

631  
М91

Б. А. Мустафаев, Э. Е. Какежанова, Н. Б. Мустафаева

# ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ



**ЖЕРЕНУ**  
БАСПАСЫ

Павлодар

631  
M91

Министерство образования и науки Республики Казахстан

Павлодарский государственный университет  
им. С. Торайгырова

Б. А. Мустафаев, З. Е. Какежанова,  
Н. Б. Мустафаева

# **ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Учебное пособие

Павлодар  
Кереку  
2014

УДК 631/ 635(075.8)

ББК 41.4я73

М91

**Рекомендовано к изданию Учёным советом  
Павлодарского государственного университета  
им. С. Торайгырова**

**Рецензенты:**

К. У. Базарбеков – д-р биолог. наук, проф. кафедры общей биологии Павлодарского государственного педагогического института;

У. Х. Альмишев – д-р с.-х наук, проф.;

Б. Р. Ирмулатов – канд. с.-х наук, доцент генеральный директор ТОО «Павлодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

**Мустафаев Б. А., Какежанова З. Е., Мустафаева Н. Б.**

М91 Основы земледелия : учебное пособие / Б. А. Мустафаев и др. – Павлодар : Кереку, 2014. – 207 с.

ISBN 978-601-238-425-3

В учебном пособии рассматриваются полевые и лабораторные методы изучения наиболее важных физико-механических, гидрологических и агрохимических свойств почвы и обосновываются научно-практические значения и их определения, методы оценки. Подробно излагаются научные основы борьбы с сорняками, понятие о сорных растениях, вред причиняемый сорняками, планирование защитных мероприятий и картирования засоренности почвы и посевов. Учебное пособие для научных работников, занимающихся разработкой научных основ земледелия, специалистов, обучающихся в сельскохозяйственных вузах.

684/785

УДК 631/ 635(075.8)

ББК 41.4я73

ISBN 978-601-238-425-3

© Мустафаев Б. А. и др., 2014

© ПГУ им. С. Торайгырова, 2014

За достоверность материалов, грамматические и орфографические ошибки ответственность несут авторы и составители

## Введение

К настоящему времени учеными-аграриями разработаны и предложены производству системы земледелия для основных природно-экономических зон Республики Казахстан, научно обоснованные севообороты, эффективные методы обработки почвы, рационального использования удобрений, мелиорации, борьбы с эрозией почв, комплексного применения средств защиты сельскохозяйственных культур от сорняков, вредителей и болезней, рекомендованы для использования в хозяйствах сорта и гибриды зерновых и других культур, их семеноводство. Все это позволяет, при освоении рекомендации, получать достаточно высокие и устойчивые по годам урожайности продовольственных, технических и кормовых культур. Повышение эффективности сельского хозяйства Казахстана в ближайшие годы и в перспективе определяются практической реализацией научно-технических достижений коллективными и фермерскими хозяйствами, неразрывно связаны развитием науки.

Агрономия из описательной науки превращается в науку точных расчетов, моделей и нормативов с использованием компьютерной техники. В этой связи совершенствование форм и методов профессиональной ориентации студентов к практическому выполнению основных агрономических параметров, определяющих эффективность научных рекомендаций, имеют в настоящее время большое значение.

Курс «Основы земледелия» в агрономических и фермерских факультетах должен вооружить будущих специалистов необходимыми сельскохозяйственными знаниями, формировать у них научно-практические умения и навыки, необходимые для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия с учетом конкретных природных и хозяйственных условий: допустимых порогов антропогенной нагрузки в агробиоценозах.

Практикум по основам земледелия составлен в соответствии с программой, утвержденной Министерством образования и науки РК. Он предназначен для магистрантов и студентов агрономических, фермерских, зоотехнических и лесохозяйственных факультетов сельскохозяйственных вузов и Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова. Этим пособием могут пользоваться студенты биологических, химико-биологических, географо-биологических факультетов педагогических вузов.

Пособие охватывает основные виды лабораторно-практических занятий и полевой учебной практики. Оно включает три раздела. В

первом разделе «Основы земледелия» подробно изложены лабораторные и полевые методы исследования важных гидрологических, температурных, воздушных и светолучевых свойств. Даны научные и практические значения применения их результатов.

Во втором разделе «Основы агрохимии» изложены агрохимические факторы плодородия почвы и приемы управления минеральным питанием растений и поглотительной способности почв и составление агрохимических картограмм.

В третьем разделе «Основы системы земледелия» рассматриваются вопросы проектирования систем земледелия, направленных на эффективное использование земли, агрохимических ресурсов, биологического потенциала растений, на повышение плодородия почвы с целью получения устойчивых урожаев в соответствии почвенно-климатических возможностей района или зоны их возделывания.

## **1 Основы земледелия**

### **1.1 Понятие о почве и ее плодородии**

Земледелие как отрасль хозяйственной деятельности человека, связанная с выращиванием культурных растений, возникла около 12–14 тысячелетий назад, когда человек стал переходить от собирательства и охоты к оседлому образу жизни. С этого периода в процессе физиологического и производственного приобщения к почве человек все полнее и глубже осознавал возрастающую зависимость существования человеческого рода от состояния почвы. И хотя эмпирическое и практические попытки познания человеком проистекают из глубокой древности, однако начало глубокому научному изучению почв и их происхождению было положено в России работами В. В. Докучаева (1846 – 1903 гг.). Впоследствии эти исследования были развиты и дополнены трудами как наших (К. Д. Глинка, Г. Н. Высоцкий, В. Р. Вильямс, С. П. Кравков, С. С. Неуструев, Б. Б. Полынов, Д. Г. Виленский, И. В. Тюрин и др.), так и зарубежных ученых (К. Ф. Марбут, Д. Камбелл, Д. Демолон, А. Джоел др.).

Выращивание различных сельскохозяйственных растений с целью получения продуктов питания, кормов и сырья для промышленности (пищевой, текстильной и т.п.) непрерывно связано с почвой.

По В. В. Докучаеву «почвой следует называть «дневные», или наружные горизонты горных пород (все равно каких), естественно измененные совместным воздействием воды, воздуха и различного рода организмов». Этим он подчеркивал генетическую особенность почвы как специфического природного тела.

Академик В. Р. Вильямс конкретизировал это определение и под почвой понимал «рыхлый поверхностный горизонт суши земного шара, способный производить урожай растений». Этим он подчеркивал не только важнейшее качественное свойство почвы, но и неразрывную взаимообусловленность, и взаимосвязанность понятия о почве.

Почва образуется в результате длительного процесса разрушения, вышедших на дневную поверхность массивных горных пород и последующего качественного изменения продуктов их разрушения. При этом формирование и развитие почв обусловлено двумя практически одновременно протекающими и тесно перекликающимися между собой процессами – выветриванием и почвообразованием.

Первоначальное разрушение горных пород называют физическим или механическим, выветриванием. Оно происходит в результате сильного нагревания породы солнечными лучами в дневные часы и резкого охлаждения ночью. В породе образуются многочисленные трещины, которые со временем расширяются и углубляются, чему способствует еще и проникающая в них и замерзающая там вода. Вследствие этого массивные горные породы дробятся на различные по форме и величине обломки, которые называют рыхляком.

В сравнении с массивной горной породой рыхляк, ввиду рыхлого сложения и наличия многочисленных пор, легко пропускает через себя воду и воздух. Содержащиеся в них кислород и углекислый газ взаимодействуют с рыхляковой породой, растворяют ее минералы, образовавшиеся новые соединения (вторичные минералы) вымываются растворяющей их водой. В результате этого процесса, называемого химическим выветриванием, изменяется химический состав рыхляка, он становится однороднее и все более обогащается глинистыми и илистыми частицами. На такой качественно измененной рыхляковой породе складываются благоприятные условия для поселения бактерий, водорослей, лишайников и других живых организмов. Вследствие их жизнедеятельности продолжается дальнейшее механическое разрушение и химическое изменение рыхляка, называемое биологическое выветривание. Периодическое отмирание этих организмов сопровождается обогащением верхнего горизонта органическим веществом и биологически важными элементами минерального питания. Это создает условия для поселения высших зеленых растений и активизации жизнедеятельности почвообитающих животных (клещи, нематоды, мокрицы, многоножки, личинки насекомых, дождевые черви и т.д.), что характеризует собой начало почвообразовательного процесса. Образовавшаяся вследствие физического, химического и биологического выветривания рыхлая, пористая, сравнительно однородная по размеру слагающих ее частиц, способная пропускать и удерживать в себе влагу и воздух рыхляковая масса называется материнской породой.

Значение живых организмов в преобразовании материнской породы в почву велика, поскольку в основе почвообразовательного процесса лежит биологический круговорот веществ. Эти живые организмы представлены группами: высшие зеленые растения, низшие растения и почвообитающие животные.

Высшим зеленым растениям (деревья, кустарники, полукустарники, травянистые растения, мхи) принадлежит ведущая

роль в почвообразовании. Только они способны в больших размерах синтезировать органическое вещество и с окончанием вегетационного периода накапливать его в виде отмерших корней и опадающих надземных органов в верхних слоях материнской породы. Вместе с органическим веществом растений и другими отмершими разнообразными организмами в поверхностные слои породы поступают и концентрируются элементы минеральной пищи, извлеченные корневой системой растений из глубоких слоев материнской породы. При разложении органического вещества с помощью гетеротрофных и аэробных бактерий, грибов, актиномицетов в формирующейся почве образуются и постепенно накапливаются гумусовые вещества, которые существенно изменяют физические, химические, поглотительные и другие свойства почвы. Одновременно в процессе минерализации из органического вещества высвобождаются и накапливаются зольные элементы питания растений и минеральные формы азота. В таком виде они повторно используются последующими поколениями растений, после отмирания, которых почва, таким образом, ежегодно последовательно и в нарастающем объеме обогащается вновь образующимся гумусом и дополнительно вовлеченными элементами минерального питания.

Таким образом, при формировании почвы протекают два прямо противоположных процесса – синтез органического вещества и его разложение, из которых первый превалирует над вторым. Такой непрерывно протекающий между зелеными растениями, сопутствующими живыми организмами материнской породой циклический обмен биологически важными элементами академик В. Р. Вильямс назвал малым биологическим круговоротом веществ. Но поскольку этот круговорот веществ замкнут, а синтез органического вещества преобладает над разложением этого вещества, то формирующая почва приобретает особое свойство – плодородие.

Помимо высших зеленых растений, в почвообразовательном процессе существенная роль принадлежит и низшим растениям. Так, различные бактерии, актиномицеты, водоросли, лишайники первыми поселяются на горной породе и способствуют возникновению начальных этапов биологического выветривания и начальных стадий почвообразовательного процесса.

Бактерии представлены преимущественно одноклеточными организмами. По способу питания их подразделяют на автотрофные и гетеротрофные. Автотрофные бактерии (нитрифицирующие, серобактерии, железобактерии и др.) способны сами создавать



органическое вещество, усваивая углерод углекислого газа или с помощью химической энергии, высвобождающейся при окислении других веществ (хемосинтез), или с помощью солнечной энергии (фотосинтез). Гетеротрофные бактерии (аммонифицирующие, денитрифицирующие, целлюлозоразлагающие и др.) способны усваивать углерод только из готовых органических веществ. Они принимают активное участие в минерализации отмерших растений и животных, разлагая органическое вещество их тел до простых соединений. В процессе жизнедеятельности некоторые группы бактерий выделяют витамины, ферменты, антибиотические вещества, органические кислоты и другие соединения. Эти вещества благоприятствуют усвоению элементов минерального питания из почвы растениями и активизируют в них процессы метаболизма.

Большое значение принадлежит группе азотфиксирующих бактерий. Они усваивают свободный азот воздуха и аккумулируют его в своих телах в форме сложных белковых соединений. В процессе разложения отмерших тел этих бактерий азот белков минерализуется до простых соединений, в форме которых легко усваивается зелеными растениями. В течение года бактерии способны ассимилировать при отмирании оставлять в почве в расчете на гектар несколько десятков килограмм азота в органических соединениях, получившего название биологического.

Таким образом, почва является природным, рыхлым и динамичным по состоянию телом, сформировавшимся в результате естественноисторических, протекающих в поверхностных горизонтах земной коры.

Почва обладает важнейшим свойством — плодородием и характеризуется уникальностью свойств живого и неживого природного тела. Входя в состав биосферы земли, почва накапливает биологически важные минеральные вещества, преимущественно гумуса, обеспечивает равновесное течение круговорота веществ и энергии в природе, удерживает воду, воздух и тепло. Благодаря этим и ряду других процессов формируется и развивается плодородие почвы, под которым в земледелии понимают «совокупность свойств почвы, обеспечивающих необходимые условия для жизни растений». Тем самым, почва становится природной средой обитания для многих растительных и животных организмов и естественной основой для сельскохозяйственного производства.

Вовлекаемая в сельскохозяйственную обработку почва становится для человека основным важнейшим средством производства. В сравнении с такими оборотными средствами

сельскохозяйственного производства как постройки, скот, машины, орудия и т.п., которые по мере изнашивания нуждается в замене, почва не только не утрачивает своего плодородия, которое может быть существенно повышено. Следовательно, плодородие не является неизменным застывшим свойством, определяемым только природными процессами. Напротив, оно динамично и в результате использования в сельскохозяйственном производстве может изменять свое плодородие или в сторону его повышения или же понижения. Последнее особенно нежелательно и чревато усилением цепи негативных последствий: снижением продуктивности возделываемых растений и адекватным сокращением эффективности вкладываемых в производство труда и капитала, что сопровождается очередным понижением плодородия почвы.

Разнокачественность почв как целинных, находящихся под естественной растительностью, так и пахотных, подвергающихся систематической обработке, приводит к необходимости различать следующие виды ее плодородия: естественное, искусственное, потенциальное и эффективное.

Естественным, или природным плодородием обладает всякая почва, поскольку она является продуктом протекающего на данной территории процесса почвообразования в конкретных природных условиях. Это плодородие может быть высоким или низким, но оно полностью зависит только от совместного влияния на почву природных факторов. Поскольку в своем первоначальном состоянии естественное плодородие встречается только на целинных, еще не вовлеченных в сельскохозяйственный оборот землях.

Искусственное плодородие проявляется на всех земельных участках, которые затронуты хозяйственной деятельностью человека, но наиболее четко оно выражено на пахотных землях. Это объясняется тем, что почва конкретного участка при целенаправленной человеческой деятельности становится не только средством производства, но и продуктом человеческого труда. Поэтому почва любого вовлекаемого в сельскохозяйственный оборот участка не только сохраняет в себе естественное плодородие, но и приобретает под воздействием труда человека еще и искусственное плодородие. Однако расчленить и отдельно рассматривать естественное и искусственное плодородие почвы практически невозможно, хотя по всему происхождению эти виды плодородия принципиально различаются. Несмотря на тесную взаимосвязь и даже взаимозависимость, высокий уровень естественного плодородия еще не гарантирует высокое искусственное плодородие. И напротив,

низкое естественное плодородие не является тормозом в последовательном повышении искусственного плодородия почвы конкретного поля.

Потенциальное плодородие (иногда называют возможным, пассивным) является в известной мере отражением естественного плодородия целинных участков или естественного и искусственного плодородия пахотных и других сельскохозяйственных угодий. Потенциальное плодородие оценивают по содержанию в почве элементов минерального питания растений, по ее агрофизическим, агрохимическим и другим свойствам. Иначе говоря, потенциальное плодородие как бы выражает возможный уровень естественного и искусственного плодородия почвы, которые еще не реализованы в сельскохозяйственном производстве.

Под эффективным плодородием почвы понимают полноту реализации в конкретных производственных условиях потенциального плодородия почвы. Уровень эффективного плодородия оценивают по урожайности возделываемых культур или по результатам экономической деятельности хозяйства. Эффективное плодородие сильно зависит от видов выращиваемых культур, принятой для них агротехники, степени интенсификации земледелия, организационно-экономических возможностей хозяйства и т.п. Поэтому, эффективное плодородие еще называют действенным, или экономическим.

Таким образом, плодородие как важнейшее средство почвы весьма динамично и при научном рациональном ведении хозяйства может неуклонно повышаться, окупая вложенный труд возрастающей продуктивностью культурных растений.

## 1.2 Некоторые морфологические признаки почв, взятие образцов для анализа

В процессе морфологического изучения почвы описывают: строение (горизонты и их мощность), окраску (цвет), структуру, сложение, а также отмечают механический состав почвы и характер почвообразующей породы, влажность, наличие органического вещества и корней растений, глубину начала вскипания от соляной кислоты.

Под строением почвы понимают совокупность генетических горизонтов, образующих почвенный профиль. Каждый тип почв имеет свое строение и чередование горизонтов. Наиболее общая схема строения почвы была разработана В. В. Докучаевым. Он выделил в почве три основных генетических горизонта: перегнойно-

аккумулятивный (горизонт А), переходный (горизонт В), и материнская порода (горизонт С). В настоящее время в почвах выделяют следующие основные горизонты, обозначаемые начальными буквами латинского алфавита с цифровыми или буквенными индексами: А<sub>0</sub> (лесная подстилка), А<sub>d</sub> (дернина, или степной войлок), А<sub>1</sub> (гумусово-аккумулятивный), А<sub>2</sub> (эллювиальный), В (иллювиальный, переходный), С (материнская порода), D (подстилающая порода). На всех почвах, обрабатываемых механически, выделяют пахотный горизонт А<sub>пах</sub> или А<sub>п</sub>. Названные горизонты, в свою очередь, подразделяют (в случае надобности) на подгоризонты, например А', А'', А''', В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>.

Мощность генетических горизонтов разных почв неодинакова: она может колебаться от нескольких сантиметров до метра и более. Описывая почву, обычно отмечают верхнюю и нижнюю границу каждого горизонта и подгоризонта. Например, для южных черноземов можно записать: А (0–25 см), В<sub>1</sub> (25–50 см), В<sub>С</sub> (50–80 см), С (80 см и глубже); для подзолов: А<sub>0</sub> (0–5 см), А<sub>2</sub> (5–35 см), В<sub>1</sub> (35–60 см), В<sub>2</sub> (60–90 см); В<sub>С</sub> (90–120 см), С (120 см и глубже) и т.д. Такой отсчет позволяет судить не только о мощности горизонта, но и о глубине его расположения. Мощность горизонтов указывает на интенсивность почвообразовательного процесса и степень плодородия почвы. Общая мощность каждой почвы, т.е. толщина от поверхности почвы до материнской породы, также неодинакова: встречаются почвы мощностью не более 25–30 см (почвы тундры), а некоторые почвы достигают 200–300 см (некоторые черноземы).

Окраска почвы – один из важных внешних ее признаков, наиболее доступных наблюдению.

Следует отметить, что окраска горизонтов почвы зависит от степени ее увлажнения и освещения, структурного состояния. Например, одна и та же почва в сухом состоянии имеет темно-серую окраску, а во влажном – серую. В бесструктурном (распыленном) состоянии почвы кажутся светлее, чем в комковатом и зернистом. В утренние и вечерние часы почвы всегда кажутся более темными, чем в дневные часы.

Влажность почвы в поле определяют на ощупь. Можно различить следующие градации влажности почвы:

1) сухая почва – присутствие влаги рукой не ощущается (не холодит руку), при растирании пылит;

2) свежая почва не пылит, но крошится при сжимании, рука едва ощущает холодноватость, при подсыхании немного светлеет;

3) влажная почва при сжатии в руке слипается; рука ясно ощущает влагу (холодит руку), фильтровальная бумага, на которую положен комочек почвы, при сдавливании увлажняется, при подсыхании почва значительно светлеет;

4) сырая почва при сжатии смачивает руку, но вода не выдавливается между пальцами; при сжимании в руке почва сохраняет приданную ей форму;

5) мокрая почва при сжатии выделяет воду, которая просачивается между пальцами.

Если почвенный разрез достигает грунтовой воды, устанавливают ее уровень. Следует отметить, что степень увлажнения почвы и ее горизонтов зависит не только от количества в почве воды, но и от ее механического состава.

По механическому составу каждый горизонт и подгоризонт может быть песчаным, супесчаным, легкосуглинистым, средне-суглинистым, тяжелосуглинистым и глинистым.

Механические элементы почвы могут слипаться, склеиваться между собой в комки (агрегаты) различной величины и формы. Эти отдельные комочки, или агрегаты, на которые способна распадаться почва, называют ее структурой.

Профессор С. А. Захаров выделяет три основных типа структуры почвы:

кубовидная – структурные отдельности почвы равномерно развиты по трем взаимно перпендикулярным осям;

призмовидная – структурные отдельности развиты преимущественно по вертикальной оси;

плитовидная – структурные отдельности развиты преимущественно по двум горизонтальным осям и укорочены в вертикальном направлении.

Каждый из перечисленных типов в зависимости от размера, характера и граней подразделяют на более мелкие единицы.

Структура почвы, как ее морфологический признак, существенно отличается от агрономического понятия структуры почвы. С агрономической точки зрения не все почвенные комочки (агрегаты) имеют одинаковое значение. Ценными считаются только те, которые не распадаются в воде. Такие комочки называются водопрочными. Наиболее ценными считаются водопрочные комочки величиной от 1 до 3 мм.

В агрономическом понимании положительной структурой считается лишь мелкокомковатая и зернистая структура с агрегатами диаметром 0,25–10 мм, по качеству – пористая, механически

упругопрочная и водопропрочная. Следовательно, почва может быть структурной и бесструктурной.

В структурной почве хорошо сочетаются водный, воздушный и тепловой режимы, что обуславливает благоприятное направление биологических процессов, а значит, лучшую доступность питательных веществ для растений. Структурная почва обладает меньшей связностью и меньшей липкостью, поэтому она оказывает меньшее сопротивление при пахоте, а ее обработку можно производить при более высоких стадиях увлажнения.

Бесструктурные почвы плохо впитывают воду, сток ее поверхности приводит к эрозии. После дождя или полива такие почвы заплывают, сильно уплотняются, становятся тяжелыми для обработки.

Внешнее выражение плотности и пористости почвы – это ее сложение. Сложение горизонтов почвы показывает, насколько плотно прилегают друг к другу твердые частицы почвы. В зависимости от этого сложение почвы бывает:

1) очень плотное (слитое) – лопата или нож почти не входят в почву, черта от лопаты или ножа блестящая и узкая, комок почвы нельзя разломить руками;

2) плотное – лопата или нож входят в почву с трудом, при большом усилии, черта от лопаты или ножа шероховатая, комок с трудом разламывается руками;

3) плотноватое – лопата легко входит в почву, последняя свободно распадается на структурные элементы;

4) рассыпчатое – почва лишена связности, или цементация для пахотных горизонтов песчаных и супесчаных почв.

Сложение (рассыпчатое, рыхлое, плотноватое и т.п.) характеризует плотность почвы: количественно ее выражают величиной объема массы (в г/см.куб) или порозности (в %). Плотность почвы не следует смешивать с ее твердостью (сопротивление почвы вертикально приложенной силе при разрезании, расклинивании и сдавливании), которую выражают в килограммах, деленных на квадратный сантиметр. Плотность и твердость определяют специальными приборами (приборы ВИСХОМа, Н. А. Качинского, Ю. Ю. Ревякина и др.)

Плотное сложение почвы и высокая твердость препятствуют росту корней древесных и травянистых растений. Например, корни почти не идут в почву, если твердость ее составляет  $60-65 \text{ кг/см}^3$ , а объемная масса –  $1,9 \text{ г/см}^3$ . От плотности сложения почвы зависит порозность, аэрация, водопроницаемость, тяговое сопротивление сельхозмашин и т.д.

## **Задание 1 Взятие почвенных образцов в поле и подготовка их к химическому анализу**

**Материалы и оборудование:** лопата, нож, картонные коробки или бумажные пакеты, оберточная бумага, шпагат, деревянный ящик или мешок для образцов, этикетки, карандаши.

