕНТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ**

Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Приемопередающее устройство / Чугаева В. И. ; заявитель и патентообладатель Воронеж. науч.-исслед. ин-т связи. – № 2000131736/09 ; заявл. 18.12.00 ; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.

А. с. 1007970 СССР, МКИ<sup>3</sup> В 25 J 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин (СССР). – №



3360585/25-08 ; заявл. 23.11.81 ; опубл. 30.03.83, Бюл. № 12. – 2 с.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ**

Казанская, Л. В. Пушкинские мотивы в творчестве Артура Лурье [Электронный ресурс] : опыт муз. ист. расследования // Балт. сезоны: Интернет-альм. - 1999. - №1. – Режим доступа: [http://www/theatre.spb.ru/seasons/1\\_1\\_1999/history/kazanska.htm](http://www/theatre.spb.ru/seasons/1_1_1999/history/kazanska.htm) (23.06.2003).

**Приложение.** Включает вспомогательные материалы к основному содержанию выпускной квалификационной работы, которые необходимы для повышения наглядности изучаемых вопросов и подтверждения выводов и предложений (таблицы, статистическая обработка экспериментальных данных, результаты расчета экономической эффективности, графический материал, подтверждающий личный вклад студента в выполнение научно-экспериментальных исследований, а также дополняющий и иллюстрирующий их).

Приложение оформляют как продолжение работы на завершающих ее страницах. Каждое приложение должно располагаться с новой страницы с указанием в левом верхнем углу слова «Приложение» и иметь содержательный заголовок. Если в работе больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами (без значка №). На все приложения дают ссылки в основном тексте.

### ***5. Оформление текста дипломной работы***

Заключительный этап выполнения выпускной квалификационной работы – ее оформление. Ее языку и стилю изложения материала следует уделить самое серьезное внимание. При написании работы следует придерживаться строгой последовательности изложения материала.

Текст рукописи выпускной квалификационной работы должен быть набран в компьютерном исполнении на одной стороне белой односторонней бумаги формата А4 (210x297) через 1,5 межстрочных интервала, размер шрифта

14. Размер левого поля 30 мм, правого – 15 мм, верхнего – 20 мм, нижнего - 20 мм.

Каждый новый раздел начинается с новой страницы, это же правило относится и к введению, выводам и предложениям, библиографическому списку, приложению.

Расстояние между названием раздела и последующим текстом должно быть равно 3 интервалам. Не допускаются произвольные сокращения слов в тексте и таблицах кроме общепринятых условных сокращений: «г.», «гг.», (год, годы), «га», «ГОСТ», «СНиП», «м<sup>2</sup>», «млн.», «млрд.», и т.д.

Фразы, начинающиеся с новой (красной) строки, печатают с абзацным отступом от начала строки.

Все страницы нумеруются начиная с титульного листа, но на титульном листе цифра не ставится, а на следующей странице ставится 2. Цифру, обозначающую порядковый номер страницы, ставят в середине верхнего поля страницы.

Заголовки разделов пишутся симметрично тексту прописными буквами, заголовки подразделов – строчными.

Иллюстрации (кроме таблиц) обозначаются словом «Рисунок» или «Рис.» и нумеруются последовательно арабскими цифрами. Таблицы и рисунки должны иметь сквозную нумерацию в их левом углу, с выравниванием по центру и исчерпывающее название с указанием единиц измерения. Например:

**Таблица 10 – Распределение земельного фонда Шпаковского района  
по категориям и угодьям**

Цифровой материал, помещаемый в работу, оформляется в виде таблицы. Таблицу помещают после первого упоминания о ней в тексте таким образом, чтобы ее можно было читать без поворота выпускной квалификационной работы или с поворотом по часовой стрелке. Заголовки таблиц должны начинаться с прописной буквы, подзаголовки – со строчной. Если таблица не помещается на одной странице, то ее можно перенести на следующую страницу с указанием «Продолжение таблицы ...» или «Окончание таблицы ...». Заголовки таблицы

на новой странице не повторяются.

Выпускную квалификационную работу рекомендуется иллюстрировать фотографиями, схемами, графиками. Иллюстрационный материал оживляет работу, повышает уровень ее культуры и оригинальность, но он не должен дублировать цифровые данные, помещенные в таблицу. Одним из вариантов устранения дублирования может быть помещение графика в тексте, а таблицы – в приложении. Все они должны нести научную информацию, их качество должно обеспечивать их четкое восприятие.

