

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

*A.A. Белоусов*

## АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ

*Рекомендовано Учебно-методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» для внутривузовского использования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение»*

Красноярск 2025

УДК 631.4  
ББК 40.3я73  
Б 43

*Рецензенты:*

Ю.Н. Трубников, доктор сельскохозяйственных наук,  
главный научный сотрудник лаборатории космических систем  
и технологий ФИЦ КНЦ СО РАН

В.И. Титова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заве-  
дующая кафедрой агрохимии и агроэкологии факультета почвоведе-  
ния Нижегородской государственной сельскохозяйственной акаде-  
мии, заслуженный агрохимик РФ и заслуженный работник высшей  
школы РФ

**Белоусов, А. А.**

**Агропочвоведение** [Электронный ресурс]: учебное пособие /  
A. A. Белоусов; Красноярский государственный аграрный универси-  
тет. – Красноярск, 2025. – 169 с.

Представлен теоретический материал основных разделов и задания к проведению лабораторных работ, тестовые задания. В приложениях даны вспомогательные материалы для расчета необходимых показателей.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение».

УДК 631.4  
ББК 40.3я73

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ. ЗАДАЧИ. АГРОНОМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ.....</b>	<b>6</b>
<b>1. АГРОНОМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ.....</b>	<b>8</b>
1.1.Агрономическое значение гранулометрического состава почв .....	8
<i>Лабораторная работа 1. Оценка гранулометрического состава почв .....</i>	19
1.2.Структура почвы, ее агрономическая роль, дискуссионность проблемы, причины разрушения, агрономические методы восстановления.....	33
1.3.Агрономическая роль плотности сложения почв.....	40
1.4.Агрономическая роль пористости почвы. Строение и сложение почвы .....	45
<i>Лабораторная работа 2. Оценка агрофизических свойств почвы.....</i>	50
1.5. Водные свойства почв, их агрономическое значение.....	59
<i>Лабораторная работа 3. Оценка водно-физических свойств почвы.....</i>	69
<i>Лабораторная работа 4. Влияние структурного состава на водно-физические свойства почв (опыт с колонной).....</i>	76
<i>Лабораторная работа 5. Определение водопрочности почв по методу П.И. Андрианова .....</i>	82
<b>2.АГРОНОМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ И СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ.....</b>	<b>83</b>
2.1.Агрономические свойства дерново-подзолистых почв.....	83
2.2.Агрономические свойства серых лесных почв.....	88
<i>Лабораторная работа 6. Агрономическая оценка дерново-подзолистых и серых лесных почв (решение задач) .....</i>	90
<b>3. АГРОНОМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ.....</b>	<b>97</b>
<i>Лабораторная работа 7. Агрономическая оценка черноземов (решение задач) .....</i>	102
<b>4. АГРОНОМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ.....</b>	<b>105</b>
<i>Лабораторная работа 8. Агрономическая оценка засоленных почв (решение задач) .....</i>	110
<b>5. БОНИТИРОВКА ПОЧВ .....</b>	<b>112</b>
<i>Лабораторная работа 9. Методы бонитировки почв (решение задач) .....</i>	119
<b>6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ .....</b>	<b>139</b>
<b>ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ .....</b>	<b>149</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>156</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>157</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>162</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Агропочвоведение как прикладное направление почвоведения является важнейшей дисциплиной при подготовке почвоведов, агрохимиков, агроэкологов, агрономов, инженеров землеустроителей и составляет теоретическую основу их практической деятельности. Для учета земельных фондов, рационального проектирования сельскохозяйственных объектов необходимо использовать почвенные карты, сведения о свойствах почв и рекомендации по повышению почвенного плодородия. Знание основных свойств почв необходимо при разработке мероприятий по борьбе с водной эрозией, с заболачиванием, подкислением, засолением и другими видами деградации почв, разработки мероприятий по повышению почвенного плодородия [Самофалова И.А., 2021].

В структуре учебного плана преподавание курса «Агропочвоведение» предусматривает рассмотрение студентами направления «Агрохимия и агропочвоведение» азов науки о почве, как связующем звене между элементами агроценозов. Актуальность познания почвы определяется тем, что она во многом обусловливает развитие, жизнь, эволюцию тех или иных растительных и животных организмов, состояние биосфера в целом и ее отдельных составляющих. В частности ее влияние проявляется в биохимическом преобразовании верхних слоев атмосферы, в передаче аккумулированной солнечной энергии в глубокие части литосферы, в защите последней от чрезмерной эрозии. Она во многом определяет состояние гидросферы, атмосферы, и поэтому не случайно В.В. Докучаев назвал почву «зеркалом ландшафта».

Большая роль дисциплины определяется тем, что данные о почве широко используются практически во всех областях народного хозяйства. Особое значение принадлежит почве в сельском и лесном хозяйстве, решении вопросов охраны окружающей среды. Учение об экологических функциях приводит почвоведение к тесному контакту с агрохимией. Возникает союз наук для восстановления редуцированных экологических функций почв. Так как функция продуктивности почв наиболее важна для человека при сельскохозяйственном производстве, то агрохимия, почвоведение и земледелие призваны наиболееrationально решить эту проблему. Особенностью изучения дисциплины является то, что восприятие ее отдельных разделов студентами определяется уровнем их знаний смежных дисциплин и, прежде всего; геологии, ботаники, биологии, географии, химии.

### **Задачи:**

- развить у студентов навыки агрономической оценки физических, водно-физических физико-химических свойств почв, водно-воздушного и теплового режимов;

- обеспечить знания приемов и средств их регулирования;
- выработать у студентов умение анализировать структуру почвенного покрова и выявлять факторы, лимитирующие плодородие почв, оценивать возможность и определять способы использования почв основных природных зон, устанавливать характер их изменения под влиянием различных приемов использования;
- обучить студентов методам мелиоративной оценки переувлажненных, засоленных, солонцовых почв, приемам их химической и агротехнической мелиорации и рационального использования;
- выработать у студентов способность оценивать и прогнозировать процессы деградации почв, разрабатывать меры по их предупреждению, давать оценку системам земледелия и агротехнологий и их влияния на свойства и режимы почв, вырабатывать решения по их оптимизации;
- обеспечить способность студентов выполнять работы по бонитировке почв, группировать земли в соответствии с их ландшафтно-экологической классификацией, владеть методами почвенных и почвенно-мелиоративных изысканий и интерпретации их результатов, осуществлять подбор сельскохозяйственных культур в соответствии с почвенно-ландшафтными условиями, ориентироваться в природоохранном законодательстве и осуществлять мероприятия по охране почв.

Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту, область профессиональной деятельности бакалавров направления «Агрохимия и агропочвоведение» включает: почвенные, агрохимические, агроэкологические исследования и разработки, направленные на рациональное использование и сохранение агроландшафтов при производстве продукции растениеводства; контроль за состоянием, окружающей среды и соблюдением экологических регламентов производства и землепользования; агроэкологическую оценку земель сельскохозяйственного назначения и обоснование методов их рационального использования; разработку экологически безопасных технологий производства продукции растениеводства и воспроизводства плодородия почв [Макаров В.И., 2014].

Данный практикум поможет студентам разобраться в сложных вопросах науки о почве и ее содружестве с агрономической химией и земледелием.

## АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ. ЗАДАЧИ. АГРОНОМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

**Агрономическое почвоведение (агропочвоведение)** – наука, изучающая почвенные процессы и изменяющиеся свойства почв, происходящие под воздействием агротехнических мероприятий и их влияние на культурные растения.

Можно также обозначить, что агропочвоведение – наука:

- 1) о почвах и их взаимосвязи с растениями;
- 2) закономерностях функционирования и эволюции, вовлеченных в сельскохозяйственное производство (пахотных) почв и выявлении путей их рационального использования;
- 3) почвенном плодородии;
- 4) приемах его расширенного воспроизводства и окультуривания почв.

**Агропочвоведение** – является разделом общего почвоведения, изучающим способы создания и поддержания эффективного плодородия почвы и его условий.

*Практические и научно-исследовательские проблемы для агропочвоведения:*

- 1) в пахотных почвах наблюдается постоянное снижение содержания гумуса, ухудшаются их биологические свойства;
- 2) нерегулируемое применение средств химизации стало причиной накопления в почвах и грунтовых водах остатков минеральных удобрений и ядохимикатов, изменения биогеохимических потоков и загрязнения природных объектов;
- 3) агроэкосистемы, утратившие видовое разнообразие, своеобразное естественным, превратились в простые одновидовые, а следовательно, и неустойчивые сообщества. Поддерживание их состояния, которое обеспечивает необходимый уровень урожайности, с каждым годом требует все больших и больших затрат;
- 4) в целом воздействие сельскохозяйственного производства на окружающую среду стало настолько сильным, что это может быть причиной подрыва плодородия пахотных земель в будущем и постепенной деградации отдельных структурных компонентов агроландшафтов.

Неконтролируемое использование средств химизации явилось причиной ухудшения качества продукции сельского хозяйства. В ней могут обнаруживаться нитраты, химические элементы, содержащиеся

в удобрениях, остатки ядохимикатов. Снизилась ее биологическая полноценность. Это проявляется в неблагоприятных изменениях в аминокислотном составе, снижении содержания витаминов, сахаров, различных биологически активных веществ. Употребление таких продуктов питания населением, проживающим в условиях сильного техногенного загрязнения, снижает устойчивость человеческого организма к действию неблагоприятных факторов.

### *Основные агрономические свойства почв*

**Агрономические свойства почвы** – свойства, совокупность которых определяет плодородие почвы. Обеспечивают растения: элементами питания, водой, воздухом, теплом и другими элементами жизни. В целом можно выделить следующие основные агрономические свойства почв.

#### **I. Агрофизические свойства почв:**

- 1) гранулометрический состав почв;
- 2) структура почв;
- 3) плотность сложения и плотность твердой фазы;
- 4) пористость почв (общая и аэрации).

**II. Химические (агрохимические) и физико-химические свойства почв** – это совокупность химических свойств почвы, определяющих режим питательных веществ, превращение внесенных удобрений и условия питания растений:

- 1) гумусное состояние (органическое вещество почвы);
- 2) пищевой режим почв (содержание элементов минерального питания);
- 3) реакция среды ( $\text{pH}$ ).
- 4) поглотительная способность почв (катионаобменные свойства почв)

#### **III. Вода в почве. Водные и водно-физические свойства почв:**

- 1) источники влаги в почве;
- 2) почвенно-гидрологические константы;
- 3) водные свойства почв.

#### **IV. Биологические свойства почв:**

- 1) биогенность почвы;
- 2) биологическая активность (продуцирование углекислого газа);
- 3) ферментативная активность почв.

# **1. АГРОНОМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ**

## **1.1. Агрономическое значение гранулометрического состава почв**

*Основные понятия по теме «Гранулометрический состав почв»*

*Гранулометрический состав почвы* – фундаментальное свойство почвы, т. е. от него зависят многие другие почвенные свойства (физические, химические, биологические, физико-химические и др.).

Твердая фаза почв формируются при выветривании горных пород. Она представлена частицами (обломками) первичных и вторичных минералов, органического вещества (гумуса) и органо-минеральных соединений. Все эти частицы называются *механическими элементами*. В почве они находятся в раздельно-частичном состоянии, либо в виде агрегатов разной величины и формы. Размеры механических элементов различаются, что связано с особенностями почвообразовательных процессов.

Частицы разного размера определяют и особые свойства почвы. Эти свойства меняются довольно отчетливо, а иногда и резко, что послужило основанием для разделения их на *группы* или *фракции*. Такая группировка называется ***классификацией механических элементов***.

В России наибольшее распространение и признание получила классификация Н.А. Качинского. Эта классификация играет такое же большое значение, как периодическая система Д.Н. Менделеева в химии.

Рассмотрим несколько классификаций механических элементов по размерам:

*Первая классификация* –

- частицы размером более 1 мм: скелет почвы;
- частицы размером менее 1 мм: мелкозем.

*Вторая классификация* наиболее важная, на ее основе почвы классифицируются по гранулометрическому составу:

- частицы размером более 0,01 мм называют: физический песок;
- частицы размером менее 0,01 мм: **физическая глина**.

Все главнейшие свойства почв особенно резко изменяются на «переходе» размера частиц через 0,01 мм.

*Третья классификация Н.А. Качинского представлена в таблице 1.*

Таблица 1 – Классификация механических элементов почвы

Фракция	Размер частиц, мм	Группа фракций
Камни	> 3	Скелет почвы
Гравий	3–1	
Песок:		Физический песок
крупный	1–0,5	
средний	0,5–0,25	
мелкий	0,25–0,05	
Пыль:		Физическая глина
<b>крупная</b>	<b>0,05–0,01</b>	
средняя	0,01–0,005	
мелкая	0,005–0,001	
Ил:		
грубый	0,001–0,0005	
тонкий	0,0005–0,0001	
коллоиды	< 0,0001	

Важно понимать, что фракции механических элементов оказывают существенное влияние и часто разнонаправленное влияние на агрономические свойства. Поэтому, для понимания этого воздействия необходимо знать не только гранулометрический состав почвы (разновидность), но и какие фракции преобладают (дополнительное название разновидности). Очевидно, что доминирующие фракции механических элементов будут оказывать наиболее существенное влияние на весь комплекс агрономических свойств почвы. Рассмотрим основные характеристики фракций механических элементов.

### *Свойства фракций механических элементов*

**Песчаная фракция (1–0,25 мм)** состоит из обломков разных горных пород и минералов, среди которых чаще всего преобладает кварц и полевые шпаты. Пески имеют очень высокую водопроницаемость, свободно фильтруют воду, не набухают, не пластичны. Эти их свойства повсеместно используются при заполнении различных выемок, например, канав и траншей, где недопустима усадка грунта.

**Фракция крупной пыли (0,25–0,001 мм)** по минералогическому составу мало отличается от песчаной, поэтому обладает многими свойствами песка: не пластична, очень слабо набухает, имеет низкую влагоемкость.

**Средняя пыль (0,01–0,005 мм)** в своем составе содержит много слюды. Слюды придают фракции некоторую пластичность и связанность. Средняя пыль уже более дисперсна, чем предыдущие крупные фракции. Например, 1 г частиц этой фракции имеет удельную поверхность около  $2000 \text{ см}^2$ . Поэтому средняя пыль лучше удерживает влагу и обладает слабой водопроницаемостью. Характерна неспособность частиц к коагуляции и структурообразованию. Почвы, в которых преобладает фракция средней пыли, легко распыляются, склонны к уплотнению и образованию сплошной корки.

**Тонкая пыль (0,005–0,001 мм)** характеризуется относительно высокой дисперсностью. Кусочки горных пород отсутствуют, характерно наличие минералов как первичных, так и вторичных. Заметно резкое уменьшение количества кварца. Появляются свойства, не присущие крупным фракциям: способность к коагуляции и структурообразованию. Фракция тонкой пыли уже может содержать органические вещества. В неструктурных почвах присутствие этой фракции способствует развитию явлений набухания, усадки, низкой водопроницаемости, липкости, трещиноватости, плотного сложения.

**Ил (< 0,001 мм)** состоит преимущественно из вторичных глинистых минералов, гумусовых и органоминеральных веществ. Все коллоиды почвы входят в состав этой фракции. Илистые частицы обладают громадной поверхностной энергией, так 1 г частиц имеет удельную поверхность около  $20\ 000 \text{ см}^2$ . Илистую фракцию называют плазмой почвы. Это главный участник практически всех происходящих в почве процессов.

Содержание ила предопределяет многие генетические характеристики почвы. Связь с илом характерна для запасов гумуса, поглощенных оснований, глубины появления карбонатов. В илистой фракции почв сосредоточен почти весь гумус. Здесь главным образом сконцентрированы азот и фосфор, а также многие жизненно необходимые для растений элементы.

От количества ила, содержащегося в почвах, и его способности к агрегированию во многом зависят физические свойства почв, их влагоемкость и структурное состояние, водопроницаемость. Ил – главный поглотитель, абсорбент многих тонкодисперсных веществ, в том числе и загрязнителей окружающей среды, различных катионов, включая как элементы-биофилы, так и тяжелые металлы, и радиоак-

тивные элементы. Физические и водно-физические свойства фракции ила зависят от состояния дисперсности частиц. Скоагулированные оструктуренные частицы ила придают почвам в высшей степени экологически оптимальные условия влаго- и воздухообеспеченности биологических объектов. Наоборот, бесструктурный дезагрегированный ил превращается в твердую сплошную массу, где нет места ни свободному воздуху, ни доступной живым организмам влаги. Это сплошная, вязкая, липкая, набухающая при увлажнении и сильно растрескивающаяся при высыхании глинистая масса.

Итак, **гранулометрический состав почвы** это относительное содержание в почве частиц разного размера или – процентное соотношение между физическим песком и физической глиной

В таблице 2 представлена классификация почв по гранулометрическому составу.

**Таблица 2 – Классификация почв по гранулометрическому составу  
(по Н.А. Качинскому)**

Содержание физической глины, % (сумма частиц менее 0,01 мм)	Название почвы по гранулометрическому составу <b>(основное наименование разновидности)</b>
Песчаные почвы (легкие)	
0–5	Рыхлопесчаная (песок)
5–10	Связнопесчаная (песок)
10–20	Супесчаная (супесь)
Суглинистые почвы	
20–30	Легкосуглинистая (легкий суглинок)
30–40	Среднесуглинистая (средний суглинок)
40–50	Тяжелосуглинистая (тяжелый суглинок)
Глинистые почвы (тяжелые)	
50–65	Легкоглинистая (глина)
65–80	Среднеглинистая (глина)
80–100	Тяжелоглинистая (глина)

Чем больше физической глины в твердой фазе почв, тем тяжелее их обрабатывать, поэтому в агрономии различают **тяжелые и легкие почвы**.

Напомним, что гранулометрический состав в полевых условиях можно определить мокрым способом, суть которого представлена на рисунке 1.



*Рисунок 1 – Внешний вид образцов почвы в зависимости от её гранулометрического состава*

*Агрономическое значение гранулометрического состава почв*  
**Гранулометрический состав** – это важный качественный показатель продуктивности земель.

В зависимости от гранулометрического состава почв меняются:

- 1) условия обработки почвы;
- 2) сроки полевых работ;
- 3) нормы вносимых удобрений;
- 4) условия тепло- и влагообеспеченности;
- 5) сельскохозяйственные культуры.

**Легкие почвы.** Это песчаные и супесчаные почвы по гранулометрическому составу. Легко поддаются обработке и поэтому исторически их называют легкими. Обладают хорошей водопроницаемостью.

стью, быстро прогреваются (теплые почвы); благодаря крупным порам – хорошо обеспечены воздухом (высокое воздухосодержание). Разложение послеуборочных остатков и органических удобрений в пахотном слое легких почв происходит быстро.

Легкие почвы, по сравнению с тяжелыми, меньше подвергаются процессам водной эрозии, так как влага быстро впитывается и поверхностный сток бывает незначительным.

***Однако легкие почвы обладают рядом отрицательных свойств:***

- 1) из-за низкой влагоемкости на песчаных и супесчаных почвах, даже во влажных районах, растения страдают от недостатка влаги;
- 2) легкие почвы бедны гумусом и лабильным органическим веществом;
- 3) минеральные вещества вымываются глубоко вниз, в грунтовые воды, вследствие низкой поглотительной способности песков;
- 4) при внесении больших доз удобрений подобный процесс может вызвать потери элементов питания и загрязнение гидросферы;
- 5) легкие почвы наиболее подвержены ветровой эрозии;
- 6) износ почвообрабатывающих орудий более значительный [Павлов А.Г., 2015].

**Тяжелые почвы.** В сравнении с легкими медленно прогреваются весной, позднее поспевают к обработке, поэтому их называют холодными. Эти почвы трудно поддаются обработке сельскохозяйственными орудиями, поэтому их называют тяжелыми.

Тяжелосуглинистые и глинистые почвы отличаются более высокой связностью и влагоемкостью, лучше обеспечены питательными веществами, богаче гумусом. Но они плохо пропускают воду и воздух, легко заплываются после дождей и образуют плотную корку (см. рис. 2).



*Рисунок 2 – Влияние почвенной корки на прорастание растений*

Разложение послеуборочных остатков на тяжелых почвах происходит медленно, вследствие чего медленно пополняются запасы элементов минерального питания растений. Однако вымывание элементов питания в нижние слои почвы здесь незначительное.

Как легкие песчаные, так и тяжелые глинистые почвы являются крайними типами и имеют ряд недостатков. Лучшими являются почвы, состоящие из смеси песчаных и глинистых механических элементов – легко- и среднесуглинистые. В них наиболее благоприятно складывается сочетание теплового, водного, воздушного и питательного режимов.

Таким образом, гранулометрический состав оказывает большое влияние на такие агрономические свойства почвы, как:

- 1) влагоемкость;
- 2) водопроницаемость;
- 3) структурность;
- 4) плотность;
- 5) пористость;
- 6) связность;
- 7) липкость;
- 8) пластичность;
- 9) воздухоемкость;
- 10) теплоемкость;
- 11) поглотительную способность;
- 12) накопление в почве гумуса и другие.

В общем виде можно представить влияние гранулометрического состава на различные свойства почв в виде следующей схемы (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние гранулометрического состава на свойства почвы

Свойства почв	Легкие почвы (песчаные, супесчаные)	Тяжелые почвы (глинистые, тяжелосуглинистые)
1	2	3
Минералогический состав	Первичные (кварц, слюда, полевые шпаты)	Вторичные (глинистые)
Водные:		
влагоемкость	Низкая	Высокая
водопроницаемость	Высокая	Низкая (но в структурных – оптимальная)

*Окончание табл. 3*

1	2	3
водоподъемная способность	Слабее	Выше
поглотительная способность	Низкая	Высокая
Режим питания:		
азот	Невысокое	Высокое (возможен дефицит в связи с холодным периодом весны)
фосфор	Менее высокое	Более высокое
калий	Меньше	Высокое
Способность к структурообразованию	Слабее	Выше
Способность к гумусообразованию	Слабее	Выше
Биологическая активность	Слабее	Выше

*Требования сельскохозяйственных культур  
к гранулометрическому составу почв*

Традиционно при оценке требований культур к физическим условиям почв основное внимание уделяется отношению их к гранулометрическому составу.

Учитывая влияние гранулометрического состава на свойства почв и требования к ним сельскохозяйственных культур, необходимо правильно размещать посевы.

Такие культуры как **яровая пшеница, ячмень, горох** довольно требовательны к условиям произрастания и хорошо развиваются только на почвах средних по гранулометрическому составу (легко- и среднесуглинистых).

**Картофель, арбуз, эспарцет** предпочитают легкие супесчаные почвы. Предпочитают легкие почвы также озимая рожь, люпин.

Долгое время гранулометрический состав использовался в качестве интегральной характеристики физических свойств почв. Большинство растений отличает экологическая приуроченность к определенным категориям почв по гранулометрическому составу, а для некоторых она весьма специфична [Кирюшин В.И., 2015].

**Почвы более легкого гранулометрического состава** предпочтительнее, если сельскохозяйственные культуры формируют урожай

подземных органов (луковичные, корнеплоды) и не требуют высоко-гумусированной почвы.

**Средний гранулометрический состав**, при условии достаточного содержания гумуса в почве, подходит большинству растений.

**Почвы тяжелого гранулометрического состава** предпочитают сравнительно немногие культуры.

В целом отношение растений к гранулометрическому составу почв можно оценить по данным таблицы 4.

**Таблица 4 – Отношение сельскохозяйственных культур к гранулометрическому составу почв (по В.Ф. Валькову, 1986)**

Гранулометрический состав почв	Растения, предпочитающие почвы по гранулометрическому составу
Песчаные и супесчаные	Озимая рожь, картофель, арбуз, дыня, тыква, эспарцет, люцерна желтая
Средне- и легкосуглинистые почвы	Сорго, овес, просо, гречиха, ячмень, соя, подсолнечник, фасоль, горох, томат, картофель
Тяжелосуглинистые и глинистые <b>(структурные)</b>	Пшеница, ячмень, кукуруза, соя, подсолнечник, лен, клевер
Тяжелосуглинистые и глинистые <b>(малоструктурные)</b>	Рис, донник

Также предлагается следующая система требований культур к гранулометрическому составу (табл. 5).

**Таблица 5 – Реакция сельскохозяйственных культур на гранулометрический состав почв**

Культуры	Почвы по гранулометрическому составу	
	более благоприятные	могут переносить
1	2	3
<i>Полевые культуры</i>		
Яровая пшеница	Среднесуглинистые тяжелосуглинистые	Легкосуглинистые легко-, среднеглинистые
Ячмень	Среднесуглинистые тяжелосуглинистые	Среднеглинистые
Овес	Легкосуглинистые, среднесуглинистые тяжелосуглинистые среднеглинистые	Тяжелоглинистые

*Окончание табл. 5*

1	2	3
Кукуруза	Легкосуглинистые, среднесуглинистые	Тяжелосуглинистые супесчаные
<i>Овощные культуры</i>		
Лук, чеснок, морковь, петрушка, перец, ды- ня, пастернак	Легкосуглинистые супесчаные	Среднеглинистые тяжелоглинистые гравийная каменистая
Огурцы, томаты, ка- пуста цветная, бело- кочанная, горох, фа- соль, лук порей	Легкосуглинистые, среднесуглинистые	Среднеглинистые тяжелоглинистые гравийная каменистые
Свекла, капуста са- войская, кольраби, сельдерей, редька	Среднесуглинистые тяжелосуглинистые	Песчаные супесчаные гравийная каменистая
Картофель	Супесчаные легкосуглинистые гравийная	Тяжелосуглинистые среднеглинистые тяжелоглинистые
<i>Ягодные культуры</i>		
Земляника	Супесчаные легкосуглинистые среднесуглинистые	Среднеглинистые тяжелоглинистые каменистые
Малина	Легкосуглинистые, среднесуглинистые	Песчаные среднеглинистые тяжелоглинистые каменистые
Смородина	Легкосуглинистые среднесуглинистые тяжелосуглинистые	песчаные тяжелоглинистые гравийная каменистые

Сопоставляя многочисленные данные по гранулометрическому составу почв и урожайности зерновых культур в зональном аспекте, Н.А. Качинский разработал десятибалльную систему оценки основных типов и подтипов почв (табл. 6).

Таблица 6 – Примерная оценка гранулометрического состава почв для зерновых культур (по Н.А. Качинскому)

Почвы	Оценка по гранулометрическому составу почв, баллы						
	Глинистые	Тяжелосуглинистые	Среднесуглинистые	Легкосуглинистые	Супесчаные	Песчаные мелко-зернистые, связные	Песчаные крупно-зернистые, рыхлые
Глееподзолистые	4	6	8	10	8	5	3
Подзолистые	5	6	8	10	8	5	3
Дерново-подзолистые	6	7	10	8	6	4	2
Серые лесные	8	10	9	7	6	4	2
Черноземы типичные (выщелоченные)	10	9	8	6	4	3	1
Черноземы южные	9	10	8	7	5	3	1
Каштановые	7	9	10	8	6	3	1

Наиболее высоким бонитетом среди подзолистых почв характеризуются легкосуглинистые разновидности, довольно близки к ним супесчаные в переувлажненных и холодных районах. Данные категории почв более теплые, лучше прогреваются, более водопроницаемы, спелывают раньше, чем глинистые и тяжелосуглинистые, легче обрабатываются. На более южных дерново-подзолистых почвах наивысший бонитет отмечается у среднесуглинистых разновидностей. Из серых лесных высшую оценку получают тяжелосуглинистые почвы, из черноземов – глинистые разновидности, наиболее гумусированные и оструктуренные, где негативные стороны высокого содержания глинистых частиц компенсируются их хорошей агрегированностью.

# *Лабораторная работа 1*

## **ОЦЕНКА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ**

### *Задания*

#### **Содержание работы:**

1. Определите основное и дополнительное название разновидностей горизонтов почвы по гранулометрическому составу.

Таблицу с вариантом задания, выданного преподавателем, заносить в тетрадь не нужно.

#### *Образец выполнения индивидуальной работы*

*В качестве примера, рассмотрим образец выполнения задания на примере следующей таблицы (табл. 7).*

*Таблица 7 – Гранулометрический состав дерново-подзолистой почвы*

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций, %					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
A <sub>1</sub>	0–20	7,5	12,5	35,6	12,5	8,2	23,7

*Основное наименование почвы или горизонта по гранулометрическому составу дается, исходя из процентного содержания физической глины, т. е. суммы частиц менее 0,01 мм (см. табл. 2). В предлагаемом примере сумма частиц менее 0,01 мм равна: 6,6 + 8,2 + 11,7 = 26,5 %.*

**Основное название разновидности** (гранулометрический состав почвы) – легкий суглинок (легкосуглинистая).

**Дополнительное название разновидности** – определяется по количеству двух преобладающих фракций (%). На втором месте (в конце) в названии ставится имя доминирующей фракции.

*В нашем примере: иловато-крупнопылеватая.*

*Информацию представьте по форме следующей таблицы 8.*

*Таблица 8 – Наименование основного и дополнительного названия разновидности (вставьте название вашей почвы)*

<i>Горизонт</i>	<i>Глубина, см</i>	<i>Физическая глина, % &lt; 0,01 мм</i>	<i>Основное название разновидности (гранулометрический состав почвы)</i>	<i>Дополнительное название разновидности</i>
<i>A<sub>1</sub></i>	0–20	44,4	<i>тяжелый суглинок</i>	<i>иловато-крупнопылеватая</i>

2. Ответьте на контрольный вопрос.

3. Подберите для предлагаемых сельскохозяйственных культур оптимальные по гранулометрическому составу почвы, указанные в задании. Занесите информацию по форме таблицы 9.

*Таблица 9 – Оптимальный гранулометрический состав для сельскохозяйственных культур*

<i>Поле с гранулометрическим составом почвы</i>	<i>Возможные сельскохозяйственные культуры</i>
<i>Супесчаные</i>	<i>картофель, морковь</i>
<i>Среднесуглинистые</i>	<i>ячмень, кукуруза</i>
<i>Глинистые</i>	<i>овес</i>

## **Индивидуальные задания к разделу**

### **Вариант 1**

1. Гранулометрический состав лугово-черноземной почвы

<i>Горизонт</i>	<i>Глубина взятия образца, см</i>	<i>Содержание фракций, % (размер частиц, мм)</i>					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
A	0–10	0,5	15,5	47,1	6,9	8,9	21,1
A'	10–40	0,2	12,5	31,1	10,3	9,9	19,1
B	50–70	0,5	39,1	2,4	14,1	12,4	23,7
B	107–119	0,8	47,2	26,1	3,2	5,2	9,2
C	120–137	1,9	49,1	13,1	4,3	11,0	13,1

2. Какую фазу почвы характеризует гранулометрический состав почв? Дайте определение гранулометрического состава. Понятие «механический элемент». Дайте классификацию механических элементов.

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Перец, капуста цветная
	Яровая пшеница, кукуруза
	Картофель

## Вариант 2

1. Гранулометрический состав чернозема выщелоченного

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
Апах	0–16	15,8	11,8	20,0	19,7	15,5	17,2
А	20–25	19,1	16,2	24,5	10,9	10,7	18,6
В	50–55	10,7	10,8	34,9	9,0	11,8	22,9
Вк	65–70	7,0	14,7	37,8	7,0	7,1	26,4
Ск	185–190	4,3	32,9	14,7	8,0	5,8	34,3

2. Какие почвы относят к тяжелым и легким по гранулометрическому составу? Почему? Назовите свойства песчаной и пылеватой фракции. Равноценны ли понятия «гранулометрический состав почв» и «механический состав почв»?

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Морковь, фасоль
	Овес, кукуруза
	Свекла

### **Вариант 3**

1. Гранулометрический состав чернозема выщелоченного

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
A	0–15	2,9	34,5	9,4	9,0	8,1	31,2
AB	20–30	2,3	32,2	11,8	5,9	10,6	33,4
B	30–40	0,6	22,9	18,8	9,2	8,4	35,6
B	40–60	1,4	20,5	25,0	5,0	8,4	34,8
ВСк	70–80	0,3	17,3	26,6	7,4	6,6	32,7

2. Назовите, какая фракция механических элементов обуславливает наиболее высокое потенциальное плодородие? Почему? Поясните смысл пословицы: «На глинистых почвах песок равносителен навозу».

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Чеснок, огурцы
	Картофель, малина
	Донник

### **Вариант 4**

1. Гранулометрический состав чернозема выщелоченного

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
Апах	0–18	2,9	8,6	20,9	6,6	16,3	44,7
A	25–30	1,9	4,8	25,2	11,7	15,2	41,2
B	50–55	1,5	7,2	25,2	9,8	18,4	37,9
Вк	75–80	2,3	8,6	26,2	7,2	12,2	43,5
Ск	145–150	2,2	10,3	21,7	10,9	17,2	37,7

2. Какие частицы почвы обладают большей структурообразующей способностью? Почему? Поясните разницу между понятием «гранулометрический состав» и «структурой почвы».

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Соя, лен
	Овес, яровая пшеница
	Дыня

### Вариант 5

1. Гранулометрический состав чернозема обыкновенного

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
Апах	0–10	2,4	8,8	36,5	11,0	19,7	21,6
А	20–25	2,3	8,9	34,8	8,1	17,8	28,1
Вк	30–35	2,2	9,1	33,9	7,4	20,2	30,7
Вк	60–65	1,3	11,6	33,1	6,7	14,4	28,5
Ск	170–175	1,4	10,9	31,9	10,3	20,6	24,5

2. Как называется группа частиц  $< 0,01$  мм? Назовите классификацию почв по гранулометрическому составу. Как определяется дополнительное название разновидности? Приведите пример.

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Томаты, лук порей
	Земляника, капуста савойская
	Клевер

## **Вариант 6**

1. Гранулометрический состав светло-серой лесной почвы

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25 0,05	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001
A <sub>1</sub>	0–10	7,1	20,5	40,7	9,9	11,1	11,2
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	10–25	4,7	20,4	43,9	7,3	8,2	15,4
B	25–40	4,5	18,9	35,2	6,1	11,6	24,5
B	45–55	2,8	19,1	36,6	5,5	6,3	33,9
BC	60–90	2,3	12,6	33,4	5,4	6,2	37,7

2. Почему гранулометрический состав является фундаментальным свойством почвы? Обоснуйте ответ и приведите примеры. Можно ли изменить гранулометрический состав почвы при помощи обработки (вспашки, культивации и т. п.)?