### **Ход работы:**

1) сделать почвенный разрез или использовать прежний. Зачистить стенку разреза и наметить место взятия образца в каждом генетическом горизонте и подгоризонте. На границе двух горизонтов образцы не берут. Образец вырезают в виде кирпичика длиной 10–12 см, глубиной (в стенку разреза) 7–10 см, толщиной (высотой) 5–10 см, а там, где мощность горизонта меньше 10 см, отбирают образец на полную его толщину (не захватывая 1–2 см, переходных к другим горизонтам);

2) взять почвенный образец в нижней части профиля (горизонт С), а затем из следующих, постепенно двигаясь вверх (к горизонту А). Лучше образец брать из средней, наиболее характерной части горизонта или подгоризонта. Из пахотного горизонта берут один образец на всю его мощность или послойно (0–10, 10–20, 20–30 см). При взятии образца стараются сохранить естественное сложение почвы, а если это не удастся (почвы рыхлого сложения), образец вынимают отдельными кусками из предварительно намеченного места. С помощью ножа или стамески каждый взятый образец перенести на оберточную бумагу. Примерная масса образца 1 кг;

3) заполнить этикетку. В этикетке к каждому образцу указать номер разреза, место взятия (район, хозяйство, поле), название генетического горизонта и с какой глубины взят, дату, подпись лица, взявшего образец. Записи на этикетке сделать мягким простым карандашом;

4) почву завернуть в плотную оберточную бумагу, перевязать крест-накрест шпагатом. Под шпагат положить дубликат этикетки. Образцы можно помещать и в специально заготовленные пакеты или матерчатые мешочки. В этом случае, помимо этикетки, вложенной в мешочек, на нем снаружи химическим карандашом пишут номер разреза, генетический горизонт, глубину взятия образца: например, разрез 12, В (40–60 см). Аналогичные пометки делают и в полевой дневник;

5) уложить образцы в специальный ящик или рюкзак. После возвращения с поля их следует развернуть и просушить, так как почва может заплесневеть (на солнце сушить нельзя).

Просушенные образцы пересыпать в картонные коробки, на которые наклеить этикетки с соответствующими надписями;

б) в зависимости от целей анализа берут индивидуальные (как описано выше) и смешанные почвенные образцы. Индивидуальные образцы берут в одном пункте (почвенном разрезе) и анализируют каждый в отдельности. Смешанные образцы отбирают обычно из пахотного слоя. Один такой образец может характеризовать площадь не более 10 га (при масштабе картирования 1:10000). Смешанный образец составляют из пяти (десяти) индивидуальных проб, взятых с небольшой площади (100–400 м<sup>2</sup>), типичных для всей территории, с которой отбирается образец. Точки взятия индивидуальных проб для приготовления смешанного образца размещают равномерно по участку. Каждую пробу массой 1–2 кг взять лопатой на всю мощность пахотного слоя (20–25 см), высыпать на фанеру или клеенку, тщательно перемешать и отобрать среднюю пробу (300–400 г.). На расстоянии 10–20 м от первой (центральной) прикопки взять таким же способом еще четыре пробы, располагая их крестообразно. Затем все пять (десять) проб ссыпать вместе, перемешать и отобрать смешанный образец массой около 1 кг. Заполнить для него этикетку. Пробы для составления смешанного образца должны быть близки по окраске, структуре и механическому составу, т.е. характеризовать типичный почвенный покров для данного земельного участка. Если участок имеет комплексный почвенный покров, то смешанные образцы брать нельзя. В этом случае проб должно быть столько, сколько обнаружено почвенных разностей;

7) отобранные в поле образцы в лаборатории подготовить к анализу. Для этого образец высыпать на лист плотной бумаги или фанеры, просушить до воздушно-сухого состояния, размять руками крупные комки почвы и тщательно отобрать из нее корешки, валуны, ортштейны и другие включения и новообразования (при необходимости их следует взвесить и определить процентное содержание в почве). Затем почву просеять через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Оставшуюся почву, не прошедшую через сито, измельчить в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником, просеять через сито и присоединить к просеянной ранее почве. Эту операцию проделывают до тех пор, пока на сите останется только скелет (камни, крупный песок). После этого просеянную почву (мелкозем) тщательно перемешать, ссыпать в банку с притертой пробкой или картонные коробки и использовать для отбора средних проб для каждого вида анализа;



8) для большинства анализов следует использовать образцы почвы в воздушно-сухом состоянии, для некоторых (например, для определения аммиачного азота, нитратов) – образцы почвы, только что взятые в поле без предварительного их подсушивания.

### 1.3 Механический состав почвы и ее физико-механические свойства

Минеральная часть твердой фазы почвы представлена рыхлыми продуктами выветривания горных пород. Эти рыхлые отложения состоят из отдельных частиц различной величины и формы или обломки горных пород, которые называются механическими элементами или элементарными частицами почвы. Исследуя механический гранулометрический состав почвы, элементарные частицы, близкие по размерам, объединяют в группы, или фракции. В нашей стране для характеристики почв по гранулометрическому составу широко используется классификация, предложенная профессором Качинским Н. А., где сходные по размеру гранулы объединяются в группы или фракции, среди которых выделяют: камни ( $> 3$  мм), гравий (3–1 мм), песок крупный (1,05 мм), песок средний (0,5–0,25 мм), песок мелкий (0,25–0,05 мм), пыль крупная (0,05–0,01 мм), пыль средняя (0,01–0,005 мм), пыль мелкая (0,005–0,001 мм), ил грубый (0,001–0,0005 мм), ил тонкий (0,0005–0,0001 мм) и коллоиды ( $< 0,0001$ – $< 0,1$  мк).

Почвенные частицы часто объединяют в две фракции: фракцию «физического песка» (все частицы крупнее 0,01 мм) и фракцию «физической глины» (все частицы менее 0,01 мм). Кроме того, все частицы крупнее 1 мм называют скелетной частью почвы, а меньше 1 мм – мелкозем. Необходимость в выделении подобных фракций объясняется тем, что они обладают весьма несходными свойствами, передавая эти свойства почвам. Каменистая фракция характеризуется высокой воздухо- и водопроницаемостью, практически не обладает влагоемкостью капиллярностью и связностью, не способна удерживать в себе влагу и минеральные элементы пищи. Наоборот, илистая фракция богата питательными веществами и гумусом, обладает высокой влагоемкостью и поглотительной способностью, препятствует вымыванию питательных элементов из почвы, но имеет низкую воздухо- и водопроницаемость, высокую капиллярность, связность и липкость. Особый интерес представляют механические элементы размером менее 0,0001 мм, называемые коллоидами. Дело в том, что при сильном дроблении, или диспергировании, механических элементов резко возрастает суммарная величина их удельной

поверхности. Так, если суммарная поверхность гранул песка массой в 1 г не превышает  $0,01 \text{ м}^2$ , глины –  $0,2 \text{ м}^2$ , то у коллоидов она возрастает до  $20\text{--}60 \text{ м}^2$  и более. Поэтому резко увеличивается поверхностная энергия почвенных коллоидов и их активное взаимодействие со всеми компонентами почвы, но прежде всего – поглощение веществ, находящихся в газообразном, жидком, растворенном или взвешенном состоянии. Это явление получило название поглотительной способности почвы. Особенно высокой поглотительной способностью обладают коллоиды органического происхождения.

В зависимости от соотношения частиц разных фракций выделяют почвы различного механического состава (таблица 1.1). В ней используют количественное соотношение в процентах между фракциями физического песка ( $> 0,01 \text{ мм}$ ) и физической глины ( $< 0,01 \text{ мм}$ ), общая масса которых принята за 100 %.

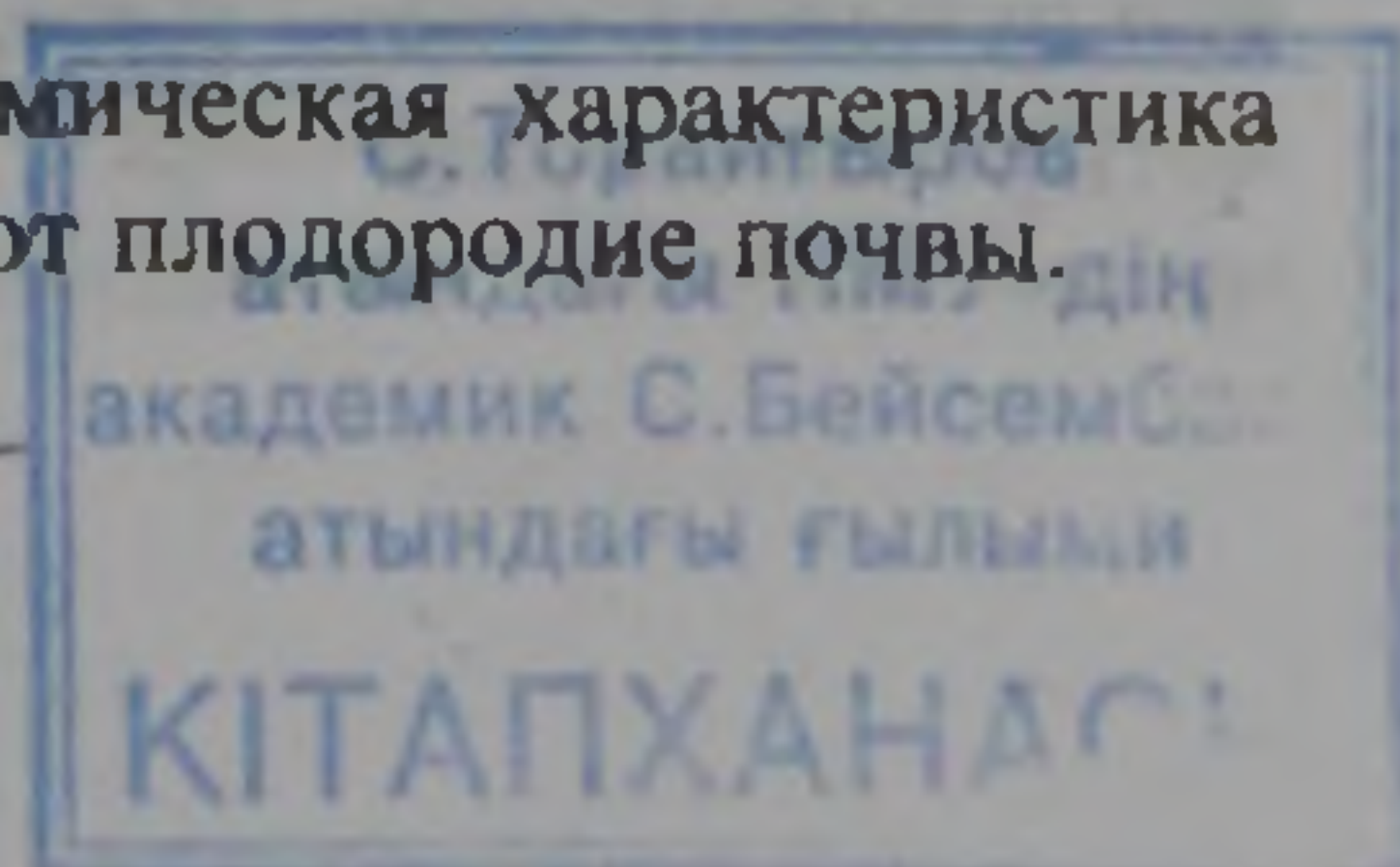
Механический состав в значительной мере определяет многие агрономические свойства. Песчаные и супесчаные почвы легко впитывают воду и много пропускают воздух, содержат мало органического вещества и поэтому плохо удерживают воду. Они легко поддаются обработке сельскохозяйственными орудиями, весной быстро прогреваются, поэтому их называют легкими или теплыми. Эти почвы имеют хороший воздушный режим, содержат незначительное количество гумуса и зольных элементов питания, поэтому на этих почвах необходимо вносить органические и минеральные удобрения.

Иными свойствами обладают глинистые почвы: они холодные, так как медленно прогреваются весной, тяжелые, потому, что трудно поддаются обработке сельскохозяйственными орудиями. Эти почвы обычно очень плотные, слитные и поэтому имеют плохой водный и воздушный режимы. Глинистые почвы содержат достаточное количество элементов питания, но из-за плохих физических свойств они часто не могут быть использованы культурными растениями. Эти почвы сильно уплотняются, оказывают большое сопротивление почвообрабатывающим орудиям, весной очень плохо прогреваются, что дало им название тяжелые или холодные.

Лучшими по механическому составу считаются суглинистые и супесчаные почвы. Они имеют более благоприятное по сравнению с песчаными и глинистыми почвами сочетание водного, воздушного и теплового режимов.

Механический состав – важная агрономическая характеристика почвы. Он в некоторой степени характеризует плодородие почвы.

684,485



От механического состава почв и содержания в них органических веществ сильно зависят почти все их физико-механические свойства почвы (связность, липкость, почвенная корка, плужная подошва, физическая спелость).

Таблица 1.1 – Классификация почв по механическому составу (по Н. А. Качинскому)

Почва	Физическая глина (частиц < 0,01 мм), %		Физический песок ( частиц < 0,01 мм), %	
	Подзолистый тип почвообразования	Степной тип почвообразования	Подзолистый тип почвообразования	Степной тип почвообразования
1	2	3	4	5
песок:				
рыхлый	0–5	0–5	100–95	100–95
связанный	5–10	5–10	95–90	95–90
супесь				
суглинок:				
легкий	20–30	20–30	80–70	80–70
средний	30–40	30–45	70–60	70–55
тяжелый	40–50	45–60	60–50	55–40
глина:				
легкая	50–65	60–75	50–35	40–25
средняя	65–80	75–85	35–20	25–15
тяжелая	> 80	> 85	< 20	< 15

Пластичность почвы – способность ее в определенном интервале влажности деформироваться без разрыва под действие внешней нагрузки и сохранять новую форму неопределенно долгое время после прекращения влияния этой нагрузки. В зависимости от содержания в почве воды пластичность изменяется в широких пределах – от нижнего предела пластичности до верхнего.

Нижний предел пластичности измеряется влажностью, при которой почва не скатывается в нить, а разрывается. Эту влажность называют влажностью границы скатывания.

Верхним пределом пластичности называется такое состояние влажности, когда почва способна растекаться. Разность влажности почвы в процентах между верхними пределами Аттерберг предложил считать числом пластичности (или коэффициентом пластичности). По числу пластичности Аттерберг классифицирует все почвы следующие четыре категории:

Класс пластичности	Число пластичности % то влажности	Пластичность почвы	Механический состав почвы
1	> 17	высокопластичные	глина
2	17-7	пластичные	суглинок
3	7-0	слабопластичные	супесь
4	0	непластичные	песок

Связность почвы – способность почвы оказывать сопротивление внешним силам, стремящимся разъединить почвенные частицы. Почвы песчаные, супесчаные или хорошо оструктуренные имеют низкую связность и их легко обрабатывать. Почвы с большим содержанием физической глины и бесструктурные обладают высокой связностью. Это препятствует развитию корней растений и затрудняет обработку почвы. Еще более возрастает связность этих почв при их иссушении.

Липкость – способность почвы прилипать к рабочим органам орудий. Сухие и структурные почвы обладают низкой липкостью. С увеличением влажности и содержанием физической глины липкость возрастает, что ухудшает качество производимой обработки почвы. Липкость начинает проявляться структурной почве при влажности 60–70 % и в бесструктурной – при 40–50 % от полной влагоемкости. Затем липкость возрастает до влажности, соответствующей нижнему пределу текучести (намного больше влажности верхнего предела пластичности), а при последующем повышении влажности липкость резко уменьшается и при переходе почвы в текучее состояние исчезает.

Липкость почвы выражается силой (массой) в граммах, которую необходимо приложить, чтобы оторвать прилипшую к поверхности почвы стальную пластинку, и измеряется в г/см<sup>2</sup>.

Почвенная корка – слитый плитообразный поверхностный слой почвы толщиной до 3–5 см. Она образуется на бесструктурных глинистых почвах при обильном увлажнении (ливневые осадки и т.д.) и при последующем быстром высыхании. Почвенная корка снижает полевую всхожесть высеянных семян, затрудняет появление всходов, ослабляет газообмен и повышает физическое непродуктивное испарение влаги почвы.

Плужная подошва образуется непосредственно под пахотным слоем на почвах богатыми илистыми частицами при ежегодной вспашке их на одну глубину. Нижняя часть корпуса плуга (лемех) при неправильном регулировании плуга на глубину, растирает и уплотняет слой почвы, который еще обогащается вымываемыми

коллоидами. Плужная подошва препятствует проникновению корней растений и воздуха в под подошвенный пахотный слой почвы, ослабляет аэробные процессы и при застаивании воды вызывает гибель растений. По липкости Н. А. Качинский разделяет почвы на следующие группы

$>15 \text{ г/см}^2$	предельно вязкие
$5-15 \text{ г/см}^2$	сильновязкие
$2-4 \text{ г/см}^2$	средневязкие
$0,5-1,5 \text{ г/см}^2$	слабовязкие
$0,1-0,4 \text{ г/см}^2$	рассыпчатые

Физическая спелость – такое состояние почвы, при котором она, обладая наименьшей связностью и липкостью, оказывает минимальное сопротивление механическому воздействию и хорошо крошится. Многие почвы такого состояния достигают при влажности 40–60 % от полной влагоемкости. На почвах глинистых и богатых гумусом физическая спелость наступает при узком интервале влажности 50–60 % от полной влагоемкости. Почвы легкие по гранулометрическому составу сохраняют состояние физической спелости в более широком интервале влажности 20–80 % от полной влагоемкости.

В производственных условиях состояние физической спелости почвы можно определить органолептически двумя способами. При первом способе – метод свободного падения – берут у ноги горсть почвы и сжимают ее в комок, а затем от уровня пояса его отпускают в свободной падение, наблюдая за последующим изменением его формы. При втором способе – метод первой борозды – трактор с навесным плугом делает короткую борозду при скорости 4–5 км/ч, состояние которой и оценивают на глаз (визуально). При этом наиболее предпочтительным из описанных является первый способ, не требующий какого-либо оборудования или техники.

### **Задание 1 Определение механического состава почвы в поле (без приборов)**

Для определения механического состава почвы в поле часто используют сухой метод: берут комочек почвы величиной с горошину, раздавливают его ногтем на ладони и втирают в кожу. Чем зерно более угловато, жестко, прочно и чем большая часть его после полного раздавливания втирается в кожу, тем почва тяжелее по механическому составу.

Глинистые почвы в сухом состоянии растираются на ладони с большим трудом, а после растирания дают тонкий, однородный порошок. В суглинистых почвах среди преобладающих глинистых частиц ощущается наличие незначительного количества песчаных, а в супесчаных почвах преобладают песчаные частицы с небольшой примесью глинистых. Песчаные почвы состоят почти полностью из зерен песка, почвенная масса сыпуча, бесструктурна.

Достаточно прост и мокрый метод определения механического состава (метод раскатывания шнура): почву смачивают и разминают пальцами до консистенции теста, т.е. до влажности, приблизительно соответствующей нижней границе текучести по Аттербергу (в таком состоянии вода из почвы не отжимается, но почва поблескивает от воды и мажется Н. А. Качинский 1965). Хорошо размятую почву раскатывают на ладони в шнур толщиной около 3 мм и сворачивают в колечко диаметром около 3 см. Вид этого шнура и будет показателем механического состава почвы (песок, супесь, легкий суглинок, средний суглинок, тяжелый суглинок и глина).

Результаты определений механического состава почвы, сделанные в поле, уточняют при помощи специального лабораторного анализа.

Существует несколько упрощенных лабораторных методов определения механического состава почвы, например метод М. М. Филатова. Он доступен для определения механического состава почвы в школьной лаборатории и дает достаточно высокую точность.

## **Задание 2 Определение механического состава почвы в лабораторных условиях методом М. М. Филатова**

**Материалы и оборудование:** мерные цилиндры на 50 и 100 мл, пипетки на 5 и 30 мл, 1 н. Раствор  $\text{CaCl}_2$ , почвенные образцы, просеянные через сито с ячейками 1 мм, стеклянные палочки, вода.

**Ход работы .** Определение содержания глины в почве:

1) в мерный цилиндр вместимостью 50 мл насыпать почву, предварительно просеянную через сито, чтобы при легком уплотнении (путем постукивания цилиндра о стол) она заняла объем 5 мл (см куб);

2) в цилиндр прилить 30 мл воды и 5 мл 1 н. раствора хлористого кальция (для коагуляции частиц);

3) всю помещенную в цилиндр массу тщательно размешать стеклянной палочкой и прилить воды до метки 50 мл;

4) дать жидкости отстояться в течение 30 мин;

5) определить увеличение объема почвы в пересчете на  $1 \text{ см}^3$  первоначального объема (величину измеренного прироста разделить на 5);

6) определить процентное содержание глины в почве (по приросту ее объема), пользуясь таблицей 1.2.

Полученные данные записать в рабочую тетрадь по форме, приведенной в конце текста задания 1.2 пункт 7.

Таблица 1.2 – Определение механического состава почвы (по соотношению песка на каждую часть глины)

Прирост (увеличение) объема почвы в пересчете на $1 \text{ см куб}$	Глина, %	Прирост (увеличение) объема почвы в пересчете на $1 \text{ см куб}$	Глина, %	Прирост (увеличение) объема почвы в пересчете на $1 \text{ см куб}$	Глина, %	Прирост (увеличение) объема почвы в пересчете на $1 \text{ см куб}$	Глина, %
4,00	90,70	2,75	62,86	1,75	39,63	0,50	11,33
3,75	85,08	2,50	56,67	1,50	34,00	0,25	5,66
3,50	79,36	2,25	51,01	1,25	29,34	0,12	2,72
3,25	73,67	2,00	45,35	1,00	22,67	0,06	1,35
3,00	67,01			0,75	17,00		

Определение содержания песка в почве:

1) в мерный цилиндр вместимостью 100 мл насыпать той же почвы, в которой определялось содержание глины, и уплотнить до объема  $10 \text{ мл}$  ( $\text{см}^3$ );

2) прилить воды до метки 100 мл и хорошо размешать стеклянной палочкой;

3) дать жидкости отстояться в течение 90 с;

4) слить мутную воду и снова в оставшийся осадок долить воды до метки 100 мл, хорошо размешать, дать отстояться 90 с и снова слить мутную воду. И так повторять до тех пор, пока вода после отстаивания не будет совершенно прозрачной;

5) измерить объем оставшегося в цилиндре песка, принимая каждый миллиметр ( $\text{см}^3$ ) осевшей почвы за 10 % песка;

6) определить механический состав почвы, пользуясь таблицей 1.3;

Таблица 1.3 – Определение механического состава почвы (по соотношению песка на каждую часть глины)

Песок, часть	Разновидность почвы
1-2	Глинистая
3	
5-6	Суглинистая { тяжелая средняя легкая
7-10	
более 10	
	супесчаная
	песчаная

7) полученные данные записать в рабочую тетрадь по следующей форме

№ образца	Объем почвы, взятой для определения	Объем почвы в цилиндре через 30 мин.	Прирост объема почвы	Глина, %	Объем почвы, взятой для определения	Объем почвы после отмывания	Песок, %	Соотношение глины и песка	Механический состав почвы

### Задание 3 Определение механического состава почвы методом отмучивания

**Материалы и оборудование.** Образцы заранее прокаленной почвы, технические весы с разновесами, пробирки, фарфоровые чашки, эксикатор, щипцы, сушильный шкаф.

Определение механического состава почвы методом отмучивания основано на разделении песка и глины в воде вследствие различных скоростей падения механических элементов: крупные частицы в воде оседают значительно быстрее мелких.