### ***6. Графическая часть дипломной работы***

Одним из основных и ответственных видов работ при выполнении дипломной работы является оформление графической части. Графическая часть работы, с одной стороны, должна максимально полно иллюстрировать текст диплома, а с другой, - являться основой и отражением тех положений, которые излагает автор в докладе во время защиты работы. Поэтому процесс оформления графической части работы следует разделить на два этапа:

- 1) выполнение схем, чертежей, графиков и диаграмм для пояснительной записки;
- 2) изготовление графических материалов как основы проектных (прогнозных) разработок и для иллюстрирования доклада на защите работы.

Структура графических материалов определяется автором вместе с руководителем и указывается в задании на дипломную работу.

Различные темы дипломных работ имеют некоторые особенности по содержанию, количеству и качеству оформляемых графических документов.

Дипломные работы по теме кадастровой оценки земель сопровождаются почвенной картой (бонитировки почв) изучаемой территории, картограммами по ряду показателей, табличным материалом, в котором даны оценочные шкалы и системы показателей, отражающих состояние земельного фонда.

Для дипломных работ по учету земель в районе обязательна схема, где указываются границы отображаемых земельных участков на территории администра-

тивных единиц. На врезках схемы могут отображаться в уменьшенном масштабе различные территориальные особенности в использовании земель по землевладельцам и землепользователям, диаграммы распределения земель по категориям, видам использования (угодьям). Кроме схемы (кадастровой карты), отражающей количественную сторону учета, по согласованию с руководителем выполняется ряд карт или картограмм, характеризующих учет качества земель района (почвенная карта, картограмма засоленности и т. д.). Графики, иллюстрирующие эту тему, могут отражать динамику различных процессов в земельном фонде района: например, динамику сельскохозяйственных земель. Табличный материал должен отражать состояние земельного фонда района с разных точек зрения: по составу угодий, землепользователя и т. д.

В дипломных работах по **оценке земель и учету**, как правило, рассматриваются вопросы использования земель. В графической части это должно быть отображено в проектных землеустроительных чертежах. Кроме того, все дипломные работы должны сопровождаться таблицами, характеризующими существующую и перспективную экономику района или хозяйства.

В дипломных работах по вопросам **мониторинга земель, прогнозирования использования земельных ресурсов** кроме схемы (плана) земель и почвенной карты автором выполняется схема перспективного использования земельного фонда. Как правило, в этих работах должно быть показано перспективное зонирование территории, специализация сельскохозяйственных предприятий, трансформация угодий, мелиоративные мероприятия, планируемые территории под освоение новых земель и отводы под объекты нового строительства, перспективное развитие населенных пунктов и дорожной сети, размещение промышленности и природоохранные мероприятия. Табличный материал, сопровождающий эту тему дипломной работы, должен содержать информацию о динамике состава земельного фонда территории, о существующем и перспективном уровне основных производственно-экономических показателей сельскохозяйственных предприятий, о размере капиталовложений на перспективу и экономическом эффекте.

Темы дипломных работ, освещающие вопросы **организации и пла-**

**нирования землеустроительных работ**, так же, как и предыдущие, иллюстрируются соответствующей схемой (картой) района или области, почвенной картой и, кроме того, схемой организационной структуры землеустроительной службы и подразделения того проектного института по землеустройству, на материалах которого разрабатывается дипломная работа. Табличный материал информирует о состоянии земельного фонда, основных производственных показателях, объемах работ.

На почвенных картах указываются границы почвенных разновидностей, их индексы, границы землевладений и землепользований. Массивы почвенных разновидностей окрашиваются в соответствии с установленной цветовой шкалой. На почвенной карте приводится экспликация почв. Аналогично выполняется карта бонитировки почв, но кроме экспликации по агропроизводственным группировкам она снабжается шкалами бонитировки почв.

В зависимости от темы дипломной работы и разрабатываемых вопросов обязательными для выполнения могут быть следующие графические материалы:

- карты (схемы) земель административного района или города;
- генеральные планы городов;
- дежурные кадастровые карты;
- карты кадастрового деления территории;
- тематические карты (почвенная карта, карта землеустройства, карта сельскохозяйственных угодий, карта деградированных земель и т. д.);
- схемы геодезических построений и съемок;
- космоснимки;
- кадастровые карты (планы) городских и сельских поселений;
- производственные кадастровые карты (планы);
- карты (схемы) территориального зонирования;
- карты кадастровой оценки земель;
- карты ограничений землепользования и застройки.