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Картофель, капуста белокочанная
	Чеснок, земляника
	Гречиха

## **Вариант 7**

1. Гранулометрический состав чернозема южного

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25 0,05	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001
A	0–12	22,1	41,6	7,6	12,4	2,8	10,6
A	13–25	13,9	41,6	8,5	1,5	2,9	30,3
B <sub>K</sub>	35–45	40,8	38,7	3,8	0,8	1,7	5,0
B <sub>K</sub>	60–70	34,4	40,8	4,1	1,0	2,4	5,9
BC <sub>c</sub>	80–90	34,2	38,6	3,6	1,2	1,8	15,4

2. Какие почвы по гранулометрическому составу будут иметь более высокую поглотительную способность (ПСП)? Почему? Какие свойства почвы также оказывают существенное влияние на ПСП?

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Соя, кукуруза
	Овес, ячмень
	Подсолнечник

### Вариант 8

1. Гранулометрический состав дерново-подзолистой почвы

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)						
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	1–0,25
A <sub>1</sub>	0–18	3,3	3,4	15,8	29,0	17,8	12,3	18,0
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	20–25	3,9	2,8	14,6	10,5	20,6	9,7	7,6
A <sub>2</sub> B	27–31	2,2	3,2	13,4	34,0	20,3	11,6	14,5
B	36–52	1,5	2,6	13,5	36,3	13,1	11,5	21,2
B	59–76	1,8	1,7	14,8	33,8	11,0	13,2	23,4

2. Что означает понятие «глинистые почвы» по гранулометрическому составу? Возможна ли черная (темно-серая) окраска таких почв? Какова влагоемкость таких почв? Назовите отрицательные стороны таких почв.

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Эспарцет
	Лен, ячмень
	Томаты, редька

## **Вариант 9**

### **1. Гранулометрический состав серой лесной почвы**

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
A <sub>0</sub>	0–12	12,8	61,3	1,4	9,4	0,7	14,5
A <sub>1A<sub>2</sub></sub>	12–19	6,6	65,4	2,8	6,1	10,4	8,7
A <sub>2B</sub>	19–28	12,0	56,9	8,9	5,9	2,2	14,1
B	35–45	8,5	67,3	2,4	7,3	4,9	9,7
B	45–59	10,5	44,7	7,2	10,5	8,7	18,4

2. Какие почвы по гранулометрическому составу будут обладать большим потенциальным плодородием? Почему?

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Лук порей, свекла
	Просо, кукуруза
	Яровая пшеница

## **Вариант 10**

### **1. Гранулометрический состав чернозема выщелоченного**

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
Апах	0–24	1,1	13,5	35,7	16,8	18,7	14,2
А	26–38	1,2	13,5	28,9	10,9	20,8	24,7
В	40–50	1,1	12,5	23,9	11,4	16,6	34,5
Вк	65–78	1,1	14,4	22,7	10,6	16,0	35,2
Вк	120–130	3,8	23,2	20,0	8,5	17,5	27,1

2. Возможно ли при помощи вносимых минеральных и органических удобрений изменить гранулометрический состав? Если да, то, каким образом?

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	яровая пшеница, картофель
	лук, чеснок, земляника
	подсолнечник

## **Вариант 11**

1. Гранулометрический состав таежной дерновой почвы

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
A <sub>2</sub>	5–10	47,6	33,4	5,3	1,0	2,1	4,4
B	10–20	37,4	40,4	9,7	1,0	4,9	2,8
BC	30–40	33,1	46,5	9,2	0,6	4,2	2,5
C	80–90	23,0	44,7	18,7	2,2	3,9	0,5
C	170–180	24,4	52,5	9,8	0,8	3,2	0,9

2. На каких почвах по гранулометрическому составу можно раньше приступать к сельскохозяйственным работам и почему?

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Гречиха
	Картофель, эспарцет
	Донник, овес

## **Вариант 12**

1. Гранулометрический состав чернозема карбонатного

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
А <sub>к</sub>	0–20	—	18,8	22,8	9,2	26,7	22,5
В <sub>к</sub>	25–35	—	38,0	18,9	5,6	16,9	20,6
В <sub>к</sub>	48–60	—	32,1	18,5	7,8	18,5	23,1
В <sub>к</sub>	80–90	—	26,1	20,0	11,5	16,1	26,8
С <sub>к</sub>	120–140	—	17,2	19,2	11,3	20,7	31,7

2. В каких почвах по гранулометрическому составу преобладают первичные, а в каких вторичные минералы? Перечислите эти минералы в почве. Приведите примеры влияния названных минералов на свойства почв?

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Морковь, лук порей
	Яровая пшеница, овес
	Соя

## Вариант 13

1. Гранулометрический состав чернозема оподзоленного

Горизонт	Глубина взятия об- разца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1– 0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001
Апах	0–10	0,5	3,7	2,4	9,9	19,0	46,1
A <sub>2</sub> B	40–50	0,4	3,5	29,8	8,2	17,3	40,8
В	80–90	0,3	2,5	20,1	10,1	17,5	49,4
ВС	100–110	0,3	1,8	19,5	12,3	15,1	50,4
Ск	140–150	0,4	2,8	17,1	10,6	15,9	53,0

2. Какие почвы по гранулометрическому составу будут обладать большей влагоемкостью, и какие более высокой водопроницаемостью? Обоснуйте ответ. Какие из них будут наиболее биологически активны?

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Сорго, подсолнечник
	Ячмень, клевер
	Озимая рожь

## Вариант 14

1. Гранулометрический состав дерново-подзолистой почвы

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001
A <sub>1</sub>	0–20	12,9	6,7	44,1	12,5	16,5	4,4
A <sub>2</sub>	27–48	10,3	7,9	42,3	10,0	10,3	6,5
A <sub>2</sub> B	48–55	7,4	8,5	47,1	10,9	15,4	7,4
В	55–65	6,4	7,4	47,9	10,8	12,2	10,6
C	65–90	6,5	7,7	48,0	11,1	12,4	10,8

2. Почему плотность твердой фазы песчаных почв больше, чем у глинистых? Какой почвенный параметр(ы) «играет» здесь ключевую роль?

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Кукуруза, свекла
	Огурцы, горох
	Донник

### Вариант 15

1. Гранулометрический состав серой лесной почвы

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
A <sub>1</sub>	2–8	6,9	19,3	17,3	8,3	11,8	30,5
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	10–20	5,6	29,0	18,2	6,5	17,7	19,6
A <sub>2</sub> B	25–35	5,2	18,8	16,3	6,8	27,5	21,3
B	50–60	5,5	18,0	13,6	6,0	17,5	34,2
C	80–90	5,7	20,8	13,8	8,0	9,9	37,5

2. Назовите положительные и отрицательные стороны тяжелых по гранулометрическому составу почв? Перечислите возможные приемы окультуривания этих почв.

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Просо, овес
	Горох, ячмень
	Арбуз, тыква

### Вариант 16

1. Гранулометрический состав светло-серой лесной почвы

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001
Апах	0–10	4,6	17,3	55,3	5,1	6,4	10,6
А <sub>1</sub> А <sub>2</sub>	40–50	3,5	16,4	42,8	4,1	3,4	28,5
В	80–90	0,7	9,5	56,0	2,1	3,2	27,0
ВС	100–110	3,9	13,9	49,9	2,9	2,4	25,5
С	140–150	6,7	50,7	17,9	2,2	2,0	19,5

2. Назовите положительные и отрицательные стороны легких по гранулометрическому составу почв? Перечислите возможные приемы окультуривания этих почв.

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Озимая рожь, картофель
	Гречиха, соя
	Клевер

## Вариант 17

### 1. Гранулометрический состав чернозема солонцеватого

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001
A	0–5	0,7	26,8	26,3	6,7	14,4	21,7
A	15–20	0,7	21,7	26,0	7,4	19,8	21,1
AB	24–29	1,4	22,1	30,4	4,6	14,6	23,5
B	32–37	0,3	22,3	32,0	5,5	10,5	25,9
B	40–45	0,3	17,4	27,2	5,6	9,6	21,2

2. В какие почвы по гранулометрическому составу необходимо вносить большие дозы минеральных и органических удобрений, и чаще? Объясните ответ.

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Свекла, смородина
	Лук, морковь
	Сорго

### Вариант 18

1. Гранулометрический состав лугово-черноземной почвы

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
A	0–13	0,4	29,0	21,3	7,2	12,8	20,2
A	20–30	0,6	48,1	23,2	2,8	4,7	4,8
B	42–52	0,7	24,1	34,7	9,7	11,0	5,4
B	75–85	0,9	36,0	34,9	4,4	4,0	6,0
C	120–130	1,1	26,1	24,7	11,3	11,4	13,2

2. Какие почвы по гранулометрическому составу будут лучше обеспечены калием? лучше оструктурены? более воздухопроницаемы? более «теплыми»? Обоснуйте ответы.

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Яровая пшеница, картофель
	Кукуруза, огурцы
	Земляника

### Вариант 19

1. Гранулометрический состав серой лесной почвы

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Потеря при обработке HCl, %	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
			1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
A <sub>1</sub>	0–12	5,8	8,8	18,2	23,3	6,3	10,4	30,3
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	12–22	4,4	9,1	18,4	13,4	9,8	9,6	37,0

A <sub>2</sub> B	22–30	4,5	10,6	17,3	12,2	7,4	6,3	43,8
B	30–40	4,5	6,3	14,1	15,5	7,5	9,1	44,6
B	50–60	4,2	5,4	13,9	13,6	8,7	14,4	47,2

2. Какое распределение фракций гранулометрического состава характерно для иллювиальных горизонтов в подзолистых, дерново-подзолистых и серых лесных почвах, для оподзоленных черноземов?

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Малина, земляника
	Томаты
	Ячмень, кукуруза

## Вариант 20

1. Гранулометрический состав глеево-подзолистой почвы

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций, % (размер частиц, мм)					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
A <sub>2</sub>	6–8	—	41,9	41,8	3,0	6,2	8,0
B	9–19	—	36,5	45,1	3,3	5,5	10,5
Bg	25–35	—	36,2	44,2	4,8	2,0	14,9
Bg	50–60	—	37,5	47,6	2,1	4,1	10,8
BCg	70–80	—	33,4	46,9	2,0	4,4	16,4

2. Каковы свойства частиц размером менее 0,001 мм? В какой границе находятся наиболее существенные различия в свойствах фракций?

3. Заполните таблицу.

Поле с гранулометрическим составом почвы	Возможные сельскохозяйственные культуры
	Капуста цветная, картофель
	Смородина, земляника
	Яровая пшеница

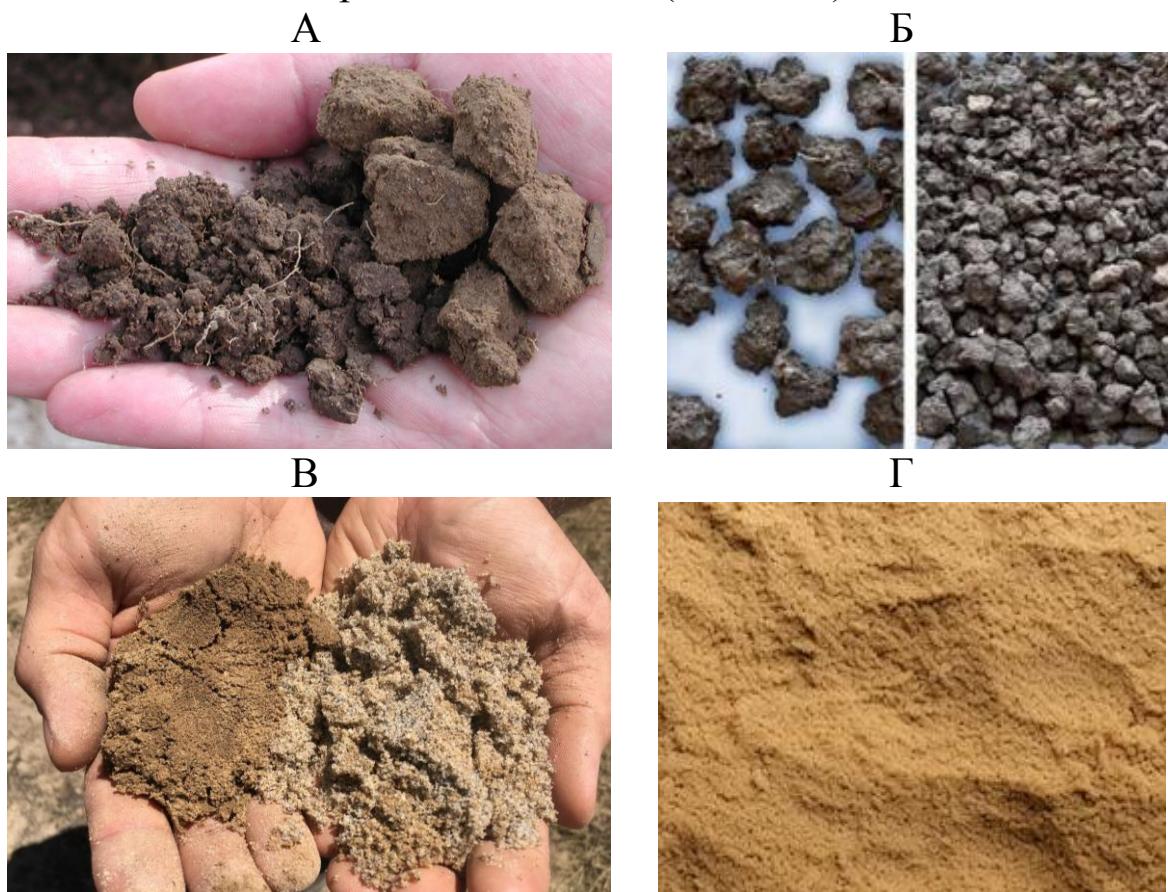
## **1.2. Структура почвы, ее агрономическая роль, дискуссионность проблемы, причины разрушения, агрономические методы восстановления**

### ***1.2.1. Понятие структуры почвы***

Почва может находиться в двух состояниях – бесструктурном и структурном.

В структурной почве механические элементы соединены в агрегаты (комочки) различной величины и формы.

В бесструктурной почве частицы (песчинки, пылеватые и илистые) не скреплены (не склеены) между собой в более крупные агрегаты, а существуют раздельно (например, рыхлый песок) или залегают сплошной сцепленной массой (солонцы).



*Рисунок 3 – Варианты структурной (А, Б) и бесструктурной (В, Г) почвы*

Различают морфологическое и агрономическое понятие структуры почвы.

**Структура почвы (с точки зрения морфологии почвы)** – это содержание в почве агрегатов (структурных отдельностей) различного размера и формы.

Морфологически структура почвы характеризуется степенью оформленности структурных отдельностей – четко выражена: зернистая или комковатая, ореховатая или столбчатая и т. д. (рис. 4).



Рисунок 4 – Варианты морфологической оформленности структурных агрегатов почвы

**Структура почвы (с агрономической точки зрения)** – это почва, в которой доминируют агрономически ценные агрегаты размером 0,25–10 мм и обладающие значимой водопрочностью.

Напомним основные термины и понятия, связанные с понятием почвенной структуры.

**Агрегаты (микроагрегаты 0,25 мм)** – это группа элементарных почвенных частиц или микроагрегатов, которые соединяются друг с другом прочнее, чем с другими соседними почвенными частицами.

**Почвенный пед** – термин во многом аналогичный агрегату. Однако термин «почвенный агрегат» чаще всего применяют для зернистой, комковатой структуры гумусово-аккумулятивного и пахотного горизонтов, а «пед» – для разнообразных структурированных природных почвенных образований в различных горизонтах почвы.

**Почвенный комок, фрагмент** – термин, аналогичный почвенному агрегату, но применяемый, как правило, к агрегатам размером  $> 10$  мм.

**Стабильность (устойчивость) агрегатов** – способность сохранять пространственное распределение твердой фазы почвы и порового пространства при действии внешних сил. Это свойство, ука-

зывающее, насколько соединяющие внутриагрегатные силы способны противостоять внешним разрушающим силам.

**Водопрочность структуры почвы** – способность почвенных агрегатов противостоять размывающему, расклинивающему, разрушающему действию воды (атмосферными осадками, оросительной водой, тающему снегу).



*Рисунок 5 – Распадающиеся (неводопрочные) и нераспадающиеся (водопрочные) почвенные агрегаты*

Почвенная структура является важнейшим агрофизическими свойством почвы. Именно поэтому существует пословица: «Культурная почва – структурная почва». Рассмотрим агрономическое значение почвенной структуры.

Оценить структурное состояние почвы, а также уровень водопрочности можно по шкале (табл. 10).

Таблица 10 – Шкала оценки структурного состояния почвы  
[Долгов С.И., Бахтин П.У., 1966]

Содержание агрегатов 0,25–10 мм, % к массе		Оценка структурного состояния
Водопрочных	Воздушно-сухих	
> 80	> 70	Отличное
80–60	70–55	Хорошее
60–40	55–40	Удовлетворительное
40–20	40–20	Неудовлетворительное
< 20	< 20	Плохое

### **1.2.2. Агрономическое значение почвенной структуры**

1. В структурных почвах складывается наиболее благоприятный водно-воздушный режим, вследствие оптимального сочетания капиллярной (внутриагрегатной) и некапиллярной (межагрегатной) пористости:

а) оптимальные условия водо- и воздухообеспеченности растений создаются при наличии в почве 60–75 % воды и 25–40 % воздуха от общей пористости;

б) при снижении воздухосодержания ниже 10–12 % от объема почвы резко ухудшается газообмен между почвенным и атмосферным воздухом, что приводит к замедлению роста растений и даже их гибели.

В таблице 11 дана информация об оптимальном соотношении воды и воздуха, необходимом для нормального роста разных групп сельскохозяйственных культур.

Таблица 11 – Оптимальное соотношение воды и воздуха, необходимое для нормального роста сельскохозяйственных растений

Культуры	Содержание, % от общей пористости (Робщ)	
	воды	воздуха
Зерновые	65–75	25–35
Пропашные	55–65	35–45
Многолетние травы	70–80	20–30

Рассмотрим пример расчета соотношение между водой и воздухом в пахотной почве.

Например, полевая влажность ( $a$ ) = 20 %, плотность сложения почвы ( $dv$ ) = 1,2 г/см<sup>3</sup>, общая пористость (Робщ) = 60 %.

Тогда:

1. Содержание воды в почве в % от объема:

$$aV = 20 \cdot 1,2 = 24 \%$$

2. Воздухосодержание:

$$Pv = 60 - 24 = 36 \%$$

3. Содержание воды в % от общей пористости Робщ:

$$a_P = 24 \cdot 100 / 60 = 40 \%$$

4. Содержание воздуха в % от общей пористости Робщ:

$$v_P = 36 \cdot 100 / 60 = 60 \%$$

*Таким образом, делаем вывод о дефиците воды и избытке воздуха в рассматриваемом пахотном слое почвы.*

2. Наличие пор аэрации, а, следовательно, и кислорода создает лучшие условия для активизации микробиологических процессов; снижает денитрификацию, способствует минерализации.

3. Почвы с преобладанием агрономически ценных агрегатов отличаются большей водопроницаемостью и влагоемкостью.

4. Наличие некапиллярных пор способствует уменьшению испарения влаги с поверхности.

5. Благодаря сокращению поверхностного стока, на структурных почвах в значительно меньшей степени происходят смыв и размыв; устойчивые агрегаты размером более 1 мм устойчиво противостоят дефляции.

6. Агрономически ценная структура облегчает прорастание семян и распространение корней растений.

7. На структурных почвах уменьшаются энергетические затраты на механическую обработку, создаются возможности ее минимизации вплоть до отказа от основной обработки.

8. Не структурная почва имеет лишь один тип промежутков, или пор, между этими частицами. В почве, находящейся в состоянии микроагрегатов, наряду с этими появляются поры между микроагрегатами. В связи с этим увеличивается общий объем пор, что сказывается на водно-физических свойствах.

В этой почве имеются три вида пор:

- а) внутри микроагрегатов;
- б) между микроагрегатами;
- в) между макроагрегатами.

В такую почву хорошо проникает и там сохраняется вода атмосферных осадков. В то же время наиболее крупные межагрегатные поры остаются свободные от воды и заполняются воздухом. Таким образом, в структурной почве устраняется антагонизм между водой и воздухом, который имеет место в не структурной почве. Благодаря чему создаются благоприятные условия для микробиологических процессов. Это позволяет превращению минеральных недоступных для растений веществ в усвояемые растениями формы минерального питания.

9. Бесструктурная почва медленно поглощает воду, потери воды велики вследствие стока. Сплошная капиллярная связь вызывает большие потери от испарения. В такой почве часто бывает крайнее положение увлажнения: избыточное и недостаточное. При избыточ-

ном увлажнении все промежутки заняты водой, ощущается недостаток воздуха, развиваются анаэробные процессы, ведущие к потерям азота вследствие денитрификации, образованию токсичных закисных форм железа и марганца, накоплению несиликатных форм полуторных окислов (что способствует закреплению фосфора в труднодоступной форме). При недостаточном увлажнении ощущается недостаток влаги.

10. Структура почвы непосредственно определяет параметры строения пахотного слоя. Соотношение в почве с ненарушенным сложением объемов твердой фазы, капиллярной и некапиллярной пористости. Капиллярная пористость агрегатов в структурной почве дополняется некапиллярной пористостью между агрегатных промежутков, что в сумме составляет общую пористость. В структурной почве поддерживается наиболее благоприятное соотношение между объемом твердой фазы и общей пористостью. Агрономически наиболее благоприятное строение пахотного слоя устойчиво поддерживается в течение длительного времени только в почвах с высоким уровнем водопрочности почвенных агрегатов.

### ***1.2.3. Факторы, определяющие потерю почвенной структуры***

**На структуру почвы влияют:**

**1. Обработка почвы**

Ниже перечислены результаты прямого и косвенного воздействия обработки на агрегацию почвы:

1) физическое нарушение структуры почвы при механической обработке приводит к прямому разрушению почвенных агрегатов и увеличению их оборота;

2) обработка почвы также приводит к нарушению фрагментов корней и микоризных гифов, которые являются основными связывающими средствами для макроагрегатов;

3) растительные остатки, лежащие на поверхности почвы при прз, защищают почву от воздействия дождевых капель;

4) вспашка перераспределяет почвенное органическое вещество. небольшие изменения в содержании органического углерода в почве могут повлиять на стабильность макроагрегатов;

5) органическое вещество почвы может увеличить сопротивление почвы и устойчивость к деформации, а также улучшить макропористость почвы;

6) обработка почвы снижает численность популяций макрофауны (например, дождевых червей) и тем самым снижает положительное воздействие макрофауны на агрегацию почвы.

## **2. Влияние растительных остатков**

Поскольку **органическое вещество является ключевым фактором агрегации почвы**, агротехнический прием оставления на поверхности поля растительных остатков предшествующей культуры является важным фактором для структурного развития и стабильности почвы. Давно известно, что добавление органических субстратов в почву улучшает ее структуру. Оставление растительных остатков на поверхности почвы не только увеличивает формирование агрегатов, но также снижает их разрушение за счет сокращения эрозии и защиты от воздействия дождевых капель.

## **3. Влияние севооборотов**

Внедрение севооборота может влиять на содержание почвенно-го органического углерода посредством изменения количества и качества вносимого органического вещества. Следовательно, севооборот может косвенно повлиять на изменение агрегации почвы.

Обычно сельскохозяйственные культуры, включенные в севооборот, своей корневой системой влияют на агрегацию почвы, так как корни растений являются важными связывающими агентами в масштабе макроагрегатов.

### ***1.2.4. Агрономические методы восстановления структуры почвы и способности ее к крошению***

1. Обогащение почвы органическим веществом как основным источником образования гумуса и энергии для микроорганизмов. Этого достигают применением органических удобрений (навоз, торф, компосты, птичий помет, солома, сидераты), посевом многолетних трав (травосеяние), которые оставляют после себя большое количество растительных и корневых остатков. Минеральные удобрения, повышая урожайность культур, оказывают косвенное влияние на поступление в почву органического вещества за счет увеличения массы растительных и корневых остатков.

2. Пополнение почвенных запасов кальция и магния, как основных элементов структурообразования, с помощью проведения известкования кислых и гипсования засоленных почв.

3. Сокращение числа проходов сельскохозяйственной техники по полям, особенно тяжеловесной, путем использования ресурсосберегающих технологий выращивания растений.

4. Защита почвы от водной эрозии и дефляций с помощью регулирования стока воды и скорости ветра в приземном слое.

5. Создание наиболее благоприятных условий для окислительно-восстановительных процессов в почвах избыточного и недостаточно-го увлажнения путем проведения водных мелиораций – осушения и орошения.

6. Создание прочной структуры верхнего слоя почвы с помощью внесения на его поверхность искусственных, экологически безопас-ных структурообразователей.

Важнейшим условием, определяющим структурное состояние почвы, является поступление в нее лабильного органического вещества. Поскольку возможность минимизации обработки почвы зависит от структурного состояния, а следовательно, и от режима органиче-ского вещества, важно определить соответствующие его параметры. Необходимо создание оценочных шкал поступления ЛОВ в почву по-сле различных культур с целью оптимизации севооборотов и систем обработки почвы. Для этого нужны исследования динамики продук-ционных и деструкционных процессов в агроценозах.

Одним из показателей строения пахотного слоя является плот-ность сложения почвы, которая в структурной почве более благопри-ятная для растений, чем бесструктурной.

### **1.3. Агрономическая роль плотности сложения почвы**

#### **1.3.1. Основные понятия**

**Плотность сложения почвы** – фундаментальная физическая величина, широко используемая в агропочвоведении для оценки со-отношения между твердой, жидкой и газообразной фазами почвы, расчета общей и дифференциальной пористости, запасов вещества, оценки степени сложения и других почвенно-экологических, агрофи-зических характеристик.

**Плотность сложения почвы (объемная масса – устаревшее),**  $dV$  ( $\text{г}/\text{см}^3$ ) – вес единицы объема сухой почвы в естественном (нена-рушенном) сложении.

Плотность сложения рассчитывается по формуле

$$dV = m/V,$$

где  $dV$  – плотность сложения почвы,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;

$m$  – масса абсолютно сухой почвы, г;

$V$  – объем почвенного образца в ненарушенном строении,  $\text{см}^3$ .

**Плотность твердой фазы почвы (удельная масса – устаревшее),  $d$  ( $\text{г}/\text{см}^3$ )** – отношение массы твердой фазы (частиц) почвы определенного объема к массе воды того же объема при температуре 4  $^\circ\text{C}$ , или массу 1  $\text{см}^3$  абсолютно сухой твердой фазы почвы. Иначе говоря, это масса 1  $\text{см}^3$  сухой почвы без пор и пустот.

Плотность твердой фазы можно рассчитать с учетом знания общей пористости и плотности сложения по формуле:

$$d = 100 \cdot dV / 100 - \text{Робщ},$$

где  $d$  – плотность твердой фазы,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;

$dV$  – плотность сложения почвы,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;

Робщ – общая пористость почвы, %.

Различие между плотностью сложения и плотностью твердой фазы можно представить в виде следующей схемы (рис. 5).

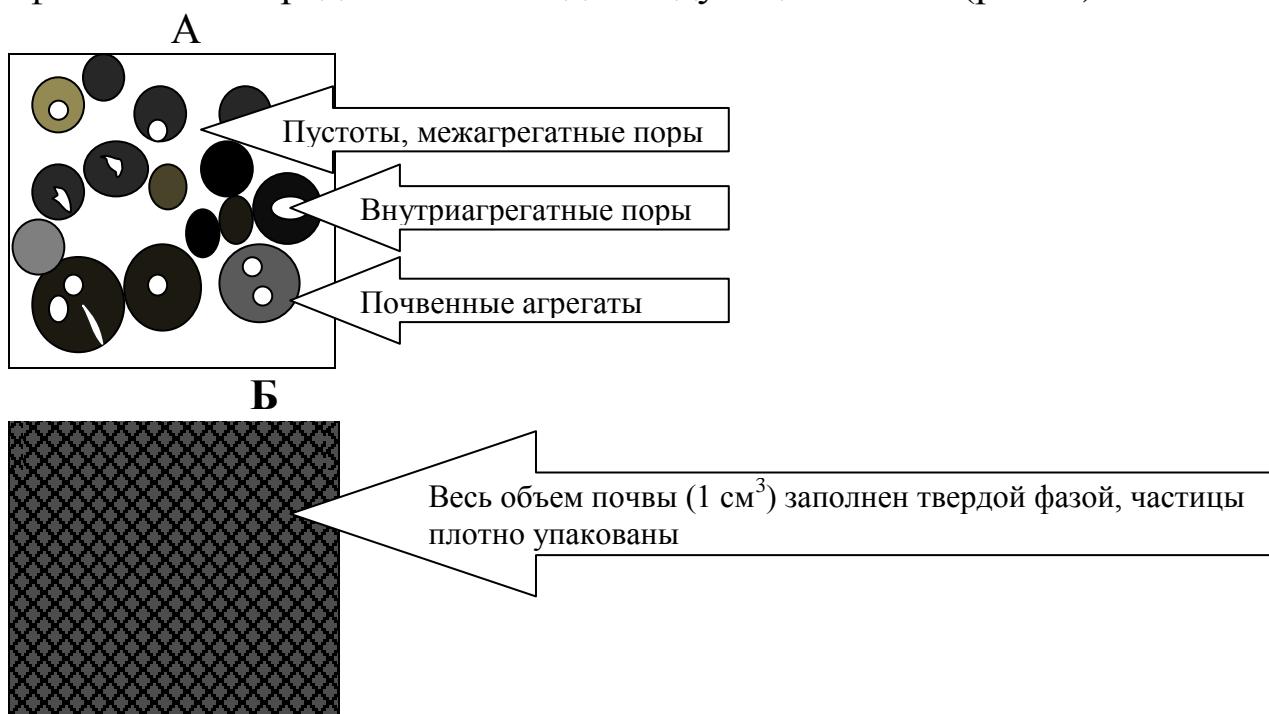


Рисунок 5 – Схема упаковки агрегатов и почвенных частиц в 1  $\text{см}^3$  в естественном сложении почвы (А) – плотность сложения ( $\text{г}/\text{см}^3$ ) и при плотности твердой фазы (Б)

Данные по плотности почвенных слоев и горизонтов обязательно сопровождают полную характеристику почвенного профиля. Без знания этой величины невозможны никакие расчеты, никакая количественная оценка почв. Например, расчет общей пористости, запаса питательных веществ, воды, гумуса, нормы полива, массы слоя поч-

вы. Величина плотности почвы в естественном состоянии используется для расчета объема земляных работ, расчета энергетических затрат при обработке почвы.

Плотность сложения под действием различных факторов очень динамична, изменяется во времени и в пространстве.

**Равновесная плотность почвы** – характеризует предел самоуплотнения почвы под действием естественных факторов после прекращения внешнего воздействия (обработки).

Плотность почвы, обеспечивающая наибольшую урожайность, называется оптимальной. При ее антропогенном изменении со временем показатель стремится к характерной до воздействия величине – равновесной плотности. Она может отличаться от оптимальной для сельскохозяйственных культур. При превышении ее значений оптимальных величин возникает необходимость проведения обработки почвы. При их совпадении представляется возможным отказаться от обработки почвы и перейти на технологию No-till. В связи с этим **равновесная плотность** – важнейший критерий оценки физического состояния почвы, позволяющей выработать оптимальную систему ее обработки в севообороте

Плотность минеральных почв изменяется **от 0,9 до 1,8 г/см<sup>3</sup>**, а у торфяно-болотных – от 0,15 до 0,40 г/см<sup>3</sup>. Отклонение от оптимальной величины плотности в любую сторону приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Плотность сложения почвы имеет важное агрономическое значение, поскольку сильно влияет на условия жизни растений и почвенных микроорганизмов.

Для оценки плотности сложения используют шкалу Никодима Антоновича Качинского (табл. 12).

Таблица 12 – Оценка плотности суглинистых и глинистых почв в вегетационный период по Н.А. Качинскому

Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	Оценка плотности
< 1,0	Почва вспущена или богата органическим веществом
1,0–1,1	Типичные величины для культурной или свежевспаханной почвы
1,1–1,2	Пашня слабо уплотнена
1,2–1,3	Пашня уплотнена
1,3–1,4	Пашня сильно уплотнена
1,4–1,6	Типичные величины для подпахотных горизонтов (кроме черноземов)
1,6–1,8	Сильно уплотненные иллювиальные горизонты

Плотность сложения почвы определяется степенью упаковки почвенных частиц, структурности, содержания гумуса и минералоги-

ческого состава почвы. Чем больше в почве физической глины и меньше содержание гумуса, тем больше ее плотность.

### **1.3.2. Агрономические аспекты плотности сложения почв**

Плотность почвы является «остро динамичной величиной», значительно изменяющейся в период вегетации, особенно на дерново-подзолистых почвах.

Одним из факторов, ограничивающих рост урожайности сельскохозяйственных культур, является *избыточное уплотнение почв*. Негативное следствие этого процесса – снижение эффективности использования растениями корнеобитаемого слоя. Колебание плотности почвы до значений  $1,25 \text{ г}/\text{см}^3$ , отрицательно не сказывается на развитии корневой системы большинства сельскохозяйственных культур растений. Однако, если корни встречают плотную прослойку ( $d_V > 1,4 \text{ г}/\text{см}^3$ ) толщиной 3 см, то на ее преодоление потребуется три дня, в то же время как при плотности  $1,25 \text{ г}/\text{см}^3$  корни прорастают со скоростью 6 см в день.

**Тем не менее растения негативно реагируют как на очень плотное, так и на очень рыхлое сложение почвы.**

На разных типах почв сельскохозяйственные культуры по-разному реагируют на плотность сложения и оптимальную ее величину. Следовательно, плотность сложения имеет зональный характер и требует в каждой почвенно-климатической зоне ее уточнения. Считается, что благоприятные условия водного, воздушного, теплового и питательного режимов складываются в почве, имеющей рыхлое и уплотненное состояние при величине плотности пахотного слоя варьирующего в пределах  $0,9\text{--}1,3 \text{ г}/\text{см}^3$ .

Культуры сплошного способа сева хорошо растут на уплотненных почвах с плотностью пахотного слоя  $1,1\text{--}1,3 \text{ г}/\text{см}^3$ . Исследования показывают, что при выращивании зерновых культур на почвах с повышенной плотностью сложения подсеменного слоя сначала происходит замедление темпа роста корневой системы, а затем и снижение величины получаемых урожаев.

Для пропашных культур более благоприятно рыхлое состояние при  $0,9\text{--}1,1 \text{ г}/\text{см}^3$ .