#### Ход работы:

- 1) взвесить 10 г почвы;
- 2) перенести почву в пробирку (пробирка должна быть достаточно широкой, чтобы почва занимала не более  $\frac{1}{4}$  ее объема);
- 3) долить в пробирку воды настолько, чтобы она вместе с почвой заняла объем  $\frac{3}{4}$  пробирки (для удобства взбалтывания), и хорошо взболтать;
- 4) поставить пробирку в штатив и дать отстояться в течение 3 мин. (за это время крупные частицы песка осядут на дно пробирки, а



мелкие глинистые частицы останутся в воде во взвешенном состоянии);

5) слить воду со взвешенными в ней глинистыми частицами;

6) вторично заполнить пробирку водой, взболтать содержимое, дать отстояться в течение 3 мин и вновь слить глинистую часть почвы. Этот прием повторить несколько раз, пока вода в пробирке не станет прозрачной;

7) перенести (с помощью воды) находящуюся в пробирке песчаную фракцию в предварительно взвешенную фарфоровую чашку и дать отстояться в течение 3 мин и вновь слить глинистую часть почвы. Этот прием повторить несколько раз, пока вода в пробирке не станет прозрачной;

8) после отстаивания воду из чашки осторожно слить, а остаток ее, связанный с песком, удалить высушиванием в сушильном шкафу при температуре 60–80 °С в течение 10–15 мин;

9) охладить чашку с сухим песком в эксикаторе и взвесить;

10) определить массу глины в пробе (из массы чашки с сухим песком вычесть полученную массу чашки);

11) определить массу глины в пробе (из массы образца почвы 10 г вычесть полученную массу песка в пробе);

12) вычислить процентное содержание физической глины и физического песка в исследуемой почве;

13) пользуясь шкалой Н. А. Качинского определить разновидность почвы по механическому составу;

14) полученные данные записать в рабочую тетрадь по следующей форме

Место взятия образца	Масса, г					Глина, %	Песок, %	Разновидность почвы
	навески	фарфоровой чашки	чашки с песком	песка в пробе	глины в пробе			

#### Задание 4 Определение пластичности и липкости почвы

**Приборы и оборудование.** Ступка с пестиком с резиновым наконечником, сито с диаметром отверстий 1 мм, V-образный шпатель, ВТК-500, сушильный шкаф, щипцы пипетки, пипетки, алюминиевые чашки, прибор А. М. Васильева, прибор Н. А. Качинского, фильтровальная бумага, плитка К. Н. Чижовой, полотенце.

Величину пластичности измеряют числом пластичности, которое представляет собой разность между влажностью почвы при верхнем и нижнем пределах пластичности. Липкость – это способность почвы прилипать к соприкасающимся с ней предметам. Они обе зависят от механического состава, структуры и влажности почвы и оказывают заметное влияние на качество выполнения полевых работ. Поэтому для более четкого представления сущности изучаемых явлений, их взаимосвязи пластичность и липкость почвы целесообразно определять в комплексе, одновременно на нескольких образцах почвы. В этом случае почву готовят к анализу для определения липкости почвы, но при каждом значении влажности почвы дополнительно определяют следующие показатели.

**Ход работы:**

1) нижний предел пластичности. Для этого из почвы скатывают шарик диаметром 1 см, помещают его в стекло или восковую бумагу и осторожно, без нажима раскатывают в шнур диаметром 3 мм. Влажность нижнего предела пластичности определяют как среднее арифметическое из двух значений влажности – когда шнур распадается на кусочки размером 8–10 мм и когда шнур образуется.

2) верхний предел пластичности. Почву помещают в алюминиевый стаканчик (от прибора А. М. Васильева), поверхность ее выравнивают и опускают на балансирный конус А. М. Васильева. Влажность почвы, при которой конус погружается точно на 10 мм (до риски), соответствует верхнему пределу пластичности.

Записи при определении верхнего и нижнего пределов пластичности ведут по следующей форме

Название почва или изучаемого варианта	Слой почвы	Влажность верхней границы пластичности, %	Влажность нижней границы пластичности, %	Число пластичности, %

После определения пределов пластичности почву переносят в фарфоровую чашку, тщательно перемешивают и определяют липкость на приборе Н. А. Качинского.

Записи при определении липкости почвы ведут по следующей форме. Дата ..... Площадь диска  $S = \pi D^2 : 4 = \dots\dots \text{см}^2$ .

Показатели	Название почвы или изучаемого варианта	Влажность почвы, %				
		0,1–0,4	0,5–1,5	2–4	5–15	18
Масса песка (г) при отрыве диска от почвы						
Липкость почвы изучаемых вариантов, г/см <sup>2</sup>						

По Н. А. Качинскому оптимальная влажность почвы для ее обработки на 2–3 % меньше начала прилипают почвы к металлу.

По полученным данным строят график, откладывая по оси абсцисс значения влажности почвы, а по оси ординат – липкость почвы (в т/см<sup>2</sup>). Пределы пластичности показывают на графике вертикальными линиями, соответствующими влажности нижнего и верхнего пределов пластичности.

#### Задание 5 Определение влажности структурообразования почвы методом Д. Г. Виленского

**Приборы и оборудование.** Набор сит диаметром и отверстиями 7; 5; 3; 1; 0,5; 0,25 мм, фарфоровые чашки, ВТК-500, плитка К. Н. Чижовой, водяная или песчаная баня, полотенце.

Влажность почвы, при которой образуется наибольшее количество агрономически ценных агрегатов (0,25–7мм), соответствует влажности структурообразования.

**Ход определения.** Для определения влажности структурообразования берут несколько навесок (25–100 г) воздушно-сухой, пропущенной через сито с отверстиями 0,25 мм почвы и помещают их в фарфоровые чашки. В чашки доливают возрастающее количество воды для получения различной степени увлажнения почвы и энергично перемешивают ее с водой до тех пор, пока прекратится образование агрегатов. После этого почву доводят до воздушно-сухого состояния и просеивают (отдельно из каждой чашки) через сито диаметром отверстий 7; 5; 3; 1; 0,5; 0,25 мм. Остаток на каждой сите взвешивают и по полученным данным рассчитывают показатель структурообразования (К), который представляет собой отношение массы фракций от 0,25 до 7 мм (С) к суммарной массе агрегатов крупнее 7 мм и меньше 0,25 мм (Б).

$$K = C / B$$

Записи при определении влажности структурообразования ведут по следующей форме

Название	№ чашки	Заданная влажность, %	Образовалось агрегатов размером, (мм)							Показатель структурообразования
			> 7	7-5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25	

Для анализа берут 50 г воздушно-сухой почвы и добавляют воды для достижения определенной влажности (18, 22, 26, 30, 34 %). Полученные данные представляют графически, откладывая по оси абсцисс значение влажности почвы, а по оси ординат – показатель структурообразования. С целью выбора и рекомендации, оптимальных для механической обработки условий увлажнения почвы. Целесообразно результаты анализов липкости, пластичности и влажности структурообразования почвы представлять на одном графике.

### Контрольные вопросы

1. Какие свойства почвы относят к физико-механическим?
2. Что такое липкость почвы и как ее определить?
3. От чего зависит липкость почвы?
4. Какие агротехнические мероприятия применяют для снижения липкости почвы?
5. Как изменяются липкость почвы в зависимости от скорости ее обработки?
6. Что понимают под нижним и верхним пределами пластичности почвы и как их определить?
7. Что такое физическая спелость почвы и как ее определить?
8. Как влияют физико-механические свойства на качество обработки почвы?
9. Какие мероприятия применяют для улучшения физико-механических свойств почвы?

10. Для чего необходимо знать пластичность почвы?
11. Как подразделяются почвы по числу пластичности почвы?
12. От каких параметров зависит пластичность почвы?
13. Как определяется нижний и верхний предел пластичности?
14. Что показывает число пластичности?
15. Что такое влажность структурообразования?

#### 1.4 Структура почвы

В почве механические частицы (гранулы) или разобщены и не связаны друг с другом (раздельно-частичное, пылеватое состояние), или же агрегированы и склеены в комочки (структуры). То есть, в естественных условиях механические элементы почвы связаны между собой в комочки, или агрегаты различной величины и формы, качества агрегированные с помощью органических и минеральных коллоидов, различных солей и т.д. Следовательно, структурой почвы называют совокупность агрегатов (комочков) различной величины, формы и качества, на которые может объединяться почва. А способность почвы распадаться на такие агрегаты называют структурностью. Относительное (в процентах) содержание в почве агрегатов (структурных отдельностей) различной величины и формы называется агрегатным составом почвы.

По размеру агрегатов структура почвы классифицируется следующим образом:

Глыбистая структура – комочки более 10 мм;

Макроструктура – комочки от 10 мм до 0,25 мм;

Микроструктура грубая – частицы 0,25 мм до 0,01 мм;

Микроструктура тонкая – частицы меньше 0,01 мм. В агрономическом отношении наиболее ценными являются зернистые мелкокамковатые структурные агрегаты, не распадающиеся в воде (водопрочность) выдерживающие механическое воздействие, обладающее высокой (> 55–60 %) межагрегатной некапиллярной и внутриагрегатной пористостью и размерам по диаметру от 0,25 мм до 10 мм. Ярко выраженная структура образуется на почвах, формирующихся под луговой и лугово-травянистой растительностью на материнских породах тяжелых по механическому составу (дерновые и черноземные) почвы.

При обработке структурные почвы легко крошатся, длительное время сохраняют приданное им строение и оптимальную плотность. Даже при обильных осадках их межагрегатные поры, быстро пропустив воду, сохраняют воздух, а внутриагрегатные поры удерживают себе влагу.

Это обеспечивает непрерывное снабжение корней растений кислородом, водой и элементами минерального питания, образование которых не замедляется ввиду активной жизнедеятельности аэробных микроагрегатов.

Напротив, в бесструктурных почвах, находящихся в расположении, слитном или глыбистом состоянии, вода и воздух противостоят друг другу, поскольку в ней господствуют капиллярные поры при низкой ( $< 45-40\%$ ) общей порозности.

Поэтому выпадающие осадки плохо и медленно впитываются в почву и обычно стекают по уклону. На ровных полях дождевые воды застаиваются и вызывают усиление в почве неблагоприятные для растений и ризосферных микроорганизмов анаэробных процессов, вызывая их кислородное и минеральное голодание.

В насыщенных влагой бесструктурных почвах (весной, продолжительные морозящие дожди т.п.) из-за отсутствия воздуха аэробные процессы приостановлены.

Последующее испарение сопровождается интенсивными потерями влаги ввиду подтягивания ее по бесчисленным капиллярам к самой поверхности почвы и быстрому высыханию. Почва становится плотной и слитной, с трудом поддается обработке и при этом образуются круглые и прочные комки и глыбы.

Для их измельчения применяют многократно различные орудия, которые еще сильнее распыляют и уплотняют почву. Такая резкая и быстрая смена почвенных условий весьма негативно влияет на жизнедеятельность растений и микроорганизмов.

Таким образом, неблагоприятные агрономические свойства бесструктурных почв обуславливаются преобладанием в них в разобранном распыленном состоянии пылевидных и глинистых частиц ( $< 0,01$  мм) и низкой общей порозностью ( $< 40\%$ ), которая почти полностью представлена капиллярами.

Улучшить и сохранить структурные состояние почв тяжелых по механическому составу можно совокупностью следующих приемов: посев многолетних трав из смеси бобовых и мятликовых компонентов; систематическое внесение органических удобрений (навоз, компосты, сидераты и т.д.); органическое известкование почв с повышенной кислотностью; создание благоприятных условий для активизации жизнедеятельности почвообитающих беспозвоночных животных (дождевых червей и т.п.).

## **Задание 1 Определение агрегатного состава почвы по Н. И. Савиннову**

**Материалы и оборудование.** образцы почвы, технические весы с разновесами, набор сит с диаметром ячеек 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0 и 0,25 мм, фарфоровые, алюминиевые чашки, водяная или песчаная баня, прибор И. М. Бакшеева с наборами сит, часы, полотенце.

Количество структурных отдельностей различных размеров без учета их водопрочности определяются по методу Н. И. Саввинова.

### **а) сухой рассев**

#### **Ход определения:**

- 1) взять средний образец почвы массой 500 г.;
- 2) выбрать корни, гальку и другие включения;
- 3) довести почву до воздушно-сухого состояния (растирать и просеивать нельзя);
- 4) составить колонку из сит с ячейками (сверху вниз) 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5 и 0,25 мм, имеющую на нижнем сите поддон;
- 5) просеять почву небольшими порциями (по 100 г) через колонку сит (во время отсева верхнее сито закрыто крышкой);
- 6) разобрать колонку сит, перенести оставшиеся на ситах и поддоне комочки в отдельные фарфоровые или алюминиевые чашечки;
- 7) взвесить чашечки с почвой (агрегатами) с точностью 0,1 г и вычислить процент каждой фракции по соотношению: 500 г взятой для анализа почвы – 100 %, масса каждой фракции (P) – x, следовательно  $x = P \times 100/500$ .

**б) мокрый рассев.** В методе унифицирован режим «мокрого» просеивания с помощью прибора, предложенного И. М. Бакшеевым и усовершенствованного А. Н. Киселевым и В. П. Некрасовым.

Основную часть прибора составляют два цилиндра, закрывающиеся герметически и способные с помощью электрического мотора совершать движение взад-вперед. Цилиндры смонтированы на стойке, которая укреплена на металлической подставке. В цилиндры помещают наборы сит с отверстиями диаметром 7; 5; 3; 1; 0,5 и 0,25 мм. Верхнее сито (с отверстиями 7 мм) имеет ручку, с помощью которой набор вставляют или вынимают из цилиндра. Сита в наборе монтируют с помощью отверстий в ободке и шипов. Цилиндры съемные. Внизу они имеют хоботок из небьющегося стекла с миллиметровыми делениями. Сверху цилиндр закрывают съемной крышкой с резиновой прокладкой. Крышка фиксируется зажимными болтами.

**Ход определения.** Данный метод определения макроагрегатного состава почвы при «сухом» просеивании повторяет методику Саввинова. При «мокроем» просеивании массу средней пробы уменьшают до 25 г. После отбора средней пробы цилиндры прибора вынимают и ставят на специальную стойку. Цилиндры до середины ободка верхнего сита заполняют водой. Затем на верхнее сито высыпают среднюю пробу почвы, и цилиндры закрывают крышками. В боковое отверстие горловины из промывалки доливают воду до полного удаления из цилиндров воздуха. Цилиндры помещают в прибор, продолжительность качания составляет 12 мин. После этого осторожно вынимают наборы сит и помещают их в фарфоровые чашки. Снимая поочередно сита (начинать следует с верхнего), содержащиеся на них агрегаты переносят в большие фарфоровые чашки, затем смывают на тарированные чашечки и, выпарив на водяной бане, взвешивают. Чистую массу водопрочных агрегатов той или иной фракции умножают на 4 (что следует из пропорции), и получают долю водопрочных агрегатов в процентах. Содержание частиц меньше 0,25 мм определяют вычитанием из 100 суммы водопрочных агрегатов больше 0,25 мм.

Размер фракций	«Сухое» просеивание				«Мокрое» просеивание					
	Чашки фарфоровые или коробочки		Масса чашки с агрегатами	Чистая масса агрегатом, г	Фракций в пробе, %	Чашки фарфоровые, или коробочки		Масса чашки с агрегатами после сушки, г	Чистая масса с агрегатами	Фракций в пробе, %
	номер	масса, г				номер	масса, г			

**в) определение агрегатного состава водопрочной структуры**

Благоприятное влияние на водно-физические свойства почв наряду с макроструктурой оказывает водопрочная пористая микроструктура размером 0,25–0,01 мм. Поэтому для более полного предоставления о структурном состоянии почвы необходимо определять агрегаты меньше 0,25 мм.



Сопоставление результатов микроагрегатного и механического анализов позволяет судить о степени дисперсности почвы, прочности ее микроструктуры.

**Ход определения.** Навеску 10–20 г отвешивают на аналитических весах из воздушно-сухой почвы, растертой пестиком с каучуковым наконечником и просеянной через сито с отверстиями 1 мм. Почву высыпают в бутылку на 500 мл, приливают 250 мл дистиллированной воды и оставляют на сутки. После этого бутылку, закрытую пробкой, 2 ч встряхивают на мешалке с горизонтальными толчками (200 толчков в минуту). Затем содержимое бутылки переносят через сито с отверстиями 0,25 мм в литровый цилиндр. Оставшиеся на сите агрегаты промывают водой, переносят в предварительно взвешенную чашку.

Избыток воды сливают, остаток выпаривают на водяной бане и затем высушивают в сушильном шкафу при 105 °С до постоянной массы.

Объем суспензии в цилиндре доводят дистиллированной водой до 1 л и берут из него пробы пипеткой, как при механическом анализе. Расчет фракций в процентах массы сухой почвы проводят так же, как при механическом анализе. Результаты микроагрегатного анализа записывают по форме

Название почвы	Генетический горизонт и глубина взятия образца, см	Диаметр фракций, мм, и их содержание, % от массы сухой почвы						Фактор дисперсности по Н.А Качинскому %
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	

Факторы дисперсности и структурности почвы. Выход мелких фракций, особенно ила (< 0,001 мм), при микроагрегатном анализе, выполненном без химических воздействий на почву, будет всегда меньше, чем при механическом анализе. Процентное отношение ила микроагрегатного к илу, полученному при механическом анализе, характеризует по Н. А. Качинскому степень ее распыляемости в воде или фактор дисперсности (К)

$$K = a / b \times 100 \%,$$

где  $a$  – количество ила при микроагрегатном анализе, %;

$b$  – количество ила при механическом анализе, %.

Чем выше фактор дисперсности, тем менее прочна микроструктура. Фактор дисперсности лучших черноземов не превышает 10 %, дерново-подзолистых и каштановых почв – 10–20 %, у столбчатого солонца может подниматься до 60–80 %.

А. Ф. Вадюнина предложила формулу расчета гранулометрического показателя структурности или фактора структурности ( $P$ ) по результатам только механического анализа: для гумусовых почв

$$P = 100 \times a + b/c;$$

для малогумусовых почв

$$P = 100 \times a / b + c;$$

где  $a$  – количество ила, %;

$b$  – количество мелкой пыли, %;

$c$  – количество средней и крупной пыли, %.

Фактор структурности выражает процентное отношение механических фракций, обладающих цементирующей способностью, к механическим фракциям, участвующим в структурообразовании как пассивный материал.

Чем выше фактор структурности, тем выше потенциальная способность к оструктуриванию.

### Контрольные вопросы

1. Что такое структурность и структура почвы?
2. Что такое водопропрочная структура и как ее определить?
3. Каково значение водопропрочной структуры в плодородии почвы?
4. Под действием каких факторов создается и разрушается структура почвы?
5. Какие агротехнические приемы применяют для улучшения структуры почвы?
6. Какие размеры агрегатов считаются агрономически ценными?
7. Что такое фактор дисперсности и его влияние на прочность микроструктуры?
8. Назовите фактор дисперсности лучших черноземов?
9. Назовите фактор дисперсности пахотных почв?

10. Назовите фактор дисперсности столбчатого солонца?

11. Что такое фактор структурности и его влияние на степень оструктурирования?

### 1.5 Строение пахотного слоя

Состояние и состав почвы в значительной мере зависят от соотношения и взаимодействия формирующих ее твердой, жидкой и газообразной фаз. Эти фазы почвы, прежде всего в пахотном слое, изменяют как свои качественные показатели и соотношения, так и свое состояние в зависимости от природных факторов и производственной деятельности человека, которое в совокупности называют строением пахотного слоя почвы. Вследствие изменения строения почвы существенно меняются и многие условия жизни растений, микроорганизмов и почвенных животных или фауны (микрофауны, менее 0,2 мм по длине, мезофауны от 0,2 до 4 мм, макрофауны от 4 мм до 80 мм и мегафауны более 80 мм).

Как следует из ранее изложенного, в почве выделяют: соответственно твердые механические элементы (гранулы), совокупность которых называют твердой фазой почвы, и разделяющие их разной величины промежутками (поры), которые в совокупности называют общей пористостью, или общей скважностью почвы. Пory почвы по величине их диаметра подразделяют на поры некапиллярные (диаметром  $> 0,03$  мм) и поры капиллярные (диаметром  $< 0,03$  мм). В общем, все некапиллярные поры почвы называют некапиллярной пористостью, или скважностью, а в общем, все капиллярные поры почвы называют – капиллярной пористостью, или скважностью почвы. В полевых условиях на пашне роль этих пор весьма не однозначна. Обычно крупные (некапиллярные) поры заполнены воздухом и способствуют хорошему газообмену (аэрации) между почвой и приземном слое атмосферы. Пory мелкие (капиллярные) при уменьшении обычно удерживают в себе почвенную влагу. Тем самым они, с одной стороны, препятствуют потерям воды вследствие возможного просачивания ее вниз за пределы корнеобитаемого слоя, а, с другой стороны, являются гарантируемым источником обеспечения растений влагой на относительно продолжительный период вегетации (2–3 недели). В этой связи весьма важны количественные соотношения между некапиллярной и капиллярной порозностью, которые и характеризуют строение пахотного слоя почвы.

Строение почвы и прежде всего ее пахотного слоя на хорошо окультуренной пашне в ее естественном состоянии (без

предварительного рыхления или уплотнения) обычно характеризуются следующими показателями, если объем отобранного образца почвы принять за 100 %; объем твердой фазы – 45–50 %, общая пористость – 50–55 %, некапиллярная пористость – 25–28 % и капиллярная пористость – 25–28 %. Такое состояние пахотного слоя считается весьма благоприятным для растений и почвообразующих организмов, хотя и не может быть оптимальным для всех различных по биологии сельскохозяйственных культур. Однако, в течение вегетационного периода строение почвы сильно меняется как вследствие ее естественного уплотнения, рыхления почвообитающими животными, расчленения корневой системы растений, так и при обработке почвы, движению по полю различных машин, орудий, транспортных средств, скота и т.п. Так, в районах умеренного увлажнения при уплотнении бедных органическим веществом и тяжелых подзолистых и дерново-подзолистых по механическому составу почв возрастает объем твердой фазы (> 55–60 %) и снижается соответственно общая пористость (< 45–40 %). Одновременно снижается некапиллярная пористость (< 10–8 %), что исключает нормальную аэрацию почвы, и возрастает капиллярная пористость (> 30–35 %). Малое количество крупных пор и преобладание капиллярных промежутков резко замедляет проникновение вглубь почвы выпадающих летних осадков, которые или застаиваются на поверхности поля, вызывая гибель растений от кислородного голодания корневой системы, или же стекают в овраги и ручьи, вызывая водную аэрацию, и безвозмездно теряясь для растений и почвы. Чтобы избежать подобных быстро наступающих негативных последствий, на этих почвах необходимо с весны создавать и позднее поддерживать строение пахотного слоя почвы с таким ориентировочным соотношением в % твердой фазы, некапиллярной и капиллярной пористости как 40 (45) : 32 (30) : 28 (25).

В степных засушливых районах богатые гумусом и хорошо оструктуренные черноземные почвы уплотняются незначительно. После обработки они долгое время остаются рыхлыми: объем твердой фазы снижается (< 45–40 %), но уменьшается капиллярная пористость (< 15–20). Это ведет к интенсивной смене влажности воздуха крупных пор почвы сухим теплым воздухом атмосферы. Это явление усиливает почвенную засуху за счет большой непроизводительной потери почвенной влаги и ускоряет гибель посевов. В таких районах необходимо поддерживать строение пахотного слоя почвы при следующем соотношении в % твердой фазы, некапиллярной и

капиллярной пористости как 45 (50) : 10(15) : 45 (35). Это достигается как отказом от частого и глубокого рыхления почвы с образованием крупных комков и глыб, так и своевременном прикатывании мелкомковатой поверхности полей, что резко сокращает количество крупных пор в почве. Таким образом, создавая и поддерживая благоприятное состояние пахотного слоя можно значительно повысить плодородие почвы путем целенаправленного улучшения водного и воздушного режима почвы.