## ***7. Представление и защита дипломной работы***

Законченная выпускная квалификационная работа, тщательно выправленная и отредактированная, переплетается в обложку, подписывается автором, научным руководителем, консультантами и с отзывом научного руководителя за **10 дней** до защиты представляется заведующему кафедрой. При положительном отзыве руководителя с визой заведующего кафедрой она направляется на рецензирование.

Рецензентами являются, как правило, опытные преподаватели, занимающиеся вопросами, связанными с тематикой работы, научные сотрудники других учебных заведений, а также специалисты производства и научных учреждений. Рецензенты назначаются распоряжением деканата факультета. На рецензирование вместе с выпускной квалификационной работой направляется задание на разработку выпускной квалификационной работы. После рецензирования запрещается вносить в работу изменения и исправления. Если рецензент оценил работу на «неудовлетворительно» он должен присутствовать на заседании ГАК при защите.

Дату защиты выпускной квалификационной работы устанавливает деканат совместно с кафедрой. Рецензия вместе с работой и отзывом научного руководителя за десять дней до защиты представляется заведующему кафедрой для решения вопроса о допуске выпускной квалификационной работы к защите на заседании ГАК.

В случае, если заведующий кафедрой не считает возможным допустить студента к защите выпускной квалификационной работы, этот вопрос рассматривается на заседании кафедры с участием научного руководителя. Протокол заседания кафедры через декана факультета направляется на утверждение ректору вуза.

За **3 дня** до защиты выпускная квалификационная работа представляется в деканат агрономического факультета.

В Государственную аттестационную комиссию до начала защиты представляются следующие документы:

- справка деканата факультета с отзывом научного руководителя о вы-

полнении учебного плана;

- рецензия на выпускную квалификационную работу;
- выпускная квалификационная работа.

К публичной защите студент готовит доклад, излагающий основное содержание исследований и иллюстрационный материал на дискете или другом электронном носителе информации. Студент должен хорошо владеть своим материалом и последовательно изложить содержание работы в течение 7 – 10 минут. По окончании доклада члены ГАК задают студенту вопросы. Ответы на вопросы должны быть краткими, четкими и хорошо аргументированными. После ответов на вопросы слово предоставляется научному руководителю, присутствие которого на защите обязательно, затем оглашается отзыв рецензента и предоставляется слово присутствующим на защите и желающим выступить. По окончании прений слово предоставляется студенту для ответа на замечания рецензента и выступающих.

На закрытом заседании ГАК большинством голосов выносится решение об оценке выполненной выпускной квалификационной работы. При этом учитывается актуальность темы, содержание, оформление, грамотность и ясность изложения, как работы, так и доклада, правильность ответов на вопросы. По результатам законченных исследований выносится решение о предложениях производству. Студенту, успешно защитившему выпускную квалификационную работу, присваивается квалификация ИНЖЕНЕР по специальности «Земельный кадастр» (120302.65), ИНЖЕНЕР по специальности «Городской кадастр» (120303.65), степень бакалавра по направлению «Землеустройство и кадастры» (120700.62).

Выпускная квалификационная работа после защиты хранится в архиве вуза.

В тех случаях, когда защита выпускной квалификационной работы признается неудовлетворительной, ГАК устанавливает: может ли студент представить к повторной защите ту же работу с добавкой, определяемой комиссией, или же обязан разработать новую тему, которая определяется соответствующей

кафедрой.

К повторной защите выпускной квалификационной работы студент допускается в течение 3-х лет после окончания вуза, при предоставлении положительной характеристики с места работы, отвечающей профилю подготовки в вузе.

### ***8. Рекомендации по составлению доклада***

Доклад студента дипломника на защите в ГАК должен быть содержательным, кратким и точным. Он должен быть концентрированным изложением дипломной работы. Можно рекомендовать следующую структуру доклада:

- актуальность темы и ее народнохозяйственное значение;
- краткое изложение основного содержания и результатов работы;
- заключение.

После названия темы проекта студент раскрывает ее актуальность и народнохозяйственное значение, формулирует основные положения и полное содержание дипломной работы, делает выводы и предложения. Содержание проекта следует излагать последовательно по основным главам и разделам, используя графические материалы.