Значения плотности сложения почвы важны для расчетов массы пахотного слоя. Данную величину, можно использовать с целью определения доз мелиорантов и других агрономических мероприятий.

Рассчитать массу пахотного слоя можно по формуле

$$M_{\text{пах.}} = dv (\text{г}/\text{см}^3) \cdot h (\text{см}) \cdot S (\text{га}),$$

где  $M_{\text{пах.}}$  – масса пахотного слоя, т;

$dv$  – плотность сложения почвы,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;

$h$  – мощность пахотного слоя, см;

$S$  – площадь для которой определяется масса, га.

В качестве примера рассмотрим методику расчета с учетом преобразования единиц измерения:

$$M_{\text{пах.}} = 1,2 \text{ г}/\text{см}^3 \cdot 20 \text{ см} \cdot 1 \text{ га} = 1,2 \text{ т}/\text{м}^3 \cdot 0,2 \text{ м} \cdot 10000 \text{ м}^2 = 2400 \text{ т.}$$

Агрономическая роль плотности сложения, с точки зрения ее влияния на рост и развитие растений, является важнейшей, но не всегда она прямолинейна. В таблицах 13–14 показаны значения плотности сложения, являющиеся близкими к оптимуму для основных сельскохозяйственных культур в зависимости от условий увлажнения и гранулометрического состава.

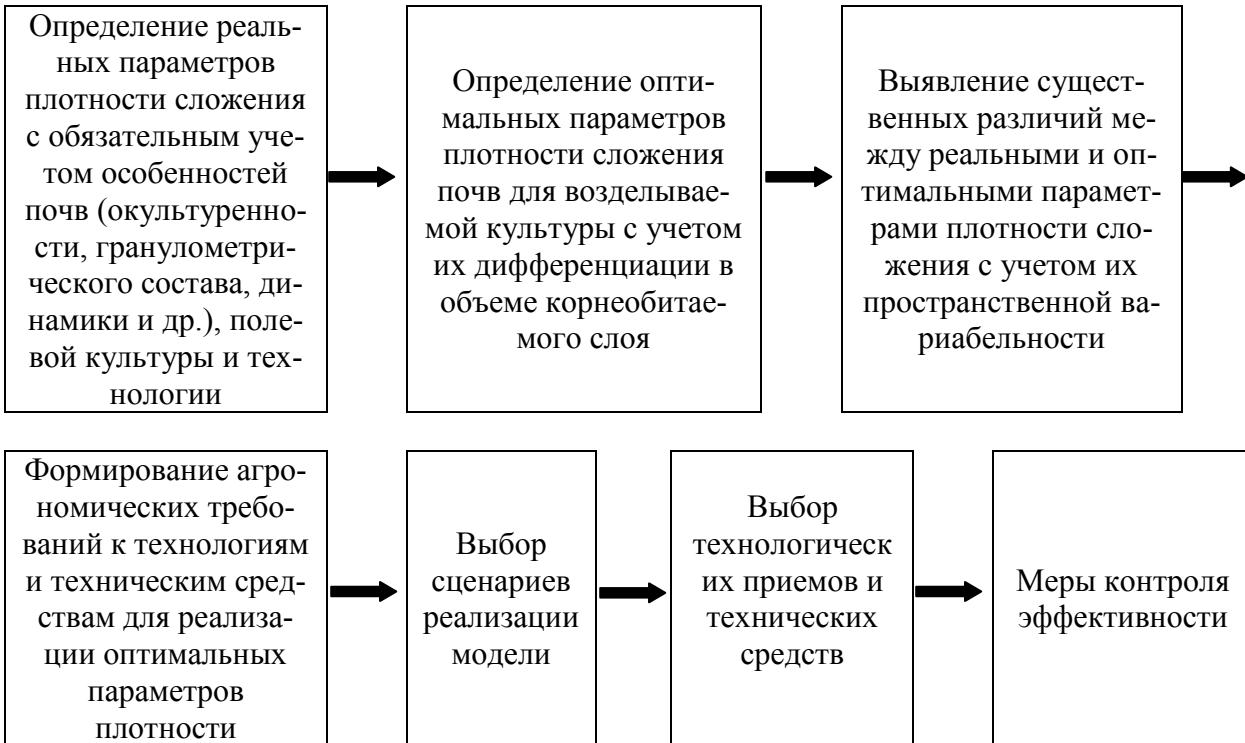
Таблица 13 – Значения оптимальной плотности сложения для ряда сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня увлажнения в период посева

Культура	Оптимальная плотность в период посева, $\text{г}/\text{см}^3$	
	В засушливые годы	Во влажные годы
Озимая рожь	1,1–1,3	1,1–1,2
Яровая пшеница	1,0–1,2	0,9–1,1
ячмень	1,0–1,2	0,9–1,1
горох	1,0–1,2	0,9–1,0
кукуруза	1,0–1,2	0,9–1,0

Таблица 14 – Значения оптимальной плотности сложения для ряда сельскохозяйственных культур в зависимости от гранулометрического состава почв

Гранулометрический состав	Плотность, $\text{г}/\text{см}^3$	
	зерновые	пропашные
песчаные	1,2–1,35	1,3–1,5
супесчаные	1,2–1,3	1,1–1,4
легкосуглинистые	1,2–1,3	1,0–1,3
тяжелосуглинистые	1,1–1,2	1,0–1,2

Б.В. Медведевым (2004) предложена принципиальная схема последовательных операций по оптимизации плотности сложения почв (рис. 6).



*Рисунок 6 – Схема последовательных операций по оптимизации плотности сложения почвы*

#### **1.4. Агрономическая роль пористости почвы. Строение и сложение почвы**

**Общей пористостью (порозностью)** называют сумму всех пор почвы, выраженную в % от ее объема.

Почвенные поры представляют собой различные по величине и форме промежутки, которые образуются в результате неплотного прилегания друг к другу комков и частиц почвы.

От величины пористости почвы в значительной мере зависит ее плодородие. В порах размещаются вода, воздух, корни растений, микроорганизмы и в них протекают различные почвенные процессы. Кроме того, знание общей пористости необходимо для вычисления воздухосодержания, полной влагоемкости почвы и других показателей.

Общая пористость находится в тесной зависимости от плотности и плотности твердой фазы почвы. Поэтому, чем рыхлее почва, тем больше в ней общая пористость и меньше плотность. Величиной общей пористости, также как и плотностью почвы, пользуются при характеристике степени уплотненности почвы.

Общую пористость Робщ. рассчитывают по формуле

$$\text{Робщ.} = 1 - (\frac{dv}{d}) \cdot 100 (\%),$$

где Робщ. – общая пористость, %;  
dv – плотность сложения, г/см<sup>3</sup>;  
d – плотность твердой фазы, г/см<sup>3</sup>.

Для оценки общей пористости также можно использовать шкалу Н.А. Качинского (табл. 15).

Таблица 15 – Оценка пористости суглинистых и глинистых почв в вегетационный период по Н.А. Качинскому

Общая пористость, %	Оценка пористости
> 70	Избыточно пористая – почва вспущена
65–55	Отличная – культурный пахотный слой
55–50	Хорошая, характерная для окультуренных почв
50–45	Удовлетворительная, характерная для освоенных почв
45–40	Неудовлетворительная для пахотного слоя
40–35	Чрезмерно низкая – характерна для уплотненных подпахотных и иллювиальных горизонтов

В зависимости от количества пор в определенном объеме почв различают виды пористости:

- капиллярная;
- некапиллярная;
- аэрации;
- межагрегатная;
- агрегатная.

**Величина капиллярной пористости** равна объему капилляров, занятых влагой, при наименьшей влагоемкости.

**Величина некапиллярной пористости** соответствует количеству пор при наименьшей влагоемкости. Сумма величин капиллярной и некапиллярной пористостей составляет общую пористость почвы.

**Пористость межагрегатная** отражает объем всех полостей, находящихся между почвенными агрегатами.

**Пористость агрегатная** – это объем пор в отдельном агрегате почвы в отношении к объему агрегата.

**Пористость аэрации** отражает количество пор, занятых в данный момент воздухом.

Относительно верхней границы оптимальных значений пористости аэрации единой точки зрения нет.

В качестве ориентировочных для минеральных почв можно указать значения пористости аэрации на уровне 20–25 % от объема почвы, а в условиях орошения – 30%.

Пористость аэрации (Раэр.), %, вычисляют по формуле

$$\text{Раэр} = \text{Робщ} - (a \cdot dv),$$

где Раэр. – пористость аэрации, %;

а – влажность почвы, %;

dv – плотность сложения, г/см<sup>3</sup>.

Формирование пористости происходит в результате действия различных факторов: образования и разрушения структуры, упаковки и переупаковки почвенных частиц, микро- и макроагрегатов, растрескивания почвенной массы под влиянием попеременно действующих процессов нагревания-охлаждения и набухания-усадки, заполнения свободного порового пространства подвижным почвенным материалом, выщелачивания растворимых веществ, деятельности живых организмов.

Величина пористости зависит:

- 1) от гранулометрического состава;
- 2) структуры почвы;
- 3) содержания гумуса;
- 4) биогенности почвы;
- 5) обработки и приемов окультуривания

*Благоприятные условия водоно-воздушного и теплового режимов складываются в почве, имеющей рыхлое и уплотненное состояние пахотного слоя при величине общей пористости 50–65 %.*

Культуры сплошного способа сева (зерновые) хорошо растут на уплотненных почвах с общей пористостью 50–58 %.

Для пропашных культур (картофель, корнеплоды, овощи) более благоприятно рыхлое сложение почвы, имеющее общую пористость 58–65 %.

На очень плотной почве, также как и на чрезмерно рыхлой, рост и развитие сельскохозяйственных культур ухудшается. При общей пористости в подпахотном слое меньше 48 % под корнеплоды и

меньше 44 % под зерновые необходимо проводить рыхление почвы почвообрабатывающими орудиями.

**Снижение общей пористости** ниже оптимальной сопровождается ухудшением условий развития корневой системы культурных растений, ухудшением аэрации почвы и замедление аэробных процессов, в частности процесса нитрификации.

**Повышение пористости** выше оптимальной сопровождается значительным повышением потерь влаги из почвы через диффузионный механизм. В период влагонакопления необходимо, чтобы строение пахотного слоя было более рыхлым. Особенно важно, чтобы рыхлым был подпахотный слой почвы.

Большая величина некапиллярной скважности в период влагонакопления позволяет уменьшить переувлажнение почвы к весне, обеспечивает продвижение влаги в более глубокие слои почвы. На поверхности почвы не будут образовываться «блюдца». В агрономическом отношении важно, чтобы почвы располагали большим объемом капиллярных пор, но при этом некапиллярная пористость должна составлять не менее 20–25 % общей пористости.

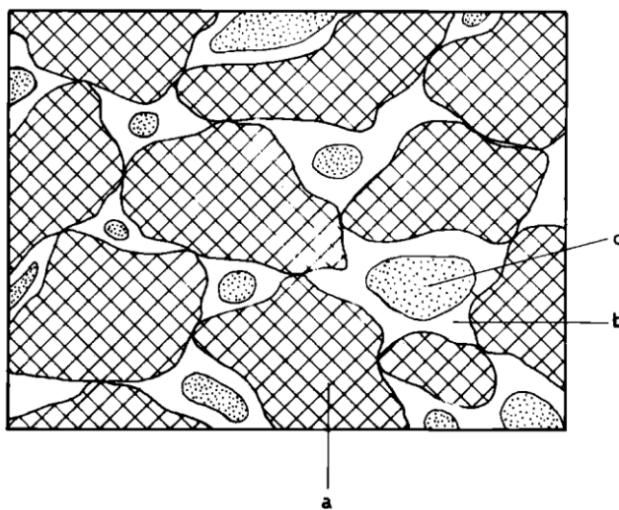


Рисунок 7 – Почвенные поры, занятые водой (b) или воздухом (c) между почвенными частицами (a)

### *Строение и сложение почвы*

**С агрономической точки зрения важно соотношение пор двух условных групп: капиллярных, обладающих свойством удерживать воду менисковыми силами, и некапиллярных, где вода не удерживается (движется вниз под действием гравитации) и поры заполняются воздухом.**

Соотношение объемов, занимаемых твердой фазой почвы и различными видами пор, называется строением корнеобитаемого слоя. Оно определяется гранулометрическим составом почвы, ее агрегатностью и взаимным расположением почвенных частиц и комков, то есть сложением почвы.

Рыхлое сложение соответствует плотности до  $1,15 \text{ г}/\text{см}^3$ , плотное – от  $1,15$  до  $1,35 \text{ г}/\text{см}^3$ , очень плотное – выше  $1,35 \text{ г}/\text{см}^3$ .

Сложение почвы служит важным показателем, характеризующим ее строение, водно-воздушные свойства и биологическую активность.

### ***Регулирование строения и сложения пахотного слоя почвы.***

Все приемы регулирования можно свести в три группы:

- **первая** – приемы, направленные на восстановление и улучшение структуры почвы (рассмотрены выше);
- **вторая** – все приемы обработки почвы;
- **третья** – использование естественных процессов.

**Наиболее быстрым и эффективным способом придания пахотному слою или части его оптимального сложения является обработка почвы.**

Все приемы рыхления увеличивают общую пористость, изменяя взаимное расположение комочеков и частиц почвы. Особенно сильно возрастает при рыхлении объем крупных (некапиллярных) пор, что улучшает водно-воздушные свойства, усиливает микробиологическую активность.

**Однако чрезмерная рыхłość почвы приводит к большим потерям влаги** в связи с усилением потерь воды через диффузию пара и в результате усиления газообмена. **Рыхлые почвы подвержены эрозии**, в них быстро разлагается органическое вещество и легко вымывается нисходящим током воды. **В рыхлую почву трудно заделывать семена культур**, требующих неглубокой заделки (просо, рапс, люцерна, сахарная свекла, овощные и другие культуры). Поэтому нередко возникает задача изменения сложения почвы в сторону уплотнения ее пахотного слоя. Для этого используют различные катки и другие приемы.

Для создания хорошей структуры, строения и сложения пахотного слоя применяют систему мероприятий, включающую правильные севообороты, разноглубинную обработку почвы, внесение органических и минеральных удобрений, химическую и гидротехническую мелиорации. В результате существенно повышаются плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур.

## *Лабораторная работа 2*

### **ОЦЕНКА АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ**

#### *Задания*

#### **Содержание работы:**

Выполните расчеты и ответьте на вопросы в выданных преподавателем вариантах.

#### **Вариант 1**

1. Почему плотность почв считается интегральным параметром почвенного плодородия? Назовите единицу измерения плотности. Как изменится плотность при внесении в глинистую почву извести? Объясните ответ.

2. Рассчитайте плотность твердой фазы и плотность сложения, если известно, что общая пористость равна 68 %, влажность почвы – 44 % от массы сухой почвы, масса сырой почвы составляет 304 г, а общий объем почвы (объем твердой и газообразной фаз) – 235 см<sup>3</sup>.

3. Определите общую пористость (%) и массу пахотного слоя 1 га в 0–20 см слое почвы, если:

а) плотность твердой фазы – 2,62 г/см<sup>3</sup>, плотность сложения – 1,13 г/см<sup>3</sup>;

б) плотность твердой фазы – 2,41 г/см<sup>3</sup>, плотность сложения – 1,08 г/см<sup>3</sup>;

Оцените общую пористость и плотность сложения по шкале Н.А. Качинского.

#### **Вариант 2**

1. Почему при увлажнении плотность почвы возрастает? Назовите основные агротехнические приемы, уменьшающие плотность.

2. Рассчитайте содержание воды в почве в % от объема, пористость аэрации (воздухосодержание), содержание воды и воздуха в % от общей пористости, если полевая влажность (a) = 32 %, плотность сложения почвы (dv) = 1,12 г/см<sup>3</sup>, общая пористость (Робщ) = 54 %. Сделайте агрономические выводы.

3. Определите общую пористость (%) и массу пахотного слоя 1 га в 0–20 см слое почвы, если:

а) плотность твердой фазы – 2,39 г/см<sup>3</sup>, плотность сложения – 1,33 г/см<sup>3</sup>;

б) плотность твердой фазы – 2,64 г/см<sup>3</sup>, плотность сложения – 1,40 г/см<sup>3</sup>;

Дайте оценку общей пористости и плотности сложения по шкале Н.А. Качинского.

### Вариант 3

1. Как изменяется плотность почвы от песчаных до глинистых. Объясните ответ. Поясните в чем разница между понятием «плотность сложения» и «плотность твердой фазы»?

2. Определите общую пористость (%) и массу пахотного слоя 1 га в 0–20 см слое почвы, если:

а) плотность твердой фазы – 2,56 г/см<sup>3</sup>, плотность сложения – 1,08 г/см<sup>3</sup>;

б) плотность твердой фазы – 2,37 г/см<sup>3</sup>, плотность сложения – 0,93 г/см<sup>3</sup>;

Дайте оценку общей пористости и плотности сложения по шкале Н.А. Качинского.

3. Рассчитайте содержание воды в почве в % от объема, пористость аэрации (воздухосодержание), содержание воды и воздуха в % от общей пористости, если полевая влажность (a) = 41 %, плотность сложения почвы (dv) = 1,31 г/см<sup>3</sup>, общая пористость (Робщ) = 59 %. Сделайте агрономические выводы.

### Вариант 4

1. Перечислите агротехнические способы повышения пористости почв. Объясните разницу между капиллярной и некапиллярной пористостью? Какая единица измерения у пористости?

2. Определите пористость аэрации в 0–20 см слое почвы, если:

а) влажность – 44 %, общая пористость – 56 %, плотность сложения – 1,03 г/см<sup>3</sup>;

б) влажность – 53 %, общая пористость – 69 %. Плотность сложения – 0,99 г/см<sup>3</sup>;

в) влажность – 37 %, общая пористость – 70 %, плотность сложения – 0,89 г/см<sup>3</sup>.

3. Рассчитайте содержание воды в почве в % от объема, пористость аэрации (воздухосодержание), содержание воды и воздуха в % от общей пористости, если полевая влажность (a) = 19 %, плотность сложения почвы (dv) = 0,99 г/см<sup>3</sup>, общая пористость (Робщ) = 61 %. Сделайте агрономические выводы.

### Вариант 5

1. Какой вид пористости увеличивает отвальная вспашка: межагрегатную или внутриагрегатную? Какое состояние считается оптимальным, когда капиллярные поры заняты водой, а некапиллярные – воздухом или наоборот?

2. Поясните, почему указанные в таблице значения пористости аэрации отличаются для предлагаемых групп сельскохозяйственных культур:

Культуры	Пористость аэрации, %
Зерновые	25–35
Пропашные	35–45

3. Рассчитайте плотность твердой фазы и плотность сложения, если известно, что общая пористость равна 47 %, влажность почвы – 22 % от массы сухой почвы, масса сырой почвы составляет 243 г, а общий объем почвы (объем твердой и газообразной фаз) – 204 см<sup>3</sup>. Сделайте агрономические выводы.

### Вариант 6

1. Чем может быть вредна избыточная пористость? Назовите способы уменьшения пористости. Какие сельскохозяйственные культуры предпочитают хорошо пористые почвы?

2. Оцените структурное состояние чернозема обыкновенного и уровень водопрочности агрегатов, если после просева почвы содержание воздушо-сухих агрегатов составило 35 %, а уровень водопрочности – 46 %. При неблагоприятном структурном состоянии предложите мероприятия по его оптимизации.

3. Рассчитайте плотность твердой фазы и плотность сложения, если известно, что общая пористость равна 71 %, влажность почвы – 52 % от массы сухой почвы, масса сырой почвы составляет 384 г, а общий объем почвы (объем твердой и газообразной фаз) – 295 см<sup>3</sup>. Сделайте агрономические выводы.

### **Вариант 7**

1. Дайте понятие дифференциальной пористости. Какое значение пористости аэрации считается критическим? Какие процессы в этом случае будут доминировать в почве?

2. Оцените структурное состояние чернозема обыкновенного и уровень водопрочности агрегатов, если после просева почвы содержание воздушо-сухих агрегатов составило 74 %, а уровень водопрочности – 28 %. При неблагоприятном структурном состоянии предложите мероприятия по его оптимизации.

3. Рассчитайте содержание воды в почве в % от объема, пористость аэрации (воздухосодержание), содержание воды и воздуха в % от общей пористости, если полевая влажность (a) = 40 %, плотность сложения почвы ( $dv$ ) = 1,14 г/см<sup>3</sup>, общая пористость (Робщ) = 63 %. Сделайте агрономические выводы.

### **Вариант 8**

1. Какое соотношение между капиллярной и некапиллярной пористостью считается оптимальным? Существует ли взаимосвязь между пористостью и структурным состоянием почвы? Поясните свой ответ.

2. Рассчитайте плотность твердой фазы и плотность сложения, если известно, что общая пористость равна 39 %, влажность почвы – 19 % от массы сухой почвы, масса сырой почвы составляет 207 г, а общий объем почвы (объем твердой и газообразной фаз) – 198 см<sup>3</sup>. Сделайте агрономические выводы.

3. Определите пористость аэрации в 0–20 см слое почвы, если:

а) влажность – 31 %, общая пористость – 44 %, плотность сложения – 1,21 г/см<sup>3</sup>;

б) влажность – 28 %, общая пористость – 56 %. Плотность сложения – 1,27 г/см<sup>3</sup>;

в) влажность – 40 %, общая пористость – 52 %, плотность сложения – 0,78 г/см<sup>3</sup>.

### **Вариант 9**

1. Сформулируйте понятие «структура» и «структурность» почвы. Объясните, почему структура «напрямую» не влияет на величину урожая сельскохозяйственных культур?

2. Оцените структурное состояние чернозема обыкновенного и уровень водопрочности агрегатов, если после просева почвы содержание воздушо-сухих агрегатов составило 41 %, а уровень водопрочности – 64 %. При неблагоприятном структурном состоянии предложите мероприятия по его оптимизации.

3. Определите пористость аэрации в 0–20 см слое почвы, если:

а) влажность – 47 %, общая пористость – 63 %, плотность сложения – 1,11 г/см<sup>3</sup>;

б) влажность – 54 %, общая пористость – 72 %. Плотность сложения – 1,04 г/см<sup>3</sup>;

в) влажность – 50 %, общая пористость – 67 %, плотность сложения – 1,18 г/см<sup>3</sup>.

### **Вариант 10**

1. Объясните, почему структура считается агрономически ценной при размере агрегатов от 0,25 до 10 мм. Назовите негативные стороны пылеватой фракции с точки зрения земледелия.

2. Рассчитайте плотность твердой фазы и плотность сложения, если известно, что общая пористость равна 65 %, влажность почвы – 47 % от массы сухой почвы, масса сырой почвы составляет 456 г, а общий объем почвы (объем твердой и газообразной фаз) – 325 см<sup>3</sup>.

3. Рассчитайте содержание воды в почве в % от объема, пористость аэрации (воздухосодержание), содержание воды и воздуха в % от общей пористости, если полевая влажность (a) = 38 %, плотность сложения почвы ( $\text{dv}$ ) = 1,27 г/см<sup>3</sup>, общая пористость (Робщ) = 69 %. Сделайте агрономические выводы.

### **Вариант 11**

1. Почему глыбистая фракция ( $> 10$  мм) считается не агрономически ценной? Какие условия обусловливают увеличение агрегатов данного размера? Какими агротехническими средствами можно сократить количество глыб (особенно крупных)?

2. Определите пористость аэрации в 0–20 см слое почвы, если:

а) влажность – 70 %, общая пористость – 67 %, плотность сложения – 0,84 г/см<sup>3</sup>;

б) влажность – 40 %, общая пористость – 56 %. Плотность сложения – 1,14 г/см<sup>3</sup>;

в) влажность – 18 %, общая пористость – 59 %, плотность сложения – 1,01 г/см<sup>3</sup>.

3. Оцените структурное состояние чернозема обыкновенного и уровень водопрочности агрегатов, если после просева почвы содержание воздушо-сухих агрегатов составило 87 %, а уровень водопрочности – 14 %. При неблагоприятном структурном состоянии предложите мероприятия по его оптимизации.

## **Вариант 12**

1. Назовите агротехнические мероприятия, способствующие улучшению и ухудшению структурного состояния почв. Объясните свои доводы.

2. Определите пористость аэрации в 0–20 см слое почвы, если:

а) влажность – 37 %, общая пористость – 69 %, плотность сложения – 1,07 г/см<sup>3</sup>;

б) влажность – 36 %, общая пористость – 58 %. Плотность сложения – 0,99 г/см<sup>3</sup>;

в) влажность – 47 %, общая пористость – 61 %, плотность сложения – 1,09 г/см<sup>3</sup>.

3. Рассчитайте плотность твердой фазы и плотность сложения, если известно, что общая пористость равна 48 %, влажность почвы – 21% от массы сухой почвы, масса сырой почвы составляет 176 г, а общий объем почвы (объем твердой и газообразной фаз) – 168 см<sup>3</sup>. Сделайте агрономические выводы.

## **Вариант 13**

1. Назовите факторы структурообразования. На какие из них можно влиять приемами земледелия? Перечислите ученых, внесших значительный вклад в изучение почвенной структуры?

2. Рассчитайте содержание воды в почве в % от объема, пористость аэрации (воздухосодержание), содержание воды и воздуха в % от общей пористости, если полевая влажность (a) = 41 %, плотность сложения почвы ( $dv$ ) = 1,11 г/см<sup>3</sup>, общая пористость (Робщ) = 63 %. Сделайте агрономические выводы.

3. Оцените структурное состояние чернозема обыкновенного и уровень водопрочности агрегатов, если после просева почвы содержание воздухо-сухих агрегатов составило 45 %, а уровень водопрочности – 81 %. При неблагоприятном структурном состоянии предложите мероприятия по его оптимизации.

### **Вариант 14**

1. Что понимается под водопрочностью структуры? Почему важна эта функция структуры для плодородия? Какие факторы способствуют водопрочности?

2. Рассчитайте содержание воды в почве в % от объема, пористость аэрации (воздухосодержание), содержание воды и воздуха в % от общей пористости, если полевая влажность (a) = 37 %, плотность сложения почвы ( $dv$ ) = 0,92 г/см<sup>3</sup>, общая пористость (Робщ) = 58 %. Сделайте агрономические выводы.

3. Определите пористость аэрации в 0–20 см слое почвы, если:

а) влажность – 26 %, общая пористость – 54 %, плотность сложения – 1,11 г/см<sup>3</sup>;

б) влажность – 44 %, общая пористость – 67 %. Плотность сложения – 1,07 г/см<sup>3</sup>;

в) влажность – 39 %, общая пористость – 59 %, плотность сложения – 1,18 г/см<sup>3</sup>.

### **Вариант 15**

1. Какие сельскохозяйственные растения способны улучшить структуру, а какие «нейтральные» в этом случае? Какое поле севооборота, как правило, будет отрицательно влиять на структурное состояние? Объясните почему?

2. Рассчитайте содержание воды в почве в % от объема, пористость аэрации (воздухосодержание), содержание воды и воздуха в % от общей пористости, если полевая влажность (a) = 38 %, плотность

сложения почвы ( $\text{dv}$ ) = 1,23 г/см<sup>3</sup>, общая пористость (Робщ) = 66 %. Сделайте агрономические выводы.

3. Рассчитайте плотность твердой фазы и плотность сложения, если известно, что общая пористость равна 53 %, влажность почвы – 46 % от массы сухой почвы, масса сырой почвы составляет 319 г, а общий объем почвы (объем твердой и газообразной фаз) – 184 см<sup>3</sup>.

### Вариант 16

1. В чем проявляется экологическая роль структуры почвы? Какие почвенные параметры (свойства) зависимы от характера оструктуренности?

2. Рассчитайте плотность твердой фазы и плотность сложения, если известно, что общая пористость равна 67 %, влажность почвы – 24 % от массы сухой почвы, масса сырой почвы составляет 281 г, а общий объем почвы (объем твердой и газообразной фаз) – 263 см<sup>3</sup>. Сделайте агрономические выводы.

3. Оцените структурное состояние чернозема обыкновенного и уровень водопрочности агрегатов, если после просева почвы содержание воздушно-сухих агрегатов составило 57 %, а уровень водопрочности – 42 %. При неблагоприятном структурном состоянии предложите мероприятия по его оптимизации.

### Вариант 17

1. Как влияет структурный состав на питательный режим почв агроландшафтов? Поясните ответ, приведите примеры.

2. Определите пористость аэрации в 0–20 см слое почвы, если:

а) влажность – 37 %, общая пористость – 62 %, плотность сложения – 1,25 г/см<sup>3</sup>;

б) влажность – 31 %, общая пористость – 54 %. Плотность сложения – 1,26 г/см<sup>3</sup>;

в) влажность – 54%, общая пористость – 58 %, плотность сложения – 0,87 г/см<sup>3</sup>.

3. Рассчитайте содержание воды в почве в % от объема, пористость аэрации (воздухосодержание), содержание воды и воздуха в % от общей пористости, если полевая влажность (а) = 62 %, плотность

сложения почвы ( $dv$ ) = 0,82 г/см<sup>3</sup>, общая пористость (Робщ) = 67 %. Сделайте агрономические выводы.

### **Вариант 18**

1. Способны ли удобрения (минеральные и органические) влиять на структуру почвы? Поясните примерами?
2. Определите массу сухой почвы, если во влажном состоянии она составляет 265 г, а влажность равна 30 %.
3. Рассчитайте плотность твердой фазы и плотность сложения, если известно, что общая пористость равна 39 %, влажность почвы – 34 % от массы сухой почвы, масса сырой почвы составляет 322 г, а общий объем почвы (объем твердой и газообразной фаз) – 213 см<sup>3</sup>.

### **Вариант 19**

1. Какой вид обработки, по вашему мнению, улучшает, ухудшает структурный состав? Поясните ответ.
2. Оцените структурное состояние чернозема обыкновенного и уровень водопрочности агрегатов, если после просева почвы содержание воздушо-сухих агрегатов составило 14 %, а уровень водопрочности – 18 %. При неблагоприятном структурном состоянии предложите мероприятия по его оптимизации.
3. Рассчитайте содержание воды в почве в % от объема, пористость аэрации (воздухосодержание), содержание воды и воздуха в % от общей пористости, если полевая влажность (a) = 40 %, плотность сложения почвы ( $dv$ ) = 1,25 г/см<sup>3</sup>, общая пористость (Робщ) = 61 %. Сделайте агрономические выводы.

### **Вариант 20**

1. Влияет ли на структурный состав почв химические мелиорации? Поясните ответ.
2. Определите пористость аэрации в 0–20 см слое почвы, если:
  - а) влажность – 41 %, общая пористость – 62 %, плотность сложения – 1,17 г/см<sup>3</sup>;
  - б) влажность – 28 %, общая пористость – 51 %. Плотность сложения – 1,32 г/см<sup>3</sup>;
  - в) влажность – 56 %, общая пористость – 69 %, плотность сложения – 0,97 г/см<sup>3</sup>.

3. Рассчитайте плотность твердой фазы и плотность сложения, если известно, что общая пористость равна 62 %, влажность почвы – 41 % от массы сухой почвы, масса сырой почвы составляет 384 г, а общий объем почвы (объем твердой и газообразной фаз) – 211 см<sup>3</sup>.

## 1.5. Водные свойства почв, их агрономическое значение

### 1.5.1. Значение воды в жизни растений и почвы

Водная среда пронизывает и объединяет все части организма, начиная от молекул в клетках и кончая тканями организма, в единое целое. Около трети всего количества воды, содержащейся в клетке, находится в вакуоли, а две трети – в протоплазме и клеточной оболочке. В растении вода представляет собой непрерывную среду на всем протяжении от влаги, извлекаемой корнями из почвенных слоев, до поверхности раздела «жидкость – газ» в листьях, где она испаряется.

1) Вода обладает исключительно высоким поверхностным напряжением (уступает только ртути), которое способствует передвижению соков по тканям растения и процессу адсорбции (от лат. sorbere – поглощать, всасывать) – поглощение вещества из раствора или газа с образованием тонкого поверхностного слоя жидкости.

2) Вода – важнейший растворитель и среда для биохимических реакций.

3) Вода входит в состав молекул белков; удаление воды из белков (с помощью «высаливания» или спирта) приводит белки к свертыванию (коагуляции) и выпадению их в осадок.

4) Вода – метаболит, т. е. вещество, образующееся в растении в результате обмена веществ. Так при фотосинтезе вода является доносчиком электронов, а при дыхании участвует в окислительных процессах; вода необходима для гидролиза (реакции ионного обмена между различными веществами и водой, играющие огромную роль в жизнедеятельности живых организмов) и многих синтетических процессов. Существенно участие воды в мембранных процессах обмена веществ.

5) Вода – главный компонент в транспортной системе высших растений – в сосудах ксилемы и в ситовидных трубках флоэмы, при перемещении веществ по телу растения.

6) Вода – терморегулирующий фактор. Она защищает ткани от резких колебаний температуры благодаря высокой теплоемкости. Большая теплоемкость воды защищает растительные ткани от быст-

рого и сильного повышения температуры, тогда как высокая теплота парообразования обеспечивает надежную стабилизацию температуры тела растения. Вода обладает также высокой теплопроводностью, т. е. способностью вещества проводить тепло.

7) Вода – хороший амортизатор при механических воздействиях на организм растения (ветер и др.). Благодаря явлениям осмоса (давления) и тургора (напряжения) вода обеспечивает упругое состояние клеток и тканей растений. Все семенные растения суши в процессе эволюции выработали многообразные «механизмы», обеспечивающие растению экономное расходование воды, поступающей в организм. Водные растения, естественно, не испытывают ее недостатка.

При нарушении водного баланса и образовании дефицита влаги в растении происходит ряд физиологических и анатомических изменений, направленных на экономное расходование и сохранение влаги. Недостаток запасов почвенной влаги сдерживает развитие корневой системы, а, следовательно, и всего растения. Известно, что величина продуктивности сельскохозяйственных растений определяется уровнем их потребности во влаге и фактическими запасами почвенной влаги, доступной растениям в течение вегетационного периода.

**Влажность почвы оказывает решающее влияние на некоторые фазы развития растений, например, на образование узла кущения и вторичных корней у злаков.**

При низкой влажности почвы в fazu кущения у яровой пшеницы и овса полностью прекращается рост вторичных корней.

Кроме прямого влияния на растения вода в почве оказывает косвенное действие, изменяя различные свойства почвы, ее воздушный, тепловой и пищевой режимы. При колебании влажности почвы колеблется активность микроорганизмов и содержание доступных питательных веществ.

Влажность почвы оказывает большое влияние на качество полевых работ и на величину тяговых усилий.