### **Задание 1 Определение строения и объемной массы пахотного слоя почвы методом насыщения в цилиндрах**

**Приборы и оборудование.** Цилиндры-буры, весы технические или ВЛТК-2000, линейки, ящик для цилиндров, почвенный нож, лопаточка, бурики, фильтровальная бумага, ванночки для насыщения, алюминиевые стаканчики, сушильный шкаф, эксикатор с  $\text{CaCl}_2$ , плита К. Н. Чижовой.

**Ход работы.** Для определения строения (сложения) пахотного и подпахотного слоев почвы используют металлические цилиндры (патроны) различной конструкции, чаще всего высотой 5 и 10 см и объемом 100, 200, 500 и 1000  $\text{см}^3$ . Цилиндры большого объема позволяют более точно охарактеризовать сложение почвы, однако они неудобны в работе из-за трудоемкости анализа. Цилиндры малого объема удобнее в работе, но при этом необходимо увеличивать число проб, которое зависит также от целей и задач исследований, площади делянки полевого опыта.

Чтобы при отборе образцов почва оставалась в ненарушенном состоянии, диаметр режущей части цилиндра делают на 1 мм меньше диаметра остальной (внутренней) его части.

При определении строения почвы по слоям высотой 50 и 100 мм и объемом 100  $\text{см}^3$  и более применяют цилиндры следующих размеров

Объем, $\text{см}^3$	Высота цилиндра, мм	Диаметр, см	
		Режущей части	Остальной (внутренней) части
100	50	5,05	6,25
	100	3,57	4,77
200	50	7,18	8,23
	100	5,05	6,25
500	50	11,29	12,49
	100	7,98	9,18
1000	50	15,96	17,16
	100	11,29	12,49

Работу ведут в следующей последовательности. Перед выходом в поле цилиндры нумеруют и определяют массу каждого из них вместе с крышками. Затем измеряют диаметр режущей части и высоту, до которой цилиндры погружаются в почву, и рассчитывают объем образца почвы ( $V$ ) по формуле

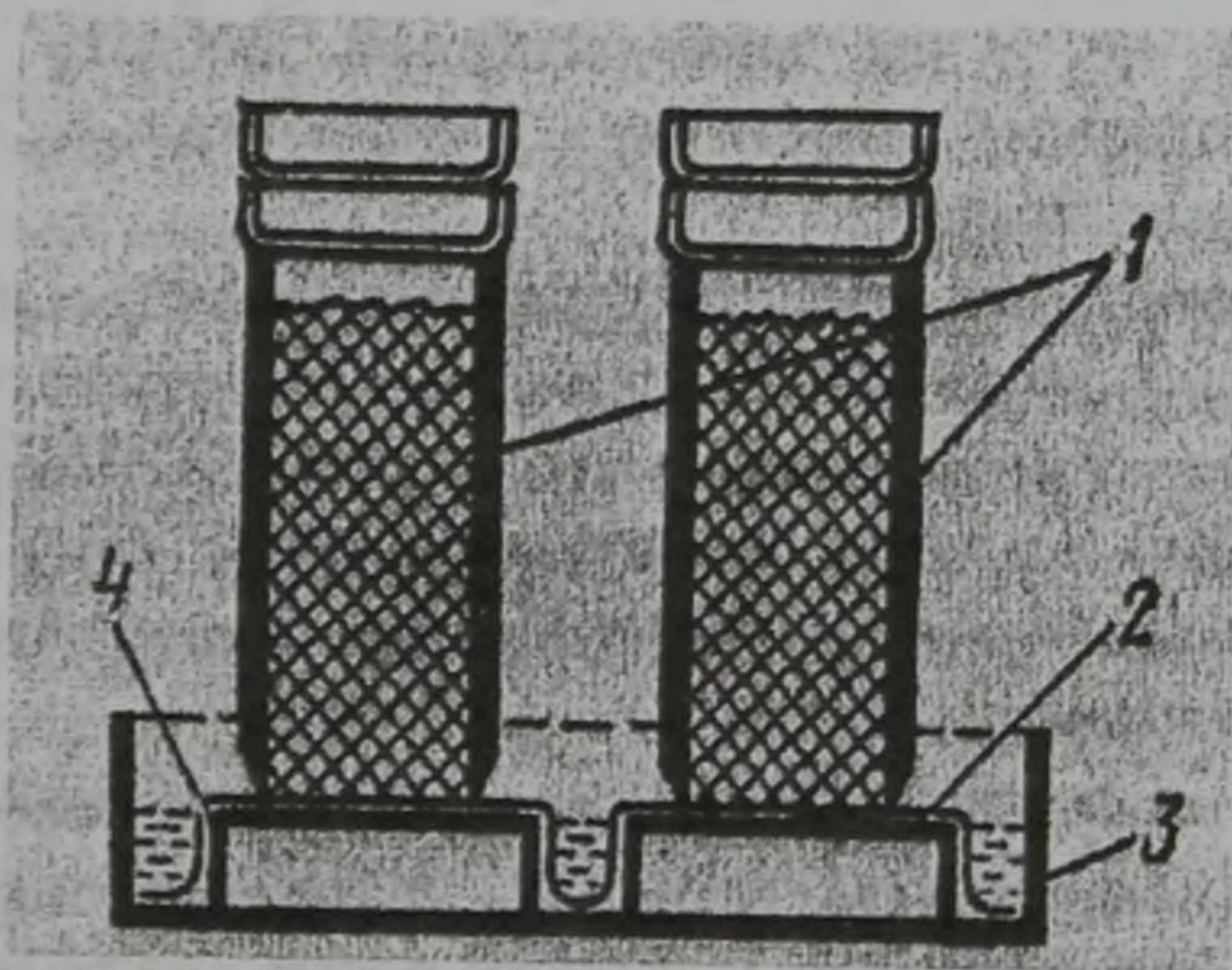
$$V = (\pi D^2 / 4) \times H,$$

где  $\pi$  – отношение длины окружности к диаметру = 3,14;

$D$  – диаметр режущей части цилиндра, см;

$H$  – высота (глубина), до которой цилиндр погружается в почву, см.

В поле цилиндра снимают крышки и соединяют его со штангой. Установив цилиндр – бур вертикально поверхности почвы, нажатием руки вдавливают, а при сильном уплотнении почвы забивают его в почву молотком на заданную глубину, которую определяют по риску, нанесенной на внешней стенке цилиндра. Считается, что заданная глубина погружения цилиндра достигнута при соприкосновении риски с поверхностью почвы.



1 – цилиндры с почвой и крышками; 2 – подставка; 3 – ванночка; 4 – фильтровальная бумага.

Рисунок 1 – Капиллярное насыщение почвы в цилиндрах водой

Достигнув необходимой глубины погружения, цилиндр-бур рукояткой штанги поворачивают несколько раз по часовой стрелке, отделяя отобранный в цилиндр образец почвы от остальной ее массы, и вынимают цилиндр из почвы. Лишнюю почву на нижнем конце

цилиндра срезают ножом вровень с краями и сразу закрывают его крышкой.

Цилиндры отсоединяют от штанги, очищают от прилипшей почвы, закрывают сверху крышкой, при возможности тут взвешивают, устанавливают в специальный ящик и доставляют в лабораторию

Если подобным методом отобрать почвы не удастся из-за ее рыхлости, то после погружения цилиндра на нужную глубину необходимо ножом или лопаточкой осторожно удалить с внешней стороны почву, подрезать образец почвы вместе с цилиндром, осторожно извлечь его из почвы и закрыть крышкой.

В лаборатории цилиндры взвешивают (если это не сделано в поле) и ставят в специальную ванночку для капиллярного насыщения. Для этого цилиндр извлекают из ящика и, держа его горизонтально, снимают нижнюю крышку, вместо нее накладывают кружок фильтровальной бумаги с несколько большим диаметром, чем диаметр цилиндра, ставят нижней частью на подставку в ванночку и снимают верхнюю крышку (рисунок 1).

Чтобы не перепутать и не растерять крышки, их помещают обратной стороной наверх цилиндра. Для установки цилиндров с большим диаметром вместо фильтра применяют стеклянные пластины со стороной, на 1 см превышающей диаметр режущей кромки цилиндра, причем пластины предварительно заворачивают в фильтровальную бумагу.

После установки всех цилиндров ванночку заливают водой так, чтобы она не соприкасалась с почвой в патронах. Капилляры почвы через фильтровальную бумагу или стекло, наклоняют, вынимают из ванны и ставят на стол закрытым концом вниз. Фильтровальную бумагу снимают, приставшую к бумаге почву счищают в патрон и закрывают нижней крышкой.

После взвешивания из цилиндра с насыщенной почвой специальным маленьким буриком отбирают образец почвы для определения ее влажности. Для этого берут две пробы: сначала вверх, на всю его высоту. После этого цилиндры освобождают от почвы, моют и сушат.

Отобранные таким образом пробы почвы помещают в предварительно взвешенный алюминиевый стаканчик, закрывают крышкой и взвешивают с точностью до 0,01 г. Затем, открыв крышку, стаканчик с почвой помещают в сушильный шкаф и высушивают до постоянной массы при температуре 105 °С.

Продолжительность сушки зависит от влажности, содержания гумуса и механического состава почвы. Первый раз почву взвешивают

после шестичасовой сушки. Для этого стаканчики извлекают из сушильного шкафа, закрывают крышками и помещают в эксикатор с  $\text{CaCl}_2$  на дне для охлаждения. После взвешивания стаканчики с почвой открывают и вновь помещают в сушильный шкаф на 1–2 часа для повторной сушки. Расхождения в массе после контрольной сушки не должны превышать 0,05 г. На лабораторно-практических занятиях влажность почвы после капиллярного насыщения целесообразно определять ускоренным методом К. Н. Чижовой.

На этом все взвешивания заканчивают, оборудование моют, чистят, сушат и приступают к расчетам.

Пример расчета (для слоя 0–10 см). Основные показатели строения (сложения) почвы рассчитывают по формулам в следующей последовательности (результаты взвешивания и обозначения даны в форме записи. Плотность почвы равна  $2,65 \text{ г/см}^3$ ).

Записи и расчеты при определении строения (сложения) почвы методом насыщения в цилиндрах удобно вести по следующей форме

Показатели	Слой почвы, см
	0–10
Номер цилиндра	122
Масса пустого цилиндра (B), г	595,0
Глубина погружения цилиндра (H), см	10
Диаметр режущей части цилиндра (D), см	8,4
Объем образца почвы в цилиндре (V), $\text{см}^3$	554,0
Масса цилиндра с почвой до насыщения ( $B_1$ ), г	1278,0
То же, после насыщения ( $B_2$ ), г	1495,0
Номер алюминиевого стаканчика	128
Масса алюминиевого стаканчика ( $b_1$ ), г	24,1
Масса стаканчика с пробой сырой почвы ( $b_2$ ), г	42,8
То же, с сухой почвой ( $b_3$ ), г	37,7
Капиллярная влагоемкость ( $W_k$ ), %	37,5
Масса абсолютно сухой почвы в цилиндре ( $B_3$ ), г	654,5
Масса воды в образце почвы после насыщения ( $B_4$ )	245,5
Плотность почвы (d), $\text{г/см}^3$	2,65
Объем твердой фазы почвы	44,6
Пористость общая ( $V_2$ ), %	55,4
Пористость капиллярная ( $V_3$ ), %	44,3
Пористость некапиллярная ( $V_4$ ), %	11,1
Объемная масса почвы ( $d_0$ ), $\text{г/см}^3$	1,18
Влажность почвы при взятии образца ( $B_0$ ), %	4,4
Степень аэрации почв ( $V_a$ ), %	90,7
Степень насыщения почвы водой ( $V_b$ ), %	9,3
Общий запас воды в изучаемом слое почвы ( $W_0$ ), $\text{м}^3/\text{га}$	52

1) объем образца почвы в цилиндре (V)



$$V = (\pi D^2 / 4) \times H = (3,14 \times 8,4^2 / 4) \times 10 = 554,0 \text{ см}^3;$$

2) капиллярная влагоемкость почвы ( $W_k$ ) – влажность почвы после капиллярного насыщения. Равна частному от деления массы воды, содержащейся в образце почвы (после насыщения), на массу абсолютно сухой почвы, выраженную в процентах

$$W_k = \frac{b_2 - b_3}{b_3 - b_1} \times 100 = \frac{42,8 - 37,7}{37,7 - 24,1} \times 100 = \frac{5,1 \times 100}{13,6} = 37,5 \%;$$

3) массу абсолютно сухой почвы в цилиндре ( $B_3$ ) определяют следующим образом. Если в А г почвы, взятой в стаканчик для высушивания, содержится Б г абсолютно сухой почвы, то С г сырой почвы в цилиндре содержат Х г сухой почвы. Отсюда:  $X = C \cdot B / A$

Проведя полученное соотношение в соответствии с принятыми нами обозначениями, получим:

$$B_3 = \frac{(B_2 - B) \times (b_3 - b_1)}{(b_2 - b_1)} = \frac{(1495,0 - 595,0) \times (37,7 - 24,1)}{(42,8 - 24,1)} = 654,5 \text{ грамм или}$$

масса абсолютно сухой почвы в цилиндре;

4) объем пор капиллярного размера ( $V$ ) равен массе воды в почве после ее капиллярного насыщения, так как масса 1 см<sup>3</sup> воды при 4 °С равна 1 г;

$V_4 = B_2 - B_3 - B = 1495,0 - 654,5 - 595,0 = 245,5 \text{ см}^3$ , масса воды в образце почвы после насыщения, или в процентах к объему почвы:

$$V_3 = \frac{B_4}{V} \times 100 = \frac{245,5}{554,0} \times 100 = 44,3 \%, \text{ капиллярная пористость;}$$

5) объем твердой фазы почвы ( $V_1$ ) равен частному от деления массы абсолютно сухой почвы в цилиндре ( $V_1 = B_3 / d = 654,5 / 2,65 = 247,0 \text{ см}^3$ , или в процентах к объему почвы ( $V$ ):

$$V_1 = (B_3 : d / V) \times 100 = (247,0 / 554,0) \times 100 = 44,6 \%$$

6) пористость общая ( $V_2$ ) – разность между объемом, занимаемым образцом почвы ( $V$ ), и объемом ее твердой фазы ( $V_1$ ):

$$V_2 = V - V_1 = 554,0 - 247,0 = 307,0 \text{ см}^3, \text{ или в процентах к объему почвы}$$

$$V_2 = \frac{V - V_1}{V} \times 100 = \frac{307,0}{554,0} \times 100 = 55,4 \%$$

Если известна доля твердой фазы (процент) в общем объеме образца почвы, то общую пористость можно определить вычитанием из 100 % объема твердой фазы:

$$V_2 = 100 - V_1 = 100 - 44,6 = 55,4 \%$$

7) пористость некапиллярная ( $V_4$ ) – разность между общей и капиллярной пористостью (в соответствии с размерностью этих величин):

$$V_4 = V_2 - V_3 = 307,0 - 245,5 = 61,5 \text{ см}^3$$

$$V_4 = V_2 - V_3 = 55,4 - 44,3 = 11,1 \%$$

8) объемная масса почвы ( $d_0$ ) – отношение массы абсолютно сухой почвы в естественном сложении ( $B_3$ ) к занимаемому ею объему ( $V$ ):

$$d_0 = \frac{V_3}{V} = \frac{654,5}{554,0} = 1,18 \text{ г/см}^3.$$

9) влажность почвы при взятии образца ( $B_0$ ) определяется как частное от деления массы воды, содержащейся в почве при отборе образца, на массу абсолютно сухой почвы, выраженное в процентах:

$$B_0 = \frac{(B_1 - B) - B_3}{B_2} \times 100 = \frac{(1278,0 - 595,0) - 654,5}{654,5} \times 100 = 4,4 \%$$

10) степень аэрации почвы ( $V_a$ ) – доля пор, занятых воздухом при отборе образца (значение  $V_2$  берется в  $\text{см}^3$ ):

$$V_a = \frac{V_2 - (B_1 - B - B_3)}{V_2} \times 100 = \frac{307 - (1278 - 595 - 654,5)}{307,0} \times 100 = 90,7 \%$$

11) степень насыщения почвы водой ( $V_b$ ) – доля пор, занятых водой при отборе образца (значение  $V_2$  берется в  $\text{см}^3$ ):

$$V_b = \frac{B_1 - B - B_3}{V_2} \times 100 = \frac{1278,0 - 595,0 - 654,5}{307,0} \times 100 = 9,3 \%, \text{ или}$$

$$V_b = 100 \% - V_a = 100 - 90,7 = 9,3 \%$$

12) запас воды в изучаемом слое почвы ( $W_0$ ):

$$W_0 \frac{B_0 d_0 H}{10} = \frac{4,4 \times 1,18 \times 10}{10} = 5,2 \text{ мг/га или } 52 \text{ м}^3/\text{га}$$

где  $H$  – мощность изучаемого слоя почвы, см;  
10 – коэффициент для перевода  $\text{м}^3/\text{га}$  в  $\text{мм/га}$ .

Анализируя полученные данные, можно констатировать, что в изучаемом слое почвы сложились близкие к оптимальным условиям плотности и пористости почвы. Однако в почве нет доступной растениям влаги.

### Контрольные вопросы

1. Что такое строение пахотного слоя почвы и как его определить?
2. Что такое пористость почвы?
3. Назовите виды пористости и в чем их различие
4. Какое значение имеет капиллярная и некапиллярная
5. Пористость в жизни растений и плодородии почвы?
6. Как определить капиллярную пористость?
7. Что такое капиллярная влагоемкость и как ее определить?
8. Как определить влажность почвы методом высушивания?
9. Что такое плотность почвы и как ее определить?
10. Что понимают под равновесной и оптимальной для роста
11. Растений плотностью почвы?
12. Каковы оптимальные параметры плотности черноземной южной карбонатной среднесуглинистой почвы для зерновых и пропашных культур?
13. Как определить общий запас воды в изучаемом слое почвы?
14. Какими методами определяют строение пахотного слоя почвы?
15. Как рассчитать массу сухой почвы на 1 га?

### 1.6 Физические свойства почвы

К общим физическим свойствам почвы относятся плотность, объемная масса, пористость и удельная поверхность. Они, как и другие физические свойства (воздушные, тепловые), оказывают огромное влияние на плодородие почвы, рост, развитие и урожай растений.

Плотность твердой фазы почвы – это отношение массы твердой фазы почвы определенного объема к массе воды такого же объема при  $4^{\circ}\text{C}$ , или масса  $1\text{ см}^3$  абсолютно сухой твердой фазы почвы. Органическая часть почвы имеет плотность от  $1,25$  до  $1,8\text{ г/см}^3$ , плотность минеральной части возрастает до  $2,6\text{--}3,5\text{ г/см}^3$  и более. Поэтому бедные органическим веществом почвы имеют большую плотность твердой фазы ( $2,6\text{--}2,7$ ), чем хорошо гумусированные почвы ( $2,4\text{--}2,6$ ). В большинстве случаев плотность используется для вычисления порозности почвы.

Объемная масса почвы – это масса  $1\text{ см}^3$  сухой почвы (высушенной до постоянной массы при  $105^{\circ}\text{C}$ ), взятой в естественном состоянии почвы. Она характеризует плотность сложения почвы и часто употребляется как ее синоним. Поэтому она всегда меньше и более динамична, чем плотность твердой фазы почвы. Объемная масса почвы зависит от характера слагающих почву минералов, содержания органического вещества, структуры и пористости почвы. Объемная масса минеральных почв (бедных органическим веществом) составляет  $1,3\text{--}1,8\text{ г/см}^3$ , хорошо гумусированных черноземов –  $1,05\text{--}1,20\text{ г/см}^3$  и торфо-болотных (органических почв) –  $0,15\text{--}0,5\text{ г/см}^3$ . При механической обработке можно изменить объемную массу почвы в интервале от  $0,8$ –до  $1,3\text{ г/см}^3$ . Это позволяет в любой части пахотного слоя, используя различные орудия для обработки почвы на разную глубину и проводя уплотнение катками с различной по форме рабочей поверхностью и удельным давлением создать так называемую оптимальную объемную массу почвы, которая благоприятна для функционирования корневой системы возделываемых растений, водного, воздушного и теплового режима почв, а значит, и продуктивности растений. Для зерновых и зернобобовых культур, однолетних и многолетних трав оптимальная объемная масса почвы, например, составляет  $1,2\text{--}1,35\text{ г/см}^3$ , а для картофеля, свеклы, кукурузы и других пропашных культур  $1,0\text{--}1,2\text{ г/см}^3$ . Знание объемной массы необходимо для расчета порозности почвы, для вычисления запасов в ней воды и элементов питания растений.

В естественных условиях, без воздействия внешних сил производственного происхождения, почва быстро достигает некоторого устойчивого уплотненного состояния, так называемой равновесной плотности, и сохраняет ее в течение всего периода вегетации. Установлено, если равновесная плотность почвы совпадает с оптимальной или ниже ее, то механические затраты на обработки почвы или на возделывание культур резко сокращаются. Наиболее

часто это наблюдается на черноземных почвах, на хорошо окультуренной пашне или рыхлых гумусированных почвах. Показатель плотности почвы, особенно ее объемной массы, нередко используют в качестве характеристики сложения почвы, дополняя его сведениями о скважности почвы. Здесь необходимо еще упомянуть пористость аэрации, под которой понимают незанятых почвенной влагой пор, наряду с некапиллярными, могут быть и капиллярные поры, которые также содействуют газообмену. Нормальный газообмен на окультуренной минеральной почве осуществляется при пористости аэрации не менее 15–20 % от объема почвы.

### **Задание 1 Определение плотности твердой фазы почвы**

**Материалы и оборудование:** пикнометры вместимостью 100 мл, кристаллизатор или деревянный лоток с гнездами для переноски пикнометров, аналитические весы с разновесами, сушильный шкаф, алюминиевые или стеклянные сушильные стаканчики, эксикатор, электроплитка, сито с диаметром отверстий 1 мм, образцы почвы, фарфоровая ступка и пестик с каучуковым наконечником, прокипяченная дистиллированная вода в бутылках, капельницы для воды и эфира, фильтровальная бумага, полотенце.

#### **Ход работы:**

- 1) наполнить чистый высушенный в сушильном шкафу пикнометр дистиллированной водой (из которой предварительным двухчасовым кипячением удален весь воздух);
  - 2) закрыть пикнометр пробкой так, чтобы из капилляра вышло 1–2 капли воды. При этом пробкой и в капилляре не должно быть пузырьков воздуха;
  - 3) записать температуру воды;
  - 4) погрузить пикнометр на 15–20 мин в сосуд, наполненный водой (температура воды в сосуде должна быть равной температуре, обозначенной на пикнометре);
  - 5) вынуть пикнометр из воды, вытереть сухим полотенцем и обсушить фильтровальной бумагой (брать пикнометр необходимо двумя пальцами за горлышко, стараясь меньше нагревать его рукой);
  - 6) взвесить пикнометр с водой на аналитических весах с точностью до 0,001 г, вылить из него немного больше половины воды;
  - 7) взвесить на аналитических весах 8–10 г воздушно-сухой почвы, предварительно растертой в ступке и просеянной через сито с диаметром отверстий 1 мм (навеска почвы для определения плотности)
- Одновременно отвесить в сушильный стаканчик 4–5 г почвы, поместить в сушильный шкаф и довести при температуре 105 °С до

постоянной массы. Определить гигроскопическую влагу для установления поправочного коэффициента ( $K$ ) при переводе результатов анализов на сухую почву;

8) навеску почвы, предназначенную для определения плотности, поместить в пикнометр, заполненный дистиллированной водой до  $1/3-1/2$  объема, и поставить на песчаную или этернитовую плитку. Кипятить в течение часа (не допуская бурного кипения) для удаления пузырьков поглощенного почвой воздуха. По мере выкипания в пикнометр доливают дистиллированную воду до половины его объема.