В докладе не следует давать подробное детальное пояснение отдельных вопросов. Если такие объяснения окажутся необходимыми для оценки дипломного проекта, то членами ГАК будут заданы соответствующие вопросы, а студент должен дать исчерпывающий ответ.

### ***9. Рекомендуемые примерные типовые темы дипломных работ по специальности «Земельный кадастр»***

1. Анализ состояния и использования земель сельскохозяйственного назначения в хозяйстве.
2. Анализ причин приостановки и отказа при постановке земельных участков на государственный кадастровый учет.
3. Использование данных кадастровой оценки земель при формировании налогообложения.



4. Преимущества и недостатки программного обеспечения государственного кадастра недвижимости.
5. Особенности ведения земельного кадастра в связи с вступлением в силу Федерального закона о....
6. Сравнение эффективности различных способов межевания.
7. Анализ учета и состояние государственного кадастра недвижимости.
8. Эффективность управления земельными ресурсами района.
9. Эффективность различных видов контроля за использованием и охраной земель.
10. Прогнозирование использования земельных ресурсов в административном районе.
11. Анализ инвентаризации различных категорий земель.
12. Особенности проведения государственной кадастровой оценки земель различных форм собственности.
13. Сравнение рыночной и кадастровой оценки земель на примере...
14. Оценка состояния плодородия почв сельскохозяйственных угодий с использованием ГИС-технологий.
15. Совершенствование научно-методического обеспечения земельно-оценочных работ (по всем категориям земель).
16. Систематизация сведений по учету заповедных, водоохранных и других зон для устойчивого развития агроэкосистем.
17. Картографическое обеспечение мониторинга земель (атласы земель на федеральном и региональном уровнях, создание базовых, инвентаризационных и прогнозных карт).
18. Агроэкологический мониторинг в агроландшафтном земледелии (компоненты агроэкологического мониторинга, цели, задачи, структура и подходы к ведению мониторинга).
19. История земельных правовых отношений как основа формирования систем землеустройства, кадастра и мониторинга земель.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

*Оформление титульного листа*

ФГБОУ ВО СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра агрохимии  
и физиологии растений

# курсовая работа

на тему: «Агрохимическое обследование и мониторинг почвенного плодородия в СПК «Русь» Советского района»

Выполнил:  
студент 4-го курса 2 группы  
Иванов Сергей Петрович

Проверил:  
доцент, Коростылев С.А.

**Примерный список снаряжения, приборов и материалов для проведения полевых работ при агрохимическом обследовании**

1. Буры тростевые (лопаты).
2. Вешки деревянные двухметровые.
3. Журнал результатов агрохимического обследования почв.
4. Циркуль деревянный двухметровый (сажень).
5. Карандаши простые, химические, цветные.
6. Клей канцелярский.
7. Калька.
8. Капельница с пипеткой.
9. Кнопки, скрепки канцелярские.
10. Компас.
11. Лента мерная стальная длиной 20 м.
12. Метр клеенчатый (рулетка).
13. Мешочки для образцов.
14. Коробочки.
15. Мешки хозяйственные.
16. Нож кухонный или стамеска.
17. Папка-планшет.
18. Планово-картографическая основа хозяйства.
19. Сумка полевая.
20. 10 %-ная кислота (HCl) во флаконе с резиновой пробкой.
21. Тушь разная.
22. Шпагат.
23. Эккер простой или отражательный.
24. Этикетки.
25. Оберточная бумага.
26. Пленка полиэтиленовая или клеёнка для смешивания почвы.
27. Радиометр ДРГ – 01Т или другой равноценный.

**Размеры элементарных участков при агрохимическом обследовании  
почв Ставропольского края**

Экономические районы	Максимально допустимые размеры элементарных участков, га			
	при ежегодном уровне применения фосфорных удобрений (кг д. в. на 1 га)			на орошаемых землях
	менее 60	60-90	Более 90	
Северо-Кавказский				
а) степные равнинные районы с преобладанием черноземов	20	15	10	5
б) сухостепные равнинные районы с преобладанием каштановых почв	40	25	10	5
в) предгорные районы с преобладанием черноземов	10	5	3	2