Закономерности состояния и поведения влаги в почве изучали многие исследователи: А.А. Измаильский, Г.Н. Высоцкий, А.Ф. Лебедев, А.Г. Дояренко, С.И. Долгов, Н.А. Качинский, А.А. Роде и др.

### **1.5.2. Водные свойства почв**

Термин «водные свойства» означает совокупность свойств почвы, обусловливающих накопление, сохранение и передвижение воды

в почвенной толще. Водные свойства, наряду с климатом, погодными условиями, типом экосистемы, определяют водный режим почв и, следовательно, их экологическую функцию – водоснабжение растений.

К водным свойствам почвы относятся водоудерживающая способность, влагоемкость, водопроницаемость, водоподъемная способность.

*Водоудерживающей способностью* называется свойство почвы поглощать и удерживать воду в своем профиле, противодействия стеканию ее под действием силы тяжести. Основными удерживающими воду в почве силами являются сорбционные и капиллярные. Количественно водоудерживающая способность представляет влагоемкость.

*Влагоемкость почвы* – это максимальное количество той или иной формы (категории) почвенной воды, удерживаемое соответствующими силами в почве.

Это свойство зависит:

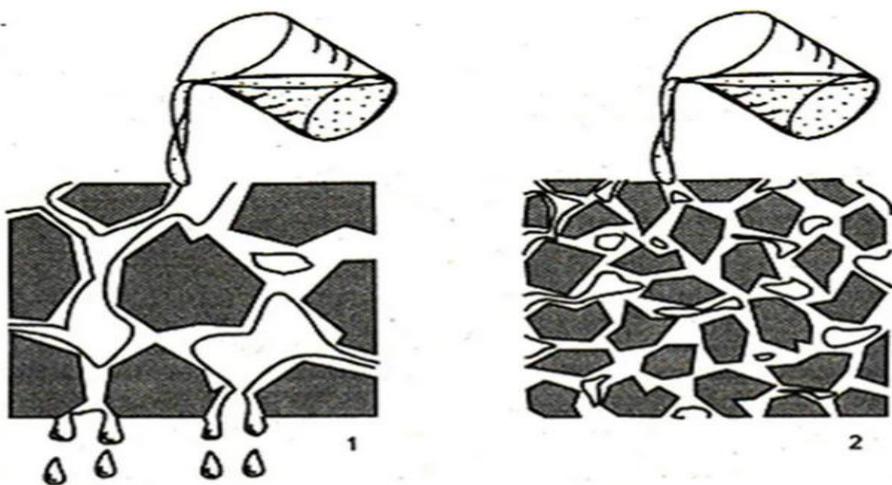
- 1) от гранулометрического состава;
- 2) минерального состава и гумусированности;
- 3) состояния увлажненности;
- 4) структуры и пористости;
- 5) температуры почвы;
- 6) концентрации и состава почвенных растворов;
- 7) степени окультуренности;

а также от других факторов и условий почвообразования.

Чем выше температура почвы и воздуха, тем меньше влагоемкость, за исключением почв, обогащенных гумусом.

*Водопроницаемость почвы* – это свойство почвы впитывать и пропускать через свой профиль поступающую с поверхности воду.

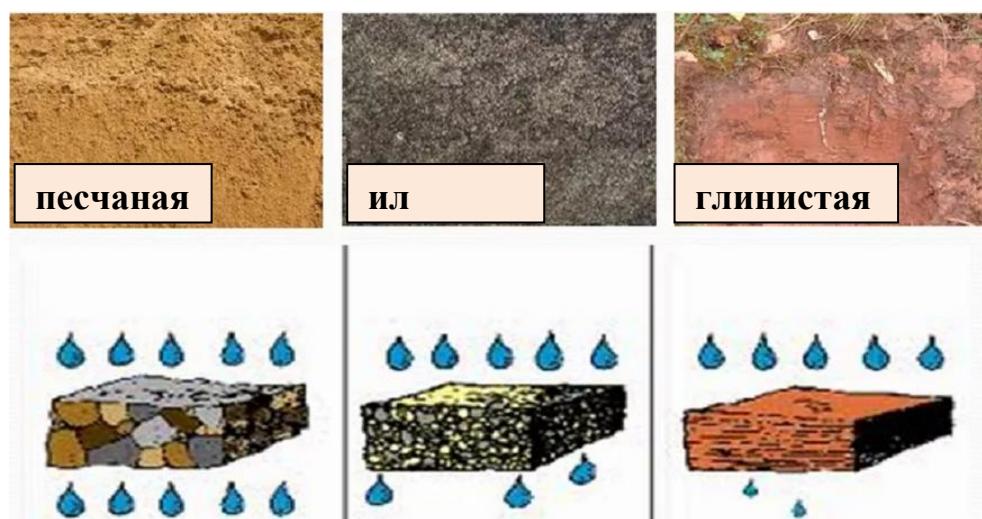
При этом различают поглощение, впитывание воды почвой, когда вода заполняет поры и пустоты сухой почвы (рис. 8), передвигаясь от генетического горизонта к горизонту (1-я стадия).



*Рисунок 8 – Стадии поглощения воды почвой*

И фильтрацию, когда свободная вода проходит сквозь толщу насыщенной влагой почвы под воздействием силы тяжести и градиента напора (2-я стадия).

Водопроницаемость связана с гранулометрическим составом и оструктуренностью почвы (рис. 9).



*Рисунок 9 – Влияние гранулометрического состава почвы на процесс впитывания воды в почве*

*Водоподъемная способность почвы* – это свойство почвы вызывать восходящее передвижение содержащейся в ней влаги за счет капиллярных сил.

Высота подъема воды в почвах и скорость ее передвижения зависят в основном:

- 1) от гранулометрического состава;

- 2) структурного состояния;
- 3) пористости почв.

Высота капиллярного поднятия воды возрастает по мере уменьшения диаметра капиллярных пор. Поэтому водоподъемная способность песчаных почв составляет 0,5–1 м, супесчаных 1,0–1,5 м, суглинистых – 3–4 м, лесовидных пород – 4–5 м. В бесструктурных глинистых почвах, несмотря на наиболее мелкий размер капилляров, по сравнению с почвами иного гранулометрического состава, водоподъемная способность снижается, поскольку капилляры заполнены преимущественно связанной водой.

Благодаря водоподъемной способности почвы растения дополнительно снабжаются влагой, поступающей из грунтовых вод. Это особенно важно в засушливых регионах. Однако, при слишком залегании грунтовых вод к поверхности, может произойти заболачивание, а когда они минерализованные – засоление почв.

Особой характеристикой воды в почве является ее *влажность*.

**Влажность почвы (весовая)** – количество воды, находящейся в данный момент в почве, приходящееся на единицу массы абсолютно сухой почвы.

**Влажность почвы (объемная)** – количество воды, находящейся в данный момент в почве, приходящееся на единицу объема абсолютно сухой почвы.

Формула расчета влажности почвы:

$$\text{Влажность почвы} = (\text{масса испарившейся влаги} / \text{масса сухой почвы}) \times 100, \%$$

**Состояние влаги в почве характеризуют почвенно-гидрологические константы:**

1) **полная влагоемкость (ПВ)** – или водовместимость, все поровое пространство заполнено водой, теоретически равна порозности;

2) **капиллярная влагоемкость (КВ)** – над уровнем грунтовых вод располагается верховодка, где влага содержится в капиллярах, которые в нижней своей части находятся в грунтовой воде – «капиллярно-подпертая вода»;

3) **наименьшая влагоемкость (НВ)** – влага, удерживаемая только капиллярными силами. Грунтовые воды опустились, а влага из почвы свободно стекает под действием гравитационных сил.

*Термину наименьшая влагоемкость соответствуют термины полевая влагоемкость (ПВ), общая влагоемкость (ОВ) и предельная*

**полевая влагоемкость (ПВ).** Последний термин особенно широко используется в агрономической практике и в мелиорации.

Наименьшая влагоемкость почв является очень важной гидрологической характеристикой почвы. С ней связано понятие о дефиците влаги в почве, по НВ рассчитываются поливные нормы. Это – равновесная влажность, которую возможно определить в поле, она наблюдается в почве весной, после таяния снега, стекания гравитационной воды и представляет собой весенние запасы влаги.

НВ важна и тем, что характеризует содержание в почве воздуха в этот момент. Характеристическая величина воздухосодержания при влажности НВ носит название воздухоемкости и составляет 20–25 % для песчаных, 15–20 % для суглинистых и >10 % для глинистых почв;

4) **влажности разрыва капиллярной связи (ВРК),** ниже которой подвижность влаги влажности резко уменьшается, влага удерживается молекулярными силами, слабоподвижная;

5) **влажность завядания (ВЗ)** – растения приобретают признаки устойчивого завядания;

6) **максимальная адсорбционная влагоемкость (МАВ)** – наибольшее количество воды, которое может бытьдержано сорбционными силами на поверхности почвенных частиц. соответствует прочносвязанной (адсорбированной) воде, содержащейся в почве;

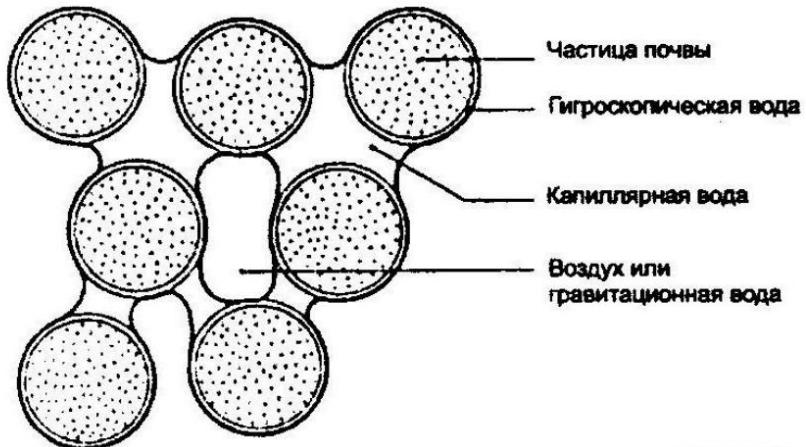
7) **максимальная гигроскопичность (МГ)** – это наибольшее недоступное растениям количество влаги (мертвый запас влаги), которое прочно удерживается молекулярными силами почвы (адсорбцией).

Количественные оценки почвенно-гидрологических констант зависят от минералогического и гранулометрического состава, содержания гумуса, структурного состояния, пористости и плотности почв. Существует правило (не всегда соблюдающееся!) о соотношении величин влажностей, соответствующих почвенно-гидрологическим константам:

$$\text{ПВ} : \text{НВ} : \text{ВРК} : \text{ВЗ} : \text{МГ} = 1 : 0,5 : 0,35 : 0,25 : 0,05.$$

Но, очень важно, это правило можно применять лишь для ориентации в величинах почвенно-гидрологических констант, но оно не применимо для количественных расчетов. Основой для нахождения величин почвенно-гидрологических констант является их экспериментальное определение.

Таким образом, почвенно-гидрологические константы отражают характерные почвенно-гидрологические условия, связанные с определенными силами, удерживания воды в почве и ее подвижности и доступности для растений (рис. 10).



*Рисунок 10 – Типы почвенной воды  
Запасы влаги в почве*

В агрономической практике важно учитывать общий и полезный запас воды в почве. Общий запас воды (ОЗВ) – суммарное количество влаги на заданную мощность почвы, выраженное в миллиметрах водного столба, или в м<sup>3</sup>/га. Полезный запас воды в почве (ПЗВ) – суммарное количество продуктивной или доступной растениям влаги в заданной толще почвы.

Чтобы рассчитать ПЗВ в почве, необходимо вычислить ОЗВ и запас труднодоступной влаги (ЗТВ). Последний рассчитывается аналогично общему запасу, но вместо запаса влаги по тем же горизонтам берут влажность устойчивого завядания растений (ВЗ). Содержание полезной влаги в почве определяется разностью между ОЗВ и ЗТВ. **Оптимальный запас продуктивной влаги в метровом слое почвы в период вегетации находится в пределах 100–200 мм, а в пахотном слое – от 20 до 50 мм.**

**Общие запасы влаги (В)** в почвенных слоях определяются по формуле:

$$B = a \cdot dv \cdot h,$$

где В – общие запасы воды в слое почвы, м<sup>3</sup>/га;  
а – влажность почвы, %;

$dv$  – плотность сложения почвы, г/см<sup>3</sup>;

$h$  – мощность горизонта, см.

Для пересчета м<sup>3</sup>/га в мм используется коэффициент 0,1:

$$B (\text{мм}) = \text{м}^3/\text{га} \cdot 0,1.$$

**Продуктивные (полезные) запасы влаги (Вп)** в почве определяются так:

$$B_{\text{п}} = (a - B_3) \cdot dv \cdot h (\text{м}^3/\text{га});$$

$$B_{\text{п}} = (a - B_3) \cdot dv \cdot h \cdot 0,1 (\text{мм}).$$

**Непродуктивные (недоступные) запасы влаги** в почве определяются так:

$$B_{\text{н}} = B_3 \cdot dv \cdot h (\text{м}^3/\text{га});$$

$$B_{\text{н}} = B_3 \cdot dv \cdot h \cdot 0,1 (\text{мм}).$$

Для оценки запасов продуктивной влаги в почве используется шкала, представленная в таблице 16.

Таблица 16 – Оценка запасов продуктивной влаги  
(по А.Ф. Вадюниной, З.А. Корчагиной)

Мощность слоя, см	Запас воды, мм	Качественная оценка запасов воды
0–20	> 40	Хорошие
	40–20	Удовлетворительные
	< 20	Неудовлетворительные
0–100	> 160	Очень хорошие
	160–130	Хорошие
	130–90	Удовлетворительные
	90–60	Плохие
	< 60	Очень плохие

### ***Основные пути регулирования водного режима в земледелии***

Если потребность растений в воде обычно от посева до образования урожая возрастает, то запасы влаги в почве, особенно в районах недостаточного увлажнения, от весны к лету уменьшаются. За-

дача регулирования водного режима состоит в том, чтобы накопить и сохранить влагу в почве на этот период.

Первый способ радикального регулирования водного режима в засушливых районах – искусственное орошение. При этом урожай зерновых культур возрастает в 2–3 раза и более, кормовых – в 4–6 раз.

Второй способ – создание полезащитных, водоохраных и других лесных насаждений, искусственных водоемов, лиманов.

Третий – применение агротехнических приемов, способствующих накоплению, сохранению и рациональному расходованию влаги. К ним относятся:

- 1) ранневесенне боронование при незначительном подсыхании верхнего 3–4 см слоя почвы;
- 2) мульчирование;
- 3) снегозадержание;
- 4) приемы регулирования снеготаяния и стока (агротехнические, мелиоративные);
- 5) уничтожение сорняков;
- 6) подбор культур, сортов, сроков и способов сева;
- 7) сочетание культур в севообороте;
- 8) внесение удобрений и обеспечение растений другими условиями жизни.

### *Агротехнологические факторы управления водообеспеченностью растений*

**1. Дата посадки (посева)** – фактор важен, особенно в условиях дефицита влаги.

#### **Почему?**

1) Незасухоустойчивые виды успевают развить достаточную биомассу, чтобы завершить свой цикл формирования урожая, избежав водных стрессов.

2) Необходимо, чтобы *почвенная засуха не совпала с периодом наибольшей чувствительности растений к засухе*. Как правило, это период интенсивного роста растений, увеличения биомассы. В этом случае приходится решать проблему оптимизации тепловых и водных

ресурсов, так как тепловые ресурсы для роста растений, как правило, недостаточны, а водные быстро расходуются.

3) Оптимальные решения могут быть найдены на основе критических температур почвы для прорастания растений и запасов влаги.

**2. Способ посадки.** Цель – найти оптимальное размещение растений в рядках и расстояние между рядками, чтобы растения в наибольшей мере использовали солнечную радиацию.

Необходимо создать архитектуру лиственного покрова, чтобы с наибольшей эффективностью использовать солнечную радиацию.

3. **Обработка почвы** – снижаются непродуктивные потери в виде испарения с поверхности почвы, создается слой агрегатов – преграда для подтока влаги к поверхности (рис. 11).

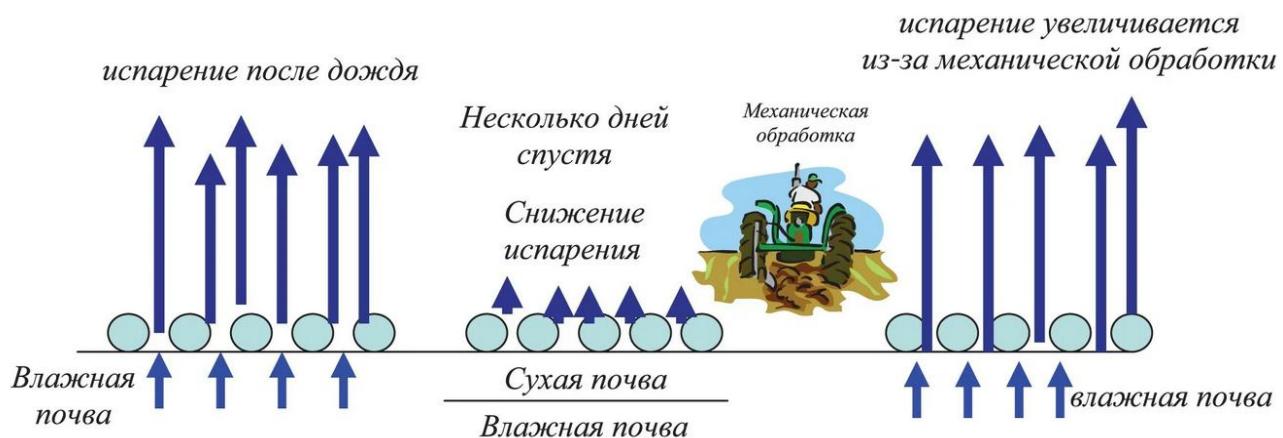


Рисунок 11 – Влияние механической обработки и уровня влажности на процесс испарения

#### 4. Удобрения:

- 1) увеличение роста корней (прежде всего, фосфатные удобрения);
- 2) увеличение вегетативной массы и лучшее использование солнечной энергии;
- 3) ускорение циклов развития, особенно важно для засушливых регионов.

## *Лабораторная работа 3*

### **ОЦЕНКА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ**

#### *Задания*

#### **Содержание работы:**

Выполните расчеты и ответьте на вопросы в выданных преподавателем вариантах.

#### **Вариант 1**

1. Перечислите основные водные свойства почв. От каких почвенных параметров будут зависеть эти свойства? Приведите примеры.
2. Рассчитайте общий и продуктивный запас воды: в слое 0–100 см с полевой влажностью 45 %, В3 – 11,3 %, плотностью сложения 0,85 г/см<sup>3</sup>; оцените запасы продуктивной влаги;
3. Влажность почвы в слое 0–20 см равна 64 %, НВ – 41 %, плотность сложения – 1,18 г/см<sup>3</sup>. Определите количество просочившейся через слой 0–20 см гравитационной воды в мм.

#### **Вариант 2**

1. Как будет изменяться влагоемкость в зависимости от гранулометрического состава, степени гумусированности? В чем разница между понятиями «влагоемкость» и «влажность» почвы?
2. Определить запас недоступной (непродуктивной) воды в слое почвы 0–20 см, если известно, что масса сырой почвы – 517 г, после высушивания – 376 г, плотность сложения – 1,28 г/см<sup>3</sup>, МГ – 8,4 %.
3. Определите количество (мм) просочившейся через слой 0–20 см гравитационной воды, если влажность почвы в этом слое равна 58 %, плотность сложения – 1,09 г/см<sup>3</sup>, НВ – 28 %.

#### **Вариант 3**

1. Можно ли изменить влагоемкость почвы в течение вегетационного сезона, если да, то каким образом? Какими способами можно сохранить влагу в почве?

2. Определить запас недоступной (непродуктивной) воды в слое почвы 0–20 см, если известно, что масса сырой почвы – 209 г, после высушивания – 160 г, плотность сложения – 1,02 г/см<sup>3</sup>, МГ – 9,2 %.

3. Определите дефицит влажности при следующих параметрах:  
а) НВ – 44 %, полевая влажность – 22 %; б) НВ – 29 %, плотность сложения – 0,97 г/см<sup>3</sup>, полевая влажность – 20 %.

### **Вариант 4**

1. Что вы понимаете под аббревиатурой ДАВ? Какие ПГК знаете? Какие из них соответствуют недоступной, а какие доступной влаге?

2. Определить запас продуктивной воды в слое почвы 0–20 см, если известно, что масса сырой почвы – 455 г, после высушивания – 310 г, плотность сложения – 1,31 г/см<sup>3</sup>, МГ – 8,4 %.

3. Определите дефицит влажности при следующих параметрах:  
а) НВ – 44 %, полевая влажность – 22 %; б) НВ – 29 %, плотность сложения – 0,97 г/см<sup>3</sup>, полевая влажность – 20 %.

### **Вариант 5**

1. От каких параметров почвы зависит водопроницаемость? Объясните взаимосвязь между уровнем водопроницаемости и эрозией почв.

2. Рассчитайте общий и продуктивный запас воды: в слое 0–20 см с полевой влажностью 51 %, МАВ – 3,7 %, плотностью сложения 1,27 г/см<sup>3</sup>.

3. Определите количество (мм) просочившейся через слой 0–10 см гравитационной воды, если влажность почвы в этом слое равна 45 %, плотность сложения – 1,17 г/см<sup>3</sup>, НВ – 33 %.

### **Вариант 6**

1. Роль лесных полос в регулировании водного баланса почв. Что такое кулисный пар?

2. Рассчитайте общий и продуктивный запас воды: в слое 0–20 см с полевой влажностью 50 %, ВЗ – 15,3 %, плотностью сложения 1,05 г/см<sup>3</sup>.

3. Определите диапазон активной влаги почвы, которая имеет НВ – 27,4 %, ВЗ – 13,5 %, плотность сложения – 1,12 г/см<sup>3</sup>.

## **Вариант 7**

1. Поясните понятие «мульчирование». Чем можно мульчировать почву? Объясните положительные стороны мульчи?
2. Рассчитайте общий и продуктивный запас воды в  $\text{м}^3/\text{га}$  и  $\text{мм}$ : в слое 0–20 см с влажностью почвы 51 %, МГ – 4,6 %, плотностью сложения 1,29  $\text{г}/\text{см}^3$ ; оцените запасы продуктивной влаги.
3. Рассчитайте диапазон активной влаги в %,  $\text{мм}$ ,  $\text{м}^3/\text{га}$ , если дано: НВ – 36 %, ВЗ – 12 %, плотность сложения – 1,11  $\text{г}/\text{см}^3$ .

## **Вариант 8**

1. Почему нельзя бороновать (рыхлить) почву сразу после полива или дождя? Как выбрать оптимальное время для боронования и вспашки?
2. Рассчитайте общий и продуктивный запас воды: в слое 0–20 см с полевой влажностью 64 %, МГ – 9 %, плотностью сложения 1,02  $\text{г}/\text{см}^3$ ; оцените запасы продуктивной влаги.
3. Определите дефицит влажности при следующих параметрах:  
а) НВ – 40 %, полевая влажность – 25 %; б) НВ – 25 %, плотность сложения – 1,35  $\text{г}/\text{см}^3$ , полевая влажность – 18 %.

## **Вариант 9**

1. Сформулируйте понятие «водный режим почв». Перечислите «приходные» и «расходные» статьи водного баланса. Какие советские и российские ученые внесли значительный вклад в изучение водного режима почв?
2. Рассчитайте общий и продуктивный запас воды: в слое 0–50 см с полевой влажностью 48 %, ВЗ – 13 %, плотностью сложения 0,87  $\text{г}/\text{см}^3$ ; оцените запасы продуктивной влаги.
3. Определите количество (мм) просочившейся через слой 0–20 см гравитационной воды, если влажность почвы в этом слое равна 34 %, плотность сложения – 1,16  $\text{г}/\text{см}^3$ , НВ – 41 %.

## **Вариант 10**

1. Назовите типы водного режима. Какие типы и их подтипы формируются при каждом из них?

2. Рассчитайте общий и продуктивный запас воды: в слое 0–50 см с полевой влажностью 30 %, ВЗ – 10,5 %, плотностью сложения 1,08 г/см<sup>3</sup>; оцените запасы продуктивной влаги.

3. Влажность почвы в слое 0–15 см равна 32 %, НВ – 30%, плотность сложения – 1,25 г/см<sup>3</sup>. Определите количество просочившейся через слой 0–15 см гравитационной воды в мм.

### **Вариант 11**

1. Какие единицы измерения запасов влаги в почве знаете? Как рассчитать запасы влаги? В каких слоях почвы принято рассчитывать запасы?

2. Определите количество недоступной воды в метровой толще чернозема выщелоченного легкосуглинистого, при средней для этого слоя плотности сложения равной 1,35 г/см<sup>3</sup> и ВЗ – 7,77 %;

3. Определите влажность почвы, полную влагоемкость, вывод об условиях увлажнения, если масса сырой почвы равна 278 г, сухой – 179 г, общая пористость почвенного образца составляет 63 % от общего объема почвы этого образца, равного 391 см<sup>3</sup>.

### **Вариант 12**

1. Назовите основные мелиоративные приемы по осушению. Приведите примеры.

2. Определите максимальный запас продуктивной влаги в слое 0–20 см серой лесной почвы с плотностью сложения 1,24 г/см<sup>3</sup>, ПВ – 39,9 %, ВЗ – 10,2 %.

3. Рассчитайте диапазон активной влаги в %, мм, м<sup>3</sup>/га, если дано: НВ – 32 %, ВЗ – 11,2 %, плотность сложения – 0,97 г/см<sup>3</sup> в слое почвы 20 см.

### **Вариант 13**

1. Поясните роль чистых и кулисных паров, лесных полос в накоплении и сохранении влаги в почве.

2. Определите дефицит влаги (в % и м<sup>3</sup>/га) при следующих параметрах: НВ – 37 %, полевая влажность – 21 %, плотности сложения почвы 1,23 г/см<sup>3</sup> в слое 0–100 см.

3. Определите количество (мм) просочившейся через слой 0–20 см гравитационной воды, если влажность почвы в этом слое равна 52 %, плотность сложения – 1,05 г/см<sup>3</sup>, НВ – 49 %.

### **Вариант 14**

1. Поясните термин «дефицит влажности». Назовите нижний критический предел влажности почвы, указывающий на необходимость полива.

2. Влажность почвы в слое 0–20 см равна 45 %, НВ – 40 %, плотность сложения – 1,16 г/см<sup>3</sup>. Определите количество просочившейся через слой 0–20 см гравитационной воды в мм.

3. Определите влажность и доступную влагу почвы (м<sup>3</sup>/га, мм), если масса влажной почвы равна 176 г, сухой – 128 г, а МАВ – 4,4 %.

### **Вариант 15**

1. Поясните термин «эвапотранспирация», «транспирационный коэффициент» и «коэффициент водопотребления»?

2. Определите влажность и доступную влагу почвы (м<sup>3</sup>/га, мм), если масса влажной почвы равна 241 г, сухой – 164 г, а МАВ – 3,8 %.

3. Определите влажность почвы, полную влагоемкость. Сделайте вывод об условиях увлажнения, если масса сырой почвы равна 325 г, сухой – 186 г, общая пористость почвенного образца составляет 65 % от общего объема почвы этого образца, равного 473 см<sup>3</sup>.

### **Вариант 16**

1. Перечислите факторы (почвенно-земледельческие), влияющие на водообеспеченность растений.

2. Определите влажность и доступную влагу почвы (м<sup>3</sup>/га, мм), если масса влажной почвы равна 459 г, сухой – 391 г, а МАВ – 4,5 %.

3. Определите влажность почвы, полную влагоемкость. Сделайте вывод об условиях увлажнения, если масса сырой почвы равна 287 г, сухой – 241 г, общая пористость почвенного образца составляет 48 % от общего объема почвы этого образца, равного 359 см<sup>3</sup>.

## **Вариант 17**

1. Назовите оптимальные значения относительной влажности почвы для развития биологических процессов. Для чего необходимо знать этот параметр?
2. Определите влажность и доступную влагу почвы ( $\text{м}^3/\text{га}$ ,  $\text{мм}$ ), если масса влажной почвы равна 117 г, сухой – 90 г, а МАВ – 3,7 %.
3. Определите влажность почвы, полную влагоемкость. Сделайте вывод об условиях увлажнения, если масса сырой почвы равна 156 г, сухой – 121 г, общая пористость почвенного образца составляет 67 % от общего объема почвы этого образца, равного  $237 \text{ см}^3$ .

## **Вариант 18**

1. Дайте понятие «фильтрации» и «кинфильтрации» воды в почве. Чему равен коэффициент фильтрации и коэффициент увлажнения?
2. Определите диапазон активной влаги почвы (в % и  $\text{м}^3/\text{га}$ ), которая имеет НВ – 36,2 %, ВЗ – 13,2 %, плотность сложения –  $1,18 \text{ г}/\text{см}^3$  в слое 0–20 см.
3. Определите влажность почвы, полную влагоемкость. Сделайте вывод об условиях увлажнения, если масса сырой почвы равна 156 г, сухой – 121 г, общая пористость почвенного образца составляет 67 % от общего объема почвы этого образца, равного  $237 \text{ см}^3$ .

## **Вариант 19**

1. Какие гидрологические горизонты в почве вы знаете? Дайте им характеристику.
2. Определите влажность и доступную влагу почвы ( $\text{м}^3/\text{га}$ ,  $\text{мм}$ ), если масса влажной почвы равна 431 г, сухой – 387 г, а МАВ – 4,1 %.
3. Рассчитайте общий и продуктивный запас воды: в слое 0–50 см с полевой влажностью 45 %, ВЗ – 12,1 %, плотностью сложения  $1,21 \text{ г}/\text{см}^3$ ; оцените запасы продуктивной влаги.

## **Вариант 20**

1. Раскройте понятия: «поверхностный сток», «внутрипочвенный сток», «грунтовый сток».

2. Определите запас недоступной (непродуктивной) воды в слое почвы 0–100 см, если известно, что масса сырой почвы – 343 г, после высушивания – 280 г, плотность сложения – 1,28 г/см<sup>3</sup>, МГ – 7,9 %.

3. Определите дефицит влажности при следующих параметрах:  
а) НВ – 28 %, полевая влажность – 18 %; б) НВ – 34 %, плотность сложения – 1,32 г/см<sup>3</sup>, полевая влажность – 25 %.

## *Лабораторная работа 4*

### ***ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТАВА НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ (ОПЫТ С КОЛОННОЙ)***

**Материалы и оборудование:** набор сит; цилиндры; kleящая пленка, ткань; линейка; бюксы; мерный цилиндр объемом 1 л; весы; сушильный шкаф; почвенные образцы.

**Цель работы:** исследовать влияние структурного состава почвы на общие физические и водно-физические свойства почвы.

#### ***Содержание работы:***

Объекты и предметы исследований:

- 1) плотность сложения и плотность твердой фазы, общая пористость и пористость аэрации;
- 2) категории, формы и виды почвенной воды;
- 3) почвенно-гидрологические константы;
- 4) запасы почвенной воды.

Эти характеристики исследуются в опыте с колоннами, заполненными почвой разного структурного состава. Колонна с почвенными агрегатами моделирует полуметровый слой почвы, подготовленный по соответствующему варианту.

#### *Гипотетические варианты опыта*

##### **I. Колонны, наполненные агрегатами в 1 слой**

1. Размер почвенных агрегатов < 1 мм.
2. Размер почвенных агрегатов 1–3 мм.
3. Размер почвенных агрегатов 3–5 мм.
4. Размер почвенных агрегатов 5–7 мм.

##### **II. Колонны, наполненные агрегатами в 2 слоя (имитируется пахотный и подпахотный горизонты)**

1. Первый слой 0–20 см – < 1 мм.  
Второй слой 20–50 см – 3–5 мм.
2. Первый слой 0–20 см – 1–3 мм.  
Второй слой 20–50 см – 3–5 мм.

3. Первый слой 0–20 см – 5–7 мм.  
Второй слой 20–50 см – 3–5 мм.
4. Первый слой 0–20 см – 5–7 мм.  
Второй слой 20–50 см – < 1 мм.

### *Ход работы*

1. При помощи цилиндров длиной 10 см, используя изолирующую ленту, необходимо собрать колонну высотой 50 см. Нижняя часть колонны (дно) покрывается тканью и крепится при помощи шпагата или скотча.
2. Далее необходимо в зависимости от варианта, подготовить почву – просеять через набор сит соответствующего диаметра:



*Рисунок 11 – Схема просеивания почвы через ситовой набор*

3. Просеянную через сита нужного размера почву взвесить и равномерно поместить в колонну. В случае вариантов со слоистыми колоннами, для точности определения высоты слоя (0–20 и 20–50 см) можно использовать линейку или рулетку.
4. Далее измеряется диаметр, радиус колонны, а также высота слоя почвы в колонне (в слоистых высота каждого слоя) и рассчиты-

вается объем колонны по формуле:  $V_k = \pi r^2 \cdot h$  (см<sup>3</sup>). В слоистых колоннах определяется объем каждого слоя отдельно.

5. Плотность сложения почвы ( $d_V$ ) рассчитывают по формуле

$$d_V = m/V,$$

где  $m$  – масса сухой почвы, г;

$V$  – объем почвенного образца в колонне, см<sup>3</sup>.

6. Общую пористость (Робщ.) рассчитывают по формуле

$$\text{Робщ.} = 1 - (d_V/d) \cdot 100 (\%),$$

где  $d_V$  – плотность сложения, г/см<sup>3</sup>;

$d$  – плотность твердой фазы, г/см<sup>3</sup>.

7. Все измеренные данные занесите в тетрадь по форме (табл. 17).

Таблица 17 – Физические свойства почвы

Вариант	Слой почвы в колонне	Высота слоя почвы $h$ , см	Радиус колонны $r$ , см	Масса воздушно- сухой почвы $m$ в.с.п., г	Влажность почвы, взятой для опыта, МАВ, %	Масса сухой почвы в колонне $m$ с.п., г	Объем почвы в колонне $V_k$ , см <sup>3</sup>	Плотность почвы $d_V$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность твердой фазы $d$ , г/см <sup>3</sup>	Общая пористость <b>Робщ.</b> , %

8. Подготовленную колонну поместить в стеклянный цилиндр объемом 1 л на лабораторный стол.