После часового кипячения пикнометр охладить и долить дистиллированной водой до метки. Постукивая пальцем или карандашом по стеклам пикнометра, удалить остатки воздуха из почвы. Если есть пузырьки воздуха в горлышке пикнометра, разбить их тонкой проволокой, а если и после этого остаются пузырьки, то удалить их прибавлением 1–2 капель эфира. Всплывшие корешки втолкнуть тонкой проволокой в жидкость.

После удаления воздуха закрыть пикнометр пробкой, погрузить в сосуд с водой (температура воды в сосуде должна быть такой же, как в варианте с чистой водой, без почвы), вынуть пикнометр из воды, обтереть сухим чистым полотенцем и фильтровальной бумагой и взвесить на аналитических весах;

9) расчет плотности почвы ведут следующим образом. Как известно, масса тела равна произведению объема этого тела ( $V$ ) на его плотность:  $B = d \times V$ . Если известны масса абсолютно сухой почвы в пикнометре ( $B$ ), масса пикнометра с почвой ( $B_{пв}$ ) и масса пикнометра с водой ( $B_{в}$ ), то разность между  $(B_{в}+B) - B_{пв}$  дает массу воды, численно равную объему твердой фазы почвы в пикнометре, так как  $1 \text{ см}^3$  воды весит  $1 \text{ г}$  при температуре  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Следовательно, плотность можно определить по формуле

$$d = \frac{B}{(B_{в}+B) - B_{пв}} \times k,$$

где  $d$  – плотность твердой фазы почвы;

$B_{в}$  – масса пикнометра с водой, г;

$B$  – масса абсолютно сухой почвы в пикнометре, г;

$B_{пв}$  – масса пикнометра с водой и почвой, г.

$k$  – поправочный коэффициент для перевода на абсолютно сухую почву;

10) полученные данные записать в рабочую тетрадь по следующей форме:

Название почвы изучаемого варианта	Слой почвы, см	Масса пикнометра, В, г	Масса пикнометра с почвой, Вп, г	Масса пикнометра с водой, Г	Масса пикнометра с водой и почвой, г	Номер стаканчика	Масса стаканчика, в0, г	Масса стаканчика с почвой до сушки, в1г	Масса стаканчика после сушки, в2, г	Масса абсолютно сухой почвы в пикнометре В= (Вв-В0)*(Вп-В0)/(в1-в0)	Плотность твердой фазы, г/см <sup>3</sup>

## Задание 2 Определение объемной массы почвы

**Материалы и оборудование:** почвенный цилиндр-бур, деревянный молоток, почвенные ножи, лопата, алюминиевые сушильные стаканчики, сушильный шкаф, весы с разновесами, рулетка или сантиметр.

От объемной массы почвы зависит распространение корневой системы растений, водный, воздушный и тепловой режимы почв, а значит, и продуктивность растений.

Знание объемной массы почвы (или ее горизонта) необходимо для расчета порозности почвы, для вычисления запасов в ней элементов питания растений, гумуса, воды и т.д.

Для вычисления запасов тех или иных веществ в почве (в горизонте) можно использовать следующую формулу:

$$Z = M \times OM \times A,$$

где Z – запас соединения, т/га;

M – мощность горизонта, см;

OM – объемная масса, г/см<sup>3</sup>

A – содержание соединения, % от массы сухой почвы, если A выражено в мг на 100 г почвы (а не в %), то Z будет выражаться в кг/га (а не в т/га).

В полевых условиях объемную массу определяют в почве с ненарушенным сложением (в естественном состоянии), в лабораторных условиях определение делают из рассыпного образца с нарушенным состоянием почвы, что не дает полного предоставления об объемной массе почвы.

### Ход работы:

- 1) подготовить почвенный разрез с отвесной стенкой;
- 2) специальным цилиндром-буром объемом 50 см<sup>3</sup>, объем цилиндра-бура V см<sup>3</sup> вычисляют по формуле

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times h,$$

где  $\pi \sim 3,14$ ,  $d$  – внутренний диаметр режущей части цилиндра-бура, см;

$h$  – высота бура, см.

Взять почвенные образцы в ненарушенном состоянии, погрузив бур в почву перпендикулярно стенке разреза.

Образцы для определения влажности почвы взять по генетическим горизонтам из средней части каждого горизонта, а в пахотном слое – с поверхности и через каждые 10 см. Повторность пятикратная;

3) почвенные образцы поместить во взвешенные алюминиевые стаканчики и отнести в лабораторию, где высушить при температуре  $105^\circ\text{C}$  до постоянной массы;

4) определить массу сухой почвы в образцах (от массы стаканчика с высушенной почвой вычесть массу пустого стаканчика);

5) вычислить объемную массу по формуле

$$OM = \frac{m}{V},$$

где  $m$  – масса абсолютно сухой почвы, г;

$V$  – объем, занимаемой почвой,  $\text{см}^3$ .

Например, объем цилиндра – бура –  $50 \text{ см}^3$ , масса сухой почвы –  $80,55 \text{ г}$ . Следовательно, объемная масса почвы равна  $80,55 : 50 = 1,61 \text{ г/см}^3$ .

6) вычислить запасы воды, гумуса и основных элементов питания в изучаемой почве.

### **Задание 3 Определение порозности, или скважности почвы**

Суммарный объем всех пор и промежутков между твердыми частичками и комочками почвы в единице ее объема в ненарушенном состоянии называют общей порозностью или скважностью. Та часть скважности почвы, которая заполнена воздухом, называется скважностью аэрации (поры аэрации).

Если плотность почвы характеризует ее твердую фазу, а объемная масса почву в ненарушенном сложении со всеми порами, то, чтобы узнать, какую часть объема в  $1 \text{ см}^3$  занимают твердые частицы почвы, а какую поры, необходимо объемную массу почвы (например,  $1,41 \text{ г/см}^3$ ) разделить на ее плотность (например,  $2,65$ ).



В нашем примере это составит  $1,41 : 2,65 = 0,53$ . Значит, в  $1 \text{ см}^3$  почвы твердые частицы занимают  $0,53 \text{ см}^3$  (53 %), а почвенные поры  $0,47 \text{ см}^3$  (47 %).

Для определения общей порозности используют формулу:

$$\text{ОП} = \left(1 - \frac{\text{ОМ}}{P}\right) \times 100, \text{ или } \text{ОП} = \frac{P - \text{ОМ}}{P} \times 100,$$

где ОП – общая порозность, % от объема почвы;

ОМ – объемная масса,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;

P – плотность твердой фазы почвы,  $\text{г}/\text{см}^3$

Подставив в формулу величины ОМ и P из нашего примера вычислим общую порозность

$$\text{ОП} = 1 - \frac{1,41}{2,65} \times 100 = 47 \%, \text{ или } \text{ОП} = 1 - \frac{2,65 - 1,41}{2,65} \times 100 = 47 \%$$

При объемной массе  $2 \text{ г}/\text{см}^3$  и плотности  $2,7$  получим минимальную порозность

$$\text{ОП} = \left(1 - \frac{2,0}{2,7}\right) \cdot 100 = 26 \%,$$

Оптимальная порозность для большинства сельскохозяйственных растений 50 %. При порозности менее 40 % почва становится труднопроницаемой для корней растений. Зная общую порозность, влажность почвы и объемную массу, можно вычислить содержание в почве воздуха (порозность и аэрации) по формуле

$$P_{\text{возр}} = \text{ОП} - (x \cdot \text{ОМ}), \text{ или } P_{\text{возр}} = \text{ОП} - W$$

где  $P_{\text{возр}}$  – порозность аэрации, % от объема почвы;

ОП – общая порозность, % от объема почвы;

W – влажность почвы, % от объема почвы;

x – влажность почвы, % от массы почвы;

ОМ – объемная масса почвы,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Поскольку воздух в почве находится в той части пор, которая не занята водой, то становится очевидным, что, чем выше влажность почвы, тем меньше в ней воздуха, необходимо для дыхания корней и жизнедеятельности аэробных микроорганизмов. Принято считать, что при 15 % содержания воздуха в почве снабжение корней растений и микроорганизмов кислородом воздуха затруднено, а при содержании 8 % и ниже снабжение кислородом прекращается, корни у мезофитов

начинают отмирать, развиваются процессы оглеения грунта (Блинцов, Забелло).

### Контрольные вопросы

1. Назовите основные физические свойства почвы?
2. Что такое плотность твердой фазы почвы?
3. Что такое объемная масса почвы?
4. Дайте объяснения пористости и удельной поверхности почвы?
5. Какая плотность называется равновесной плотностью почвы?
6. При какой пористости аэрации осуществляется нормальный газообмен в почве?

#### 1.7 Водный режим почвы

Совокупность процессов поступления влаги в почву, ее передвижения, расход из почвы и изменений физического состояния называется в земледелии водным режимом почвы. В

Вода – один из важнейших факторов плодородия почвы. Она является необходимым условием жизни растений. Почти всю необходимую для жизни воду высшие растения получают из почвы. Прежде всего, она необходима для фотосинтеза.

Образование органических веществ в растениях идет только при тургорном состоянии клеток и тканей. Покоящиеся семена проявляют первые признаки жизни при увеличении содержания воды с 10–14 % до 20–25 % их массы. Еще больше необходимо влаги для полного набухания и прорастания семян (от 25 до 150 % их веса).

Потребность растений во влаге возрастает по мере роста и развития: например, яровая пшеница расходует в период всходов 5–7 %, кущения – 15–20 %, выхода в трубку – цветения (колошения) – 50–60 %, молочной спелости – 20–30 %, восковой спелости – 3–5 % от общего потребления воды за весь вегетационный период. Однако доля воды, идущей на образование органического вещества, невелика и составляет менее 1 % количества влаги, потребляемой растениями.

Вместе с водой в растения поступают из почвы, растворенные в ней элементы питания: азот, фосфор, калий, сера и др. Но для этой важнейшей функции (усвоение зольных элементов) необходима небольшая часть воды, составляющая примерно 9 % потребленного количества. Вся остальная (часть) масса воды (90 %) расходуется на испарение ее листьями (транспирацию), имеющее важное физиологическое значение, идет охлаждение растений.

В период вегетации и кущения запасы влаги в пахотном слое менее 10 мм – низкие, менее 20 мм – удовлетворительные, 20–40 мм – оптимальные. Большую роль играют запасы влаги в почве перед посевом (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Оценка эффективных запасов продуктивной влаги в пахотном и метровом слоях почвы по Ш. Т. Тайжанов, 2002

Слой почвы, см	Запасы продуктивной влаги, мм	Оценка запасов продуктивной влаги
1	2	3
0-20	>40	Высокие
	40-20	Удовлетворительные
	<20	Низкие
0-100	>160	Очень высокие
	160-130	Высокие
	130-90	Средние
	90-80	Низкие
	<60	Очень низкие

Запасы продуктивной влаги в почве под посевами сельскохозяйственных культур меняются не только в зависимости от погодных условий различных лет, но и гидрологических показателей почв (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Гидрологические показатели почв Павлодарского Прииртышья в слое 0-100 см, мм [1].

Почвы	Наименьшая влагоемкость (НВ)	Влажность завядания (ВЗ)	Диапазон активной влаги (ДАВ)	Естественное увлажнение	Дефицит влаги до НВ
Южные черноземы тяжелосуглинистые	298	149	149	100	198
Каштановые супесчаные	161	60	121	74	87
Легкосуглинистые	191	74	117	83	108
Среднесуглинистые	234	88	146	123	111

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.

В зависимости от формы связи с почвой вода обладает различной подвижностью и доступностью для растений. Различают гидратную (химически связанную) воду, гигроскопическую (сорбционные связи), капиллярную (менисковые силы удержания) и гравитационную. Гидратная вода находится в химических соединениях и практической роли в водном балансе почвы не играет.

Наибольшее количество воды, которое может почва сорбировать из воздуха, насыщенного водяными парами, и выраженное в процентах от массы абсолютно сухой почвы, называется максимальной гигроскопичностью. Величина МГ, как и всей сорбированной воды, зависит, прежде всего, от размеров почвенных частиц, то есть от механического состава почвы, наличия органического вещества, химического состава и др.

С. И. Долговым (1948) предложен термин «Влажность устойчивого завядания», которым и пользуются в настоящее время как водно-физической константой, оказывающей количество недоступной для растений воды.

Между максимальной гигроскопичностью и влажностью устойчивого завядания существует прямая зависимость. Для приближенных расчетов можно пользоваться коэффициентом 1,34 применяемым учреждениями гидрометрослужбы.

Обширные исследования А. Ф. Лебедева [22], в начале столетия показали, что гигроскопическая вода представляет лишь часть влаги, которую может сорбировать почва в виде пленки (пленочная вода).

По современным воззрениям, пленочная вода по своим связям с почвой неоднородна. Первые два молекулярных слоя сорбированной воды представляют собой ее прочно связанную форму. На ней наложена пленка рыхлосвязанной влаги, толщина которой зависит от механического состава почвы и содержания электролитов.

Внутренние слои прочносвязанной воды, удерживаемые молекулярными силами самих почвенных частиц, обуславливают максимальную адсорбционную влагоемкость (МАВ). Величина ее близка к содержанию гигроскопической влаги в воздушно-сухой почве и составляет 60–70 % максимальной гигроскопичности. Содержащаяся в интервале между максимальной адсорбционной влагоемкостью и влажностью устойчивого завядания вода практически неподвижна или малоподвижна и весьма труднодоступна для растений.

Влажность завядания считается нижним пределом содержания продуктивной влаги.

Таким образом, можно выделить следующие (условные) водно-физические константы (по А. А. Роде):

- полная влагоемкость (ПВ);
- наименьшая влагоемкость (НВ);
- влажность разрыва капиллярной связи (ВРК);
- влажность устойчивого завядания (ВЗ);
- максимальная гигроскопичность (МГ);
- максимальная адсорбционная влагоемкость (МАВ).

В зависимости от связи воды с почвой различают следующие категории почвенной влаги: прочносвязанная, рыхло-связанная и свободная.

Прочносвязанная вода удерживается адсорбционными силами почвенных частиц и образует на поверхности последних пленку толщиной в два слоя молекул воды. Эта категория воды характеризуется повышенной плотностью, замерзает даже при очень низких температурах. Эта вода удерживается почвой с силой, соответствующей давлению 11 тыс. атмосфер. Она недоступна для растений.

Рыхлосвязанная вода находится в почве в виде водных пленок и может достигать величины десятков и сотен диаметров молекул. Рыхлосвязанная вода обладает пониженной способностью растворять электролиты и повышенной вязкостью. В других отношениях эта вода не отличается от свободной воды. Она передвигается от частицы к частице под влиянием сорбционных сил.

Свободная влага не имеет молекулярной связи с почвенными частицами. Она имеет несколько форм, отличающихся силами, ее удерживающими и передвигающими. В частности, подвешенная влага подразделяется на стыковую, внутриагрегатно-капиллярно-подвешенную, насыщающекапиллярно-подвешенную, сорбционно-замкнутую. Подпертая гравитационная влага делится на подперто-подвешенную капиллярную, образующуюся на мелкопористых почвах тяжелого механического состава, если они подстилаются более крупнопористыми при влажности выше НВ, и подпертую капиллярную, которая может быть в почвах любого механического состава в виде капиллярной каймы на уровне водоносного горизонта. Высота этой каймы зависит от величины пор – в крупнопористых почвах меньше, чем на почвах с малым размером пор. В среднепористых почвах капиллярная кайма может достигать 3–4 м. Удерживается капиллярными силами.

Источниками поступления влаги в почву служат атмосферные осадки, поступления из грунтовых вод, конденсация водяных паров и орошение. Перечисленные источники поступления воды в почву неравноценны как по количеству воды, так и по характеру ее поступления.

Основным источником воды в неорошаемом земледелии являются атмосферные осадки. Количество осадков, выпадающих за год в различных почвенно-климатических зонах области, колеблется от 200 мм (на юге) до 310 мм на севере и юго-западе (горная часть Баянаульского района), но на большей части сельскохозяйственной территории области сумма осадков не превышает 260 мм в год. Однако этот показатель не полностью выражает степень обеспеченности растений влагой, так как очень большое значение имеет распределение осадков в течение года, особенно в период вегетации растений.

На почвах с высоким уровнем грунтовых вод потребности растений в известной мере могут удовлетворяться грунтовой водой, поднимающейся по порам в верхний корнеобитаемый слой почвы. Поступление такой воды зависит от уровня грунтовых вод, механического состава почвы, ее строения и структуры. В глинистых бесструктурных почвах скорость подъема воды очень мала, так как поры здесь имеют ничтожный диаметр, и почти вся заключенная в них влага находится в сфере сорбционных сил. В малоструктурных почвах и на песках грунтовая вода поднимается быстро, но на небольшую высоту.

Меньшее значение в приходной части баланса имеет конденсация водяных паров воздуха вследствие разницы температуры почвы и атмосферного воздуха. Этот процесс сильно выражен в районах континентального климата, где наблюдается резкая смена температуры дня и ночи и механический состав почвы грубый. Однако агрономическое значение имеет только та вода, которая конденсируется не на поверхности почвы, а на некоторой глубине, например, на границе рыхлого и плотного слоев.

Просачивание воды атмосферных осадков в почву зависит от ее водопроницаемости, то есть от свойства почвы впитывать и пропускать через себя воду. Величина водопроницаемости зависит от пористости и особенно от размера пор. Чем больше пористость и крупнее поры, тем лучше водопроницаемость. Существенное влияние на водопроницаемость почвы оказывает имеющиеся в ней трещины, ходы корней и червей, кротовины.

Поступление влаги в сухую почву, когда идет преимущественно процесс ее впитывания. Совершается быстрее, чем проникновение воды во влажную почву. Поэтому в начале впитывания водопроницаемость больше, чем в последующие отрезки времени. По мере просачивания и насыщения почвы влагой происходит набухание почвенных коллоидов и уменьшение размера пор, а также разрушение непрочных комков и уменьшение крупных межагрегатных пор. Когда заканчивается процесс впитывания воды почвой, величина водопроницаемости определяется коэффициентом фильтрации и становится более или менее постоянной. При слабой водопроницаемости столб жидкости не превышает 50 мм, при средней – 100, при высокой – 150 мм в час.

Производительным видом расхода воды из почвы является лишь потребление ее культурными растениями. К непроизводительным расходам относятся сток воды и снос снега с поверхности почвы, испарение воды почвой, инфильтрация в грунтовые воды, потребление воды сорняками.

Вода испаряется из почвы в течение всего года, но особенно сильно весной и в послеуборочный летне-осенний период, когда почва не покрыта растениями. Влага испаряется из почвы с ее поверхности в результате диффузии пара и газообмена. Величина зависит от метеорологических условий, характера поверхности и физических свойств почвы. Первая стадия – в интервале влажности от полного насыщения до капиллярной влагоемкости, когда скорость испарения более или менее постоянна и равна испарению с водной поверхности. Вторая стадия по мере высыхания почвы и разрыва капиллярной связи. При этом резко уменьшается подвижность воды, и основными факторами определяющими скорость испарения, являются влажность почвы и ее физические свойства. Переход от постоянной скорости испарения к убывающей совпадает с влажностью разрыва капилляров, при которой преобладающий капиллярный механизм передвижения влаги сменяется пленочно-менисковым. Вторая точка перелома на кривых скорости высушивания совпадает с влажностью устойчивого завядания (третья стадия), когда испарение еще больше замедляется и, наконец, на уровне максимальной гигроскопичности прекращается, идет движение пара.

Фильтрация или процесс нисходящего движения, воды для некоторых почв без водоупорного слоя составляет значительный вид потерь. Почвы на глубоких песках имеют высокий коэффициент фильтрации и плохо удерживают воду.

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. Задача 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 агротехнологических приемов, способствующих накоплению, сохранению и рациональному расходованию влаги. К ним относятся: обработка почвы, обеспечивающая улучшение ее водно-физических свойств; приемы мульчирования, снегозадержания всеми средствами; приемы регулирования стока (агротехнические, мелиоративные); уничтожение сорняков; подбор культур, сортов, сроков и способов сева; сочетание культур в севообороте; внесение удобрений и обеспечение растений другими условиями жизни.

### **Задание 1 Определение гигроскопической влаги в почве**

**Материалы и оборудование:** 2–3 образца почвы разного механического состава, просеянной через сито с ячейками 1 мм; стеклянные стаканчики с притертой крышкой (бюксы), аналитические весы, сушильный шкаф, эксикатор с хлористым кальцием, тигельные щипцы.

**Пояснения к заданию.** Всякая почва обладает гигроскопичностью, т. е. способностью адсорбировать (поглощать) парообразную влагу из атмосферного воздуха и прочно удерживать ее на поверхности своих частиц. Адсорбированная сухой почвой влага из водяных паров соприкасающегося с ней атмосферного воздуха называется гигроскопической водой.

Содержание гигроскопической воды в почве зависит от механического и химического состава почвы, а также от относительной влажности воздуха. Чем она (относительная влажность) выше и чем мелкоземистее почва, т.е. чем сильнее дисперсность почвы и больше в ней коллоидов, тем выше гигроскопическая влажность. Количество гигроскопической влаги определяют высушиванием воздушно-сухой почвы до абсолютно



сухого состояния. Величину гигроскопической влажности используют для пересчета результатов анализов на абсолютно сухую навеску.

**Ход работы:**

1) взять стеклянный бюкс, высушить его при температуре 105 °С в течение 3 ч в сушильном шкафу, охладить в эксикаторе и взвесить;

2) в высушенный бюкс ложечкой насыпать воздушно-сухую почву массой около 5–10 г (для тяжелых почв меньше, для легких – больше), закрыть крышкой и взвесить на аналитических весах;

3) поместить бюксы с почвой (крышку открыть) в сушильный шкаф и сушить при температуре 105 °С в течение 5–6 ч;

4) по окончании сушки бюкс закрыть крышкой и перенести тигельными щипцами в эксикатор для охлаждения;

5) взвесить бюкс с высушенной почвой и снова поместить в сушильный шкаф;

6) охладить бюксы с почвой и провести контрольное взвешивание. Если масса после второй сушки не изменилась или отличается от предыдущей не более чем на 1 мг, высушивание закончить. В том случае, когда масса уменьшилась более чем на 1 мг, почву опять просушивают до тех пор, пока масса не станет постоянной или разница массы не будет превышать 1 мг (0,01 г);

7) вычислить процент гигроскопической влаги по формуле

$$x = \frac{a}{b} \times 100,$$

где  $x$  – гигроскопическая влага (% от массы сухой почвы);

$a$  – масса испарившейся воды, г;

$b$  – масса сухой почвы, г.

3) вычислить коэффициент гигроскопичности (КГ) по формуле

$$КГ = \frac{100+x}{x},$$

где  $x$  – гигроскопическая влага, %.

Коэффициент гигроскопичности используют для пересчета результатов анализа воздушно-сухой почвы на сухую. Умножая результаты различных анализов воздушно-сухой почвы на КГ, получают процентное содержание их от массы абсолютно сухой почвы;

9) полученные данные записать в рабочую тетрадь по следующей форме

Горизонт и глубина взятия образца, см	№ бюкса	Масса, г					Сухой почвы	Испарившейся воды	Гигроскопическая влага, %	кг
		бюкса	Бюкса с почвой							
			до сушки	после сушки						
1 взв.	2 взв.	3 взв.								