**Группировка почв по нитрификационной способности,  
содержанию подвижного фосфора, обменного калия, гумуса**

Класс	Обеспеченность	мг/кг почвы			Гумус, %
		N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1	Очень низкая	менее 5	менее 10	менее 100	менее 0,2
2	Низкая	5,1 - 8,0	11-15	101-200	2,1-4,0
3	Средняя	8,1-15,0	16-30	201-300	4,1-6,0
4	Повышенная	15,1-30,0	31-45	301-400	6,1-8,0
5	Высокая	30,1-60,0	46-60	401-600	8,1-10,0
6	Очень высокая	более 60	более 60	более 600	более 10,0

**Группировка почв по содержанию подвижных форм марганца, цинка, бора, серы и молибдена, мг/кг почвы**

Класс	Обеспеченность	Mn	Zn	B	S	Mo	Co	Cu
1	Низкая	менее 10	менее 2,0	менее 0,33	менее 6,0	менее 0,10	менее 0,15	менее 0,20
2	Средняя	10,1–20,0	2,1–5,0	0,34–0,70	6,1–12,0	0,11–0,22	0,16–0,30	0,21–0,50
3	Высокая	более 20	более 5,0	более 0,70	более 12,0	более 0,22	более 0,30	более 0,51

Приложение 6

**Вынос элементов питания 1 ц основной продукции  
(с учетом побочной), кг**

Культура	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	2	3	4
Озимая пшеница	3,5	1,0	2,0
Озимая рожь	3,0	1,0	1,8
Яровая пшеница	3,8	1,1	2,4
Кукуруза (зерно)	3,0	1,0	2,0
Ячмень	2,9	1,1	1,9
Овес	3,3	1,4	2,0
Просо	3,1	1,1	3,0
Сорго (семена)	3,6	1,0	1,4
Гречиха	4,4	3,1	4,4
Горох, вика	4,6	1,6	2,0
Соя на зерно	4,9	1,6	1,8
Сахарная свекла	0,5	0,2	0,7
Подсолнечник	5,0	3,0	13,5
Картофель	0,4	0,2	0,6
Кормовые корнеплоды	0,4	0,2	0,6
Однолетние травы, зеленая масса	0,2	0,2	0,5
Однолетние травы, (сено)	1,7	0,8	2,3
Многолетние травы, зеленая масса	0,3	0,2	0,4
Многолетние травы, (сено)	1,3	0,8	1,9
Кукуруза (силос)	0,3	0,1	0,5
Сорго (силос)	0,3	0,2	0,3
Рапс, зеленая масса	0,5	0,2	0,3
Горох, зеленая масса	0,3	0,2	0,2
Овес, зеленая масса	0,5	0,1	0,3
Горчица	5,1	1,7	1,0
Рапс, семена	4,5	2,1	3,0

Приложение 7

**Коэффициенты использования элементов питания из почвы  
с программируемым урожаем ( $K_n$ ) (Агеев В. В., 2001)**

Содержание $P_2O_5$ в почве, мг/кг	$K_n$ фосфора	Содержание $K_2O$ в почве, мг/кг	$K_n$ калия
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<10,0	0,30	<100	0,50
10,5	0,31	105	0,51
11,0	0,32	110	0,52
11,5	0,33	115	0,53
12,0	0,34	120	0,54
12,5	0,35	125	0,55
13,0	0,36	130	0,56
13,5	0,37	135	0,57
14,0	0,38	140	0,58
14,5	0,39	145	0,59
15,0	0,40	150	0,60
15,5	0,41	155	0,61
16,0	0,42	160	0,62
16,5	0,43	165	0,63
17,0	0,44	170	0,64
17,5	0,45	175	0,65
18,0	0,46	180	0,66
18,5	0,47	185	0,67
19,0	0,48	190	0,68
19,5	0,49	195	0,68
20,0	0,50	200	0,70
20,5	0,51	205	0,71
21,0	0,52	210	0,72
21,5	0,53	215	0,73
22,0	0,54	220	0,74
22,5	0,55	225	0,75
23,0	0,56	230	0,76
23,5	0,57	235	0,77
24,0	0,58	240	0,78
24,5	0,59	245	0,79
25,0	0,60	250	0,80
25,5	0,61	255	0,81
26,0	0,62	260	0,82
26,5	0,63	265	0,83
27,0	0,64	270	0,84
27,5	0,65	275	0,85
28,0	0,66	280	0,86