9. Далее почву в колонне увлажнить водой, приливаемой сверху постепенно так, чтобы над почвой поддерживался слой воды в 2–3 см. Объем воды для суглинистых – 250–350 мл, в зависимости от типа и гранулометрического состава почвы. После впитывания воды верх колонны для устранения испарения закрыть стеклянной крышкой.

8. В случае изучение водоподъемной способности почв, воду приливают в стакан или большего объема емкость, на которую помещают колонну.

9. После завершения практической части эксперимента необходимо рассчитать показатели физических свойств исследуемой почвы и завершить заполнение таблицы 17.

Также, после заполнения данных своего варианта, заполняются результаты измерений остальных вариантов (бригад студентов).

Информацию о влажности почвы, взятой для опыта и плотности твердой фазы сообщает преподаватель.

10. Через 5–10 дней колонна разбирается для определения влажности. Для этого колонну размещают горизонтально на лабораторный стол, отделяют каждый цилиндр из цельной колонны и, далее, с каждого конца отбирают почву на предварительно подготовленную пленку. Из получившихся десяти кучек почвы берут часть в, предварительно взвешенные, алюминиевые бюксы не более 2/3 объема бюкса. Номера бюксов, размещенные на их крышках, также заносятся в таблицу 18.

11. Далее бюксы взвешиваются с влажной почвой. Массу записывают в таблицу 18.

Таблица 18 – Результаты расчетов влажности почвы и пористости аэрации

Глубина взятия проб, см	Номер бюкса	Масса пустого бюкса, г	Масса бюкса с влажной почвой, г	Масса бюкса с высушенной почвой, г	Масса испарившейся воды м.и.в., г	Масса сухой почвы м.с.п., г	Влажность почвы $a$ , %	Влажность почвы в % от объема $aV$	Пористость аэрации $R_{aэр}$ , %
0-5									
5-10									
10-15									
15-20									
20-25									
25-30									
30-35									
35-40									
40-45									
45-50									

12. После взвешивания открытые бюксы помещают в сушильный шкаф на 6–8 ч при температуре 105 °C.

13. После охлаждения бюксы с высушенной почвой взвешивают и делают запись в таблице 18.

14. Далее определяют массу испарившейся влаги (м.и.в.), массу сухой почвы (м.с.п.) и влажность почвы (а) по следующим формулам:

*Массу испарившейся влаги (м.и.в.)* определяют как разницу между массой бюкса с влажной почвой и массой бюкса с высушенной почвой.

*Массу сухой почвы (м.с.п.)* определяют, зная массу воздушно-сухой почвы (т в.с.п.) и влажность почвы, взятой для опыта (МАВ) по пропорции.

Например, т в.с.п. = 1000 г, МАВ = 4 %, тогда

х (г) воды – 1000 г воздушно-сухой почвы

4 (г) воды – 100 г воздушно-сухой почвы

Тогда х (г) воды =  $4 \cdot 1000 / 100 = 40$  г.

Соответственно, м.с.п. = 1000 г – 40 г = 960 г.

*Влажность почвы (а)* определяем по формуле

$$a = (\text{м.и.в.} / \text{м.с.п.}) \cdot 100 (\%).$$

*Влажность почвы в % (av)* от объема определяют по формуле

$$av = a \cdot dv.$$

Таким образом, результаты определяются для каждого слоя:

0–5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30, 30–35, 35–40, 40–45 и 45–50 см.

15. Пористость аэрации (Раэр) рассчитывают по формуле:

$$\text{Раэр} = \text{Робщ} - (a \cdot dv), \%,$$

где Робщ – общая пористость, %

а – влажность почвы, %;

dv – плотность сложения, г/см<sup>3</sup>.

16. *Обсуждение данных общих физических свойств:* оцените значения плотности сложения, общей пористости, пористости аэрации в анализируемом варианте, а также сравните результаты с показателями других вариантов эксперимента.

### ***Расчет запасов влаги в почве колонны для слоя 0–20 см***

17. *Общие запасы влаги* в почвенных слоях после увлажнения колонны определяются по формуле

$$B = a \cdot dv \cdot h \cdot 0,1,$$

где  $B$  – общие запасы воды в слое почвы, мм;  
 $a$  – влажность почвы, %;  
 $dv$  – плотность сложения почвы, г/см<sup>3</sup>;  
 $h$  – мощность горизонта, см.

18. Определите значения почвенно-гидрологических констант МГ и ВЗ по формулам

$$MG = MAV \cdot 2;$$

$$VZ = MG \cdot 1,5.$$

19. Постройте график распределения влаги в колонне. Значения влажности заносите в % от объема ( $av$ ).

20. На график занести величину общей пористости и выделить площадь, занятую почвой в жидкой, твердой и газообразной фазе, принимая весь объем почвы за 100 %.

21. По графику определить величину НВ, ВРК и диапазон активной (продуктивной) влаги (ДАВ).

22. Сделать выводы о зависимости изученных физических и водных свойств почвы от структуры почвы в колонне.

23. Рассчитайте *продуктивные запасы влаги* в почве по формуле

$$B_p = (a - VZ) \cdot dv \cdot h \cdot 0,1 \text{ (мм).}$$

24. Рассчитайте *непродуктивные (недоступные)* запасы влаги в почве по формуле

$$B_n = VZ \cdot dv \cdot h \cdot 0,1 \text{ (мм).}$$

25. На основании полученных данных проанализируйте запасы продуктивной влаги в слое 0–20 см. Сформулируйте выводы.

## *Лабораторная работа 5*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПРОЧНОСТИ ПОЧВ ПО МЕТОДУ П.И. АНДРИАНОВА**

*Ход работы:*

Кружок фильтровальной бумаги диаметром 10 см расчертить на квадраты  $1,5 \times 1,5$  см.

1. Образец почвы массой 200 г просеять через набор сит диаметром 5 и 3 мм.

2. Фильтровальную бумагу перенести в чашку Петри, на каждый квадратик положить комочек почвы (всего 50 шт.).

3. Фильтровальную бумагу смочить водой из пипетки, после полного насыщения комочеков чашку осторожно заполнить водой так, чтобы ее уровень был выше комочеков на 0,5 см.

4. В течение 10 минут подсчитывают полностью распавшиеся агрегаты за каждую минуту, так как распад агрегатов происходит в различное время.

5. Для характеристики степени водопрочности структуры в расчеты вводятся коэффициенты Н.А. Качинского, которые по каждой минуте равны: для 1-й – 5, 2-й – 15, 3-й – 25, 4-й – 35, 5-й – 45, 6-й – 55, 7-й – 65, 8-й – 75, 9-й – 85, 10-й – 95.

7. Водопрочность не распавшихся за 10 минут под водой почвенных агрегатов принимается за 100 %.

Водопрочность определяется по формуле:

$$B = \frac{P_1 \cdot K_1 + P_2 \cdot K_2 + \dots + P_{10} \cdot K_{10} + P \cdot 100}{A},$$

где  $P_1, P_2, \dots, P_{10}$  – количество агрегатов, распавшихся в соответствующую минуту;

$K_1, K_2, \dots, K_{10}$  – поправочные коэффициенты;

$A$  – общее количество агрегатов, взятых для анализа;

$P$  – количество нераспавшихся за 10 мин агрегатов.

## **2. АГРОНОМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ И СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ**

### **2.1. Агрономические свойства дерново-подзолистых почв**

Общий макропроцесс – *подзолистый*.

Дерновый процесс протекает под воздействием травянистой растительности, органические остатки которой откладыиваются не только на поверхности, но и в массе почвы. Травянистая растительность, извлекая своей мощно разветвленной корневой системой элементы зольной пищи из почвы и материнской породы, закрепляет их в верхних горизонтах в форме органического вещества. Происходит обогащение почвы и азотом за счет фиксации его из воздуха свободноживущими азотфиксирующими микроорганизмами и клубеньковыми бактериями бобовых растений. При разложении органических остатков травянистых растений образуются гумусовые вещества, которые, вступая во взаимодействие с минеральной частью почвы, способны при благоприятных условиях накапливаться в больших количествах.

В результате биологического круговорота веществ в верхних горизонтах почвы не только накапливается гумус, но и увеличивается содержание питательных веществ, улучшаются физические свойства, усиливаются микробиологические процессы и, в конечном итоге, образуются плодородные почвы.

Интенсивность проявления дернового процесса определяется, с одной стороны, биологической продуктивностью травянистой растительности, то есть количеством и качеством синтезированного и оставляемого в почве органического вещества, и, с другой стороны, комплексом условий, от которых зависит образование и накопление гумуса. Наибольшую массу органического вещества луговая травянистая растительность создает непосредственно в виде корней, которые являются главным источником образования гумуса. Разложение корневых остатков происходит в тесном контакте с минеральной частью почвы, способствуя закреплению образующихся гумусовых веществ.

Это процесс разрушения в верхней части профиля почвы первичных и вторичных минералов и вынос продуктов разрушения в нижележащие горизонты и грунтовые воды.

Интенсивность процесса зависит:

- от количества осадков;
- гранулометрического состава почв и пород;
- типа леса;
- химического состава почвообразующих пород.

## **Классификация подзолистых почв**

### **3 подтипа:**

- Подзолистые A0 – A1 – A2 – A2B – B – C
- Глеево-подзолистые A0 – A1 – A2 – A2Bg – Bg – C
- Дерново-подзолистые A0 – A1 – A2 – A2B – B – C

*Роды:* обычные, иллювиально-железистые, иллювиально-гумусовые.

*Виды:* слабоподзолистые, среднеподзолистые, сильноподзолистые, подзолы.

*Разновидности:* по гранулометрическому составу A1

*Разряды:* по генезису почвообразующих пород

### **Агрономические свойства подзолистых почв:**

- 1) невысокое содержание гумуса (до 2 %), гумус фульватного типа;
- 2) кислая реакция среды ( $\text{pH} = 4–5$ );
- 3) невысокая поглотительная способность ( $\text{ЕКО} = 7–15 \text{ ммоль}/100 \text{ г}$ ) и низкая насыщенность основаниями ( $V < 50 \%$ );
- 4) состав ППК – H, Al, Ca, Mg;
- 5) плохо оструктурены, склонны к заплыванию и образованию корки;
- 6) низкоплодородны.

Состав и свойства дерново-подзолистых почв неразрывно связаны с развитием подзолистого и дернового процессов, а также зависят от приемов их окультуривания и гранулометрического состава. Для них типичны элювиально-иллювиальное строение почвенного профиля, кислая реакция среды, низкая поглотительная способность, присутствие в почвенном коллоидном комплексе обменных водорода и алюминия.

## **Основные причины, снижающие продуктивность и затрудняющие эффективное использование**

### **1. Избыточное увлажнение**

Следствие:

- а) сдвигается время агротехнических работ;
- б) возможно вымокание и гибель озимых (рис. 13);
- в) слабая обеспеченность азотом и фосфором;



а



б

*Рисунок 13 – Примеры вымокания (а) и слабой обеспеченности азотом и фосфором (б)*

г) накапливаются фитотоксичные формы закисного Fe и Al.

**Основной путь улучшения** – создание благоприятного водно-воздушного режима!!!

- использование многолетних трав (люцерна, клевер, овсяница, тимофеевка);
- вспашка в состоянии физической спелости;
- внесение органических удобрений на основе соломы, опилок, коры;
- известкование;
- посадка культур в гребни (рис. 14).



*Рисунок 14 – Нarezка гребней в поле*

## **2. Легкий гранулометрический состав**

**Следствие:**

- а) более теплые, лучше прогреваются;
- б) более водопроницаемы;
- в) поспеваю раньше, чем тяжелые, легче обрабатывать;
- г) неблагоприятная структура, водопрочность низкая;
- д) невысокое содержание гумуса и элементов питания;
- е) пахотный слой быстро уплотняется;
- ж) слабая биологическая активность.

**Главный путь улучшения:**

- внесение повышенных доз органических удобрений;
- использование кормовых трав:
  - 1) из многолетних трав для закрепления песков и создания искусственных кормовых угодий пригодны: житняк сибирский, люцерна, донник, эспарцет;
  - 2) из однолетних трав хорошо произрастают на песчаных почвах: суданская трава, сорго, житняк сибирский.

**3. Кислая реакция среды (однако Красноярский регион характеризуется пониженней степенью оподзоленности, а значит и кислотности)**

**Следствие:**

- а) снижается биологическая активность;
- б) ухудшается доступность элементов питания;
- в) большинство растений предпочитает нейтральную, близкую к нейтральной или слабокислую pH.

### **Главный путь улучшения (мелиорации):**

- известкование: при  $\text{pH} < 4,5$  – сильная нуждаемость; 4,6–5 – средняя;
- 5,1–5,5 – слабая;
- фитомелиорация (бобовые);
- внесение органических удобрений;
- внесение минеральных удобрений с физиологически нейтральной или щелочной реакцией среды (кальциевая селитра).

## **Агрономическое и экологическое значение кислой реакции среды почв элювиального ряда**

### **$\text{pH} < 5,0$ – очень сильнокислая реакция среды:**

- 1) характерна для подзолистых и болотных почв;
- 2) сильно промыты от извести, соединений калия, бора, серы, цинка, кобальта, йода;
- 3) доступность растениям фосфатов понижена;
- 4) железо, алюминий и марганец подвижны и оказывают на многие растения (кроме чая) токсическое воздействие;
- 5) деятельность бактерий подавлена, наблюдается повышенная активность грибов;
- 6) сельскохозяйственные растения нуждаются в изменении реакции среды, но известкование нужно применять с осторожностью;
- 7) может вызвать разрушение органических веществ и ухудшить их физические свойства;
- 8) физические свойства почв нередко весьма благоприятны: их коллоиды скоагулированы подвижными  $\text{Al}^{3+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ ;
- 9) в подобных почвах нет периода весенней спелости, их можно обрабатывать в любое время года;
- 10) почвы с таким  $\text{pH}$  наиболее рационально использовать под кислотолюбивые и кислотовоносливые растения (чай; при  $\text{pH} = 5$  – допустимо кукурузу, редис, томат, картофель).

### **$\text{pH} 5,0\text{--}6,0$ – сильно- и среднекислая реакция среды:**

- 1) характерна для дерново-подзолистых и серых лесных почв, черноземов оподзоленных;
- 2) состояние фосфатов, соединений железа, алюминия, марганца, кальция, калия, бора, кобальта, йода аналогично сильнокислым условиям;

- 3) понижена бактериальная деятельность, активизирована грибная;
- 4) для почв с таким pH при суглинистом и особенно глинистом гранулометрическом составе характерны плохие физические свойства – склонность к уплотнению;
- 5) весной эти почвы не созревают, а постепенно высыхают;
- 6) благоприятные условия обработки бывают только в очень узком диапазоне влажности: то почва сырья и дает пласти, далее легко ссыхающиеся в глыбы, то сухая и пашня глыбистая – причина: весной, образующаяся углекислота при этом pH не вытесняет Ca<sup>2+</sup>, а соединения алюминия и железа так же еще не образуют достаточного количества ионов.

## **Основные направления рационального использования плодородия почв таежно-лесной зоны**

В таежно-лесной зоне имеются большие возможности для эффективного ведения животноводства и земледелия, особенно в южно-таежной подзоне. Отечественный и зарубежный опыт подтверждает, что в условиях зоны можно иметь высокопродуктивные стада крупного рогатого скота, успешно заниматься овцеводством, свиноводством, птицеводством и звероводством. В южно-таежной подзоне есть все необходимые условия для получения высоких урожаев основных сельскохозяйственных культур ранних и среднеспелых сортов.

### **2.2. Агрономические свойства серых лесных почв**

Строение профиля A0 – A1 – A1A2 – A2B – B – C

*Причины, снижающие продуктивность серых лесных почв:*

- 1) тяжелый гранулометрический состав;
- 2) неблагоприятные технологические свойства (липкость, твердость, позднее наступление физической спелости);
- 3) недостаточность органического вещества (прежде всего лабильного);
- 4) эрозионные процессы;
- 5) кислая реакция среды;
- 6) невысокая биологическая активность;
- 7) недостаток азота и фосфора.

## **Способы окультуривания серых лесных почв**

1. Совместное внесение органических и минеральных удобрений (особенно физиологически нейтральных и щелочных – кальциевая и натриевая селитры).
2. Сидерация.
3. Высокая доля многолетних трав в структуре посевных площадей.
4. Известкование.
5. При избыточном увлажнении – сочетание отвальной вспашки с почвоуглублением.
6. На склонах – травосеяние, обработка поперек склонов.

Главным направлением в повышении плодородия как светло-серых, так и серых лесных почв является их окультуривание путем применения комплекса мероприятий, направленных на создание мощного плодородного пахотного слоя: систематическое применение органических и минеральных удобрений, углубление пахотного горизонта, травосеяние.

Применение органических удобрений, помимо улучшения пищевого режима, благоприятно сказывается на физических свойствах почв: навоз разрыхляет почву, увеличивает ее аэрацию, уменьшает склонность к заплыvанию и образованию корки. Систематическое применение навоза способствует также снижению кислотности.

Почвы с повышенной кислотностью нуждаются в известковании. При слабо выраженной способности к накоплению нитратов светло-серые почвы отличаются и более интенсивным их вымыванием. Поэтому на таких почвах очень важно восполнение дефицита подвижного азота, особенно в ранневесенний период развития озимых, ранних яровых культур.

Решение этой задачи осуществляется ранневесенними подкормками азотом озимых и припосевным (в рядки) внесением азота под яровые, а также использованием в качестве предшественника клеверного пласта. Для темно-серых почв важнейшим приемом повышения их плодородия также является систематическое внесение органических и минеральных удобрений. На темно-серых почвах, имеющих повышенную гидролитическую кислотность, хорошие результаты дает применение фосфоритной муки.

## *Лабораторная работа 6*

### **АГРОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ И СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ (РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ)**

#### **Вариант 1**

1. Назовите типы почвообразовательных процессов, формирующих дерново-подзолистые почвы. Какой из них важен с точки зрения гумусообразования? Назовите типичный интервал содержания гумуса для подзолистых и дерново-подзолистых почв. Объясните, почему для этих почв характерны такие значения? Перечислите основные агротехнические мероприятия способствующие сохранению и повышению гумуса в подзолистых почвах.

2. Назовите типичный интервал содержания гумуса для подтипов серых лесных почв. Объясните, почему для этих почв характерны такие значения? Какой гранулометрический состав преобладает в серых лесных почвах земледельческой зоны Красноярского края? Положительный ли это факт?

#### **Вариант 2**

1. Какое фундаментальное свойство почвы существенно влияет на содержание гумуса в горизонте A1 дерново-подзолистых почв? Какой тип гумуса в этих почвах? Как изменяется содержание илистый фракции по профилю подзолистых почв? Чем это обусловлено? Какие минералы преобладают в верхней части профиля?

2. Назовите типы почвообразовательных процессов, формирующих серые лесные почвы. Какой из них важен с точки зрения гумусообразования? Перечислите основные агротехнические мероприятия способствующие сохранению и повышению гумуса в данных почвах. При каком типе водного режима формируются серые лесные почвы?

#### **Вариант 3**

1. Какие сельскохозяйственные культуры рекомендуется возделывать на дерново-подзолистых почвах? Почему? Объясните, почему в таежно-лесной зоне формируются кислые почвы? Назовите типич-

ный интервал рН подзолистых и дерново-подзолистых почв. Перечислите возможные приемы нейтрализации кислой реакции этих почв.

2. Как характеризуются серые лесные почвы по степени кислотности, в т. ч. по подтипам? Назовите особенности кислых почв Красноярского региона. Какой катион, обуславливающий кислую рН, практически отсутствует в ППК этих почв? Нуждаются ли серые лесные почвы земледельческой зоны Красноярского края в химической мелиорации?

#### **Вариант 4**

1. Какие почвенные параметры необходимо знать, чтобы принять решение о необходимости химической мелиорации дерново-подзолистых почв? Как влияет гранулометрический состав на расчет дозы известкового мелиоранта? Какова доля сильнокислых почв в земледельческой зоне Красноярского края?

2. Какие сельскохозяйственные культуры рекомендуются возделывать на серых лесных почвах, в т. ч. на территории земледельческой зоны Красноярского края? Что вы понимаете под биологизацией земледелия? Почему на серых лесных почвах особенно важны приемы биологизации? Какие свойства этих почв не оптимальны с позиции ее биологизации?

#### **Вариант 5**

1. Назовите обменные катионы, обуславливающие кислую реакцию среды в почве. Какие ЕКО, S и Нг в типичных дерново-подзолистых почвах Красноярского края? Объясните, почему большинство сельскохозяйственных растений слабо развиваются при кислой рН среды? Какие культуры переносят и могут произрастать при кислой рН?

2. Объясните основные генетические и агрономические различия между подтипами серых лесных почв. Перечислите горизонты, характерные для серых лесных почв. Назовите основные агротехнические мероприятия для окультуривания этих почв. Поясните, почему на серых лесных почвах возможна более высокая урожайность в сравнении с черноземами?

## **Вариант 6**

1. Объясните основные генетические и агрономические различия между подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами. Перечислите горизонты, характерные для почв подзолистого ряда. Назовите основные агротехнические мероприятия для окультуривания этих почв.

2. Назовите причины низкой биологической активности серых лесных почв. Предложите комплекс мероприятий, способствующий росту активности почвенной биоты в них? Назовите состав обменных катионов в серых лесных почвах.

## **Вариант 7**

1. Назовите причины низкой биологической активности дерново-подзолистых почв. Предложите комплекс мероприятий, способствующий росту активности почвенной биоты в них?

2. Какие агрономические преимущества возможны у серых лесных почв перед черноземами? Поясните, какие свойства серых лесных почв в условиях агротехнического воздействия более устойчивы? Почему в профиле серых лесных почв резко уменьшается содержание гумуса от горизонта A1 к B? В чем разница между гор. А черноземов и A1 серых лесных почв?

## **Вариант 8**

1. Почему на дерново-подзолистых почвах эффективно возделывать кормовые травы? Какие преимущества и недостатки с агрономической точки зрения у таежно-лесной зоны? Как использовать эти преимущества и как устраниить недостатки (для создания более благоприятных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур)?

2. При каком типе водного режима формируются серые лесные почвы? Являются ли эти почвы эрозионно-опасными? Какие противоэрозионные мероприятия вы знаете? Как влияет гранулометрический состав на степень подверженности почв эрозии?

## **Вариант 9**

1. При каком типе водного режима формируются дерново-подзолистые почвы? Являются ли эти почвы эрозионно-опасными? Какие противоэрэзионные мероприятия вы знаете? Как влияет гранулометрический состав на степень подверженности почв эрозии?

2. Какова поглотительная способность серых лесных почв? Какие параметры ПСП используются для оценки и назовите их величины для каждого подтипа. Какие свойства почвы, в первую очередь, влияют на уровень ПСП? Возможно ли ее изменить агротехническими приемами? Если да, то какими?

## **Вариант 10**

1. Назовите основные приемы создания оптимального пахотного слоя дерново-подзолистой почвы. Чем определяется оптимальная мощность пахотного слоя? Назовите преимущества иллювиального горизонта В над элювиальным А2.

2. Оцените пищевой режим серых лесных почв земледельческой зоны Красноярского края. Поясните, почему подтипы серых лесных почв обладают слабой нитрификационной активностью? Почему наблюдается дефицит фосфора, а уровень содержания подвижного калия достаточно высок? Предложите комплекс агротехнических (агрохимических) мероприятий для оптимизации пищевого режима.

## **Вариант 11**

1. Перечислите основные причины невысокого содержания минеральных форм азота, фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах. Какие предложите мероприятия по улучшению пищевого режима этих почв?

2. Являются ли серые лесные почвы края эрозионно-опасными? Если да, то какой вид эрозии будет преобладающим? Предложите комплекс мероприятий по защите серых лесных почв от эрозии.

## **Вариант 12**

1. Какая форма минерального азота является преобладающей в дерново-подзолистой почве? Почему? Перечислите агротехнические мероприятия, способствующие оптимизации азотного режима этих почв.

2. Какова доля серых лесных почв в структуре почвенного покрова земледельческой зоны Красноярского края, в т. ч. по подтипам? Какие почвообразующие породы являются преобладающими для серых лесных почв Красноярского края? Какие провинциальные особенности серых лесных почв края вы можете назвать в сравнении с европейскими аналогами?

### **Вариант 13**

1. Назовите причины слабой оструктуренности дерново-подзолистых почв. Какие возможные приемы оптимизации структурного состава можете перечислить? Какие виды структуры имеют генетические горизонты дерново-подзолистые почвы?

2. Объясните, почему на серых лесных почвах считается наиболее эффективным комплексное применение органических и минеральных удобрений? Какие сельскохозяйственные культуры повышают содержание биологического азота в почве? Перечислите, на каких почвообразующих породах формируются серые лесные почвы земледельческой зоны Красноярского края.

### **Вариант 14**

1. Что такое водопрочная структура? Назовите причины невысокой водопрочности агрегатов дерново-подзолистых почв. Какие мероприятия повышения водопрочности можете предложить?

2. Поясните понятия «капиллярная» и «некапиллярная» пористость. Какой процесс наблюдается при избытке влаги в некапиллярных порах? Какие пути повышения пористости наиболее эффективны для серых лесных почв?

### **Вариант 15**

1. Что такое почвенная корка? Причины ее образования на дерново-подзолистых почвах? Почему при высыхании верхний пахотный горизонт сильно уплотняется? Какие значения этой плотности могут быть (в г/см<sup>3</sup>)?

2. Как характеризуется структурный состав серых лесных почв земледельческой зоны Красноярского края? Как отличаются по структурности и водопрочности подтипы серых лесных почв? Какие

агротехнические приемы на серых лесных почвах отрицательно влияют на содержание агрономически ценных фракций (АЦФ)?

### **Вариант 16**

1. Сформулируйте роль  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$  в формировании агрофизических свойств дерново-подзолистых почв. Какие причины низкой пористости этих почв? Предложите мероприятия по оптимизации пористости почв таежно-лесной зоны.

2. Что понимаете под термином «детрит»? Роль детрита в формировании пула органического вещества серых лесных почв. Влияет ли этот компонент на плотность, пористость и пищевой режим серых лесных почв? Какие агротехнические приемы будут способствовать накоплению детрита в почве?

### **Вариант 17**

1. Какова поглотительная способность дерново-подзолистых почв? Объясните чем она обусловлена? Назовите параметры, при помощи которых принято оценивать величину поглотительной способности. Назовите их значения для подзолистой и дерново-подзолистой почв.

2. Почему на серых лесных почвах рекомендуют возделывать озимую рожь (серые хлеба), кормовые культуры, бобовые, а яровую пшеницу нет? Обоснуйте ответ с точки зрения почвоведения, агрохимии, агрометеорологии.

### **Вариант 18**

1. Почему дерново-подзолистые почвы могут быть более урожайными, чем черноземы? Обоснуйте ответ. Поясните смысл формулы почвоведения «факторы → процессы → свойства почв». Поясните на примере подзолистых почв.

2. Какой способ основной обработки почвы вы считаете оптимальным для серых лесных почв? Обоснуйте ответ. Какие из них являются противоэрозионными? ресурсосберегающими?

## **Вариант 19**

1. Какова влагоемкость и водопроницаемость типичных дерново-подзолистых почв? Какие свойства (параметры) почвы их обусловливают? Можно ли агротехническими приемами изменить влагоемкость и водопроницаемость? Если да то как?

2. Назовите причины повышенной плотности серых лесных почв. Предложите приемы ее разуплотнения? Какая единица измерения плотности сложения? Объясните различие в понятии «плотность сложения» и «плотность твердой фазы»?

## **Вариант 20**

1. Как классифицируют дерново-подзолистые почвы по степени окультуренности? Назовите основные генетические различия между подзолистыми и серыми лесными почвами? Назовите основные неблагоприятные агрономические свойства серых лесных почв, обоснуйте свой ответ.

2. Назовите обменные катионы, обусловливающие кислую реакцию среды в почве. Какая ЕКО, S и Нг в серых лесных почвах Красноярского края? Объясните, почему большинство сельскохозяйственных растений слабо развиваются при кислой pH среды? Какие культуры переносят и могут произрастать при кислой pH? Назовите основные отличия светло-серых лесных почв от дерново-подзолистых.

### **3. АГРОНОМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ**

Общий макропроцесс – *черноземный (степной)*. Это процесс формирования в верхней части профиля органического вещества (гумуса) и водопрочной зернистой структуры.

*Интенсивность процесса зависит:*

- 1) от количества и качества растительных остатков;
- 2) периода биологической активности;
- 3) типа растительности;
- 4) состава почвообразующих пород.

Черноземные почвы формируются под травянистой лугово-степной растительностью в условиях непромывного или периодически промывного водного режима.

Ведущим почвообразовательным процессом при формировании черноземов является дерновый процесс, обуславливающий развитие мощного гумусово-аккумулятивного горизонта, накопление элементов питания растений и формирование водопрочной структуры. Наиболее благоприятно образование гумуса при разложении опада растений протекает при щелочной реакции среды, достаточном доступе кислорода, оптимальном увлажнении, без интенсивного выщелачивания, при богатстве растительных остатков белковым азотом и основаниями.

Весной, когда в почве благоприятные температуры и достаточно влаги, происходит разложение органического вещества. Кальций опада и материнских горных пород, вступая в соединение с гуминовыми кислотами и гумусовыми веществами, образуют нерастворимые в воде соединения – гуматы кальция.

В летний сухой период микробиологические процессы ослабевают. Гумусовые кислоты и гуматы под влиянием относительно высоких температур лишаются влаги, конденсируются, окисляются, приобретая сложное строение и вместе с тем становясь менее растворимыми в воде.

Осенью процессы образования гумуса усиливаются, но быстро прекращаются из-за понижения температур до весны следующего года. Зимнее охлаждение и замораживание почв также способствуют накоплению гумуса. Периоды летнего иссушения и зимнего промерзания вызывают не только закрепление, но и усложнение гумусовых веществ. В составе доминируют гуминовые кислоты и гуматы кальция, обладающие водопрочной зернистой структурой.

## **Классификация черноземных почв**

### **4 подтипа:**

- 1) оподзоленные А(А1) – АВ(А1А2) – В – ВС – Ск;
- 2) выщелоченные А – АВ – В – Вк – ВСк – Ск;
- 3) обыкновенные А – АВк – Вк – ВСк – Ск;
- 4) южные А(к) – АВк – ВСк – Ск.

## **Агрономические свойства черноземных почв**

### ***Черноземы лесостепи (оподзоленные, выщелоченные):***

- 1) содержание гумуса – 8–12 %, гумус гуматного типа;
- 2) близкая к нейтральной и нейтральная реакция среды ( $\text{pH} = 6,0\text{--}6,8$ );
- 3) очень высокая поглотительная способность ( $\text{ЕКО} = 55\text{--}70 \text{ ммоль}/100 \text{ г}$ ) и насыщенность основаниями ( $V = 80\text{--}95 \%$ );
- 4) состав ППК –  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ;
- 5) хорошо оструктурены;
- 6) высокоплодородны.
- 7)

### ***Черноземы степи (обыкновенные, южные)***

- 1) содержание гумуса – 4–9 %, фульватно-гуматный тип гумуса;
- 2) нейтральная, слабощелочная реакция среды ( $\text{pH} = 7\text{--}7,5$ );
- 3) высокая поглотительная способность ( $\text{ЕКО} = 40\text{--}60 \text{ ммоль}/100 \text{ г}$ ) и насыщенность основаниями ( $V = 100 \%$ );
- 4) состав ППК –  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ;
- 5) хорошо оструктурены, в агроценозах склонны к распыленности;
- 6) плодородны.

## **Агрономическое и экологическое значение нейтральной и слабощелочной реакции среды черноземных почв**

### ***pH 6,5–7,5 – нейтральная реакция среды:***

- 1) типична для черноземных почв;
- 2) благоприятные физические условия, оптимальная оструктуренность;

- 3) интенсивная микробиологическая деятельность;
- 4) оптимальные условия фосфорного, азотного и минерального питания, высокий уровень плодородия;
- 5) обрабатывать весной необходимо при спелости почвы, которая наступает быстрее, чем у слабокислых почв.

**pH 7,5–8,5 – слабо- среднешелочная реакция среды:**

- 1) наблюдается в южных черноземах, в карбонатных почвах, в автоморфных почвах сухих и полупустынных степей;
- 2) фосфаты, железо, цинк и марганец могут быть в дефиците;
- 3) может возникать antagonизм между обеспеченностью фосфором, цинком и медью;
- 4) при систематическом применении фосфора возникает цинковая и медная недостаточность;
- 5) физические свойства – от отличных (карбонатные черноземы) до неудовлетворительных (солонцеватые почвы).
- 6) весеннее созревание почвы идет быстро;
- 7) микробиологическая деятельность, нитрификационная способность, условия азотного питания, доступность многих зольных элементов хорошие.

**При вовлечении в земледелие происходит изменение  
в основных параметрах и режимах черноземах:**

**1. Органическое вещество:**

- а) резкое уменьшение микробного сообщества;
- б) сокращение поступления растительных остатков (в *естественных ценозах* вся продукция поступает в почву, а в *агроценозах* значительная часть отчуждается);
- в) происходит значительное сокращение лабильного органического вещества – ЛОВ – выпаханность ;
- г) интенсифицируется минерализация гумуса (прежде всего в чистых парах);
- д) в сравнении с целиной в 2–4 раза снижается поступление углерода в почву.

**2. Физико-химические свойства:**

- а) уменьшается количество обменного кальция;
- б) возрастает доля иона водорода.

**3. Физические и водно-физические свойства:**

- а) при ежегодной отвальной вспашке происходит разрушение почвенной структуры, увеличивается доля глыб и пыли;
- б) уплотнение почвы;
- в) уменьшается межагрегатная пористость.

#### **4. Деградационные процессы:**

- а) водная эрозия;
- б) ветровая эрозия.

В настоящее время целинных черноземов практически не осталось. Эти почвы плодородны, на них базируется устойчивость земледелия. На этих почвах выращивают ценные зерновые культуры, в том числе пшеницу, кукурузу, а также сахарную свеклу, подсолнечник, разбивают сады и виноградники. Продукция, выращенная на этой почве, отличается высоким качеством. В частности здесь возделывают твердые сорта пшеницы, славящиеся на мировом рынке.

Реализации потенциального плодородия этих почв препятствуют неустойчивый водный режим, эрозия. Черноземы подвержены периодическим засухам, которые даже в лесостепи случаются 1–2 раза в 10 лет, в степных районах – 2–3 раза. Под лесные насаждения отводят главным образом сильноэродированные черноземы. Высокая распаханность территории привела к развитию водной (в северной и центральной частях) и ветровой (в южной части зоны) эрозии, вследствие чего теряется главное богатство почвы – гумус. Это приводит к необходимости проведения мер по борьбе с водной и ветровой эрозией.