## Задание 2 Определение максимальной гигроскопической влаги и влажности завядания растений

**Материалы и оборудование:** 3–4 образца почвы разного механического состава, просеянной через сито с ячейками 1 мм, стаканчики, аналитические (или технические) весы с разновесами, эксикатор для охлаждения и эксикатор с раствором  $K_2SO_4$  сушильный шкаф, щипцы.

**Пояснения к заданию.** Количество адсорбированной и конденсированной воды, которые поглощает сухая почва из воздуха, находящегося в состоянии, близком к насыщению (96–98 %), соответствует величине максимальной гигроскопической влажности (МГ). Этой величиной пользуются для вычисления влажности завядания растений, т.е. той влажности почвы, при которой начинается устойчивое завядание растений. Влажность завядания (ВЗ) равна полуторно-двойной максимальной гигроскопической влажности. ВЗ определяется также биологическим методом (метод проростков).

Величину максимальной гигроскопической влажности определяют адсорбционным методом, насыщая почву парами воды над насыщенным раствором  $K_2SO_4$ .

### Ход работы:

1) взвесить на аналитических весах 5–10 г воздушно-сухой почвы для почв гумусных и тяжелого механического состава (10–15 г для легких суглинков и почв, бедных гумусов, и около 20 г для песчаных почв и песков) и поместить в предварительно взвешенный стаканчик;

2) налить на дно эксикатора насыщенный раствор  $K_2SO_4$  (150 г соли растворить в 1 л дистиллированной воды);

3) поместить на дырчатую фарфоровую пластинку в эксикатор почву в стаканчике с открытой крышкой;

4) поставить эксикатор в темное место с относительно постоянной температурой на 4–5 дней;

5) взвесить стаканчик с почвой и снова поставить в эксикатор на 5–6 дней, затем взвесить и т.д. Насыщение почвы влагой вести до постоянно массы или до тех пор, пока разница между предыдущей массой не будет превышать 0,005 г. Длительность насыщения – около месяца;

6) высушить почву в стаканчике в сушильном шкафу при 105 °С до постоянной массы (сушить 3 ч, повторно – 2 ч);

7) поместить почву в стаканчике с закрытой крышкой в эксикатор с хлористым кальцием для охлаждения;

8) взвесить стаканчик с почвой и вычислить процент максимальной гигроскопической влаги по формуле

$$x = \frac{b-c}{c-a} \times 100,$$

где  $x$  – искомая величина МГ, %

$a$  – масса пустого стаканчика, г;

$b$  – масса стаканчика с почвой после насыщения, г;

$c$  – масса стаканчика с почвой после высушивания, г.

10) полученные данные записать в рабочую тетрадь по следующей форме:

№ стаканчика	Масса стаканчика					МГ, %
	пустого	с почвой				
		до насыщения	после насыщения влагой (дата)			

11) вычислить влажность завядания растений (ВЗ), учитывая, что  $VZ = 1,5$  (2,0) мг. В гидрометеорологической службе ВЗ определяют умножением МГ на коэффициент 1,34.

### Задание 3 Определение влажности почвы

**Материалы и оборудование:** почвенный бур, алюминиевые стаканчики или стеклянные бюксы, технические весы с разновесами, сушильный шкаф, эксикатор, фарфоровые тарелки, роговые ложки, тигельные щипцы, сито с отверстиями 1 мм.

**Пояснения к заданию.** Влажностью почвы называют количество воды в ней, выраженное в процентах к массе абсолютно сухой почвы (в последнее время влажность часто вычисляют в

процентах к объему сухой почвы (влажность почвы в объемных процентах):

$$W = x \cdot OM,$$

где  $W$  – влажность, % – от объема почвы;  
 $x$  – влажность, % от сухой почвы;  
 $OM$  – объемная масса почвы, г/см<sup>3</sup>.

Знание влажности почв необходимо для определения общих и продуктивных для растений запасов почвенной влаги, пересчета результатов анализов на сухую почву и т.д. Зная, какое количество воды содержится в почве, можно определить сроки и нормы полива, т.е. регулировать водный режим почвы.

Сопоставляя данные о влажности почвы на протяжении всего вегетационного периода с результатами фенологических наблюдений за растениями на учебно-опытных участках, можно объяснить структуру урожая, динамику его накопления в связи с водным режимом почвы и выявить другие закономерности.

#### Ход работы:

1) взять в поле с нужной глубины 10–15 г почвы и поместить в предварительно взвешенный стаканчик;

2) взвесить (в лаборатории) стаканчик с почвой на технических весах с точностью до 0,01 г;

3) поместить стаканчик (с открытой крышкой) в сушильный шкаф и сушить при 105 °С в течение 6 часов;

4) по окончании сушки стаканчик закрыть крышкой и поставить в эксикатор для охлаждения;

5) взвесить стаканчик с почвой и снова поместить в сушильный шкаф на двухчасовое повторное (контрольное) высушивание. Затем опять взвесить;

6) вычислить процент влаги, пользуясь формулой

$$V_0 = \frac{B_1 - B_2}{B_2 - B} \times 100$$

где  $V_0$  – искомая величина, %;

$B$  – масса алюминиевого стаканчика, г;

$B_1$  – масса стаканчика с почвой до сушки, г;

$B_2$  – масса стаканчика с сухой почвой, г.

Все записи при определении влажности ведут по следующей форме:

Название почвы или изучаемого варианта	Слой почвы, см	Номер стаканчика	Масса стаканчика	Масса стаканчика с почвой до сушки $V_1, г$	Масса стаканчика с почвой после сушки $V_2, г$			Влажность почвы $V_0, \%$
					1	2	3	

#### Задание 4 Определение водоподъемной способности (капиллярности) почвы

**Материалы оборудование:** 4–5 образцов почвы разного механического состава и структурности, просеянных через сито с ячейками 1 мм, стеклянные трубки высотой 50–60 см и диаметром около 3 см, штатив, фильтровальная бумага, марля, шпагат, линейка, часы.

**Пояснения к заданию.** Водоподъемной способностью или капиллярностью почвы называется ее способность поднимать по капиллярам влагу из нижних горизонтов в верхние. Скорость и высота подъема зависят от ширины капилляров, а значит, от механического состава и структурности почвы.

В глинистых почвах вода по капиллярам поднимается медленно, но на большую высоту, в песчаных – быстрее, но на меньшую высоту. В бесструктурных почвах по сравнению со структурными вода быстрее передвигается по капиллярам и испаряется в атмосферу; в уплотненных почвах сильнее проверяются капиллярные свойства, чем в рыхлых. Благодаря водоподъемной способности почвы растения используют влагу нижних слоев почвогрунта.

#### Ход работы:

1) подготовить стеклянные трубки, для чего расширенные концы трубок закрыть фильтровальной бумагой и марлей и плотно обвязать шпагатом;

2) насыпать в каждую трубку одну из разновидностей почв, предварительно просеянных через сито с ячейками 1 мм. Заполнять трубки необходимо послойно (по 2–3 см), равномерно уплотняя почву постукиванием трубки обо что-либо мягкое или с помощью трамбовочки;

3) поставить трубки в штатив;

4) налить воды в жестяную коробку или другой сосуд, поставленный под концы трубок. При этом концы трубок должны быть погружены в воду на 1 см.

Заметить время начала опыта;

5) измерить высоту подъема воды в трубке с почвой (от уровня воды в в сосуде). Измерение вести через определенные промежутки времени;

б) полученные данные записать в рабочую тетрадь по следующей форме

Почва	Высота подъема, (см) с нарастающим итогом через минуты:												24ч
	3	5	10	15	20	25	30	40	50	60	120	180	

7) полученные результаты изобразить графически, отложив на оси ординат высоту и скорость подъема воды, а на оси абсцисс – время.

### **Задание 5 Расчет запасов влаги в почве, суммарного потребления влаги и коэффициента водопотребления**

Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления для сельскохозяйственных культур можно рассчитать по результатам динамических определений влажности и объемной массы почвы. Для этого на изучаемых вариантах выделяют не менее двух площадок размером 2 x 2 м, на одной из которых возделывают изучаемые в опыте растения, на другой – растения отсутствуют.

Чистые площадки необходимы для расчленения суммарного водопотребления на испарение физическое (с поверхности почвы – непродуктивный расход воды) и на другой транспирацию (испарение воды растениями – продуктивный расход).

На выделенных площадках через определенный промежуток времени определяют влажность и объемную массу почвы до глубины 100 см в каждом 10-сантиметровом слое, причем наблюдения эти сопровождаются учетом количества выпавших осадков.

Для сокращения расчетов в дальнейшем определяют средние значения влажности и объемной массы почвы в слоях 0–30; 30–50 и 50–100 см. кроме того, для расчета запасов продуктивной (доступной растениям) влаги необходимо установить максимальную гигроскопичность почвы.

**Ход работы:** В опыте с ячменем за вегетационный период с 1 мая по 15 августа были проведены необходимые наблюдения и получены следующие результаты (таблица 1.6)

Таблица 1.6 – Результаты наблюдения за влажностью и объемной массой почвы

Показатели	Символ	Единица измерения	Слой почвы		
			0–30	30–50	50–100
Влажность почвы в начале вегетации	$V_0$	%	26	30	27
То же, в конце вегетации	$V_k$	%	12	13	20
Объемная масса почвы (в среднем за вегетацию)	$d_0$	г/см <sup>3</sup>	1,3	1,5	1,5

За вегетационный период выпало 160 мм осадков. Максимальная гигроскопичность почвы ( $W_{mg}$ ) равна 3 %. Урожайность зерна ячменя ( $Y$ ) в среднем составила 30 ц с 1 га.

Исходя из имеющихся данных, вычисляем следующие показатели.

1) запас воды в метровом слое почвы ( $W_0$ ) в начале вегетации как суммарную величину запаса в каждом изучаемом слое (в нашем примере 0–30, 30–50 и 50–100 см) по формуле

$$W_0 = \sum \frac{V_0 d_0 h}{10} = \left[ \frac{26 \times 1,3 \times 30}{10} + \frac{30 \times 1,5 \times 20}{10} + \frac{27 \times 1,5 \times 50}{10} \right] = 393,9 \text{ мм/га,}$$

или  
3939 м<sup>3</sup>/га.

где  $W_0$  – искомая величина, мм или м<sup>3</sup>/га;

$V_0$  – влажность почвы в начале вегетации, %;

$d_0$  – объемная масса, г/см<sup>3</sup>;

$h$  – высота (мощность) изучаемого слоя, см;

10 – коэффициент для перевода м<sup>3</sup> воды в мм. Значения  $V_0, d_0, h$  берутся для соответствующих слоев почвы

2) то же, в конце вегетации ( $W_k$ )

$$W_k = \sum \frac{V_k d_0 h}{10} = \left[ \frac{12 \times 1,3 \times 30}{10} + \frac{13 \times 1,5 \times 20}{10} + \frac{20 \times 1,5 \times 50}{10} \right] = 235,8 \text{ мм/га,}$$

или 2358 м<sup>3</sup>/га.

3) суммарное водопотребление ( $\Sigma B$ )

$$\Sigma B = W_0 - W_k + \Sigma O = 393,9 - 235,8 + 160 = 318,1, \text{ или } 3181 \text{ м}^3/\text{га};$$

4) коэффициент водопотребления ( $K_v$ )

$$K_v = \Sigma B : Y = 318,1 : 30,0 = 10,6 \text{ мм/ц, или } 106 \text{ м}^3/\text{ц}.$$

Рассчитав запас недоступной растениям влаги, легко определить количество воды, пошедшей на формирование урожая и физическое испарение: на разных почвах растения испытывают засуху при различной влажности. Так, на глинистых почвах, удерживающая способность которых очень велика; метровый запас влаги составляет 10–15 % веса почвы, а в песчаных почвах – всего 1–2 %. Это означает, что при одинаковой влажности, допустим 20 %, глинистая и песчаная почвы имеют разное количество доступной растениям воды: глинистая 5–10 %, песчаная 18–19 %;

5) количество недоступной растениям влаги ( $W_n$ ) в метровом слое почвы определяется как суммарная величина недоступной влаги в каждом изучаемом слое (в нашем примере 0–30; 30–50 и 50–100 см)

$$W_n = \Sigma \frac{W_{mg} d_0 h}{10} = \left[ \frac{3,0 \times 1,3 \times 30 \times 1,34}{10} + \frac{3,0 \times 1,5 \times 20 \times 1,34}{10} + \frac{3,0 \times 1,5 \times 50 \times 1,34}{10} \right] = 57,9 \text{ мм/га, или } 579 \text{ м}^3/\text{га},$$

где  $W_{mg}$  – максимальная гигроскопичность почвы, %;

$d_0$  – объемная масса, г/см<sup>3</sup>;

$h$  – высота изучаемого слоя, см;

1,34 – коэффициент, увеличивающий значение  $W_{mg}$  для учета всей недоступной растениям влаги ;

10 – коэффициент для перевода м<sup>3</sup> воды в мм.

6) запас продуктивной влаги ( $W_p$ ) в метровом слое почвы

$$W_p = \Sigma B - W_n = 318,1 - 57,9 = 260,2 \text{ мм/га (} 2602 \text{ м}^3/\text{га)}.$$

Зная запасы влаги в метровом слое почвы в начале вегетации и коэффициент водопотребления, можно рассчитать водообеспеченность растений за вегетацию, ориентируясь на данные о среднемноголетнем количестве выпадающих осадков. Эти расчеты необходимы для установления комплекса агротехнических и химических приемов, направленных на получение плановой урожайности сельскохозяйственных культур.

Предположим, что в хозяйстве планируется урожайность зерна ячменя 40 ц с 1 га. Нужно определить водообеспеченность его за вегетацию и наметить необходимые мероприятия и сроки из



проведения с целью получения запланированной урожайности. Работа выполняется в нижеследующей последовательности:

7) определяем суммарное водопотребление ( $\Sigma B_n$ ), необходимое для получения плановой урожайности. Причем, что коэффициент водопотребления ячменя  $106 \text{ м}^3$  на 1 ц продукции, получим искомую величину:

$$\Sigma B_n = K_0 \times Y = 106 \times 40 = 4240 \text{ м}^3/\text{га, или } 424 \text{ мм/га.}$$

8) по справочным источникам находим потребность растений в воде за каждую декаду в процентах от суммарного потребления за вегетацию (таблица 1.7).

Таблица 1.7 – Анализ водообеспеченность ячменя по справочным данным

Показатели	Май			Июнь			Июль			Август	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Водопотребление % от общего расхода	2,6	4,8	4,9	6,7	9,0	13,2	14,5	16,5	13,7	9,6	5,4
Количество выпадающих осадков, мм (среднегодовые)	14	17	19	20	21	24	26	27	27	25	23
Водопотребление (мм/га), необходимые для получения плановой урожайности	11	20,4	17	28,4	38,2	56,0	61,5	70,0	58,1	40,7	22,9
Запасы продуктивной влаги $\text{м}^3/\text{га}$	1451	1417	1437	1353	1181	861	506	104	76	78	51

9) В соответствии с полученными данными рассчитываем подекадное водопотребление в  $\text{м}^3/\text{га}$  (мм) с учетом выпадение осадков за декаду (таблица 1.7).

Если известно, что суммарное водопотребление для получения запланированной урожайности ( $\Sigma B_n$ ) равно  $4240 \text{ м}^3/\text{га}$ , то  $2,6 \%$  (первая декада мая) то этого количества составит  $- 110 \text{ м}^3/\text{га}$ .

$$B'_v = \frac{\Sigma B_n \times 2,6}{100} = \frac{4240 \times 2,6}{100} = 110 \text{ м}^3/\text{га}, \text{ или } 11,0 \text{ мм/га}.$$

$$B''_{v1} = \frac{\Sigma B_n - 9,0}{100} = \frac{4240 \times 9,0}{100} = 382 \text{ м}^3/\text{га}, \text{ или } 38,2 \text{ мм/га}.$$

$$B'_{v111} = \frac{\Sigma B_n \times 9,6}{100} = \frac{4240 \times 9,6}{100} = 407 \text{ м}^3/\text{га} \text{ или } 40,7 \text{ мм/га}.$$

где  $B'_v, B''_{v1}, B'_{v111}$  - водопотребление за 1 декаду мая, 1 декаду июня, 1 декаду августа.

10) определяют запас продуктивной влаги в 0–100 см слое почвы ( $\Pi_B$ ). Для этого необходимо экспериментальным путем установить запас влаги в почве до вегетации ( $\Sigma B$ ) и количество недоступной растениям влаги ( $W_n$ ). Предположим, в конце апреля определили влажность и объемную массу почвы и нашли, что запас воды равен  $2000 \text{ м}^3/\text{га}$ , или  $200 \text{ мм/га}$

$$\Sigma B = \frac{B_0 d_0 h}{10} = \frac{15,4 \times 1,3 \times 100}{10} = 200 \text{ мм/га}, \text{ или } 2000 \text{ м}^3/\text{га}.$$

$$W_n = \Sigma = \frac{3,0 - 1,3 - 100 \times 1,34}{10} = 52,3 \text{ мм/га}, \text{ или } 523 \text{ м}^3/\text{га}$$

Техника расчета и обозначения изложены выше, а запас влаги взят по агрономическому справочнику.

Запас продуктивной влаги в первой декаде мая ( $\Pi'_{bv}$ ) будет равен запасу в предыдущий срок ( $\Sigma B = 2000 \text{ м}^3/\text{га}$ ), плюс количество выпавших за эту декаду осадков ( $O'_v$ ) минус водопотребление ( $B'_v$ ) и минус количество недоступной влаги ( $W_n$ )

$$\Pi'_{bv} = (\Sigma B + O'_v) - (B'_v + W_n) = (2000 + 140) - (110 + 579) = 1451 \text{ м}^3/\text{га}, \text{ или } 145, \text{ мм/га}.$$

Во второй декаде мая ( $\Pi''_{bv}$ ) запас продуктивной влаги будет равен запасу ее за предыдущую декаду ( $\Pi'_{bv}$ ) плюс осадки за текущую декаду ( $O''_v$ ) минус водопотребление ( $B''_v$ ). В этом случае недоступная влага не учитывается, так как расчеты ведутся по доступной растениям влаги

$$\Pi''_{bv} = \Pi'_{bv} + O''_v - B''_v = 1451 + 170 - 204 = 1417 \text{ м}^3/\text{га}, \text{ или } 141,7 \text{ мм/га}.$$

$\Pi'''_{\text{BV}} = \Pi''_{\text{BV}} + O'''_{\text{V}} - B'''_{\text{V}} = 1417 + 190 - 170 = 1437 \text{ м}^3/\text{га}$ , или 143,7 мм/га.

$\Pi'''_{\text{BVI}} = \Pi''_{\text{BVII}} + O'''_{\text{VII}} - B'''_{\text{V}} = 76 + 270 - 581 = 235 \text{ м}^3/\text{га}$ , или 23,5 мм/га.

(то есть доступная растениям влага в почве отсутствует). Считается, что растения обеспечены водой, если запасы продуктивной влаги превосходят расход ее из почвы.

Следует иметь в виду, что рассчитанные этим методом данные недостаточно точно характеризуют водообеспеченность растений, так как не все источники поступления и расхода воды при этом учитываются. Например, осадки менее 5 мм учитываются и входят в средние многолетние данные. Однако, выпадающие в таком количестве осадки оказывают существенного влияния на водный режим почвы, часто задерживаются на вегетирующих органах растений и непроизводительно испаряются в атмосферу. При выпадении ливней часть осадков стекают с поверхности почвы и также не используется растениями.

Но, несмотря на это, даже такие расчеты позволяют специалистам иметь довольно четкое представление о характере водного баланса почвы и, опираясь на них, заранее планировать систему агротехнических, мелиоративных, ирригационных и других мероприятий с целью получения программированной урожайности.

### 1.8 Воздушный режим почвы

Почвенный воздух является фактором жизни всего живого на земле, в этом числе и сельскохозяйственных растений. В нем содержатся главнейшие элементы питания растений и биологической деятельности почвы: кислород, углерод и азот. Следовательно, почвенный воздух является материальным источником питания растений. Он разделяет эту функцию с жидкой и твердой частями почвы. От состояния воздушного режима почвы зависит характер и степень развития ее плодородия, физико-химических и биологических процессов.

Особенно большое значение в жизни растений имеют процессы миграции и превращений углекислоты, которыми определяется направление и характер развития почвы, ее окультуривание. Все формы углекислоты в почве (поглощенная, растворенная, углекислота бикарбонатов и карбонатов и углекислота, выделяемая растениями, микроорганизмами и другими существами) находятся в легко меняющейся закономерно увязанной системе, на которую действуют парциальное давление газов, и разные биологические агенты, и ход

всех других процессов в почве. Почвенный воздух является главным источником углекислоты, необходимой растениям для синтеза органического вещества. По Н. Я. Яшутину, А. П. Дробышевой от 38 до 90 % потребляемой растениями углекислоты приходится на долю почвенного воздуха. Углерод составляет в среднем 45 % основной органической массы растений (сухого вещества).

Значение почвенного кислорода в жизни растений и почвы многосторонне. Он поглощается корнями растений при дыхании, используется микроорганизмами и активно участвует в химических реакциях окисления. В почву при газообмене кислород поступает с осадками, будучи растворенными в дождевой воде путем диффузии из приземного слоя атмосферы, а также по воздухоносным тканям растений. Значительная часть кислорода в почве находится в поглощенном состоянии. Кислород составляет в среднем 42 % основной органической массы растений (сухого вещества).

В газообразной части почвы, кроме углекислоты и кислорода, содержатся азот и водяные пары, которые также непрерывно участвуют в круговороте веществ, мигрируя по всем трем фазам почвы. Газообразный азот воздуха в почве при участии почвенных клубеньковых бактерий фиксируется в различные органические вещества, при минерализации которых образуются нитраты, нитриты и аммиак, а при денитрификации азот превращается в газообразную форму. В среднем основная органическая масса растений, кроме углерода и кислорода, имеет 6,5–7,0 % водорода и 1,5 % азота.

Почвенный и атмосферный воздух составляют равновесную динамическую систему, которая регулируется законами физики, химии и изменяет свой состав больше, чем атмосферный. Причины этого – жизнедеятельность растений и микроорганизмов. Известно, что корни растений выделяют углекислый газ в течение всей вегетации. При аэробном разложении отмерших корней, дернины, других растительных остатков, органических удобрений, гумуса и других органических веществ также выделяется углекислый газ.

Одновременно с увеличением в почвенном воздухе углекислого газа идет непрерывное уменьшение количества кислорода, который потребляется корнями растений, аэробными микробами и другими живыми существами в почве. Содержание кислорода в разных типах почвы может снижаться до 2–3 %, а количество углекислоты достигает 10 % и более (особенно на торфяных почвах).

Сухой атмосферный воздух содержит азота 78,23 %, кислорода 20,81 %, углекислого газа 0,03 %, аргона 0,90 %, остальных газов: водорода, гелия, хлора, метана и пр. – около 0,03 %. Различая по

составу атмосферного и почвенного воздуха, служат показателем качества почвы и способов ее возделывания. Так, высокая концентрация углекислого газа в почве токсична для корней растений. При ней снижаются жизнедеятельность большинства аэробных микроорганизмов. Лишь некоторые луговые мирятся с концентрацией углекислого газа выше 3–5 %. Для большинства же культур такая концентрация токсична. Концентрация углекислоты в приземном воздухе составляет около 1 %, наиболее благоприятна для многих культур, поэтому выделяющийся из почвы углекислый газ дважды играет полезную роль. Динамика его образования и выделения из почвы легко поддается управлению агротехнологическими средствами. Средняя по плодородию почва за один час выделяет около 4–6 кг углекислого газа с 1 га, хорошо окультуренная – до 10 кг, а, например, один гектар овса за это же время потребляет 10–12 кг. При отсутствии газообмена концентрация углекислоты в почве удваивается через каждые 1,5 часа, а кислород полностью расходуется в течение двух суток.