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
28,5	0,67	285	0,87
29,0	0,68	290	0,88
29,5	0,69	295	0,89
30,0	0,70	300	0,90
30,5	0,71	305	0,91
31,0	0,72	310	0,92
31,5	0,73	315	0,93
32,0	0,74	320	0,94
32,5	0,75	325	0,95
33,0	0,76	330	0,96
33,5	0,77	335	0,97
34,0	0,78	340	0,98
34,5	0,79	345	0,99
35,0	0,80	>350	1,00
35,5	0,81		
36,0	0,82		
36,5	0,83		
37,0	0,84		
37,5	0,85		
38,0	0,86		
38,5	0,87		
39,0	0,88		
39,5	0,89		
40,0	0,90		
40,5	0,91		
41,0	0,92		
41,5	0,93		
42,0	0,94		
42,5	0,95		
43,0	0,96		
43,5	0,97		
44,0	0,98		
44,5	0,99		
>45	1,00		



**Физические и химические свойства минеральных удобрений**

Название удобрения	Агрохимический символ	Содержание действующего вещества, %	Объем 1 тонны, м <sup>3</sup>	Допустимая высота укладки, м
1. Аммиачная селитра	Наа	34,6	1,22	1,5
2. Сульфат аммония	На	21	1,12	2,5
3. Мочевина	Нм	46	1,55	1,5
4. Суперфосфат порошковидный	Рс	11,9	0,8	1,7
5. Суперфосфат гранулированный	Рсг	20	0,9	1,7
6. Суперфосфат двойной	Рсд	45	1,15	1,7
7. Хлористый калий	Кх	56-60	1,05	2,5
8. Сульфат калия	Кс	45-48	0,81	2,0
9. Калийная соль	Ккс	40	0,91	2,5
10. Аммофос	Аф	N-10 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 45	1,1	1,7
11. Диаммофос	ДАФ	N-19 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -49	1,15	1,7
12. Нитрофос	НФ	N-23 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -17	1,1	1,7
13. Нитрофоска	НФК	N12-13 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -9-11 K <sub>2</sub> O-13-14	1,25	1,7
14. Нитроаммофос	НАФ	N-23 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -23	1,24	1,7
15. Нитроаммофоска	НАФК	N-17 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -17 K <sub>2</sub> O - 17	1,2	1,7
16. Жидкие комплексные удобрения	ЖКУ	N -10 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -34	1,24	-

**Средние коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений, %**

Год действия	Органических			Минеральных		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1-й год	20-25	25-30	50-60	60-70	15-20	50-60
2-й год	20	10-15	10-15	-	10-15	10-20
3-й год	10	5	-	-	5	-
За ротацию севооборота	50-55	40-50	60-75	60-70	30-40	65-80

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ»**

1. Значение агрохимического обследования почв. Предмет, методы, задачи.
2. Составление и оформление агрохимических картограмм.
3. Полевые и лабораторные агрохимические исследования.
4. Роль систематического контроля состояния почв сельскохозяйственных угодий.
5. Влияние минеральных и органических удобрений на агрохимические показатели почв.
6. Роль органических и минеральных удобрений в сохранении почвенного плодородия и увеличении продуктивности сельскохозяйственных культур.
7. На основе агрохимических показателей почвы определите план мероприятий для поддержания и повышения ее эффективного плодородия.
8. Правила отбора почвенных образцов. Сроки отбора, частота отбора объединенных проб.
9. Порядок оформления организационных документов полевого комплексного агрохимического обследования почв. Порядок приема почвенных образцов.
10. Задачи и цели комплексного агрохимического обследования.
11. Контроль и оценка изменения плодородия почв. Периодичность комплексного обследования почв. Планирование работ по агрохимическому обследованию почв.
12. Подготовка картографической основы и другой документации. Организация полевых работ по агрохимическому обследованию почв. Сроки отбора объединенных проб.
13. Порядок оформления организационных документов полевого агрохимического обследования почв, обобщение результатов агрохимического об-

следования почв хозяйства, паспортизация полей.