К основным мероприятиям по борьбе с засухой и эрозией относятся создание полезащитных полос на водоразделах, вдоль границ полей, по берегам оврагов и балок. Лесные полосы, задерживая снег, перехватывают поверхностный сток и, переводя его внутрь почвы, способствуют лучшему увлажнению территории, а также препятствуют возникновению оврагов.

В южной степи лесные полосы, ослабляя действие ветра, препятствуют развитию пыльных бурь. Чередование полей, занятых культурами, является одной из мер по борьбе с эрозией почв. В районах, подверженных водной эрозии, применяется вспашка поперек склона. В районах пыльных бурь оставляют стерню, а почвы подвергают безотвальной вспашке или глубокому рыхлению.

### **Способы окультуривания черноземных почв**

1. В основе – система земледелия, которая включает:
  - а) систему севооборотов:

– использование многолетних трав, особенно в зонах достаточного увлажнения;

– чистый пар заменять ранним, стерневым, сидератным при достаточном запасе влаги;

**б) система обработки почвы** (до сих пор дискуссионный вопрос!!!);

– сейчас ресурсосберегающая, с точки зрения физики почв – сокращение воздействия на почву (безотвальная, минимальная, нулевая);

– обработка должна проводиться в состоянии физической спелости – иначе разрушение почвенной структуры;

– обработка должна быть направлена, с одной стороны, на сохранение естественного сложения почвы, ее структуры, а с другой – на улучшение условий жизнедеятельности и питания растений (сбалансированность процессов минерализации и гумификации);

**в) система удобрений:**

– должна быть направлена на возвращение вынесенного из почвы органического вещества (углерода) и элементов питания;

– в первую очередь необходимо восполнить недостаток сорг – органического углерода через оставление на поверхности и в толще почвы органического материала: соломы, жнивья, заделывать органические удобрения, т. е пополнять запасы лов;

– навоз экономически эффективно использовать только если поле располагается не далее 4–5 км от фермы;

– минеральные удобрения на черноземах вносить только как стартовые дозы весной при посеве (в рядки) – 30–40 кг д. в. /га (в условиях земледельческой зоны красноярского края);

**г) система защиты от эрозии:**

Система почвозащитного земледелия:

– безотвальная обработка (плоскорезная, дискование, минимальная);

– обработка поперек склонов;

– использование лесных полос;

– использование кулисного и стерневого пара в степной зоне.

## *Лабораторная работа 7*

### **АГРОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЧЕРНОЗЕМОВ (РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ)**

1. В каких природно-климатических зонах могут формироваться черноземы? Назовите классификацию черноземов на уровне подтипов в почвенном покрове земледельческой зоны Красноярского края. Какова доля каждого подтипа? При каком типе водного режима они формируются? Что вы понимаете под термином «оподзоленный» и «выщелоченный»? Перечислите основные мероприятия по повышению содержания гумуса в черноземах.

2. Как отличаются подтипы черноземов по содержанию и типу гумуса? Раскройте понятие «минерализация». Назовите основные причины минерализации органического вещества на черноземных почвах. Предложите мероприятия по уменьшению минерализационных процессов в черноземах.

3. Какие деградационные процессы вызывают уменьшение запасов гумуса и снижение его содержания в черноземах? Какие агротехнические мероприятия сократят степень их деградации? Какой тип почвообразовательного процесса характерен при формировании черноземов?

4. Назовите среднее содержание гумуса в подтипах черноземов (интервал в 1–2 %). Какой тип гумуса характерен для каждого из них? Что такое «лабильный гумус» (лабильное органическое вещество)? Перечислите его функции. Какие агротехнические мероприятия способствуют формированию лабильного органического вещества в почве?

5. Какова доля подтипов черноземов в структуре почвенного покрова земледельческой зоны Красноярского края? Охарактеризуйте катионный состав этих подтипов, назовите типичные значения ЕКО. Оцените их поглотительную способность? Что такое ППК? Какие коллоиды в черноземах являются органическими, а какие – минеральными?

6. Оцените реакцию среды подтипов черноземов. Чем вызваны такие значения pH? Почему лесостепные черноземы имеют более «кислый» pH, чем степные? Нуждаются ли эти почвы в химической мелиорации? Какие возможны причины подкисления черноземов в условиях агроландшафтов?

7. Почему некоторые черноземы иногда называют пыхунами? Что значит «выпаханная почва»? Назовите причины выпаханности. Почему степные черноземы в большей степени склонны к ветровой эрозии? Какие свойства почвы значительно ухудшаются в результате эрозии? Перечислите комплекс мероприятий по защите почв от ветровой эрозии.

8. Поясните разницу между комковатой и зернистой структурой. Почему в агроценозах часто возрастает доля глыб и пыли? Какие факторы формируют в черноземах уникальную водопрочную зернистую структуру? Назовите причины деградации этой формы структуры. Поясните смысл высказывания: «Структурная почва – культурная почва».

9. Почему в черноземах, как правило, высокая поглотительная способность? Какие свойства почвы определяют ее величину? Влияет ли состав обменных катионов на структуру и водопрочность черноземов? Как диагностируются карбонаты в почвенных горизонтах? Как они влияют на pH среды? Как различаются подтипы черноземов Красноярского края по глубине залегания карбонатов?

10. Напишите строение профиля подтипов черноземов. Какие почвообразующие породы характерны для черноземов Красноярского края? Почему черноземы считаются наиболее биологически активными почвами? Какие показатели биологической активности вы знаете? Какие способы повышения биологической активности почв можете предложить?

11. Как вы понимаете термин «пористость»? Какие значения пористости характерны для черноземов Красноярского края? Что такое меж- и внутриагрегатная пористость? Какое оптимальное соотношение воды и воздуха в поровом пространстве? Какой состав почвенно-го воздуха у черноземов? Как изменится его соотношение при использовании безотвальной обработки почвы?

12. Как рассчитываются запасы влаги в почве? Почему в черноземах степной зоны часто наблюдается дефицит влаги? Какие мероприятия по влагосбережению вы можете предложить? Почему НВ черноземов достаточно высокая? «Черноземы – автоморфные почвы». Что означает это предложение?

13. Что означает понятие «плужная подошва»? Причины ее образования и ее негативные стороны? Что такое «физическая спелость почвы»? Почему черноземы склонны к распылению? Почему лесо-

степные подтипы черноземов имеют более мощный гумусовый горизонт в сравнении со степными?

14. Какова роль лесных полос в степных районах? Какие почвенные параметры (свойства) изменяются при использовании полезащитного лесоразведения? Как и какие свойства черноземов изменяются при орошении?

15. Почему, несмотря на относительно высокую обеспеченность гумусом, в черноземах в весенне время наблюдается дефицит минеральных форм азота? Какие возможны пути решения этой проблемы? Как вы считаете, в каких почвах по гранулометрическому составу недостаток азота будет особенно ощутим?

16. Какая форма минерального азота формируется при излишнем рыхлении (обработке) пахотных горизонтов черноземов? Назовите причины эвтрофикации водоемов? Почему дефицит азота – одна из центральных проблем земледелия? Перечислите сельскохозяйственные культуры, способные пополнить баланс азота в почве?

17. Охарактеризуйте режим фосфора в черноземах Красноярского края. Почему наблюдается его дефицит для полевых культур? Раскройте термины «зафосфачивание» и «ретроградация». Функции фосфора в плодородии почв? Перечислите основные варианты, обеспечивающие положительный баланс фосфора в черноземах Красноярского края?

18. Какой способ обработки черноземов вы считаете оптимальным? Обоснуйте ответ. В чем суть технологии No-till? Какие свойства (параметры) черноземов существенно изменяются при ее внедрении в производство?

19. Какова роль удобрений в формировании агроэкологической устойчивости почв?

20. Почему при внесении соломы в почву в качестве органического удобрения наблюдается дефицит минеральных форм азота? Как можно устранить эту проблему? Возможно ли земледелие без использования минеральных удобрений? Положительные и отрицательные стороны органического земледелия? Назовите основные виды деградации черноземов.

## 4. АГРОНОМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

**Генезис.** Засоленные почвы – это группа почв разного генезиса и свойств, имеющих в профиле такое количество легкорастворимых солей, которое ухудшает плодородие почв и отрицательно влияет на рост и развитие большинства растений.

По химизму засоления различают почвы с нейтральным засолением –  $\text{pH} < 8,5$  (хлоридное, сульфатно-хлоридное, хлоридно-сульфатное, сульфатное) и щелочным засолением –  $\text{pH} > 8,5$  (хлоридно-содовое, содово-хлоридное, сульфатно-содовое, содово-сульфатное, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатное).

При оценке засоления почв, как правило, определяют анионы ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) и катионы ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) легкорастворимых солей. В некоторых случаях дополнительно определяют ионы боратов, нитратов и нитритов.

**Токсичное действие легкорастворимых солей проявляется в увеличении осмотического давления почвенной влаги, снижении ее доступности для растений, нарушении нормального соотношения элементов минерального питания, отрицательном воздействии на свойства почв. В этом случае соли могут оказывать специфическое токсическое действие на растения.**

Легкорастворимые соли в засоленных почвах находятся в составе почвенного раствора и твердых фаз почвы (как в виде минералов, так и в виде ионов в составе почвенного поглощающего комплекса).

Основные элементы, соединения которых могут приводить к засолению почв –  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{N}$ ,  $\text{B}$ ,  $\text{Si}$ .

С точки зрения плодородия почв наиболее важным показателем является засоленность верхнего метрового (корнеобитаемого) слоя. Наличие солей во втором метре почвенного профиля и подстилающих породах способствует развитию вторичного засоления. Эта информация является обязательной при мелиоративной оценке засоленных почв.

**Источники солей в почвах.** Для формирования засоленных почв, в том числе солончаков, необходимо наличие двух процессов – образование свободных солей в ландшафте и накопление их в почве.

Существует несколько источников образования солей, которые можно объединить в следующие группы:

1. Горные породы высвобождают соли в процессе выветривания. В Мировой океан поступает до 3 млрд т водорастворимых солей, в бессточные области континентов – до 1 млрд т солей в год. Особенно много солей высвобождается из осадочных морских и озерных соленосных отложений.

2. Продукты извержений вулканов, содержащие Cl, S, CO<sub>2</sub> и др.

3. Эоловый перенос солей с морей и океанов, соленых озер, лагун, заливов и др.

4. Атмосферные осадки – содержание солей в них колеблется от 20–30 до 300–400 мг/л в приморских районах.

5. Почвенно-грунтовые воды в засушливых районах, как правило, засолены. При выпотном типе водного режима они становятся непосредственными источниками засоления.

6. Оросительные и ирригационные почвенно-грунтовые воды часто являются источником вторичного засоления почв при орошении без удовлетворительного дренажа и при подъеме уровня грунтовых вод.

7. Растительность в аридных районах имеет мощную корневую систему, которая перекачивает соли из более глубоких слоев в верхние слои почвы

*Засоленные почвы* относятся к интразональным почвам, широко распространены в зонах сухих степей, пустынь и полупустынь, встречаются в степной, лесостепной и таежно-лесной зонах. Среди них выделяются – **солончаки, щелочные – солонцы, такыры и солоди**. Эти почвы связаны с современными гидроморфным или полугидроморфным типом водного режима, местами они приурочены к выходам сильно засоленных пород

## **Основные свойства засоленных почв**

*Щелочность почв* – способность почвы проявлять свойства оснований. Она повышается за счет подщелачивания (изменение кислотно-основных свойств почвы, вызванное природным почвообразовательным процессом, поступлением загрязняющих веществ, внесением физиологически щелочных мелиорантов и антропогенным воздействием). В зависимости от типа анионов различают гидратную, карбонатную, гидрокарбонатную, силикатную и фосфатную щелочность. Почвы называют щелочными, если pH достигает 8 и более.

**Солонцеватость.** Степень солонцеватости – это отношение содержания обменного натрия к сумме обменных катионов или емкости поглощения, выраженное в процентах. Степень солонцеватости (Na, %) рассчитывается по формуле

$$\text{Na, \%} = (\text{Na}^+ / \text{ЕКО}) \cdot 100,$$

где Na, % – степень солонцеватости, % от емкости обмена;  
 Na<sup>+</sup> – содержание обменного натрия, ммоль / 100 г почвы;  
 ЕКО – емкость катионного обмена, ммоль на 100 г почвы.  
 Почвы по степени солонцеватости выделяют (табл. 19).

Таблица 19 – Уровни солонцеватости почв

Степень солонцеватости	% Na от ЕКО
Несолонцеватые	< 5
Слабосолонцеватые	5–10
Солонцеватые	10–20
Солонцы	> 20

Характеристика почв, засоленных нейтральными солями и щелочных почв приведена в таблице 20.

Таблица 20 – Свойства почв нейтрального и щелочного засоления

Показатели и свойства почв	Почвы, засоленные нейтральными солями	Щелочные почвы
pH	< 8,3(8,5)	pH > 8,5 в пределах профиля и (или) ESP* > 15 в гор. В
Химизм засоления	Преобладают анионы SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> и Cl <sup>-</sup>	Преобладают HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> или CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> или оба аниона
Влияние электролитов на почву	Коагуляция коллоидов	Пептизация, диспергация
Токсичное влияние на растения	Высокое осмотическое давление почвенного раствора	Щелочность почвенного раствора
Основная цель мелиорации	Удаление избытка электролитов путем промывки (выщелачивания)	Снижение высокого pH, нейтрализация щелочности путем химической мелиорации

Для обоснования мелиораций и выбора мелиоративных приемов учитываются:

1. Свойства почв – содержание обменного натрия, степень засоления, солевой баланс почв, глубина залегания карбонатов кальция и гипса, уровень и минерализация грунтовых вод.
2. Климатические условия – количество выпадающих осадков.
3. Специфика сельскохозяйственного использования – пашня, сенокос, пастбище, садовый или плодовый участок.

### *Способы мелиорации засоленных почв*

**Механический способ удаления солей** – сгребание солевой корки солончаков или сильнозасоленных почв тракторными скребками с последующей ее транспортировкой за пределы орошаемого массива. Он применяется в основном на сильнозасоленных почвах перед промывками, что способствует сокращению расхода промывных вод на рассоление.

**Промывка почвы** – комплекс мероприятий, обеспечивающий снижение избыточной концентрации токсичных солей в почве до допустимого для сельскохозяйственных культур предела, путем подачи на поверхность почвы воды и удаления раствора солей за счет дренаажа за пределы промывной территории. Промывка заключается в заполнении порового пространства промывной водой для последующего удаления легкорастворимых солей за пределы почвенного профиля за счет их перевода в почвенный раствор, создание гравитационной или напорной фильтрации, промывной воды.

**Запашка солей** применяется на слабозасоленных почвах, когда нижние горизонты свободны от солей, а их незначительно повышенные концентрации сосредоточены в поверхностных горизонтах профиля. Перепашка при относительно мощном гумусном горизонте создает условия для равномерного разбавления солей в мелкоземе пахотного горизонта до уровня концентраций, не препятствующих нормальному росту и развитию сельскохозяйственных растений.

**Термический пар** – улучшение физических свойств солонцеватого горизонта под действием солнечной радиации. В результате отвальной вспашки солонцовский горизонт выворачивается на поверхность, по возможности разрыхляется и в течение жаркого летнего периода подвергается воздействию солнца и ветра. Происходит дегид-

ратация и необратимая коагуляция почвенных коллоидов, в результате чего улучшаются физические свойства солонцового горизонта. Термический пар применим для улучшения свойств солонцеватых почв и солонцов сухостепной и полупустынной зон только при малом количестве осадков, высоких и резко колеблющихся температурах.

**Глубокое мелиоративное рыхление** – глубокое мелиоративное безотвальное рыхление солонцов и солонцеватых почв, особенно после внесения гипса.

**Фитомелиорация** – использование растений для рассоления почв. Ее целесообразно использовать совместно с агротехническими и инженерными приемами улучшения мелиоративного состояния низкоплодородных почв.

**Землевание** – искусственное создание мощного 6–20 см плодородного пахотного горизонта на поверхности солонца или сильносолонцовой почвы путем насыщения богатой обменным кальцием и органическим веществом черноземной почвы на солонец. В этом случае внесенный активный кальций чернозема активно вытесняет обменный натрий из солонца и погашает его токсичность. Землевание сопровождается внесением удобрений, особенно органических, посевом сидератов и другими мероприятиями.

**Самомелиорация** – это перемешивание с помощью плантажной вспашки гипсовых и карбонатных горизонтов; рассолонцевание на глубину, на которую происходит промачивание. Приемы, ускоряющие самомелиорацию почвы: промывание почвы, искусственное орошение, улучшение дренажа, хорошая обработка почвы, внесение рыхлящих веществ (навоза, соломы, торфа, компоста и др.); увеличение концентрации кальция в почвенном растворе (внесение гипса, сульфата, известковой селитры); повышение растворимости углекислого кальция в карбонатном солонце; возделывание растений на солонцах.

**Наиболее солеустойчивые растения:** хлопчатник, сорго, подсолнечник, свекла, ячмень, рапс, донник, пырей. Среднесолеустойчивые растения – рожь, пшеница, соя, конские бобы, кукуруза, волоснец, ежа, суданская трава, райграс, томаты, перец, морковь. Плохо переносят засоление: фасоль, клевер, лисохвост, редис, сельдерей.

## *Лабораторная работа 8*

### **АГРОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ (РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ)**

1. Какие почвы называют интразональными? К засоленным почвам относят следующие: . . . Назовите основные соли, встречающиеся в засоленных почвах.

2. Назовите источники солей в почвах? Раскройте термин «засоление». На каких по гранулометрическому составу почвах, растения меньше страдают от засоления? Какая бобовая культура неустойчива к засолению?

3. При каком типе водного режима формируются засоленные почвы? Почему засоленные почвы считаются малоплодородными и неблагоприятными для большинства сельскохозяйственных растений? Повышается ли солеустойчивость растений при увеличении содержания гумуса?

4. Какие почвы относят к засоленным? В чем суть «экстенсивного освоения солонцов»? Раскройте понятие «биологическая солеустойчивость».

5. Какие почвы относят к потенциально засоленным? В чем суть приема «самомелиорация»? Опишите суть процесса формирования солодей?

6. Как классифицируют засоленные почвы в зависимости от глубины залегания верхней границы солевого горизонта? Какие агроприемы используют при мелиорации солодей?

7. Чем определяется химизм засоления? В чем суть «приспособительных мероприятий» при освоении и использовании солонцов?

8. Назовите градации почв по уровню засоления? Раскройте понятие «агрономическая солеустойчивость».

9. Раскройте понятие вторичного засоления. Раскройте понятия: «землевание», «кислование». Какая овощная культура (корнеплод) устойчива к засолению?

10. Какой наиболее эффективный способ избавления от солей? Для чего необходима дренажная система в условиях орошения?

11. Какие выделяют способы орошения? Как они влияют на свойства мелиорируемых почв? Почему сложно разработать единую шкалу для оценки солеустойчивости культур?

12. Какие сельскохозяйственные культуры возможно возделывать на засоленных почвах, в т. ч. с целью фитомелиорации? Какая кормовая двухлетняя бобовая культура считается наиболее солонцеустойчивой, а какая менее?

13. Напишите профиль солончака и солонца. Какой катион является «солеобразующим», вызывающим пептизацию коллоидов?

14. Какие процессы происходят, и какие свойства приобретает горизонт, насыщенный ионом натрия? Какая морфологически выраженная структура характерна для этого горизонта? Какая соль является наиболее токсичной?

15. Какую реакцию среды имеют типичные засоленные почвы? Какие методы мелиорации такой pH вы можете предложить?

16. Напишите профиль солончака и солонца. Выделите различия. В чем суть «мелиоративных приемов» при освоении и использовании солонцов?

17. Какие типы солонцов выделяют в зависимости от характера водного режима (типа увлажнения)? Как характеризуется pH среды по профилю солодей?

18. Какое содержание в почве обменного магния должно быть, чтобы вызвать солонцеватость? Напишите строение профиля солодей.

19. Какие неблагоприятные агрофизические свойства приобретают солонцы и солонцеватые почвы и горизонты?

20. Напишите классификацию солонцовых почв, предложенных И.Н. Антиповым-Каратаем. Раскройте понятие «галмиролиз».

## **5. БОНИТИРОВКА ПОЧВ**

**«Система земледелия** – это комплекс взаимосвязанных агротехнических, мелиоративных и организационных мероприятий, направленный на эффективное использование земли и других ресурсов, сохранение и повышение плодородия почвы, получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур».

**Адаптивно-ландшафтная система земледелия** – это система использования земли определенной агроэкологической группы, ориентированная:

- 1) на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами;
- 2) обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизведение почвенного плодородия.

*Для разработки и освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходима адекватная система агроэкологической оценки земель. Она значительно отличается от традиционной системы землеоценки, практиковавшейся при разработке проектов внутрихозяйственного землеустройства.*

### **Задачи агроэкологической оценки земель**

Заключаются в том, чтобы идентифицировать (установить соответствие) агрономически значимые параметры различающихся участков земель (в соответствии с агроэкологическими требованиями сельскохозяйственных культур и агротехнологий), определить ландшафтные связи между ними, особенности энергомассопереноса и ландшафтно-геохимические потоки, в пределах которых возможны антропогенные преобразования.

Предлагаемая система агроэкологической оценки земель включает в себя следующие элементы:

- 1) Ландшафтно-экологический анализ территории (агроэкологическая оценка земель);
- 2) Агроэкологическую оценку почв;
- 3) Агроэкологическую типизацию и классификацию земель;
- 4) Агрогеоинформационные системы по агроэкологической оценке земель.

Оценка земель сообразуется с системой агроэкологической оценки сельскохозяйственных культур, требования которых сопоставляются с агроэкологическими параметрами земель в процессе формирования агроэкологических типов земель.

Таблица 21 – Варианты оценки земель при традиционной и адаптивно-ландшафтной системе земледелия

Система земледелия	Варианты оценки земель
Традиционная	1. Бонитировка (внутрихозяйственная) 2. Агропроизводственная группировка
Адаптивно-ландшафтная	1. ПЭИ 2. ПАКИ

### Развитие учения об агроэкологической оценке земель

*Рассматриваются 2 этапа в развитии представлений об агроэкологической оценке земель:*

**1-й этап.** Основы заложены В.В. Докучаевым в книге «Наши степи прежде и теперь» (конец XIX в.): начало развития земледелия по принципу ландшафтной дифференциации. Заключается в комплексном изучении геологических, почвенных, климатических и оро-гидрографических условий, определяющих эту дифференциацию.

По Докучаеву: «факторы, лежащие в основе сельского хозяйства, до такой степени связаны между собой... что как при изучении... так и при овладении ими безусловно необходимо иметь в виду ...всю единую, цельную и неразделимую природу, а не отдельные ее части. Иначе мы никогда не сумеем управлять ими».

**В качестве элемента землеоценки В.В. Докучаев предложил бонитировку почв:**

- оценка естественной почвы на основании геологических, химических, физических, фитозоологических особенностей. Эта работа должна проводиться специалистами почвоведами исключительно на основании научных данных;
- сельскохозяйственно-экономическое обследование губернии или уезда по выделенным естественным почвенным районам в строжайшей зависимости от естественных условий местности. Эта работа должна быть исполнена специалистами – статистиками при непрерывном и деятельном участии местных управ и знатоков края.

### **Докучаев имел ввиду *две важнейшие задачи*:**

- способствовать совершенствованию приемов земледелия;
- дать научное обоснование для возможно более точного определения ценности и доходности земель: «... почвы лежат в основе главнейших факторов, влияющих на ценность и доходность земель»;
- *метод оценки* получил название естественноисторического или «*русского*». Он включает:
  - а) определение типов почв;
  - б) изучение геологических условий;
  - в) изучение химических свойств почв;
  - г) изучение физических свойств почв.

**2-й этап – современный период введения в РФ рыночных отношений на основе частной собственности, в т.ч. на землю как объект недвижимости:**

- формирование рынка земельных отношений вызвало необходимость разработки новых методических подходов при качественной характеристике сельскохозяйственных угодий для кадастровой оценки и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

2 школы: школа И.И. Карманова, Д.С. Булгакова (почвенный институт им. В.В. Докучаева) и школа В.И. Кирюшина (МСХА-РГАУ).

### **Оценка земель пахотной территории России:**

- для кадастра – определение их ценности как природного ресурса;
- *проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия* – определение степени соответствия почвенно-агроклиматического потенциала земель биологическому потенциалу ведущих сельскохозяйственных культур в границах участка, поля, землепользования, административных единиц разного уровня, на территории которых они возделываются.

Задачи: 1) оценить почвенно-агроклиматический потенциал пахотных земель; 2) оценить в баллах бонитета относительные условия возделывания ведущих сельскохозяйственных культур с учетом биологических требований каждой из них.

### **Параметры землеоценки**

- *Бонитировка почв* (принципы предложил В.В. Докучаев) основана на содержании, соотношении важных агрономических свойств почвы и сопоставлении с продуктивностью растений.
- *Агропроизводственные группировки почв*, крупномасштабные почвенные карты и картограммы.

- Формулы количественной оценки земель пахотных территорий с преобладанием зональных почв, на которых возделывается группа сельскохозяйственных культур.
- Почвенно-экологический индекс (ПЭИ).
- Почвенно-агроклиматический индекс (ПАКИ) – оценка почвенно-агроклиматического потенциала земель пахотной территории для возделывания ведущих с/х культур в соответствии с их биологическим потенциалом.
- Агроэкологическая типизация земель.

### ***Бонитировка почв***

**Бонитировка почв** представляет собой сравнительную количественную оценку их производительности при определенном уровне интенсивности земледелия.

Величины баллов бонитетов почв должны быть пропорциональны урожайности определенных сельскохозяйственных культур (или групп культур, близких по экологическим требованиям), в отношении которых проводится бонитировка почв.

**Балл бонитета** почвы показывает отношение ее плодородия для данной сельскохозяйственной культуры к плодородию лучшей из распространенных почв пашни, на которых возделывается эта культура, при сопоставимом уровне интенсивности земледелия.

Основой для расчета баллов бонитета почв для отдельных сельскохозяйственных культур является почвенно-экологический индекс (ПЭИ), характеризующий в относительных величинах (индексы, баллы, коэффициенты и т. п.) комплекс агроэкологических условий для возделывания культур.

В соответствии с этим вычислены баллы бонитетов для ведущих сельскохозяйственных культур, возделываемых на территории России, а именно, зерновых, сахарной свеклы, подсолнечника и многолетних трав. Выбор сельскохозяйственных культур, в отношении которых проводится бонитировка почв, зависит от почвенно-климатической зоны и сельскохозяйственной зоны.

**Шкала баллов бонитета имеет стабильную основу.** При проведении бонитировки учитывается не только свойства почв, но и климатические показатели: сумма температур за вегетационный период, коэффициент увлажнения, коэффициент континентальности климата. Балл бонитета почв земельного участка определяется в следующей последовательности:

- 1) установление методами статистического анализа признаков и свойств почв, существенно влияющих на их плодородие;
- 2) расчет средних физических значений отобранных признаков и свойств почв;
- 3) пересчет на основе корреляционно-регрессионного анализа физических значений признаков и свойств почв в зависимости от их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур в относительные величины – баллы;
- 4) расчет среднегеометрического балла по совокупности признаков и свойств по разновидностям (группам) почв;
- 5) расчет балла бонитета рабочего участка взвешиванием баллов бонитета почвенных разновидностей или оценочных групп почв земельного участка на их площади;
- 6) расчет совокупного почвенного балла участков путем корректировки на негативные свойства, снижающие плодородие почв (перевлажненность, эродированность, засоленность, мелкоконтурность, рельеф, каменистость).

На практике необходимо знать не только балльную оценку отдельных почв, но также бонитеты полей севооборотов, хозяйств, административных районов, областей, краев. Для этого рассчитывают средневзвешенный балл интересующей территории (площади) по следующей формуле:

$$Bc = \frac{B1P1 + B2P2 + \dots + BnPn}{P1 + P2 + Pn}$$

где  $Bc$  – средневзвешенный балл;

$B1, B2, \dots, Bn$  – баллы бонитета почв, входящих в состав земельного массива;

$P1, P2, \dots, Pn$  – площади этих почв.

Средневзвешенный балл позволяет оценивать и сравнивать почвы, а также условия ведения сельскохозяйственного производства в различных хозяйствах, районах и т. д. (табл. 22).

В разных почвенно-климатических зонах для бонитировки используются неодинаковые почвенные признаки, поэтому в России большое развитие получили региональные подходы к бонитировке почв.

По данным научно-исследовательского института по земельным ресурсам и землеустройству, средний балл сельскохозяйственных угодий в таежной зоне составлял 50–58, в подтайге – 56–64, лесостепной –

69–85, степной – 69–76. Для сравнения скажем, что средний балл таких угодий в целом по РФ равен 73.

Таблица 22 – Шкала бонитировки почв (по Н.Л. Благовидову)

Класс бонитета	Балл бонитета	Качественная характеристика почв
X	91–100	Лучшие почвы
IX	81–90	
VIII	71–80	
VII	61–70	Средние по качеству почвы
VI	51–60	
V	41–50	
IV	31–40	Худшие почвы
III	21–30	
II	11–20	
I	1–10	Неиспользуемые в земледелии

*Недостатки методологии бонитировки:*

- урожайность дает адекватное представление о природном плодородии почв только при низком уровне интенсивности их использования. В свое время еще В.В. Докучаев считал, что «...нельзя давать оценку земли только по урожайности, так как земля, в которую вложены знания и труд, будет урожайнее земли, об улучшении которой хозяин заботился мало»;
- нельзя признать, что зависимости между свойствами почв и урожайностью всегда прямолинейные. Чаще эти зависимости имеют сложный характер;
  - использование большого числа поправочных коэффициентов;
  - слабая интеграция почвенных условий с другими ландшафтно-экологическими условиями;
  - не учитывалась структура почвенного покрова;
  - в результате распашки одинаковые по свойствам почвы могут вести себя по-разному на элементах рельефа, отличающихся формой, крутизной, экспозицией;
  - не учитывалась глубина залегания и состав грунтовых вод;
  - сложившаяся бонитировка почв мало пригодна для их оценки при формировании современных систем земледелия и агротехнологий. Требуется более адекватная система агроэкологической оценки земель, обеспечивающая последовательное выявление факторов, лимитирующих урожайность и качество продукции.

*Бонитировка агропочв Красноярского края.* Первые попытки сравнительной оценки почв земледельческой части края (бывшей Енисейской губернии) относятся к концу XIX в. [Дубенский, 1898]. Значительно позже сотрудниками сельскохозяйственного института была проведена оценка преобладающих в пашне почв (табл. 23).

Таблица 23 – Бонитеты агропочв Красноярского края  
(по данным П.С. Бугакова, Л.С. Шугалей, 1960–1970 гг.)

Почва	Бонитиро-вочный балл	Урожайность полевого опыта		Урожайность вегетационного опыта	
		т/га	%	г/сосуд	%
Серая лесная	59	0,83	58,0	5,1	55,3
Черноземы:					
выщелоченный	100	1,43	100	9,2	100
обыкновенный	84	1,05	73,4	7,6	82
южный	54	0,84	53,7		
Каштановая	38	0,90	63,0		

Как видим, по свойствам и урожайности почвы образуют один и тот же ряд: чернозем выщелоченный > чернозем обыкновенный > серая лесная. Относительные величины приведенных параметров варьируют с небольшой амплитудой (59; 58; 55 – серая лесная и 84; 73; 82 – чернозем обыкновенный). Если принять качество чернозема выщелоченного за 100 баллов, то качество серой лесной почвы оценивается равным 57, а чернозема обыкновенного – 80. Поэтому потенциальные возможности каждой почвы можно соизмерять и учитывать при разработке технологий их использования.

## *Лабораторная работа 9*

### **МЕТОДЫ БОНИТИРОВКИ ПОЧВ (РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ)**

#### ***Бонитировка почв по методу Ф.Я. Гаврилюка***

Метод разработан для оценки черноземных и каштановых почв и основан на закономерной связи между природными свойствами черноземов и каштановых почв и урожайностью зерновых культур. Оценка почв проводится по двум признакам: мощности гумусового горизонта (см) и запасам гумуса (т/га).

Автором разработана **разомкнутая (бонитировочный балл может быть больше 100) оценочная шкала** для определения балла бонитета, где **за 100 баллов (эталон)** принята почва, обладающая средними качествами обычного чернозема, у которого (**Зм**):

- 1) мощность гумусового горизонта  $A + AB = 75$  см;
- 2) запасы гумуса 425 т/га;
- 3) урожайность зерновых 20 ц/га.

Почвы с более мощным гумусовым горизонтом и более высокими запасами гумуса дают более высокие урожаи и поэтому получают более высокие оценочные баллы и, наоборот, почвы с низкими генетическими показателями и урожайностью оцениваются ниже 100 баллов. Балл бонитета по свойствам почв уточняется баллом по урожайности сельскохозяйственных культур.

Бонитировочный балл каждой конкретной почвы вычисляется по формуле

$$B = (Zf / Zm) \cdot 100, \%$$

где  $B$  – бонитировочный балл почвы;

$Zf$  – фактическое значение какого-либо признака почвы;

$Zm$  – максимальное или оптимальное значение данного признака, соответствующее его содержанию в почве, принимаемой за 100 баллов.

Балл оценки по свойствам почвы определяют как среднее арифметическое баллов, полученных на основе двух показателей: мощности гумусового горизонта ( $A+AB$ ) и запасов гумуса.

Запасы гумуса определяют по формуле

$$ЗГ = Г \cdot dv \cdot h,$$

где  $ЗГ$  – запасы гумуса, т/га;

$Г$  – содержание гумуса, %;

$dv$  – плотность слоя почвы, г/см<sup>3</sup>;

$h$  – мощность слоя почвы, см.

Балл бонитета по свойствам почвы сравнивается с баллом бонитета по урожайности зерновых культур. Совпадение оценочных баллов по свойствам почв и урожайности свидетельствует о том, что оценка почвы проведена правильно. Значительными считаются расхождения в оценочных баллах более 10 %.

Большое расхождение в величинах баллов бонитета по свойствам почвы и по урожайности означает, что на урожайность культур оказывают влияние и другие свойства почв, например гранулометрический состав, эродированность. В этом случае окончательный оценочный балл по свойствам почвы получают посредством умножения среднего балла на поправочные коэффициенты (табл. 24–26).