Главными факторами газообмена в почве являются те природные силы и процессы, при которых почвенный воздух выделяется из почвы, а атмосферный входит в нее. К числу таких факторов относятся, во-первых, постоянно действующие – колебание температуры, изменение барометрического давления атмосферы и диффузия газов, во-вторых, действующие с перерывами промывание почвы водой, поступающей при осадках и поливах, выдувание почвенного воздуха ветром и оседание почвы.

Днем при нагревании почвы нагревается и почвенный воздух, объем его увеличивается, поэтому часть его выходит из почвы наружу. Ночью же при отдаче почвой тепла почвенный воздух сжимается, вследствие чего освобождающиеся поры заполняются свежим атмосферным воздухом. Масштаб этого процесса, повторяющегося каждые сутки, определяется амплитудой колебания температуры и коэффициентом расширения газов. При средних колебаниях температуры в 10 градусов суточный газообмен составляет 12 % объема, занятого почвенным воздухом, и, следовательно, за 8 дней происходит полный газообмен.

При поступлении воды почвенный воздух вытесняется, затем по мере ее расхода пополняется за счет атмосферного. Кроме того, дождевая вода содержит больше кислорода и меньше углекислоты, чем почвенный раствор. Однако в годовом балансе масштаб газообмена под влиянием осадков не имеет решающего значения. Также слабо влияние на газообмен оседания почвы после ее

обработки. При оседании почвы непрерывно уменьшается ее скважность, свободное пространство для размещения воздуха все время уменьшается, а если на поверхности образуется корка, то беспрепятственное движение воздуха будет нарушено.

### 1.8.1 Методы изучения аэрофизических (воздушных) свойств почвы

Из агрофизических свойств почвы в первую очередь следует выделить воздухоемкость, воздухопроницаемость и газообмен между почвой и атмосферой – показатели, которые определяют качественный и количественный состав почвенного воздуха.

Воздухоемкость почвы зависит от ее механического состава, объемной массы и структуры, а также от степени осушения почвы. Воздухоемкость суглинистых почв варьирует в пределах 10–25 %, глинистых – 0–15 %, болотных – 0–25 %. Для нормального роста и развития большинства культурных растений требуются почвы с достаточной воздухоемкостью: для трав – 6–10 %, пшеница и овса – 10–15 %, ячменя, сахарной свеклы – 15–20 %.

Определяют воздухоемкость почвы буровым методом или специальным прибором – аэропикнометром. В первом случае работа выполняется по методике определения объемной массы почвы, т.е. буром – цилиндром определенного объема отбирают образец почвы с ненарушенным сложением и вычисляют массу сырой почвы, ее влажность ( $V_0$ ), объемную массу ( $d_0$ ) и ее плотность ( $d$ ). В дальнейшем рассчитывают:

- общую пористость  $V_0 = \frac{d-d_0}{d} \times 100$ ;
- объем пор, занятых водой  $V_B = V_0 \times d_0$ ;
- воздухоемкость почвы  $V = V_0 - V_B$ ;

Воздухоемкость почвы легко рассчитать по результатам анализа строения (сложения) и объемной массы почвы.

Воздухопроницаемость – это свойство почвы пропускать через себя воздух. В природных условиях поступление воздуха в почву происходит под действием атмосферного давления и воды, заливающей поверхность почвы. Она зависит от влажности почвы, ее механического состава, объемной массы, структуры и измеряется количеством воздуха, проникающего за единицу времени через почвы  $1 \text{ см}^2$ . Она может быть выражена и в относительных величинах – процентах к скорости выхода определенного воздуха в атмосферу. Существует много методов определения воздухопроницаемости:

Метод Эванса и Кирхама, где воздухопроницаемость определяют по времени выравнивания градиента давления при прохождении определенного объема воздуха через почву в атмосферу.

Прибор Рида – воздухопроницаемость определяют по времени выравнивания избыточного давления, как и прибором Эванса и Кирхама.

Метод Н. Ф. Добрякова основан на непосредственном измерении скорости прохождения воздуха через почву с помощью реометра – специального устройства из трубок различного диаметра.

Почвенным газообменом называется перемещение газов в почве, сопровождаемые обменом газов между твердой, жидкой и газообразной фазами почвы. Этот процесс связан с диффузией газов, изменением температуры и атмосферного давления, влажности почвы, жизнедеятельностью корней и почвенных микроорганизмов и фауны.

Следовательно, интенсивность газообмена между почвой и атмосферой можно определить путем непосредственного учета количества проникшего в почву и выделившегося из нее воздуха или косвенным путем, по количеству выделившегося из почвы углекислого газа. Поскольку образование углекислого газа в почве связано с биологическими и биохимическими процессами, протекающими в ней, то количество выделившегося углекислого газа может характеризовать не только интенсивность газообмена, но и интенсивность разложения органических веществ в почве (закапывание льняной ткани), то есть ее биологическую активность.

Все вышеупомянутые методы по изучению аэрофизических свойств почвы подробно описаны в учебном пособии Б. А. Доспехова и др. Практикум по земледелию.

### **1.9 Тепловые свойства и тепловой режим почвы**

Роль тепла в жизни растений и почв. Для роста и развития растений необходимы определенные тепловые условия. Интенсивность важнейших физиологических процессов – фотосинтеза, дыхания, транспирации – зависит от температуры растения и окружающего воздуха. Повышение температуры до определенной величины (оптимума) способствует активизация указанных процессов, при дальнейшем увеличении этого фактора нормальная жизнедеятельность растений нарушается: синтез ослабляется, дыхание усиливается, неустойчивые соединения распадаются, а если температура еще больше повышается, происходят необратимые нарушения обмена веществ, приводящие растения к гибели.

Для каждого вида растений необходимы свои оптимумы тепла, меняющиеся по фазам. Так, оптимальная температура для прорастания семян:

- рожь, пшеница, ячмень, овес, гречиха, рапс, вика, горох – 25–30 °С. Минимальная соответственно – 1–2 °С.

- кукуруза, просо, могар, суданская трава, соя, подсолнечник – 31–45 °С. Минимальная соответственно – 8–10 °С.

Температура оказывает непосредственное влияние на формирование тех органов растений, ради которых они возделываются, например, клубней у картофеля, корней у корнеплодов, луковицы у лука.

Знание отношения растений к теплу позволяет правильно районировать растениеводческие отрасли – лучше размещать сельскохозяйственные культуры по площади в хозяйстве, правильно устанавливать сроки их посева, своевременно принимать необходимые меры регулирования температуры почвы.

Не меньшее значение имеют тепловые условия для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, с которыми связаны процессы образования доступных растениям форм питательных веществ, связывание атмосферного азота клубеньковыми и свободноживущими бактериями, а также жизнедеятельность бактерий и грибов, вызывающих болезни растений. Оптимальные температуры для микроорганизмов в основном совпадают с их значениями для культурных растений. Большая часть почвенных микроорганизмов развивается лучше при температурах от 10 до 40 °С. Некоторые из них могут развиваться даже при нуле градусов. Верхний предел – около 65–70 °С.

В случаях различного отношения к теплу растений и почвенных микроорганизмов могут возникать нарушения в питании растений такие, как, например, азотное голодание озимых культур ранней весной вследствие слабой жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий.

Кроме прямого действия на жизнедеятельность растений и микроорганизмов, температурный режим почвы оказывает разнообразное влияние, воздействуя на водно-воздушный и пищевой режимы.

Влияние тепла на водно-воздушный и пищевой режимы почв. Тепловой режим почвы взаимосвязан с водным, воздушным и пищевым режимами. Эти связи весьма многосторонни. Так, повышение температуры почвы изменяет вязкость и поверхностное натяжение, в результате чего увеличивается подвижность воды. При



резком понижении температуры ночью происходит конденсация водяных паров. Колебания температуры оказывают существенное влияние на состав почвенного воздуха и газообмена. Резкая смена температуры значительно изменяет физико-химические свойства почвы. При пониженных температурах корни растения меньше усваивают азота, фосфора и калия. При промораживании почвы она становится менее связной, в ней повышается проницаемость для воды и воздуха.

Повышение активности микроорганизмов в благоприятных тепловых условиях способствуют ускоренному разложению органического вещества и образованию доступных для растений форм питательных веществ.

Приемы регулирования теплового режима. В северных районах задача регулирования теплового режима почвы и приземного слоя воздуха сводится к увеличению притока тепла в почву и сохранению его в ней. Важной задачей почти во всех районах является предупреждение заморозков. В южных районах наряду с этими задачами нередко возникает необходимость ослабить вредное влияние перегрева почвы и растений, вызывающего бесполезный расход большого количества влаги.

Приемы регулирования теплового режима можно условно разделить на три группы

1) лучшее использование основных и дополнительных источников тепла;

2) сохранение и уменьшение расхода почвой тепла;

3) устранение перегрева почвы.

Для более полного использования солнечной радиации в северных районах большое значение имеет правильное размещение возделываемых растений по элементам рельефа. Более теплолюбивые культуры следует располагать на плато и склонах южной экспозиции, а холодостойкие – в низинах и на северных склонах. С этой же целью применяют гребневые и грядовые способы возделывания сельскохозяйственных культур. Гребни и гряды лучше прогреваются, легче освобождаются от излишней воды. Разница в температуре почвы с гребнистой и ровной поверхностью достигает  $5^{\circ}\text{C}$  на глубине 5 см и на  $2,5^{\circ}\text{C}$  – на глубине 10 см. Хотя в ночное время гребни и гряды отдают тепла больше, чем ровная поверхность, все же тепловой баланс в сумме складывается положительный, более благоприятный за счет дневного лучшего прогрева.

Поступление тепловой энергии солнца может быть увеличено обработкой почвы и регулированием водно-воздушного режима. Вспаханная почва аккумулирует больше тепла, чем необработанная.

В овощеводстве, а также при выращивании ценных технических культур, для увеличения прихода тепла в почву применяют мульчирование почвы темноцветной бумагой, перегноем, торфом и другими материалами. Эти средства обеспечивают в ясные дни повышение температуры почвы на глубине 5–10 см на 8–10 и даже 12 °С.

В районах с коротким теплым периодом и недостатком солнечной радиации пользуются дополнительными средствами обогрева почвы. Таким средством может служить органические удобрения. При полном разложении 1 т навоза освобождается до 3–4 млн. больших калорий тепла. Закладка больших количеств навоза в парники и гряды – распространенное в овощеводстве средство обогрева почвы.

В орошаемом земледелии в качестве дополнительного источника тепла используют поливную воду, имеющую более высокую температуру, чем почва.

В хозяйствах, расположенных вблизи промышленных предприятий или около природных источников термальных вод, может развиваться овощеводство, бахчеводство и производство плодово-ягодной продукции на подпочвенном обогреве этими водами.

В защищенном грунте для обогрева могут применяться также электричество, пар и различные виды биотоплива.

В открытом грунте для уменьшения расхода тепла из почвы проводят снегозадержание. Благодаря низкой теплопроводности снежный покров хорошо сохраняет в почве тепло и защищает ее от охлаждения. Температура почвы сильно зависит от толщины снежного покрова. Так, по наблюдениям в Омской области, температура на поверхности почвы под слоем снега 60 см повысилась на 5 °С по сравнению с почвой, находящейся под слоем снега в 20 см. Температура поверхности почвы под снегом характеризуется минимальной амплитудой колебаний.

Снежный покров имеет огромное значение для перезимовки озимых культур и многолетних трав, а также плодово-ягодных насаждений. Озимые культуры благополучно перезимовывают при неглубоком промерзании почвы при температуре на ее поверхности не ниже минус 10 °С и не выше минус 5 °С. Такие условия создаются при высоте снежного покрова в европейской части России от 20 (на юге) до 70 (на севере), а в Сибири от 40 до 100 см.

В ночное время ранней весной, летом и осенью почва вследствие большой потери тепла переохладаться и всходы посевов могут пострадать. Для уменьшения потерь тепла в эти периоды применяют мульчирование почвы почвой.

Специальными мерами по предотвращению вреда от заморозков являются дымовые завесы. Дым, водяные пары в приземном слое воздуха предохраняют почву от лучеиспускания и переохладения.

Для предупреждения перегрева почвы применяют различные приемы затенения почвы и посевов, а также мульчирование белыми материалами, усиливающими отражение солнечной радиации. Поливы посевов, особенно дождевание, способствуют охлаждению почвы и увеличивают потери тепла на испарение.

Важное комплексное влияние на тепловой режим оказывают полезащитные лесонасаждения. Положительное влияние на тепловой режим оказывают мероприятия по улучшению физических свойств почвы. Структурные почвы хорошего строения обладают наиболее благоприятными тепловыми свойствами, сравнительно мало испаряют воды, хорошо прогреваются и сохраняют тепло в глубоких слоях.

### **1.9.1 О некоторых проблемах управления режимом освещенности растений**

Неисчерпаемость источника света – Солнца – и неизмеримо большое количество световой энергии, посылаемой Солнцем на Землю, создают впечатление, что растения не испытывают недостатка в этом факторе. Однако это далеко не так. Знание основных хотя бы закономерностей поступления тепла и света от Солнца на Землю и основных особенностей отношения разных видов растений к свету позволяет определять и осуществлять многие меры по оптимизации режима освещенности растений.

Отношение растений к свету. Научные исследования по фотосинтезу свидетельствуют о неодинаковой реакции растений на продолжительность освещения, состав и напряжение света. Установлены оптимум напряжения освещения в пределах 4000–10000 люксов (с отклонениями для различных растений) и вредоносность чересчур яркого освещения (при ярком солнечном дне напряжение достигает 60000 люксов). Новейшими исследованиями установлено, что наиболее благоприятный для многих растений режим освещения такой, при котором кроме смены дня и ночи (фотопериодизм), имеет место чередование более яркой освещенности с менее яркой. При этом средняя продолжительность каждой фазы для многих растений находится в пределах 25–50 мин.

Кроме влияния состава, яркости и продолжительности света на фотосинтез, солнечный свет оказывает воздействие и на другие различные физиологические процессы растительного организма: прорастание семян, залегание узла кущения, характер кущения и т.д.

Например, существенную роль свет играет при образовании узла кущения злаков. Прорастающее на некоторой глубине в почве семя злаков образует первичную корневую систему и первичный стебель, который направляется к поверхности почвы. На некотором расстоянии от семени на первичном стебельке закладывается узел кущения, из которого начинает развиваться вторичная корневая система при постепенном отмирании первичной системы. Глубина залегания узла кущения играет очень важную роль во всей последующей жизни растений. Задача агротехники заключается в том, чтобы содействовать закладке узла кущения на необходимой глубине. Глубиной заделки семян нельзя полностью регулировать глубину закладки узла кущения. При глубокой заделке семян удлиняется лишь первичный стебелек (между семенем и узлом кущения). Исследованиями доказано, что решающую роль в глубине закладки узла кущения играет свет. Рост первичного стебелька происходит лишь в темноте, на свету же узел кущения образуется сразу около самого семени. Первичный стебелек растет до тех пор, пока свет не проникнет к ростку, после чего сразу же закладывается узел кущения. Чтобы узел кущения образовался на сравнительно большой глубине, можно, например, семена посеять в открытую борозду любой глубины, слегка прикрыв их землей. После того, как семена прорастут, и первичный стебелек после действия на его света заложит узел кущения, борозду можно закрыть. Подобное же влияние свет оказывает на прорастание картофеля. При прорастании клубней в темноте получаются длинные ростки, затрудняющие использование такого посадочного материала. При прорастании на свету ростки получаются толстыми, короткими. Пророщенный на свету картофель быстрее развивается и созревает. Уходом за посадками картофеля до всходов и после них можно регулировать длину столонов, располагая их на нужной при данных условиях глубине.

Не менее важную роль играет свет в процессе кущения, обуславливая длину междоузлий, особенно первых, от крепости которых зависит устойчивость посевов к полеганию. При хорошем освещении растений при кущении образуются короткие, прочные первые междоузлия, хорошо противостоящие внешним влияниям (ветру, дождю и пр.). Затенению всходов (например, на густом посеве) способствуют разрастанию и удлинению первых междоузлий,

которые слабо противостоят полеганию. Так, загущение посевов при хорошей обеспеченности растений земными факторами жизни из-за недоосвещенности кушения ведет к полеганию. В этом случае надо снижать норму высева.

При возделывании льна на волокно, наоборот, требуется загущенный посев и пасмурная дождливая весна, чтобы стебель рос в длину. При возделывании же льна масличного требуются редкий посев и ясная погода, чтобы образовались короткостебельные и многокоробочные растения. Приведенных примеров достаточно для того, чтобы проиллюстрировать многообразную роль света в жизни растений и необходимость ее учета в агротехнике.

Температура на поверхности Солнца равна  $6000^{\circ}\text{C}$ , а внутри она чудовищна – 15 млн. градусов. Известно, что самые тугоплавкие материалы плавятся, превращаясь в газообразное состояние, при температуре от 3 до 4 тыс. градусов. Все вещества в Солнце могут существовать только в виде раскаленных, сильно сжатых паров и газов. Солнце не является твердым телом. Об этом говорит и его вращение вокруг собственной оси: экваториальная зона делает полный оборот за 25 земных суток, полярная – около 30 суток. Солнце неоднородно. В частности, на его поверхности имеются темные пятна величиной до ста тысяч километров в диаметре и более, что превышает диаметр Земли во много раз. Учитывая, что лучи распространяются перпендикулярно поверхности Солнца, Земля может попадать в тень пятна на 2–3 дня. Температура пятен около  $4500^{\circ}\text{C}$ . число пятен, их размеры и продолжительность жизни непостоянны. Некоторые пятна скрываются вскоре после появления, существуют по несколько недель и даже месяцев. Мощность излучения пятен может отличаться от основной массы солнца: световых и тепловых лучей – 1,3–1,5 раз меньше, а радиационное, магнитное и другие формы излучения могут превышать излучение спокойного Солнца в тысячу раз.

Долго наблюдая солнечные пятна, астрономы заметили, что количество их, то увеличивается, то уменьшается. Причем установлена периодичность в 11 лет. 11 лет – это время, в течение которого плоскости орбит Земли и Солнца повторяются. Кроме того, установлена 18-летняя периодичность солнечной активности.

Изменения солнечной активности вызывают многие изменения в погоде и биологической жизни на Земле. Установлена связь магнитных бурь, северных сияний, частоты и силы больших гроз, чередования дождливых и засушливых лет, эпидемий, эпизоотий и других явлений активного Солнца.

Кроме солнечной активности, в космосе много и других сил, ритмически воздействующих на биологические процессы и погоду на земле. Так, в солнечной системе необходимо назвать ритмы, влияющие на земные процессы, связанные с движением планет: 12-летняя и полная 60-летняя цикличность. Активное участие в формировании погоды на Земле принимает 28-дневная лунная цикличность.

Много других ритмов в космосе, но вышеназванные наиболее активно участвуют в формировании магнитной активности на Земле, активности многих биологических процессов и погоды. Их знание и учет в работе позволяют повысить коэффициент использования ФАР, оптимизировать другие условия жизни растений.

Так, знание названных закономерностей светового режима позволяет совершенствовать:

- географическое распределение культур, возделывание их по времени года, в соответствии с оптимумом инсоляции полей – подбор культур с наибольшим коэффициентом усвоения солнечной энергии;

- применение смешанных, промежуточных, подсевных посевов для улавливания энергии, не используемой основной культурой, что является весьма существенной мерой;

- сочетание культур в севообороте и его корректировку по годам периодов, изменение технологии обработки почвы, агротехники возделывания культур (выбор сроков сева, ширина междурядий, направление рядов и др.).

## **1.10 Научные основы борьбы с сорняками**

### **1.10.1 Понятие о сорных растениях. Вред, причиняемый сорняками**

Сорными называются такие растения, которые не возделываются, но произрастают в посевах культур, нанося им вред.

Кроме того посевы нередко засоряются другими видами культурных растений, снижающими качество урожая. Например, в посевах яровой пшеницы можно встретить овес или ячмень. Яровые зерновые часто засорены подсолнечником, гречихой. В отличие от настоящих сорняков такие растения называются засоряющими. При производстве сортовых семян к засоряющим относятся все растения того же вида, не принадлежащие к данному сорту. При возделывании сортов сильной пшеницы засорителями являются сорта, не относящиеся к сильным, примеси мягких пшениц в посевах твердых также снижают качество товарного зерна этих сортов.

Некоторые сорняки настолько приспособились к условиям жизни культурных растений, что существуют как спутники последних. Такие сорняки называются специализированными. Однако многие сорняки встречаются среди посевов любой культуры и в разных природно-климатических зонах. Приспосабливаясь к жизни культурных растений, сорняки вырабатывают аналогичные им свойства: озимость, яровость, высоту стеблей, способность вести себя как однолетние формы. Некоторые сорняки даже утратили способность самостоятельно обсеменяться, их семена обмолачиваются вместе с культурами.

Вред, причиняемый сорняками, сводится к тому, что засоренные посевы резко снижают урожай и ухудшают его качество. Причины этого:

- многие сорняки при благоприятных условиях бурно развивают вегетативную массу, опережая культуры и сильно затеняя их. Затенение ослабляет фотосинтез, снижает урожай, зерновые культуры при этом удлиняют нижнее междоузлие, ослабляя прочность стебля, полегают. При затенении температура почвы снижается на 2–4 °С, что ведет в свою очередь, к ухудшению условий деятельности микроорганизмов, к разбалансированности питания растений, затягиванию вегетации. Уборка полеглых, недозревших хлебов – это потери, снижение качества, перерасход горячего, средств, материалов;

- у многих сорняков корневая система развивается быстрее, чем у культур. Перехватывая воду и питательные вещества, сорняки тем самым усиливают действие засухи, истощая, приводят к гибели культуры;

- сорные растения являются местообитанием и временным источником питания многих энтомофитов и очагами возбудителей болезней культурных растений;

- некоторые сорняки обладают ядовитыми свойствами, неприятным вкусом или запахом. Наличие в муке, например, даже незначительного количества размолотых семян куколя обыкновенного, плевела опьяняющего, белены черной или горчица ползучего делает ее непригодной для употребления в пищу человека и животных. Пыльца амброзии и полыни вызывает аллергические заболевания. Лютик едкий, хвощ полевой вызывает отравление животных. Донник лекарственный, чеснок полевой, полынь горькая придают неприятный вкус молоку и маслу.

Сорняки создают большие трудности при проведении ряда полевых работ, требуют дополнительных затрат на обработку почвы и урожая, до 30 % повышают тяговое сопротивление орудий. Грубые

одеревенелые стебли вызывают поломку уборочных машин, затрудняют обмолот, забивают сепарирующие органы. Попавшая в бункер масса вызывает порчу урожая, дополнительные затраты на перевозку, сушку, подработку. Все это снижает производительность труда, повышает себестоимость продукции.

### 1.10.2 Биологические особенности сорных растений

Сорные растения имеют ряд биологических особенностей, которые дают им возможность удерживаться на полях, несмотря на применяемые меры борьбы.

Одной из особенностей сорных растений является их высокая плодовитость. Отдельные сорняки дают десятки и сотни тысяч семян с одного растения, что во много раз превышает количество семян с одного растения зерновых культур. Так, одно растение бодяка полевого дает до 19 тыс. штук семян, осота полевого – до 35 тыс. штук, полыни горькой – до 102 тыс. штук, щирицы запрокинутой – до 500 тыс. штук. Большое количество семян, попадая на поверхность почвы, в неблагоприятных условиях погибает, но большая семенная продуктивность помогает им в борьбе за существование.