14. Составление агрохимических картограмм, группировка почв для составления картограмм с различным содержанием подвижного фосфора и обменного калия.
15. Составление сводных ведомостей результатов комплексного агрохимического обследования почв, картографическое оформление результатов агрохимического обследования.
16. Использование агрохимических карт для правильного применения удобрений.
17. Бонитировка почв.
18. Состояние и перспективы производства и поставок минеральных удобрений АПК в свете Федеральной программы повышения плодородия почв.
19. Агрохимическая служба РФ и ее роль в химизации земледелия.
20. Питание растений.
21. Химический состав растений.
22. Внешние условия питания растений.
23. Периодичность питания и приемы регулирования питания растений.
24. Роль органических веществ в почвообразовании, плодородии почв и питании растений.
25. Плодородие почвы, его виды. Пути повышения эффективного плодородия.
26. Потенциальное и эффективное плодородие почв. Основные приемы повышения эффективного плодородия почв.
27. Составные части почвы и их роль в питании растений.
28. Емкость поглощения и состав поглощенных катионов почв.
29. Реакция почвенного раствора. Виды кислотности. Роль разных видов кислотности почв в питании растений.
30. Что такое буферность и какова ее роль в питании растений и применении удобрений.

31. Нуждаемость в гипсовании, дозы, сроки и способы внесения гипса.
32. Солонцы и солончаки - их сельскохозяйственное использование. Необходимость химической мелиорации почв.
33. Агрофизические, биологические и агрохимические показатели плодородия.
34. Физиологическая реакция удобрений.
35. Вынос питательных веществ сельскохозяйственными культурами, его виды. Коэффициенты выноса и их использование на практике.
36. Задачи основного удобрения и подкормок в связи с неодинаковой потребностью растений в элементах питания в течение вегетации.
37. Гумус почвы и его значение для питания растений и применения удобрений. Баланс гумуса.
38. Органическое вещество почвы как источник питательных веществ для растений (аммонификация, нитрификация, денитрификация).
39. Поглощительная способность почвы и ее роль при разработке практических вопросов применения удобрений.
40. Биологическая поглощительная способность почвы и ее роль в превращении элементов питания.
41. Химическая поглощительная способность почвы и ее значение в превращении питательных веществ.
42. Механическая, физическая поглощительная способность почвы и их влияние на поведение элементов питания.
43. Физико-химическая или обменная поглощительная способность почвы и ее влияние на превращение элементов питания.
44. Классификация удобрений. Ассортимент промышленных удобрений.
45. Роль азота в питании растений.
46. Содержание и формы азота в почве.
47. Дайте определение нитрификационной способности почвы.
48. Источники поступления и потерь азота из почвы. Усвоение растениями

аммиачного и нитратного азота.

49. Классификация азотных удобрений.
50. Аммонийные азотные удобрения. Их свойства и условия применения.
51. Круговорот азота в природе. Мероприятия по улучшению азотного баланса в земледелии.
52. От каких факторов зависит скорость нитрификации?
53. Аммиачно-нитратные азотные удобрения. Их свойства, применение, способы повышения эффективности.
54. Нитратные азотные удобрения. Их свойства, применение, способы повышения эффективности.
55. Меры по сокращению потерь азота и усилению эффективности азотных удобрений.
56. Роль фосфора в жизни растений. Эффективность фосфорных удобрений в разных почвенно-климатических зонах.
57. Содержание и формы фосфора в почве.
58. Классификация фосфорных удобрений.
59. Как определить труднорастворимые фосфорные удобрения?
60. Способы повышения эффективности фосфорных и калийных удобрений.
61. Содержание и формы калия в почве.
62. Значение калия для растений. Эффективность калийных удобрений в различных почвенно-климатических зонах России.
63. Состав, свойства и условия применения калийных удобрений.
64. Как обнаружить карбонат-ион в удобрениях?
65. Как определить удобрения, содержащие аммиак?
66. Микроудобрения, их характеристика, особенности применения
67. Основные микроудобрения – свойства и условия эффективного применения.
68. Понятие о комплексных удобрениях. Их экономическое и агротехническое значение.