Результаты бонитировки почв по методу Гаврилюка оформите в виде таблицы 27.

Расчет бонитировочного балла в целом для хозяйства проводится по указанной выше формуле средневзвешенного балла ( $Бс$ ), учитывающего площади распространения тех или иных почв в хозяйстве.

Таблица 24 – Поправочные коэффициенты  
на гранулометрический состав почв

Гранулометрический состав	Дерново-подзолистые	Серые лесные	Черноземы	Каштановые
Глинистый	0,7	0,9	0,95	0,8
Тяжелосуглинистый	0,8	1,0	1,0	1,0
Среднесуглинистый	1,0	0,95	0,95	0,9
Легкосуглинистый	1,0	0,8	0,6	0,8
Супесчаный	0,6	0,6	0,4	0,4
Песчаный	0,4	0,4	0,3	0,3

Таблица 25 – Поправочные коэффициенты на эродированность (смытость)

Степень эродированности	Дерново-подзолистые	Серые лесные	Черноземы оподзоленные
Несмытые	1,0	1,0	1,0
Слабосмытые	0,8	0,82	0,85
Среднесмытые	0,65	0,67	0,70
Сильносмытые	0,45	0,45	0,48

Таблица 26 – Примерные поправочные коэффициенты на некоторые другие признаки почв

Признак	Поправочный коэффициент
Каменистость	
Некаменистые	1,0
Слабокаменистые (камней до 10 %)	0,9
Среднекаменистые (10–20 %)	0,8
Сильнокаменистые (20–50 %)	0,6
Очень сильнокаменистые (> 50 %)	0,4
Оподзоленность	
Слабооподзоленные	1,0
Среднеоподзоленные	0,9
Сильнооподзоленные	0,8
Оглеение:	
Слабоглеевые	0,9
Глеевые	0,8
Глеевые	0,7
Солонцеватость (по содержанию ионов $\text{Na}^+$ в ППК каштановых почв)	
Слабосолонцеватые (6–10 %)	0,85
Среднесолонцеватые (11–15 %)	0,65
Сильносолонцеватые (16–20 %)	0,40
Солонцы (> 20 %)	0,25
Рельеф	
Равнинный	1,0
Пересеченный	0,94
Пересеченный, усложненный	0,79
Контурность:	
Размеры поля (угодья) > 8 га	1,0
Размеры поля 8–4,6 га	0,89
Размеры поля < 4,6 га	0,81

Таблица 27 – Бонитировка почв хозяйства

Почвы	S, га	Мощность (A+AB)		Гумус		Сумма баллов	Средний балл	Поправочный коэффициент		Итоговый оценочный балл	Урожайность	
		см	балл	т/га	балл			ц/га	балл		ц/га	балл

**Варианты заданий для метода Ф.Я. Гаврилюка**

**Вариант 1 – Материалы для бонитировки почв**

Почва	Площадь, га	Мощность A+AB, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Чернозем выщелоченный среднемощный легкоглинистый	180	65	0–20 20–40 40–50 50–60	9,76 7,50 4,11 2,52	0,92 1,0 1,12 1,21	22
Чернозем оподзоленный среднемощный среднесуглинистый	120	85	0–30 30–53 53–85	6,8 2,9 1,1	0,98 1,18 1,22	20
Чернозем выщелоченный среднемощный тяжелосуглинистый слабосмытый	250	72	0–20 20–35 35–50 50–72	6,5 4,3 2,6 2,2	1,11 1,21 1,31 1,39	20
Лугово-черноземная оподзоленная среднемощная среднеглинистая	170	60	0–25 25–40 40–60	13,8 7,2 3,5	0,81 1,02 1,23	25

**Вариант 2 – Материалы для бонитировки почв**

Почва	Площадь, га	Мощность A+AB, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Черноземно-луговая среднемощная среднесуглинистая	80	70	0–5 5–18 18–40	12,2 13,9 5,3	0,96 1,00 1,10	25

			40–70	2,0	1,20	
Чернозем выщелоченный среднемощный карманистый среднеглинистый	280	55	0–15	9,1	1,00	23
			15–40	7,5	1,21	
			40–55	3,1	1,29	
Чернозем выщелоченный среднемощный легкоглинистый	150	50	0–12	12,3	1,02	28
			12–30	11,0	1,20	
			30–50	3,9	1,25	

### Вариант 3 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность A+AB, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Темно-каштановая среднемощная среднесуглинистая слабокаменистая	200	45	0–10	5,0	0,98	18
			10–20	4,1	1,02	
			20–35	2,7	1,10	
			35–45	1,0	1,14	
Каштановая маломощная тяжелосуглинистая	170	25	0–15	3,4	1,00	15
			15–20	1,9	1,08	
			20–25	1,1	1,15	
Чернозем южный среднемощный тяжело-суглинистый	280	45	0–15	5,9	1,00	18
			15–30	4,8	1,09	
			30–40	2,8	1,14	
			40–45	1,0	1,20	

### Вариант 4 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность A+AB, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Темно-каштановая маломощная легкосуглинистая	200	30	0–15	3,3	1,00	14
			15–20	2,8	1,08	
			20–30	0,9	1,12	
Каштановая сильно солонцеватая среднемощная легкоглинистая	70	45	0–15	3,0	1,02	12
			15–20	3,1	1,08	
			20–30	1,9	1,10	
			30–40	1,4	1,14	
			40–45	1,0	1,18	
Чернозем южный маломощный тяжело-суглинистый	160	35	0–15	4,6	0,98	14
			15–25	3,3	1,02	
			25–35	1,4	1,08	
Чернозем южный маломощный среднесуглинистый	180	25	0–5	5,4	0,98	15
			5–15	3,0	1,00	
			15–25	1,9	1,06	

### Вариант 5 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность А+АВ, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Чернозем южный маломощный легкосуглинистый	100	22	0–10 10–22	4,2 2,7	1,00 1,02	18
Чернозем южный карбонатный маломощный тяжелосуглинистый слабокаменистый	160	25	0–10 10–20 20–25	4,6 3,1 2,0	1,00 1,02 1,10	19
Чернозем южный среднемощный тяжелосуглинистый	280	40	0–15 15–30 30–40	8,6 3,1 1,3	0,98 1,04 1,12	20
Темно-каштановая маломощная супесчаная	300	30	0–10 10–20 20–30	2,4 1,7 1,1	1,02 1,08 1,14	15

### Вариант 6 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность А+АВ, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Каштановая карбонатная маломощная тяжелосуглинистая	100	25	0–10 10–15 15–25	3,4 3,1 1,8	1,00 1,04 1,10	14
Каштановая маломощная среднесуглинистая среднекаменистая	180	25	0–15 15–20 20–25	3,3 2,0 1,1	1,00 1,04 1,09	16
Темно-каштановая маломощная тяжелосуглинистая слабокаменистая	250	30	0–10 10–20 20–30	4,6 2,3 2,0	0,99 1,02 1,08	18

### Вариант 7 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность А+АВ, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Чернозем южный маломощный тяжелосуглинистый	500	38	0–12 12–22 22–38	5,7 3,4 1,8	1,00 1,05 1,10	17
Темно-каштановая карбонатная маломощная легкоглинистая	340	35	0–15 15–25 25–35	4,8 3,5 1,3	1,02 1,09 1,14	15
Чернозем обыкновенный среднемощный тяжелосуглинистый	280	60	0–20 20–40 40–60	7,4 1,9 0,9	1,00 1,08 1,20	18

### Вариант 8 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность А+АВ, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Чернозем оподзоленный среднемощный тяжелоглинистый	90	75	0–20 20–40 40–60 60–75	14,4 8,0 5,7 1,8	1,00 1,05 1,15 1,21	25
Чернозем выщелоченный маломощный легкоглинистый	120	40	0–20 20–30 30–40	9,4 9,7 3,9	1,00 1,15 1,20	22
Чернозем обыкновенный маломощный среднеглинистый	190	40	0–25 25–40	10,3 5,1	1,10 1,13	23
Лугово-черноземная выщелоченная среднемощная легкоглинистая слабоглееватая	180	60	0–22 22–40 40–60	14,0 9,3 5,8	0,8 1,05 1,28	25

### Вариант 9 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность А+АВ, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Чернозем оподзоленный среднемощный легкоглинистый	200	80	0–20 20–40 40–80	11,3 10,4 4,3	0,98 1,00 1,14	26
Чернозем выщелоченный маломощный легкоглинистый	350	35	0–22 22–35	10,4 6,3	1,00 1,15	24
Чернозем обыкновенный маломощный тяжелосуглинистый	190	40	0–16 16–26 26–40	9,1 5,0 2,8	0,92 1,08 1,18	24

### Вариант 10 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность А+АВ, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Чернозем оподзоленный среднемощный	110	65	0–25 25–50	8,6 7,5	1,00 1,08	18

среднеглинистый			50–65	4,3	1,20	
Чернозем выщелоченный среднемощный легкоглинистый	240	45	0–21	9,8	0,98	21
			21–35	4,9	0,18	
			35–45	2,9	1,20	
Чернозем обыкновенный маломощный легкоглинистый	210	40	0–15	8,2	1,05	18
			15–27	2,3	1,12	
			27–40	1,4	1,20	

### Вариант 11 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность А+АВ, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Дерново-подзолистая слабоподзолистая среднедерновая супесчаная	180	20	0–20	4,20	0,92	19
			20–40	4,00	1,0	
			40–50	2,11	1,12	
			50–60	1,52	1,21	
Дерново-подзолистая сильноподзолистая слабодерновая супесчаная	120	15	0–30	3,3	0,98	18
			30–53	2,9	1,18	
			53–85	1,1	1,22	
Дерново-подзолистая слабоподзолистая среднедерновая среднесуглинистая	250	22	0–20	5,0	1,11	19
			20–35	4,3	1,21	
			35–50	2,6	1,31	
			50–72	2,2	1,39	

### Вариант 12 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность А+АВ, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Черноземно-луговая среднемощная среднесуглинистая	80	70	0–5	12,2	0,96	25
			5–18	13,9	1,00	
			18–40	5,3	1,10	
			40–70	2,0	1,20	
Чернозем выщелоченный среднемощный карманистый среднеглинистый	280	55	0–15	9,1	1,00	23
			15–40	7,5	1,21	
			40–55	3,1	1,29	
Чернозем выщелоченный среднемощный легкоглинистый	150	50	0–12	12,3	1,02	28
			12–30	11,0	1,20	
			30–50	3,9	1,25	

### Вариант 13 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность A+AB, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Серая лесная среднеоподзоленная слабоглееватая среднемощная тяжелосуглинистая	200	45	0–10 10–20 20–35 35–45	5,0 4,1 2,7 1,0	0,98 1,02 1,10 1,14	18
Серая лесная оподзоленная глееватая среднемощная глинистая	170	25	0–15 15–20 20–25	3,4 1,9 1,1	1,00 1,08 1,15	15
Темно-серая лесная оподзоленная мощная тяжелосуглинистая	280	45	0–15 15–30 30–40 40–45	5,9 4,8 2,8 1,0	1,00 1,09 1,14 1,20	18

### Вариант 14 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность A+AB, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Темно-серая слабооподзоленная среднемощная среднесуглинистая	200	30	0–15 15–20 20–30	7,2 7,1 5,3	1,00 1,08 1,12	14
Темно-серая слабооподзоленная глееватая глинистая	70	45	0–15 15–20 20–30 30–40 40–45	6,8 5,2 3,1	1,02 1,08 1,10 1,14 1,18	12
Чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый	160	35	0–15 15–25 25–35	10,3 11,0 3,9	0,98 1,02 1,08	14

## Вариант 15 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность A+AB, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Чернозем обыкновенный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый	100	22	0–10 10–22	6,2 5,7	1,00 1,02	18
Чернозем обыкновенный карбонатный маломощный малогумусный среднесуглинистый	160	25	0–10 10–20 20–25	6,6 5,1 4,0	1,00 1,02 1,10	19
Чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый	280	40	0–15 15–30 30–40	8,6 3,1 1,3	0,98 1,04 1,12	20
Чернозем обыкновенный слабосолонцеватый маломощный малогумусный тяжелосуглинистый	300	30	0–10 10–20 20–30	4,4 3,7 3,1	1,02 1,08 1,14	15

## Вариант 16 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность A+AB, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Луговая оподзоленная тяжелосуглинистая	100	25	0–10 10–15 15–25	5,4 4,9 3,1	1,00 1,04 1,10	14
Серая лесная оподзоленная маломощная тяжелосуглинистая	180	25	0–15 15–20 20–25	5,9 4,8 2,8 1,0	1,00 1,04 1,09	16
Серая лесная оподзоленная глееватая среднемощная глинистая	250	30	0–10 10–20 20–30	4,6 2,3 2,0	0,99 1,02 1,08	18

## Вариант 17 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность А+АВ, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Чернозем южный маломощный тяжелосуглинистый	500	38	0–12 12–22 22–38	5,7 3,4 1,8	1,00 1,05 1,10	17
Темно-каштановая карбонатная мало-мощная легкоглинистая	240	35	0–15 15–25 25–35	4,8 3,5 1,3	1,02 1,09 1,14	15
Чернозем обыкновенный среднемощный тяжелосуглинистый	280	60	0–20 20–40 40–60	7,4 1,9 0,9	1,00 1,08 1,20	18

## Вариант 18 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность А+АВ, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Чернозем оподзоленный среднемощный тяжелоглинистый	190	75	0–20 20–40 40–60 60–75	14,4 8,0 5,7 1,8	1,00 1,05 1,15 1,21	25
Чернозем выщелоченный маломощный легкоглинистый	200	40	0–20 20–30 30–40	9,4 9,7 3,9	1,00 1,15 1,20	22
Чернозем обыкновенный маломощный среднеглинистый	190	40	0–25 25–40	10,3 5,1	1,10 1,13	23
Лугово-черноземная выщелоченная среднемощная легкоглинистая слабоглееватая	180	60	0–22 22–40 40–60	14,0 9,3 5,8	0,8 1,05 1,28	25

## Вариант 19 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность А+АВ, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Чернозем оподзоленный среднемощный легкоглинистый	150	75	0–20 20–40 40–80	10,3 10,4 4,3	0,99 1,00 1,14	26
Чернозем выщелоченный маломощный легкоглинистый	350	35	0–22 22–35	10,4 6,3	1,00 1,15	24
Чернозем обыкновенный маломощный тяжело-суглинистый	190	40	0–16 16–26 26–40	9,1 5,0 2,8	0,92 1,08 1,18	24

## Вариант 20 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Мощность А+АВ, см	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Урожай пшеницы, ц/га
Чернозем оподзоленный среднемощный среднеглинистый	150	60	0–25 25–50 50–65	9,6 8,5 4,3	1,05 1,08 1,20	19
Чернозем выщелоченный среднемощный легкоглинистый	240	45	0–21 21–35 35–45	9,8 4,9 2,9	0,98 0,18 1,20	22
Чернозем обыкновенный маломощный легкоглинистый	210	40	0–15 15–27 27–40	7,2 4,3 1,4	1,05 1,12 1,20	18

### **Бонитировка почв по методу А.С. Фатьянова**

В основу бонитировки по методу Фатьянова положены следующие показатели пахотного горизонта почв, коррелирующие с многолетней урожайностью зерновых культур: содержание гумуса, емкость катионного обмена, pH солевой суспензии, содержание физической глины.

Оценка почв проводится по замкнутой стабильной шкале ( бонитировочный балл не может быть больше 100), где эталоном служат лучшие почвы – черноземы выщелоченные, оподзоленные

или лугово-черноземные, характеризующиеся следующими показателями (Зм):

- 1) содержание гумуса – 8 %;
  - 2) емкость катионного обмена – 40 мг-экв/100 г почвы;
  - 3) pH – 6;
  - 4) содержание физической глины – 50 %.

Расчеты бонитировочных баллов проводят по каждому оценочному признаку по формуле:

$$\text{Б} = (3\Phi / 3M) \cdot 100, \%$$

где  $B$  – бонитировочный балл почвы,

Зф – фактическое значение какого-либо признака почвы;

$Z_m$  – максимальное или оптимальное значение данного признака, соответствующее его содержанию в почве, принимаемой за 100 баллов.

Предварительный бонитировочный балл почвы рассчитывают путем деления суммы баллов на число показателей. Окончательный оценочный балл получают посредством умножения среднего балла по свойствам почвы на поправочные коэффициенты (табл. 24–26). Результаты бонитировки почв по методу Фатьянова записывают в таблицу 28.

Таблица 28 – Бонитировка пахотных почв хозяйства

В заключение определяют и оценивают средневзвешенный бонитировочный балл для хозяйства.

*Варианты заданий для метода А.С. Фатяянова*

**Вариант 1 – Материалы для бонитировки почв**

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Чернозем выщелоченный среднемощный легкоглинистый	220	9,8	7,0	48	62
Чернозем оподзоленный среднемощный среднесуглинистый	100	8,0	6,1	40	38
Чернозем обыкновенный среднемощный тяжелосуглинистый	80	7,9	7,1	40	45
Темно-серая лесная слабооподзоленная глееватая легкоглинистая	180	9,3	5,2	44	60

**Вариант 2 – Материалы для бонитировки почв**

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Светло-серая лесная среднесуглинистая	150	2,4	4,9	22	34
Серая лесная тяжелосуглинистая слабосмытая	200	3,2	5,5	24	42
Чернозем выщелоченный среднемощный карманистый среднеглинистый	320	9,1	6,2	51	77
Чернозем обыкновенный среднемощный тяжелосуглинистый	100	7,4	6,3	41	50

**Вариант 3 – Материалы для бонитировки почв**

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Чернозем обыкновенный среднемощный среднеглинистый	180	10,3	6,6	41	66
Чернозем выщелоченный среднемощный тяжелосуглинистый	190	8,0	6,0	40	50
Серая лесная среднесуглинистый	200	2,8	5,3	23	39
Серая лесная глееватая тяжелосуглинистая	70	3,6	5,0	26	44

## Вариант 4 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/ 100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Чернозем обыкновенный ма- ломощный тяжелосуглинистый	100	9,1	6,6	42	50
Чернозем выщелоченный ма- ломощный легкоглинистый	150	9,4	6,4	49	64
Чернозем выщелоченный среднемощный легкоглини- стый	280	9,8	6,0	47	73
Серая лесная тяжелосуглини- стая	170	5,9	6,1	29	48

## Вариант 5 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/ 100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Лугово-черноземная выщело- ченная среднемощная легкоглинистая	80	14,0	6,8	62	61
Чернозем выщелоченный среднемощный легкоглини- стый	250	12,3	6,1	62	65
Чернозем обыкновенный глубококарбонатный среднесуглинистый	180	4,85	7,0	35	31
Чернозем обыкновенный ма- ломощный супесчаный	200	5,8	7,0	38	15

## Вариант 6 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/ 100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Черноземно-луговая слабоопод- золенная среднемощная среднесуглинистая	95	12,2	6,1	57	44
Серая лесная глееватая тяжелосуглинистая	210	4,3	5,2	26	50
Серая лесная среднесуглинистая со вторым гумусовым горизонтом	120	6,1	5,9	35	37
Светло-серая лесная тяжелосуглинистая	300	3,4	5,6	23	42

## Вариант 7 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/100 г почвы	Содержание частиц <0,01 мм, %
Темно-серая лесная среднесуглинистая	380	8,6	6,4	43	39
Серая лесная легкоглинистая	210	4,3	5,1	35	54
Серая лесная легкоглинистая на коричнево-буровой глине	200	4,2	6,2	36	64
Чернозем оподзоленный легкоглинистый	150	8,6	5,8	68	72

## Вариант 8 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/100 г почвы	Содержание частиц <0,01 мм, %
Темно-серая лесная тяжело-суглинистая	250	6,0	5,6	33	47
Серая лесная среднеоподзоленная легкоглинистая	240	5,9	5,6	32	60
Чернозем оподзоленный тяжелоглинистый	188	14,4	5,6	52	86
Лугово-черноземная оподзоленная среднемощная среднеглинистая	80	13,8	5,8	62	77

## Вариант 9 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/100 г почвы	Содержание частиц <0,01 мм, %
Серая лесная среднеоподзоленная легкоглинистая	200	6,3	5,4	35	62
Темно-серая лесная среднеоподзоленная легкоглинистая	180	8,8	5,0	36	66
Чернозем оподзоленный легкоглинистый	190	11,3	6,2	42	67
Чернозем выщелоченный маломощный легкоглинистый	270	10,4	6,4	61	61

## Вариант 10 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Чернозем выщелоченный среднемощный легкоглинистый	180	9,76	6,8	62	61
Чернозем оподзоленный среднемощный среднесуглинистый	120	6,8	6,1	62	65
Чернозем выщелоченный среднемощный тяжелосуглинистый слабосмытый	250	6,5	7,0	35	31
Лугово-черноземная оподзоленная среднемощная среднеглинистая	170	13,8	7,0	38	15

## Вариант 11 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Черноземно-луговая среднемощная среднесуглинистая	80	9,8	7,0	48	62
Чернозем выщелоченный среднемощный карманистый среднеглинистый	280	8,0	6,1	40	38
Чернозем выщелоченный среднемощный легкоглинистый	150	7,9	7,1	40	45

## Вариант 12 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Чернозем выщелоченный среднемощный легкоглинистый	220	9,8	7,0	48	62
Чернозем оподзоленный среднемощный среднесуглинистый	100	8,0	6,1	40	38
Чернозем обыкновенный	80	7,9	7,1	40	45

среднемощный тяжелосуглинистый					
Темно-серая лесная слабооподзоленная глееватая легкоглинистая	180	9,3	5,2	44	60

### Вариант 13 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	EKO, мг-экв/100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Серая лесная среднесуглинистая	180	3,4	5,0	24	37
Серая лесная тяжелосуглинистая слабосмытая	200	4,2	5,5	24	42
Чернозем выщелоченный среднемощный среднеглинистый	100	9,1	6,2	51	77
Чернозем обыкновенный среднемощный тяжелосуглинистый	150	7,4	6,3	41	50

### Вариант 14 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	EKO, мг-экв/100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Чернозем выщелоченный среднемощный среднеглинистый	100	9,1	6,2	51	77
Чернозем выщелоченный среднемощный тяжелосуглинистый	100	8,0	6,0	40	50
Серая лесная среднесуглинистая	80	2,8	5,3	23	39
Серая лесная глееватая тяжелосуглинистая	180	3,6	5,0	26	44

### Вариант 15 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	EKO, мг-экв / 100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Чернозем обыкновенный глубококарбонатный среднесуглинистый	180	4,85	7,0	35	31
Чернозем выщелоченный маломощный легкоглинистый	150	9,4	6,4	49	64
Чернозем выщелоченный	280	9,8	6,0	47	73

среднемощный легкоглинистый					
Серая лесная тяжелосуглинистая	170	5,9	6,1	29	48

### Вариант 16 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/ 100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Темно-серая лесная слабо-оподзоленная глееватая легкоглинистая	180	9,3	5,2	44	60
Чернозем выщелоченный среднемощный легкоглинистый	250	12,3	6,1	62	65
Чернозем обыкновенный глубококарбонатный средне-суглинистый	180	4,85	7,0	35	31
Чернозем обыкновенный маломощный супесчаный	200	5,8	7,0	38	15

### Вариант 17 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/ 100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Лугово-черноземная выщелоченная среднемощная легкоглинистая	80	14,0	6,8	62	61
Серая лесная глееватая тяжелосуглинистая	210	4,3	5,2	26	50
Серая лесная среднесуглинистая	120	6,1	5,9	35	37
Светло-серая лесная тяжелосуглинистая	300	3,4	5,6	23	42

### Вариант 18 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/ 100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Темно-серая лесная среднесуглинистая	380	8,6	6,4	43	39
Светло-серая лесная среднесуглинистая	150	2,4	4,9	22	34
Серая лесная легкоглинистая слабосмытая	200	4,2	6,2	36	64

Чернозем оподзоленный легкоглинистый	150	8,6	5,8	68	72
---	-----	-----	-----	----	----

### Вариант 19 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/ 100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Чернозем выщелоченный среднемощный легкоглини- стый	220	9,8	7,0	48	62
Чернозем оподзоленный сред- немощный среднесуглинистый	100	8,0	6,1	40	38
Чернозем обыкновенный среднемощный тяжелосугли- нистый	80	7,9	7,1	40	45
Темно-серая лесная слабо- оподзоленная глееватая легко- глинистая	180	9,3	5,2	44	60

### Вариант 20 – Материалы для бонитировки почв

Почва	Площадь, га	Гумус, %	pH KCl	ЕКО, мг-экв/ 100 г почвы	Содержание частиц < 0,01 мм, %
Чернозем обыкновенный сред- немощный тяжелосуглинистый	100	7,4	6,3	41	50
Темно-серая лесная среднесуг- линистая	380	8,6	6,4	43	39
Серая лесная тяжелосуглини- стая слабосмытая	200	3,2	5,5	24	42
Чернозем выщелоченный сред- немощный карманистый сред- неглинистый	320	9,1	6,2	51	77

## **6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Курсовая работа по агропочвоведению предусмотрена учебным планом подготовки студентов по направлению 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение». Она выполняется по заданиям, выданным преподавателем. Задания содержат необходимую информацию для обобщения в курсовой работе на тему «Агрономическая характеристика почв сельскохозяйственного предприятия». Таким предприятием может быть крупное ОАО или крестьянское, фермерское хозяйство, расположенное в Красноярском крае.

Цель курсовой работы – приобрести опыт анализа и обобщения основных характеристик почв и почвенного покрова для оценки плодородия и рационального использования. Надеемся, что каждый студент отнесется к выполнению курсовой работы вдумчиво, ответственно и творчески. Этому будут благоприятствовать имеющиеся и приобретаемые новые знания при изучении рекомендуемой литературы.

### **Структура и содержание курсовой работы на тему «Агрономическая характеристика почв сельскохозяйственного предприятия»**

Структура курсовой работы должна включать следующие разделы:

**Введение**

Глава 1. Экологические условия почвообразования

Глава 2. Структура почвенного покрова и строение почвенного профиля

Глава 3. Показатели агрономической характеристики почв

3.1. Агрономическая оценка гранулометрического состава почв

3.2. Агрономическая оценка гумусного состояния и пищевого режима почв

3.3. Агрономическая характеристика физико-химических свойств почв

3.4. Агрономическая оценка физических свойств почв

**Выводы**

Далее приводятся методические пояснения и рекомендации по оформлению каждого раздела. В квадратных скобках даны номера

источников литературы, которые можно использовать при написании, анализе, рассмотрении того или иного вопроса.

**Во введении** необходимо:

1) показать значение почвы в сельскохозяйственном производстве [11, 13, 19, 29, 30, 35, 36, 54];

2) указать основные функции почвы, которые напрямую определяют почвенное плодородие [11, 13, 50];

3) обосновать актуальность тематики курсовой работы (показать, что почвенное плодородие – ресурс, который может исчерпаться; поэтому следует разрабатывать рациональные пути использования сельскохозяйственных земель) [13, 25, 27, 29, 34, 37, 38, 44, 45, 54, 55, 57].

**В главе 1** (*Экологические условия почвообразования*) должны быть представлены материалы, которые характеризуют факторы почвообразования:

- климат;
- растительность;
- почвообразующие породы;
- рельеф.

По литературным источникам найдите сведения о данных факторах для рассматриваемого района [1, 6, 7, 8, 10, 18, 23, 32, 33, 34, 47].

*Климатические условия* характеризуются по сумме годовых и месячных осадков, среднемесячной и среднегодовой температуре, сумме активных температур, продолжительности безморозного и вегетационного периодов, мощности снегового покрова, промерзаемости почв и др.

Рассчитайте ГТК (гидротермический коэффициент) или коэффициент Г.Т. Селянинова по формуле:  $\text{ГТК} = \sum p / 0,1 \sum T_{10}$ ,

где  $p$  – сумма осадков за период активной вегетации;

$\sum T_{10}$  – сумма активных температур за период активной вегетации  $> 10^{\circ}\text{C}$ .

Оформить агроклиматическую характеристику необходимо по плану, который вы использовали на занятиях по *агрометеорологии*.

*Анализ рельефа, почвообразующих пород и растительности как факторов почвообразования* дается по общепринятой схеме на конкретном материале хозяйства.

Оценку рельефа можно осуществить в форме ответов на следующие вопросы:

– как влияет мезо- и микрорельеф на перераспределение влаги, тепла, солнечной радиации?

– как повлияет холмистость на формирование подтипов разных почв?

**В главе 2** (*Структура почвенного покрова и строение почвенно-го профиля*) указывается доля (процент), которую занимает каждая почва (тип, подтип) в почвенном покрове сельскохозяйственного предприятия. Часто структуру почвенного покрова показывают в форме круговой диаграммы, таблицы и др.

В задании, выданном преподавателем, даны сведения о структуре почвенного покрова в хозяйстве. Выберите две почвы, которые занимают первое и второе место по процентному содержанию. Ваша дальнейшая задача будет заключаться в оценке агрономических (агроэкологических) свойств этих двух почв, их сравнении, предложению агротехнических и других мероприятий по улучшению свойств и в целом плодородии почв. Желательно прокомментировать особенности преобладающих типов и подтипов сравниваемых почв.

Далее необходимо представить и оценить *строительство почвенных профилей* двух выбранных почв. Профиль почвы образуется в результате дифференциации (разделения) исходной почвообразующей породы. Главные факторы образования почвенного профиля это, во-первых, вертикальные потоки вещества и энергии (нисходящие или восходящие в зависимости от типа почвообразовательного процесса) и, во-вторых, вертикальное распределение живого органического вещества (корни растений, микроорганизмы, почвенные животные). По Б.Г. Розанову *почвенный профиль* - это определенное сочетание генетических горизонтов в пределах почвенного тела (педона), специфическое для каждого типа почвообразования.

В выданном вам задании представлены почвенные профили двух генетических типов, которые необходимо проанализировать и сравнить.

Для этого нужно:

1. Записать название почвы (пример - *чернозем (тип) обыкновенный (подтип) карбонатный (род) маломощный малогумусный (вид) среднесуглинистый (разновидность) на карбонатном легкосуглинистом делювии (разряд)*).

2. Записать в виде дроби местоположение каждого горизонта в профиле и его мощность. Эти данные вам выдаются в задании!

0–20

20, где в числителе «0 см» – начало горизонта, «20 см» – окончание горизонта, в знаменателе «20 см» – мощность горизонта

Слева от дроби вы должны указать буквенный индекс данного горизонта ( $A_0$ ,  $T$ ,  $A_d$ ,  $A_p$  (пах),  $A$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B$  (с разделением на  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ),  $C$ ,  $G$ ,  $D$ .  $B_k$ ,  $B_i$ ,  $B_h$ ,  $B_{Fe}$ . Переходные –  $A_0A_1$ ,  $A_1A_2$ ,  $A_2B$ ,  $AB$ ,  $BC$  и т.д.).

Какой индекс необходимо поставить, вы должны решить сами при помощи знаний, полученных на занятиях (тема «Строение почвенного профиля. Буквенные индексы горизонтов») и на основе литературных источников! При выборе буквенного индекса следует руководствоваться тем, какой почвообразовательный процесс будет в большей степени выражен в зоне формирования анализируемой почвы [10, 23, 35, 36, 37, 53].

Справа от дроби, через запятую, перечислите морфологические признаки: мощность пахотного слоя и гумусового горизонта, окраску, структуру, новообразования, плотность, пористость, вскипание от 10% HCl, количество корней, гранулометрический состав.

3) После перечисления основных морфологических признаков в каждом горизонте *вам необходимо обратить внимание на то, как по строению профиля и морфологическим признакам можно распознать анализируемые типы, подтипы почв*. Например:

– первая из рассматриваемых почв имеет интенсивную темную окраску с комковато-зернистой структурой, глубиной залегания карбонатов – 75 см, гранулометрический состав по профилю изменяется незначительно, верхний горизонт густо пронизан корнями – 5 баллов. Отсюда, предполагаем, что данная почва по типу – чернозем, по подтипу – выщелоченный.

– вторая почва, имеет в верхней части профиля светло-серую окраску, с белесоватым налетом, комковато-пылеватой структурой, далее следует четко выраженный горизонт, мощностью 18 см, бесструктурный, песчаный, цвета печной золы, не вскипает, корней очень мало, вниз по профилю резко возрастает количество физической глины – гранулометрический состав тяжелосуглинистый.

Отсюда, предполагаем, что данная почва по типу – подзолистая, по подтипу – дерново-подзолистая.

Итак, для каждой почвы перечислите те признаки, по которым можно сделать вывод о ее генетической принадлежности (тип, подтип), ориентируясь на вышеописанный пример.

4) Еще один важный момент, который следует здесь коротко обсудить, это влияние морфологических признаков на водные свойства, воздушный и тепловой режим, характер обработки почвы.

Например, в первой, черноземной почве выявлены мощный гумусовый горизонт (45 см), зернистая структура. Следовательно, для с.-х. культур здесь сформируются благоприятные водно-воздушные условия, имеется возможность создать культурный пахотный слой, почва будет весной хорошо прогреваться благодаря темной окраске.

**В главе 3** необходимо дать *агрономическую характеристику сравниваемым почвам*. Это оценка ее состава и свойств с точки зрения развития основного качества – плодородия.

На *первом этапе* составления агрономической характеристики почвы необходимо оценить ее главные особенности как генетического типа или подтипа. Понятие о генетическом типе или подтипе дает представление:

- 1) об общих свойствах самой почвы;
- 2) характеризует экологическую обстановку (условия климата, рельефа) территории, где расположена данная почва.

Тип и подтип почвы определяют зональные особенности земледелия, направление основных забот агронома и агроэколога по повышению плодородия почв. Работая в той или иной зоне, агроном, основываясь на общих особенностях данного типа почв, дифференцированно использует земледельческие приемы в этой зоне. Однако для агрономической оценки почв территории хозяйства недостаточно ограничиться общим представлением о свойствах данных почв как почвенного типа.

Для более детальной агрономической оценки почв той или иной территории необходимо учитывать ряд свойств и особенностей их генезиса, которые определяют степень выраженности плодородия почв, т. е. условия их водно-воздушного, теплового, пищевого и других режимов.

*Основными показателями почв, на учете и оценке которых строится их агрономическая характеристика, являются следующие:*

- 1) гранулометрический (механический) состав почвы;
- 2) содержание и запасы гумуса;
- 3) физико-химические свойства (поглотительная способность);
- 4) физические и водные свойства.

Итак, приступаем к оценке показателей агрономических свойств почв.