69. Сложные удобрения - состав, свойства, применение.
70. Комбинированные (сложно-смешанные) удобрения – состав, свойства, применение.
71. Тукосмеси, их состав и свойства. Значение тукосмешивания.
72. Рассчитайте запас (кг/га) NPK в почве при средней обеспеченности элементов питания в обыкновенных черноземах.
73. Компосты как средство увеличения производства и улучшения качества органических удобрений.
74. Баланс калия в земледелии Юга России.
75. Баланс азота в земледелии Юга России.
76. Баланс фосфора в земледелии Юга России.
77. Качественное распознавание фосфорных удобрений в производственных условиях.
78. Навоз - состав, накопление, хранение и применение.
79. Зеленые удобрения - значение, формы выращивания, использования, подбор растений. Применение зеленых удобрений и их эффективность в различных почвенно-климатических условиях.
80. Значение органических удобрений. Пути увеличения накопления и улучшения использования.
81. Птичий помет - состав, свойства, применение.
82. Значение, задачи и принципы построения систем удобрений.
83. Основные принципы построения систем удобрения в севообороте.
84. Классификация удобрений.
85. Действующее вещество и доза удобрения.
86. Приемы внесения удобрений. Способы внесения.
87. Методика определения оптимальных доз удобрений под планируемый урожай.
88. Удобрение озимой пшеницы.
89. Удобрение подсолнечника.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Агеев, В. В. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / В. В. Агеев, А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина и др. : учеб. пособ. – 4 изд., перераб. и доп. Ставрополь, 2011. – 200 с.
2. Агеев, В. В. Системы удобрения в севооборотах Юга России / В. В. Агеев, А. И. Подколзин. – Ставрополь, ГОУ СГСХА, 2001. – 352 с.
3. Агеев, В. В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур на Юге России / В. В. Агеев, А. Н. Есаулко, А. И. Подколзин, Ю. И. Гречишкина и др. – Ставрополь, 2008. – 151 с.
4. Агрохимия / Под ред. Б. А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 2002. – 585 с.
5. Бадахова, Г. Х. Ставропольский край: современные климатические условия / Г. Х. Бадахова, А. В. Кнутас. – Ставрополь, ГУП СК «Краевые сети связи», 2007. – 272 с.
6. Джанаев, З. Г. Агрохимия и биология почв юга России. Монография. / З. Г. Джанаев; под редакцией академика РАСХН В. Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2008. – 528 с.
7. Донских, И. Н. Курсовое и дипломное проектирование по системе применения удобрений / И. Н. Донских. – Л.: Агропромиздат, 2009. – 144 с.
8. Доспехов, Б. А., Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. 6 -е изд. стереотип. – М.: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
9. Есаулко, А. Н. Рекомендации по использованию соломы на удобрение в Ставропольском крае / А. Н. Есаулко, В. В. Агеев. – Ставрополь: ГУП «Ставропольская типография», 2003 - 36 с.
10. Кидин, В. В. Практикум по агрохимии / В. В. Кидин, И. П. Дерюгин, В. И. Кобзаренко и др.; под ред. В. В. Кидина. – М.: КолосС, 2008. – 599 с.
11. Куприченков, М. Т. Почвы Ставрополья / М. Т. Куприченков. – Ставрополь, 2005. – 424 с.

12. Лабораторный практикум по агрохимии для агрономических специальностей: учеб. пособие / А. Н. Есаулко, В. В. Агеев, Ю. И., Подколзин А.И., Гречишкина, О. Ю. Лобанкова, Л. С. Горбатко, В. И. Радченко, М.С. Сигида, С.А. Коростылев, Е.В. Голосной. Н.В. Николенко; СтГАУ. – Ставрополь: АГРУС, 2010. – 276 с.
13. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения. – Ставрополь, 2003. – 208 с.
14. Методические указания по проведению контроля качества анализов почв в лабораториях единой специализированной агрохимической службы. – М.: ЦИНАО, 1985.
15. Муравин, Э. А. Агрохимия / Э. А. Муравин, В. И. Титова. – М. : Колос, 2010. – 463 с.
16. Органические удобрения в интенсивном земледелии / Под ред. В. Г. Минеева. – М.: Агропромиздат, 1987 – 154 с.
17. Подколзин, А. И. Плодородие почвы и эффективность удобрений в земледелии Юга России / А. И. Подколзин. – М., 1997. – 182 с.
18. Постников, А. В. Химизация сельского хозяйства / А. В. Постников. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.
19. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
20. Термины и определения в агрохимии : учебное пособие / Ю. И. Гречишкина, А. Н. Есаулко, В. В. Агеев и др. – Ставрополь, 2012. – 136 с.
21. Церлинг, В. В. Диагностика питания с.-х. культур: Справочник / В. В. Церлинг. - М.: Агропромиздат, 1990. - 235 с.
22. Шеуджен, А. Х. Региональная агрохимия. Северный Кавказ : учеб. пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Л. М. Онищенко / под ред. И. Т. Трубилина. – Краснодар : КубГАУ, 2008. – 502 с.