### 3.1. Агрономическая оценка гранулометрического состава почв

В разделе необходимо представить данные по гранулометрическому составу сравниваемых почв.

В первую очередь, 1) следует представить таблицы по содержанию фракций механических элементов. Причем в задании вам будут выданы данные без указания группы физической глины.

2) *Процентное содержание физической глины необходимо рассчитать.*

Пример оформления:

Таблица... Гранулометрический состав  
[вставьте название вашей почвы]

Горизонт	Глубина, см (в вашей работе будут другие цифры)	Содержание фракций, %					
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
A	0–10	45,6	12,5	15,4	6,6	8,2	11,7
AB	10–20	49,1	10,2	13,2	6,6	7,0	13,9
B <sub>1</sub>	20–30	46,2	18,3	7,9	6,6	11,0	10,0
B <sub>2</sub>	30–40	35,4	18,7	15,2	5,4	6,3	18,9
BC	40–50	40,5	15,5	14,5	6,8	10,2	12,5
C	50–60	39,2	23,7	5,5	5,7	9,1	16,7

Для расчета физической глины вы должны вспомнить, какие фракции механических элементов входят в эту группу.

3) Далее, после окончательного заполнения таблицы, определите основное и дополнительное название *разновидности (наименование почвы по гранулометрическому составу)* сравниваемых почв (по данным верхнего горизонта). Вспомните, как определить дополнительное название разновидности (см. в тетради занятие по теме «Гранулометрический состав почв», приложение 2, 3). Информацию представьте по форме следующей таблицы.

Таблица... Наименование основного и дополнительного названия разновидности [вставьте название вашей почвы]

Горизонт	Глубина, см	< 0,01 физическая глина	Основное название разновидности (гранулометрический состав почвы)	Дополнительное название разновидности
B	0–10		Легкий суглинок	Крупнопылевато-песчаный
	10–20			
	20–30			
	30–40			
	40–50			
	50–60			

4) Далее следует перейти к обсуждению того влияния, которое оказывает это фундаментальное свойство почвы на формирование других свойств и режимов почвы: водные, воздушные, тепловые, питательный режим, поглотительную способность, эрозионную устойчивость и т. д.

*Постройте оценку и дайте сравнительный анализ в следующем порядке:*

а) оцените гранулометрический состав первой и второй почв. Опишите, как он будет влиять на комплекс основных почвенных свойств. Объясните, как это скажется на почвенном плодородии [5, 6, 20, 21, 23, 30, 35, 36, 37].

б) проанализируйте профильное распределение ила и физической глины в сравниваемых почвах; при рассмотрении акцентируйте внимание на типе почвообразовательных процессов и различиях в генезисе [35–38];

в) предложите основные мероприятия, которые помогут «сгладить» то негативное влияние гранулометрического состава, если он имеет отрицательные показатели для большинства культур и формирования основных свойств [20, 26].

### **3.2. Агрономическая оценка гумусного состояния и пищевого режима почв**

Приступая к агрономической оценке необходимо:

- 1) Рассчитать запасы гумуса в слое 0–20 см;
- 2) Оценить гумусное состояние:
  - по содержанию гумуса;
  - запасам гумуса для слоя 0–20 см;
  - типу гумуса в каждом горизонте.
- 3) Проанализируйте причины, которые повлияли на обнаруженное в каждой почве гумусное состояние [5, 9, 14, 16, 17, 22, 27, 28, 49];
- 4) Предложите агротехнические мероприятия по улучшению гумусного состояния (если требуется) [19, 20, 30, 48, 54, 55].
- 5) Оцените обеспеченность почв доступным для растений азотом, подвижным фосфором и обменным калием.
- 6) Предложите агротехнические приемы, которые могут повлиять на повышение количества подвижных элементов питания [2, 3, 4, 5, 20, 23, 26, 30, 31, 39, 43, 44, 55, 56].
- 7) Рассмотрите значение показателя С : N в плодородии. Что он показывает? Какие факторы почвообразования и характер агроиспользования могут определить величину этого отношения? [20, 23, 49, 52].

### **3.3. Агрономическая характеристика физико-химических свойств почв**

- 1) Рассчитайте сумму обменных оснований – S, емкость катионного обмена – ЕКО и степень насыщенности почв основаниями – V. По найденным значениям оцените величину поглотительной способности сравниваемых почв.
- 2) Проанализируйте и объясните отличия или равнозначность значений S, ЕКО и V в зависимости от генезиса рассматриваемых почв и в зависимости:
  - от содержания гумуса;
  - гранулометрического состава, в т.ч. по профилю почв (особенности изменения);
  - объясните роль коллоидных частиц в величине поглотительной способности почв [3, 5, 20, 29, 35].

3) Сделайте выводы о том, в каком виде химической мелиорации, возможно, нуждается та или иная почва – по величине V % или содержанию иона  $\text{Na}^+$  в % от ЕКО [4, 20, 26, 31, 35–39].

4) Оцените уровень кислотности по pH водной и солевой вытяжки.

5) Объясните практическую и теоретическую значимость показателей ЕКО, S и V [35–38].

6) Предложите агротехнические мероприятия по регулированию (улучшению) показателей поглотительной способности, в т. ч. возможной необходимости в гипсовании избыточно щелочных почв или известковании кислых почв [4, 20, 26, 31, 35–39].

### **3.4. Агрономическая оценка физических свойств почв**

*По общим физическим свойствам:*

1) рассчитайте плотность сложения  $d_V$ , г/см<sup>3</sup>;

2) рассчитайте общую пористость  $P_{\text{общ.}}$ , %;

3) оцените плотность сложения и пористость по Н.А. Качинскому;

4) оцените количество агрономически ценной фракции по шкале С.И. Долгова и П.У. Бахтина;

5) объясните причины:

– возможной избыточной высокой плотности сложения и низкой пористости;

– возможной невысокой плотности и избыточной пористости (учтывайте фундаментальные свойства почвы и возможные агротехнические мероприятия);

6) Предложите агротехнические мероприятия по изменению негативных показателей плотности сложения и общей пористости [1, 6, 19, 22, 23, 25, 35-37]

*По водным свойствам:*

1) Рассчитайте МАВ, ВЗ, ВРК;

2) Охарактеризуйте зависимость гидрологических констант от генетических особенностей сравниваемых почв и свойств, наблюдавшихся в них [20, 23, 26];

3) Объясните причины изменений констант по профилю почв;

4) Предложите агротехнические мероприятия, способствующие улучшению водного режима сравниваемых почв.

## **Выводы**

Лаконично и четко формулируются 3–4 вывода, отражающих смысл и сущность сделанного анализа данных. В выводы не включаются общеизвестные положения, расплывчатые формулировки и ссылки на работы других авторов. Каждый вывод излагается в пределах абзаца в виде отдельных пунктов, нумеруется по порядку арабскими цифрами. Объем текста выводов не должен превышать 1 страницы.

### **Общие требования оформления текста**

На листе оставляются поля: слева, сверху, снизу – 25 мм, справа – 15 мм. Используется текстовый редактор Microsoft Word, должен применяться шрифт Times New Roman 14 размера с полуторным интервалом между строк. Основной текст выравнивается по ширине страницы, заголовки – по центру. Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15–17 мм.

## **ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

1. Обменная кислотность минеральных горизонтов подзолистых почв обусловлена:

- 1) наличием фульвокислот в почвенном растворе;
- 2) присутствием свободной угольной кислоты;
- 3) наличием в обменном состоянии  $K^+$ ;
- 4) наличием в обменном состоянии ионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$ .

2. Степень насыщенности, характерная для горизонта  $A_2$  подзолистых почв, %:

- 1) < 50;
- 2) 50–75;
- 3) 75–85;
- 4) > 85.

3. Горизонт подзолистых почв, который имеет наибольшую емкость поглощения:

- 1)  $A_1A_2$ ;
- 2)  $A_2$ ;
- 3)  $A_2B$ ;
- 4) B.

4. Реакция, характерная для подзолистых почв:

- 1) кислая и сильнокислая;
- 2) слабокислая;
- 3) нейтральная;
- 4) слабощелочная.

5. Состав обменных катионов в подзолистых почвах:

- 1) Ca, Mg, Na, K;
- 2) Ca, Mg;
- 3) Ca, Mg, H, Al;
- 4) H, Al.

6. Степень насыщенности основаниями, которая преобладает в дерново-подзолистых почвах, %:

- 1) 10–20;
- 2) 20–40;
- 3) 40–70;
- 4) > 70.

7. Группа, которой по степени кислотности соответствует подзолистая почва с  $pH_{KCl} = 4,4$ :

- 1) слабокислых;
- 2) среднекислых;
- 3) сильноакислых;
- 4) нейтральных.

8. Горизонт серых лесных почв, который имеет наибольшую емкость поглощения:

- 1)  $A_{пах}$ ;
- 2)  $A_1A_2$ ;
- 3)  $A_2B$ ;
- 4)  $B$ .

9. Вид мелиорации, который будете использовать на почвах элювиального ряда:

- 1) известкование;
- 2) глинование;
- 3) гипсование;
- 4) пескование;

10. Степень солонцеватости, к которой относится почва, если  $Na^+ = 12\%$  от ЕКО:

- 1) несолонцеватый;
- 2) слабой;
- 3) средней;
- 4) сильной.

11. Реакция, которую имеют каштановые почвы в верхнем горизонте:

- 1) кислая;
- 2) сильнощелочная;
- 3) слабокислая;
- 4) слабощелочная.

12. Горизонт солонца, для которого характерна наибольшая емкость поглощения:

- 1)  $A_1$ ;
- 2)  $B_1$ ;
- 3)  $B_2$ ;
- 4)  $C$ .

13. Щелочная реакция почвенного раствора в почвах солонцового типа обусловлена:

- 1) наличием солей  $\text{NaCl}$ ;
- 2) присутствием в обменном состоянии иона  $\text{Mg}^{2+}$ ;
- 3) наличие соды и обменного натрия;
- 4) присутствием солей  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

14. Ион водорастворимых солей, который характеризуется наибольшей токсичностью:

- 1)  $\text{SO}_4^{2-}$ ;
- 2)  $\text{HCO}_3^-$ ;
- 3)  $\text{CO}_3^{2-}$ ;
- 4)  $\text{Cl}^-$ .

15. Укажите приемы мелиорации высокогипсового высококарбонатного среднестолбчатого многонатриевого солонца:

- 1) промывка;
- 2) гипсование;
- 3) «самомелиорация»;
- 4) кислование.

16. Культуры, которые являются наиболее солеустойчивыми:

- 1) свекла сахарная и кормовая, донник белый, хлопчатник;
- 2) яровая пшеница, томаты, люцерна;
- 3) ячмень, просо, сорго;
- 4) клевер, огурцы, бобы.

17. Категория почвенной воды, доступная растениям:

- 1) свободная;
- 2) капиллярно-подвешенная;
- 3) рыхлосвязанная;
- 4) капиллярно-подпертая.

18. Почвенно-гидрологическая константа, соответствующая доступности воды растениям:

- 1) HB;
- 2) B3;
- 3) > B3;
- 4) MG.

19. Подвижность капиллярной воды уменьшается, если:

- 1) ВРК → ВЗ;
- 2) ВРК → НВ;
- 3) НВ → ПВ;
- 4) ПВ → НВ.

20. Состояние почвы, при котором она хорошо крошится на комки, не прилипая к орудию обработки, называется .....

21. Верно ли распределены почвенно-гидрологические константы по степени доступности воды для растений (слева направо): МГ – НВ – ВРК – ВЗ?

22. Весенний агроприем, сохраняющий запасы почвенной воды:

- 1) боронование;
- 2) вспашка;
- 3) культивация;
- 4) внесение удобрений.

23. Запасы продуктивной воды вычисляют:

- 1) в мм;
- 2) м<sup>3</sup>/га;
- 3) т/га;
- 4) кг/га.

24. Хорошая оценка запасов почвенной влаги в слое 0–20 см соответствует:

- 1) > 40 мм;
- 2) 40–20 мм;
- 3) < 20 мм;
- 4) < 10 мм.

25. К растениям галофитам относятся:

- 1) солянки, солеросы, кермек;
- 2) ковыль, клевер, люцерна;
- 3) осока, лебеда, одуванчик;
- 4) донник, хмель, эспарцет.

26. Искусственная система стока воды:

- 1) дистилляция;
- 2) паводок;
- 3) ирригация;
- 4) дренаж.

27. Бонитировка почв – составная часть:

- 1) агропроизводственной группировки;
- 2) земельного кадастра;
- 3) геоботанического обследования;
- 4) экологического мониторинга.

28. Мониторинг почв включает:

- 1) диагностику, тестирование, индикацию;
- 2) описание, контроль, охрану;
- 3) наблюдение, оценку, прогноз;
- 4) рекогносцировку, анализ, выводы.

29. Перечислите основные агротехнические мероприятия способствующие сохранению и повышению гумуса в подзолистых почвах:

- 1) сидераты и навоз;
- 2) безотвальная обработка и солома;
- 3) известкование и орошение;
- 4) мульчирование и гипсование.

30. Перечислите возможные приемы нейтрализации кислой реакции дерново-подзолистых почв:

- 1) кислование;
- 2) бороздование;
- 3) известкование;
- 4) самомелиорация.

31. Почвенный показатель, который необходимо знать, чтобы принять решение о необходимости химической мелиорации дерново-подзолистых почв:

- 1) содержание гумуса;
- 2) степень насыщенности почв основаниями;
- 3) гранулометрический состав;
- 4) структуру почвы.

32. Сельскохозяйственные культуры, повышающие содержание биологического азота в серых лесных почвах:

- 1) озимая рожь;
- 2) клевер;
- 3) картофель;
- 4) подсолнечник.

33. Назовите основные причины минерализации органического вещества на черноземных почвах:

- 1) отвальная вспашка и чистый пар;
- 2) дефицит минеральных соединений и эрозия;
- 3) невысокая биологическая активность и наличие крупных агрегатов;
- 4) оптимальное соотношение воды и воздуха.

34. Агротехнические мероприятия, способствующие снижению ветровой эрозии в степной зоне на черноземах:

- 1) поверхностное дискование и щелевание;
- 2) выращивание короткостебельных сортов зерновых и посев в ранние сроки;
- 3) плоскорезная обработка и мульчирование соломой;
- 4) смена пашни на сенокосы и пастбища.

35. Агротехническое мероприятие, способствующее формированию лабильного органического вещества в почве:

- 1) применение минеральных удобрений;
- 2) применение органических удобрений;
- 3) сидерация;
- 4) отвальная вспашка.

36. Способы повышения биологической активности серых лесных почв, которые вы можете предложить:

- 1) внесение азофоски и применение отвальной обработки;
- 2) внесение навоза и применение отвальной вспашки;
- 3) внесение извести и мульчирование соломой;
- 4) использование сидератов и применение биопрепараторов.

37. Основные мероприятия по влагосбережению, которые вы можете предложить на черноземных почвах степной зоны:

- 1) безотвальная обработка и мульчирование соломой;
- 2) лесные полосы и снегозадержание;
- 3) зяблевая вспашка и отказ от зерновых культур;
- 4) орошение и боронование.

38. Свойства (показатели) черноземов, которые существенно изменятся при внедрении no-till в производство:

- 1) ПВ;
- 2) пористость;
- 3) плотность;
- 4) твердость.

39. Свойства почв, по которым проводят бонитировку, должны коррелировать:

- 1) со спелостью;
- 2) всхожестью;
- 3) урожайностью;
- 4) биомассой.

40. Агроэкологическая оценка почв является основой:

- 1) для разработки системы удобрения;
- 2) разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия;
- 3) разработки приемов регулирования плодородия почв;
- 4) выделения агрономических групп земель.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Обоснование любой технологии начинается с обоснования приемов управления плодородием почвы. Сегодня в обиход современной науки прочно входит понимание того, что почва, оказывая сервисы социуму, выполняет биосферные функции. От них зависит и экономическое и экологическое и эстетическое его благополучие. Почвенная наука имеет много приоритетов в сельском хозяйстве и поэтому базовая по определению. Функции и сервисы почвы тесно переплетаются, разделение почтоведения на фундаментальное и прикладное, как правило, весьма и весьма условно. Что же касается утилитарных, цеховых подходов, то они бесперспективны [Иванов, 2016].

Предлагаемое учебное издание подготовлено с целью методически грамотно помочь обучающимся изучать материалы по основным свойствам агропочв и их сельскохозяйственному использованию, также разобраться в многообразии условий, влияющих на агрономические свойства. Студенты должны научиться предлагать мероприятия по повышению плодородия почв с учетом конкретных почвенно-климатических условий и рекомендовать возделывание культур, требования которых совпадают с повышенными условиями. Уметь использовать знания об особенностях и свойствах почв для хозяйственных целей, составления прогноза о степени деградации почв. А также разрабатывать мероприятия по рациональному использованию земель и охране почв [Самофалова, 2021].

Учебное пособие «Агропочвоведение» содержит задания по анализу агрономических свойств почв, оценке условий для формирования плодородия почв, сельскохозяйственному использованию агропочв под полевые, пропашные, технические, овощные культуры, разработке комплекса мероприятий по преодолению лимитирующих факторов и повышению плодородия почв, рациональному их использованию.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Агрофизическая характеристика почв степной и сухостепной зон азиатской части СССР. – Москва: Колос, 1982. – 224 с.
2. Агрохимическая характеристика почв СССР. Средняя Сибирь / под редакцией А.В. Соколова, Н.В. Орловского. – Москва: Наука, 1971. – 272 с.
3. Александрова, Л.Н. Лабораторно-практические занятия по почвоведению / Л.Н. Александрова, О.А. Найденова. – Ленинград: Агропромиздат, 1986. – 294 с.
4. Белоусов, А.А. Кинетика минерализации органического вещества при внесении соломы в почву / А.А. Белоусов // Органическое вещество почв и урожай: сборник научных работ молодых ученых. – Красноярск, 2000. – С. 5–18.
5. Белоусова, Е.Н. Лабораторный практикум по агрономической химии / Е.Н. Белоусова, О.А. Сорокина; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 248 с.
6. Белоусова, Е.Н. Трансформация азотсодержащих соединений чернозема выщелоченного в условиях минимизации обработки / Е.Н.Белоусова, А.А. Белоусов // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 5. – С. 149-156.
7. Белоусова, Е.Н. Трансформация азотсодержащих соединений чернозема выщелоченного в условиях минимизации основной обработки / Е.Н.Белоусова, А.А. Белоусов // Проблемы агрохимии и экологии. – 2021. – № 3-4. – С. 3-8.
8. Белоусова Е.Н. Региональная агрохимия / Е.Н. Белоусова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2022. – 234 с.
9. Белоусова, Е.Н. Влияние почвозащитных технологий на содержание подвижного органического вещества и ферментативную активность почвы / Е.Н.Белоусова, А.А. Белоусов // Агрохимия. – 2022. – № 5. – С. 30-37.
10. Бугаков П.С. Агрономическая характеристика почв земледельческой зоны Красноярского края /П.С. Бугаков, В.В. Чупрова. – Красноярск: Изд-во Краснояр.гос. аграр. ун-та, 1995. – 176 с.

11. Вередченко, Ю.П. Агрофизическая характеристика почв Центральной части Красноярского края /Ю.П. Вередченко. - М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 176 с.
12. Горшенин, К.П. Почвы южной части Сибири /К.П. Горшенин. - М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 591 с.
13. Градобоев Н.Д. Почвы Минусинской впадины /Н.Д. Градобоев, С.А. Кояго. - М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 303 с.
14. Гришина, Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв /Л.А. Гришина. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 244 с.
15. Диагностика и классификация почв земледельческой части Красноярского края. – Красноярск, 1995. – 39 с.
16. Добровольский Г.В., Куст Г.С., Чернов И.Ю. Почвы в биосфере и жизни человека. – 2012. – 584 с.
17. Добровольский, Г.В. Экология почв. Учение об экологических функциях почв: учебник / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Изд-во Моск. Ун-та; Наука, 2006. – 364 с.
18. Дьяконова, К.В. Оценка почв по содержанию и качества гумуса для производственных моделей почвенного плодородия /К.В. Дьяконова. - М.: Агропромиздат, 1990. – 28 с.
19. Ершов, Ю.И. Почвы и земельные ресурсы. Красноярского края /Ю.И. Ершов. – Красноярск: Изд-во Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2000. – 81с.
20. Иванов, А.Л. Докучаевское почвоведение. Единство теории и практического приложения. Противоречия. Есть ли они? /А.Л. Иванов. // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2016. Вып. 85. – С. 150-173.
21. Кириллов, М.В. География почв Средней Сибири / М.В. Кириллов. – Красноярск: Краснояр. гос. пед. Ин-т, 1963. – 76 с.
22. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение: Учебник для вузов / Кирюшин В. И. – М.: Издательство "КолосС", 2010. – 688 с.
23. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
24. Кирюшин, В.И. Агротехнологии: учебник / В.И. Кирюшин, С.В. Кирюшин. СПб.: Изд-во «Лань», 2015. – 464 с.
25. Классификация и диагностика почв России /Л.Л. Шишов, В.Д. Тонгоногов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

26. Крупкин, П.И. Черноземы Красноярского края /П.И. Крупкин. – Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2002. – 314 с.
27. Лебедева, Н.И. Почвы Центрально-Европейской и Средне-Сибирской лесостепи / Н.И. Лебедева, Е.В. Семина. – М.: Колос, 1974. – 232 с.
28. Лучинский С.И. Управление агрофизическими свойствами почвы: учеб. пособие / Б.И. Тарасенко, С.И. Лучинский, Р.В. Кравченко. – Краснодар: КубГАУ, 2021. – 106 с.
29. Макаров В.И. Агрохимический анализ почв (с сервисной программой обработки результатов лабораторных испытаний при проведении агрохимических анализов): Учебное пособие [Электронный ресурс]. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – 72 с.
30. Медведев, В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов /В.В. Медведев. - М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.
31. Муха В.Д., Картамышев Н.И., Муха Д.В. Агропочвоведение. Издательство: КолосС, 2003. – 528 с.
32. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов.- М.: Изд-во МГУ, 1990. – 325 с.
33. Павлов А.Г. Практикум по технологии растениеводства / А.Г. Павлов. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2013 – 123 с.
34. Параметры плодородия основных типов почв / Под ред. А.Н. Каштанова. - М.: Агропромиздат, 1988. – 127 с.
35. Плодородие почв и пути его повышения. - М.: Колос, 1983. - 184 с.
36. Повышение плодородия кислых почв земледельческое части Красноярского края. - Красноярск, 1980. – 53 с.
37. Почвоведение / Под ред. И.С.Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
38. Почвоведение с основами геологии / Под ред. В.П.Ковриго, И.С. Кауричева, Л.М. Бурлаковой. – М.: Колос, 2000. – 416 с.
39. Почвоведение: в 2ч. / Под ред. В.А.Ковды, В.Г. Розанова. – М.: Высш. шк., 1988. – 368 с.
40. Природное районирование Центральной части Красноярского края и некоторые вопросы природного хозяйства. – М.: Изд-ва АН СССР, 1962. – 345 с.
41. Природные ресурсы Красноярского края (Аналитический обзор). - Красноярск: КНИИГиМС, 2001. – 218 с.

42. Проблемы использования и охраны природных ресурсов Центральной Сибири. Вып. 4. – Красноярск: КНИИГиМС, 2003. – 424 с.
43. Рагимов А.О. Почвоведение: лаб. практикум / А.О. Рагимов, М.А. Мазиров, Е.М. Шентерова; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2017. – 120 с.
44. Рудой, Н.Г. Агрохимические основы повышения плодородия осушеных почв в Средней Сибири / Н.Г. Рудой. – Новосибирск, 1995. – 123 с.
45. Самофалова И.А. Агропочвоведение: учебно-методическое пособие / И.А. Самофалова; «Пермский аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2021. – 127 с.
46. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.
47. Сергеев, Г.М. Островные лесостепи и подтайга Приенисейской Сибири /Г.М. Сергеев. – Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1971. – 264 с.
48. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: науч.-практ. рекомендации / под ред. С.В. Брылева. – Красноярск, 2015. – 224 с.
49. Танделов, Ю.П. Особенности кислых почв земледельческой территории Красноярского края и применение удобрений / Ю.П. Танделов. – Красноярск, 2016. – 164 с.
50. Танделов, Ю.П. Плодородие почв и эффективность удобрений в Средней Сибири / Ю.П. Танделов. – Красноярск, 2012. – 302 с.
51. Топтыгин, В.В. Природные условия и природное районирование центральной части Красноярского края /В.В. Топтыгин, П.И. Крупкин, Г.П. Пахтаев. – Красноярск, 2002. – 143 с.
52. Чимитдоржиева И.Б., Хутакова С.В. Агропочвоведение: учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение» / И.Б. Чимитдоржиева, С. В. Хутакова, Улан-Удэ: ФГБОУ ВО БГСХА, 2020. – 102 с.
53. Чупрова, В.В. Агроэкологическая оценка почв: учеб. пособие / В.В. Чупрова, Н.Л. Кураченко, Е.Н. Романцова, А.А. Белоусов / Проблемы использования и охраны природных ресурсов Центральной Сибири. Красноярск, 2003. – С. 274-279.

54. Чупрова В.В., Кураченко Н.Л., Белоусов А.А., Власенко О.А. Большой практикум по почвоведению с основами геологии: учебное пособие с грифом СибРУМЦ. – Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2007. – 374с.
55. Чупрова, В.В Запасы и потоки азота в агроценозах Средней Сибири /В.В. Чупрова, Н.Л. Ерохина, С.В. Александрова; Краснояр. Гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2006. – 171 с.
56. Чупрова, В.В. Углерод и азот в агроэкосистемах Средней Сибири / В.В. Чупрова. - Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 1997. – 166 с.
57. Чупрова, В.В. Оценка агроэкологического состояния почв, вовлеченных в разработку песчано-гравийных карьеров Канского района Красноярского края / В.В. Чупрова, А.А. Белоусов, Е.Н. Белоусова, Ю.В. Горбунова // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 3 (144).– С. 16-21.
58. Шишов, Л.Л. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв /Л.Л. Шишов, Д.М. Карманов, Д.С. Булгаков и др. - М.: Агропромиздат, 1991. – 304 с.

# **ПРИЛОЖЕНИЯ**

*Приложение 1*

## *Образец титульного листа*

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**  
Департамент научно-технологической политики и образования  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Красноярский государственный аграрный университет»**

**Институт агроэкологических технологий**  
Кафедра почвоведения и агрохимии

**Агрономическая характеристика серых лесных почв  
Канско-Ачинской лесостепи**

Курсовая работа

Выполнил студент  
3 курса ИАЭТ  
И.Ф. Иванов

Руководитель – к.б.н.,  
доцент А.А. Белоусов

Красноярск 20\_\_

**Классификация почв по гранулометрическому составу  
Н.А. Качинского**

Краткое название по гранулометрическому составу	Содержание физической глины (частиц <0,01 мм), %, в почвах		
	подзолистого типа почвообразования	степного типа почвообразования	солонцов и солонцеватых
Песок:	0–5	0–5	0–5
	5–10	5–10	5–10
	10–20	10–20	10–15
Суглинок:	20–30	20–30	15–20
	30–40	30–45	20–30
	40–50	45–60	30–40
Глина:	50–65	60–75	40–50
	65–80	75–85	50–65
	> 80	> 85	> 65

**Классификация для наименования дополнительного  
названия разновидности**

Содержание фракций, %					
1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001
песчаная		крупно-пылеватая	пылеватая		иловатая

\* при указании частиц размером > 1 мм – фракция именуется как *гравелистая*

*Приложение 3*

**Показатели гумусного состояния почв  
(Л.А. Гришина, Д.С. Орлов , 1978)**

Признаки	Уровень	Пределы значений
Содержание гумуса, %	очень высокое высокое среднее низкое очень низкое	>10 6–10 4–6 2–4 <2
Запасы гумуса в слоях: 0–20, 0–100 см, т/га	очень высокое высокое среднее низкое очень низкое	см >200 100–150  см >600 150–200 200–400 50–100 <50 0–100 400–600 100–200 <100
Обогащенность азотом C:N	очень высокая высокая средняя низкая очень низкая	<5 5–8 8–11 11–14 >14
Тип гумуса Сгк : Сфк	гуматный фульватно– гуматный гуматно– фульватный фульватный	>2 1–2 0,5–1 <0,5

*Приложение 4*

**Шкала обеспеченности почв нитратным азотом и  
определение потребности в азотных удобрениях**

Класс	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	Обеспеченность азотом	Потребность в азотных удобрениях
1	< 4,0	очень низкая	очень сильная
2	4,1–8,0	низкая	сильная
3	8,1–12,0	средняя	средняя
4	12,1–16,0	повышенная	слабая
5	16,1–20,0	высокая	отсутствует
6	20,1–24,0	очень высокая	отсутствует
7*	24,1–28,0		
8*	> 28		

Примечание: 7-й и 8-й классы только для овощных культур.

*Приложение 5*

**Градации обеспеченности почв подвижным фосфором**

Класс и степень обеспеченности	Почвенно-климатические зоны	P2O5, мг/100 г почвы		
		По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину
очень низкая	Канская, Красноярская, Минусинская лесостепи с прилегающей южной тайгой и степью	<15	<10	<1
низкая		15-20	10-15	1-2
средняя		20-25	15-20	2-3
повышенная		25-30	20-25	3-4,5
высокая		30-35	25-30	4,5-6
очень высокая		35-40	30-35	6-8
*		40-45	35-40	8-10
*		>45	>40	>10
очень низкая		<5	<2,5	<1
низкая	Ачинско-Боготольская, Чулымо-Енисейская лесостепи и прилегающая южная тайга	5-10	2,5-5	1-2
средняя		10-15	5-10	2-3
повышенная		15-20	10-15	3-4,5
высокая		20-25	15-20	4,5-6
очень высокая		25-30	20-25	6-8
*		30-35	25-30	8-10
*		>35	>30	>10

\* – для овощных культур.

*Приложение 6*

**Градации обеспеченности почв подвижным калием**

Класс и степень обеспеченности	K2O, мг/100 г почвы		
	По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину
очень низкая	<5	<5	<10
низкая	5-10	5-7	10-20
средняя	10-15	7-9	20-30
повышенная	15-20	9-11	30-40
высокая	20-30	11-15	40-60
очень высокая	30-40	15-20	60-80
	40-50	20-25	80-100
	>50	>25	>100

*Приложение 7*

**Критерии оценки поглотительной способности почв  
по величине ЕКО**

Уровень поглотительной способности	Емкость катионного обмена, ммоль /100 г почвы
Низкий	< 10
Средний	10–20
Высокий	20–40
Очень высокий	> 40

*Приложение 8*

**Уровни кислотности и щелочности почв**

$pH_{H_2O}$	$pH_{KCl}$	Оценка
<5,0	<4,0	Очень сильнокислая
5,1–5,5	4,1–4,5	Сильнокислая
5,6–6,0	4,6–5,0	Среднекислая
6,1–6,5	5,1–5,5	Слабокислая
6,6–7,3	5,6–6,0	Нейтральная
7,4–7,9	>6,0	Слабощелочная
8,0–8,5	—	Среднешелочная
8,6–9,0	—	Сильнощелочная
>9,0	—	Очень сильнощелочная

*Приложение 9*

**Степень нуждаемости почв в известковании  
по величине степени насыщенности основаниями, V, %**

Степень насыщенности почв основаниями V, %	Нуждаемость в известковании
< 50	Сильно нуждаются
55–70	Средне нуждаемые
70–80	Слабо нуждаемые
> 80	Не нуждаются

*Приложение 10*

**Степень нуждаемости почв в известковании по величине рН**

pH <sub>KCl</sub>	Нуждаемость в известковании
> 5,5	Не нуждаются в известковании
5,5–5,0	Слабо нуждаются
5,0–4,5	Средне нуждаются
< 4,5	Сильно нуждаются в известковании

*Приложение 11*

**Определение степени солонцеватости почв**

Степень солонцеватости	% Na от ЕКО
Несолонцеватые	< 5
Слабосолонцеватые	5–10
Солонцеватые	10–20
Солонцы	> 20

*Приложение 12*

**Определение степени карбонатности почв по содержанию CaCO<sub>3</sub>**

Степень карбонатности	Содержание CaCO <sub>3</sub> , %
Бескарбонатные (выщелоченные)	Нет
Слабо карбонатные	Менее 1,0
Мало карбонатные	1,0–3,0
Средне карбонатные	3,0–8,0
Сильно карбонатные	8,0–20,0

*Приложение 13*

**Оценка плотности сложения суглинистых и глинистых почв  
[Качинский, 1965]**

Плотность, г/см <sup>3</sup>	Оценка
< 1,0	Почва вспущена или богата органическим веществом
1,0–1,2	Типичные величины для свежевспаханной пашни
1,2–1,3	Пашня уплотнена
1,3–1,4	Пашня сильно уплотнена
1,4–1,6	Типичные величины для подпахотных горизонтов различных почв (кроме черноземов)
1,6–1,8	Сильно уплотненные иллювиальные горизонты почв

*Приложение 14*

**Оценка пористости суглинистых и глинистых почв  
[Качинский, 1965]**

Общая пористость, %	Качественная оценка пористости
> 70	Почва вспущена – избыточно пористая
70–55	Культурный пахотный слой – отличная
55–50	Хорошая, характерная для окультуренных почв
50–45	удовлетворительная характерная для освоенных почв
45–40	Неудовлетворительная для пахотного слоя
40–35	Чрезмерно низкая, характерна для иллювиальных и уплотненных подпахотных горизонтов

*Приложение 15*

**Шкала оценки структурного состояния почвы  
[Долгов С.И., Бахтин П.У., 1966]**

Содержание агрегатов 0,25-10 мм, % к массе		Оценка структурного состояния
Водопрочных	Воздушно-сухих	
> 80	> 70	Отличное
80–60	70–75	Хорошее
60–40	55–40	Удовлетворительное
40–20	40–20	Неудовлетворительное
< 20	< 20	Плохое

*Приложение 16*

**Оценка сложения пахотного слоя по С.И. Долгову**

Содержание воздуха, %	Качественная оценка пористости
> 25	Очень рыхлое
25–20	Рыхлое
20–15	Нормальное
15–10	Плотное
< 10	Очень плотное

# АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ

*Учебное пособие*

***Белоусов Александр Анатольевич***

*Редактор*  
О.Ю. Кухарева

*Электронное издание*

Подписано в свет 15.12.2025. Регистрационный номер 155

Редакционно-издательская служба Красноярского государственного аграрного университета  
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117  
e-mail: [rio@kgau.ru](mailto:rio@kgau.ru)