Вторая особенность состоит в том, что высокая плодовитость сорняков дополняется различными приспособлениями для распространения семян на большие расстояния (летучки, прицепки), заделки в почву (скрученная ость).

Неодновременное и растянутое прорастание семян сорняков – следующая важная биологическая особенность, отличающая их от культурных растений. В то время как период прорастания семян культурных растений, как правило, исчисляется днями, у многих сорняков семена могут лежать в почве годы и даже десятилетия, не теряя всхожести.

Некоторые сорняки образуют полиморфные семена. Например, на одном и том же растении мари белой имеются семена трех групп: а) крупные, коричневые, прорастающие впервые дни; б) более мелкие с толстой оболочкой, черного или зеленовато-темного цвета, прорастающие на второй год после созревания; в) очень мелкие, черные, блестящие, прорастающие на третий год.

Свойство семян не давать всходов объясняют их покоем. Различают глубокий и вынужденный покой. Глубокий покой наблюдается даже при благоприятных для прорастания условиях (он объясняется физиологическим состоянием семени и строением его оболочки), вынужденный – неблагоприятными внешними условиями.



Семена сорняков при благоприятных условиях прорастают быстрее, чем семена культур. Растения сорняков развиваются энергичнее, быстрее культур набирают зеленую массу и опережают их в росте.

Многие сорняки имеют разнообразные вегетативные органы размножения, которые при измельчении не только не утрачивают жизнеспособность, но и повышают способность к образованию побегов.

Так, растения бодяка полевого могут развивать на 1 м<sup>2</sup> до 8,7 м вегетативных органов размножения в почве, формировать до 500 вегетативных почек, осот желтый (полевой) – соответственно до 76 м подземных побегов и более 1500 вегетативных почек. Особенно большую массу вегетативных органов размножения дает пырей ползучий: 500 погонных метров на 1 м<sup>2</sup> корневищ и до 25 тыс. вегетативных почек.

### 1.10.3 Классификация сорных растений

Большое количество сорняков, встречающихся на полях, вызывает необходимость объединения по важнейшим признакам в группы. Ботаническая систематика сорных растений, основанная на морфологических признаках, недостаточна для производственных целей, так как при этом в одну и ту же группу попадают растения, резко отличающиеся по биологическим признакам. К ним относятся способ питания растений, продолжительность их жизни, способ размножения и местообитание.

По способу питания сорняки делятся на две неравные по численности группы: а) паразитные и полупаразитные; б) непаразитные.

К паразитным относятся, утратившие способность к фотосинтезу и питающиеся за счет растения-хозяина. Они имеют редуцированные листья. Контакт с растением-хозяином у них осуществляется специальными органами-присосками. В зависимости от места связи с растением-хозяином различают корневые и стеблевые паразитные сорняки.

Полупаразитные сорные растения обладают способностью к фотосинтезу и питаются за счет растения-хозяина, из растения-хозяина берут воду и растворенные в ней минеральные и частично органические вещества.

К корневым паразитным сорнякам относятся все виды заразихи, к стеблевым – все виды повилики; к полупаразитным – погребок большой, зубчатка поздняя, очанка короткая.

Непаразитные растения составляют наибольшую группу сорняков. Они являются обычными автотрофными растениями и разделены на две большие группы: малолетники и многолетники.

К малолетним относятся растения, размножающиеся только семенами, имеющие жизненный цикл не более двух лет и отмирающие делятся на эфемеры, яровые ранние и поздние, зимующие, озимые и двулетники. Эфемеры – малолетние сорняки с очень коротким периодом вегетации, способны давать за сезон несколько поколений. Яровые ранние появляются ранней весной, плодоносят и отмирают в том же году. Семена поздних яровых сорняков прорастают при устойчивом прогревании почвы, массовые их всходы обычно появляются в конце весны – начале лета, плодоносят и отмирают в том же году. Зимующие сорняки заканчивают вегетацию при ранних весенних всходах – в том же году, а при поздних способны зимовать в любой фазе. Озимым сорнякам необходимы для развития пониженные температуры зимнего периода независимо от срока прорастания. Полный цикл развития эфемеров, яровых ранних, поздних и зимующих сорняков заканчивается в течение одного года, поэтому их объединяют в группу однолетних. В отличие от них у двулетних сорняков полный цикл развития завершается на второй год.

Типичный представитель группы малолетних сорняков-эфемеров – звездчатка-мокрица из семейства гвоздичных. К этой же группе могут быть отнесены хориспора сибирская и сурепица обыкновенная. Группу ранних яровых представляют овсюг, гречиха татарская, гречиха вьюнковая, горчица полевая. Из поздних яровых наибольшей вредоносностью отличаются в крае ширица запрокинутая, марь белая, щетинник сизый и зеленый, куриное просо. Из зимующих наиболее распространены пастушья сумка, василек синий, живокость полевая. Озимые сорняки пока не встречаются. В других районах страны поля засоряют костер ржаной, костер полевой и метлица обыкновенная. Двулетние сорняки представлены донниками, белены черной и липучками ежевидными. Многолетние сорняки произрастают несколько лет, неоднократно плодоносят за период жизни, размножаются семенами и вегетативными органами размножения: корневищами, корневым порослью, луковицами, стеблевыми отпрысками, клубнями и т.д. После плодоношения надземная часть их ежегодно отмирает, а подземные органы остаются жизнеспособными. По строению подземных органов и по особенностям размножения многолетние сорняки делят на несколько групп: корневищные,

корнеотпрысковые, ползучие, луковичные, клубневые, стержнекорневые и мочковатокорневые.

Мочковатокорневые и стержнекорневые сорняки размножаются преимущественно семенами и в меньшей степени вегетативно. Луковичные, клубневые, ползучие, корневищные и корнеотпрысковые сорняки произрастают в посевах, на лугах, огородах, болотах и в садах.

Стержнекорневые многолетники представлены полынью горькой, щавелем кислым, цикорием обыкновенным, одуванчиком лекарственным, мочковатокорневые – лютиком едким, подорожником большим. Из ползучих распространены лютик ползучий, лапчатка гусиная. Клубневые и луковичные мало распространены. В других регионах встречаются чина клубненосная, чистец болотный, сыть круглая, огородный. Из корневищных многолетников распространены: в степных районах острец ветвистый, в более увлажненных лесостепных и предгорных пырей ползучий, хвощ полевой. Корнеотпрысковые сорняки представлены осотом желтым (полевым), осотом розовым (бодяком), осотом голубым (молоканом татарским), молочаем лозным, вьюнком полевым и некоторыми другими.

По местообитанию сорняки классифицируются на полевые (сегетальные) и мусорные (рудеральные).

В особые группы выделяют растения-засорители, ядовитые и карантинные сорняки. Из карантинных сорняков в Казахстане встречаются паслен трехцветковый, подсолнечник сорный, горчак ползучий (розовый), все виды повилки.

#### **1.10.4 Классификация и характеристика мер борьбы с сорняками**

Системы мероприятий по борьбе с сорняками можно разделить на агротехнические, химические и биологические (фитоценоотические).

Высокая агротехника при возделывании сельскохозяйственных культур служит основной в борьбе с сорняками. Преимущественно агротехнических приемов состоит в том, что каждый из них, кроме уничтожения сорняков, выполняет и другие важные задачи, например, регулирование водного, воздушного, пищевого и теплового режимов почвы, борьбу с болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур.

В зависимости от поставленной цели в борьбе с сорняками выделяют следующие три группы мероприятий:

а) предупреждение заноса на поля семенных и вегетативных зачатков размножения сорняков;

б) уничтожение прорастающих и вегетирующих сорняков в посевах сельскохозяйственных культур.

Предупреждение засорения полей. Чтобы выяснить возможные способы попадания на поля семян или вегетативных органов размножения, необходимо учитывать разнообразие приспособлений, при помощи которых распространяются плоды и семена сорняков. Значительная часть их имеет летучки. У одной группы сорных растений летучки прикреплены непосредственно к плодам (осоты), у других расположены на ножке (одуванчик). Благодаря летучкам созревшие плоды даже при небольшом ветре легко отделяются и переносят на большие расстояния. При уменьшении силы ветра они спускаются на землю. Ветер переносит также плоды с тонкими оторочками, хохолками и крылышками.

У другой группы сорняков семена имеют различные прицепки, которыми они прикрепляются к шерсти животным, одежде человека, перьям птиц, транспортным средствам и переносят вместе с ними на другие места.

У семян некоторых растений есть приспособления, которые скручиваются и раскручиваются при изменении влажности. Например, скрученные ости овсяга при соприкосновении с влажной почвой раскручиваются и вызывают передвижение зерновки и даже ввинчивание ее в почву.

Сорняки с шарообразной формой куста в период созревания легко отрываются ветром от почвы и перекатываются по полю. При этом семена осыпаются и рассеиваются. Так распространяются семена солянки русской, щирицы белой, рогача песчаного и других сорняков, получивших народное название «перекати-поле».

Большая часть сорняков образует мелкие семена, которые вместе с почвой прилипают к рабочим органам сельскохозяйственных машин и орудий, к колесам транспортных средств, к обуви человека, к ногам животных и переносятся на другие участки или поля.

Семена других сорняков имеют прочные оболочки, которые позволяют сохранять жизнеспособность при прохождении через пищеварительные органы животных. Поедаемые вместе с соломой, половой, зерноотходами, силосом и другими видами кормов, такие семена попадают в навоз вместе с ним в почву.

Семена сорняков переносятся водой. При сильных дождях они попадают в трещины почвы и в пониженные места. На орошаемых

землях семена сорняков распространяются с поливными водами по каналам и поливным бороздам.

Плоды и семена специализированных сорняков созревают одновременно с засоряемыми культурами и попадают при уборке в зерно. По своим размерам они настолько близки к семенам культурных растений, что недостаточно тщательной очистке остаются в посевном материале и высеиваются вместе с ними в поле.

У других сорняков плоды и семена при созревании сильно осыпаются до и при уборке культурных растений, а затем при обработке почвы попадают в пахотный слой. Чем позднее проводится уборка урожая, тем больше осыпается семенных зачатков сорняков.

Распространению семян и возобновлению их запасов в почве способствует развитое у некоторых видов сорных растений свойство разноплодия, или гетерокарпии (овсюг, щетинник сизый, конопля дикая и др.).

Задача предупредительных мер состоит в том, чтобы закрыть все пути, через которые сорняки попадают на поля.

Чтобы семена сорняков не попали в поле с семенами культурных растений, их надо тщательно очищать. В зависимости от физических свойств семян культурных растений и содержащихся в них семян сорняков подбирают соответствующие зерноочистительные машины регулировки и режимы их работы. Семена разной длины разделяют на триерах, разные по толщине и ширине – на продольных и круглых решетках, разные по парусности – аспирацией. Плоды и семена с шероховатой поверхностью или прицепками отделяют на горках, шарообразные – на наклонных спиральных поверхностях, различные по удельной массе разделяют в растворах определенной концентрации.

Для предупреждения засорения полей через навоз необходимо запаривание кормов перед скармливанием, хранение навоза в буртах, внесение в почву только перепревшего.

Чтобы не допустить передвижения плодов и семян сорняков с талыми, ливневыми и поливными водами, необходимы мероприятия по прекращению поверхностного стока воды. Необходимо систематически обкашивать обочины полей, дорог, оросителей и другие необрабатываемые участки. Во время уборки урожая надо принимать меры к тому, чтобы плоды и семена сорняков не распространялись с уборочными машинами, транспортными средствами и тарой. Для этого уборочные машины снабжают устройствами для сбора соломы, половы и других отходов, в которых могут концентрироваться семена сорняков. Чтобы уменьшить

опасность от заноса семян ветром, высокостебельные сорняки необходимо подкашивать, поля обсаживать полезащитными лесными полосами.

Предупредительные меры необходимо проводить повсеместно. Особенно важно соблюдать противосорняковый карантин, который проводится в общегосударственном масштабе и выполняет задачу не допустить завоза из других стран и регионов сорняков, которые могут причинить большой вред возделываемым культурам.

Уничтожение в почве семян и вегетативных органов размножения сорняков. Для уничтожения в почве жизнеспособных семян сорных растений широко пользуются методом их провокации к прорастанию с последующим уничтожением проростков и всходов сорняков, а также методом лишения семян жизнеспособности глубокой их заделкой в почву.

Метод провокации состоит в том, что в определенные периоды, когда поле свободно от посевов, создаются благоприятные условия для прорастания семян сорняков, а после появления их всходов последние уничтожаются теми или иными приемами обработки. Если поле свободно от посевов длительное время, можно применять метод провокации 2–3 и более раз, создавая каждый раз благоприятные условия для прорастания семян сорняков, находящихся в той или иной части пахотного слоя почвы. Метод провокации широко применяют в системе зяблевой паровой и предпосевной обработки почвы.

Второй метод очищения почвы от жизнеспособных семян сорняков – лишение жизнеспособности глубокой заделкой их в почву – основан на том, что глубоко заделанные семена или совсем не прорастают, или их проростки гибнут, не достигая поверхности почвы, вследствие полного использования имеющихся в эндосперме семян питательных веществ. Этот метод можно использовать для того, чтобы лишить семена сорняков жизнеспособности или, по крайней мере, предупредить появление всходов на период до следующей глубокой обработки.

Для уничтожения жизнеспособных вегетативных органов размножения сорняков применяют механическое удаление, высушивание, истощение и удушение.

Механическое удаление применяют для очищения почвы от корневищ, имеющих необходимую прочность на разрыв и расположенных в верхней части пахотного слоя (корневища пырея, острца, свинороя и др.). При этом способе находящиеся в верхнем слое корневища извлекают из почвы многократными обработками

пружинными и штанговыми культиваторами или боронами вдоль и поперек поля. Извлеченные корневища собирают и сжигают. Корневища остреца, свинороя, находящиеся в нижней части пахотного слоя, сначала перемещают вспашкой в верхний слой, а затем проводят культивацию и боронование. К недостаткам этого способа следует отнести неполное удаление из почвы корневищ и значительные затраты.

В степных засушливых районах края лучше применять метод высушивания корневищ на солнце при паровой или ранней зяблевой обработке почвы. Корневища при этом способе выпашивают к поверхности почвы, а затем, после их высыхания (через 15–20 дней), боронованием или культивацией вычесывают. При выпадении во время работ осадков этот способ не дает положительных результатов.

Метод истощения применяют для уничтожения корнеотпрысковых и корневищных сорняков с глубоким залеганием корневой поросли и корневищ (бодяк полевой, молокан татарский, вьюнок полевой, хвощ полевой и др.) Истощение корневой системы сорняков достигается систематическим подрезанием появляющихся на поверхности побегов. При этом запасы питательных веществ в корневой системе расходуется на образование новых побегов и не пополняются. Когда эти запасы полностью исчерпываются, корневая система со всеми подземными органами вегетативного размножения отмирает. Метод истощения с успехом можно применять на поле чистого пара и с меньшей эффективностью в системе ранней зяби. Размещение по пару озимых культур способствует более полному отмиранию остатков корневой системы сорняков. К недостаткам метода истощения относятся его длительность и значительные затраты. Эти недостатки можно смягчить сочетанием обработки почвы с применением гербицидов.

Метод удушения теоретически разработал и предложил для уничтожения корневищ пырея ползучего В. Р. Вильямс. Широкая практика показала, что он дает высокую эффективность при борьбе с другими корневищными и корнеотпрысковыми сорняками, у которых вегетативные органы размножения размещаются в пахотном слое. Метод заключается в том, что перекрестным дискованием на глубину 10–12 см вегетативные органы размножения изрезаются на короткие отрезки, которые после отрастания глубокой вспашкой плугом с предплужниками заделываются на дно борозды, откуда уже не могут дать новых жизнеспособных всходов. В Казахстане и Сибири, где послеуборочный период короткий и холодный, метод удушения при

зяблевой обработке не дает удовлетворительных результатов. Но он с успехом применяется в поле чистого пара.

Уничтожение сорняков в посевах сельскохозяйственных культур. Агротехнические методы борьбы с сорняками в посевах сельскохозяйственных культур представлены механическими приемами обработки: боронованием посевов, междурядными культивациями.

Из механических приемов большое имеет послепосевное боронование. Оно может проводиться до и после появления всходов сельскохозяйственных культур.

Боронование яровых зерновых культур до всходов полезно проводить до появления шилец (как правило, через 2–4 дня после посева). В это время нужно уничтожить значительную часть молодых проростков сорняков без повреждения культуры. Повсходовое боронование наиболее эффективно после разворачивания третьего и четвертого листа. Сорняки же лучше уничтожаются в фазе «белой ниточки» или появления семядолей, когда еще не образовались настоящие листья. При правильном и своевременном бороновании можно уничтожать до 80–90 % всходов сорняков.

Эффективным приемом уничтожения всходов сорных растений при возделывании пропашных культур является междурядная обработка. Периодичность и сроки обработки зависят от особенностей возделываемой культуры, от степени и характера засоренности и применения гербицидов.

Общими требованиями к междурядной обработке являются:

- своевременное ее проведение, как только появятся всходы сорняков, чтобы не дать им укорениться;
- хорошее подрезание всходов сорняков, без подрезки и засыпания почвой всходов культурных растений;
- согласование уничтожения сорняков с другими задачами междурядной обработки и выбор соответствующих марок культиваторов, их рабочих органов.

Биологические методы уничтожения или подавления сорняков в посевах включает разработку и освоение научно-обоснованных севооборотов, позволяющих обеспечить наиболее неблагоприятное сочетание культур для жизни сорных растений. Правильно выбранные сроки, нормы и способы посева культур также существенно повышают их конкурентность, обеспечивая подавление сорняков. Оптимизация условий жизни культурных растений, правильное применение удобрений также повышает их жизне- и конкурентоспособность. Известкование кислых почв освобождает их



от засорения хвощом полевым, гипсование солонцеватых почв также существенно меняет состав полевых сорняков на таких полях.

В силу специфических природных условий Казахстана полностью освободить поля от сорняков только агротехническими методами часто не удается. Поэтому в системе мер борьбы с ними, особенно при интенсивных и индустриальных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, большое значение имеют химические средства – гербициды. Однако применять их надо как дополнение к агротехническим мерам борьбы. При этом надо помнить, что они слишком опасны для человека и окружающей среды, что вследствие повторного применения одних и тех же гербицидов создаются более благоприятные условия для роста и распространения, устойчивых к ним сорняков, многие корневищные и корнеотпрысковые сорняки устойчивы к гербицидам и быстро размножаются оставшимися в живых после обработки вегетативными органами. Поэтому применение гербицидов необходимо обязательно сочетать с агротехническими мерами борьбы.

Гербициды обладают избирательным действием, т.е. они токсичны для определенных групп сорняков и относительно безвредны для культурных растений.

По реакции на применяемые гербициды культурные растения и сорняки делят на чувствительные, которые практически полностью уничтожаются; среднечувствительные – отмирают не полностью или только угнетаются или только угнетаются; устойчивые – не угнетаются.

Более чувствительны к гербицидам малолетники. Многолетние сорняки устойчивее, так как они способны давать новые побеги от слабоповрежденных вегетативных органов размножения. Степень устойчивости к гербицидам относительна и зависит от возраста сорняка и ряда условий среды.

Многие виды сорняков обладают повышенной чувствительностью к гербицидам в раннем возрасте, особенно в фазе проростков. Затем устойчивость повышается.

Действие препарата зависит также от способов его применения, взаимодействия с почвой и покровными тканями сорняков и других физических условий. Так, этапам не перемещается вниз с дождевой водой и поражает появляющиеся в поверхностном слое почвы проростки сорняков, в то же время глубже расположенные корни культурных растений не повреждаются. Гранулированные препараты обладают более продолжительным избирательным действием по мере их растворения и поглощения корнями сорных растений.

Классификация гербицидов. Почти все гербициды относятся к органическим веществам. Одни из них – гербициды сплошного действия – поражают все растения, другие – гербициды избирательного действия – сорняки определенных классов, семейств или родов.

Препараты сплошного действия применяют на необрабатываемых участках (обочины дорог, берега оросительных каналов и др.) а также на полях, свободных от культурных растений (чистые пары, после уборки сельскохозяйственных культур.)

Избирательные гербициды используют для уничтожения сорняков в посевах сельскохозяйственных культур. Среди них выделяют препараты широкого спектра действия, поражающие многие сорняки, и узкого спектра действия, применяемые в борьбе с сорняками некоторых родов.

По характеру поражения делят на контактные, поражающие ткани сорняка только в местах соприкосновения с препаратом, и системные, проникающие в ткани, передвигающиеся по всему растению и нарушающие его физиологические функции.

Способы, сроки, дозы и условия гербицидов. Гербициды имеют следующие физические формы:

- порошки: растворимые в воде, образующие в воде устойчивые суспензии;

- водные растворы (банвел-Д) и водорастворимые концентраты (аминная соль 2,4-Д);

- концентраты эмульсии, дающие в воде устойчивые эмульсии разной концентрации (эферы 2,4-Д);

- гранулы, содержащие 10 % гербицида, наполнитель и клеящий прилипатель (бутиловый эфир 2,4-Д, триаллат).

- часто используют изготавливаемые промышленностью смеси гербицидов, сходные по действию на растения, например, атразин с прометрином (агелон), 2М-4ХП с банвелом-Д и др.

Технические порошкообразные препараты содержат до 50–80 % действующего вещества, а гранулированные 5–10 %. Кроме того, в их состав входят поверхностно-активные вещества (ОП-7, ОП-10, сульфанол и др.), выполняющие роль эмульгаторов, смачивателей, пептизаторов и клеев.

Для повышенной гербицидной активности растворов в них включают активаторы неорганического состава, например, аммиачную селитру, сульфат аммония, суперфосфат и др.

Обработка посевов или почвы гербицидами может быть сплошной, рядковой, ленточной и очаговой. При сплошной обработке

препарат равномерно распыскивают по всей площади. Такую обработку применяют на посевах всех культур и на полях свободных от посевов.

Рядковую и ленточную обработки применяют на полях пропашных культур.

Очаговое внесение гербицидов практикуют для уничтожения куртин карантинных и особо злостных сорняков. Для этого чаще используют гербициды сплошного действия.

По времени применения гербицидов различают:

- предпосевное внесение в почву с заделкой культиваторами или боронами. Так вносят эптам, трефлан, триаллат и др.;
- послепосевное внесение в почву без заделки или с одновременной заделкой (прометрин). Гербицид действует на проростки сорняков до появления всходов;
- довсходовое опрыскивание поля за несколько дней до появления всходов культурных растений (картофель, кукуруза, морковь и др.), но при появлении всходов сорняков. Применяют производные 2,4-Д, 2М-4Х и др.;
- послевсходовое опрыскивание озимых и яровых зерновых, льна, кукурузы и других культур гербицидами, поражающими наземные органы сорняков;
- послеуборочная обработка для уничтожения злостных сорняков, оставшихся или проросших после уборки. Для этого применяют почвенные и листовые гербициды, которые теряют активность к сроку посева следующей культуры (например, озимых зерновых по занятому пару).

Способы внесения, дозы гербицида. Основной способ внесения гербицидов – опрыскивание. Дозу технического препарата на 1 га, если она не указана в документах изготовителя, определяют по формуле

$$Дт = 100 Дo/A$$

где Дт – доза технического препарата, кг/га;

Дo – рекомендованная оптимальная норма действующего вещества, кг/га;

А – количество действующего вещества в техническом препарате, %

Далее определяют норму расхода рабочего раствора, которая должна содержать установленное количество гербицида на 1 га. Расход рабочего раствора зависит от химической природы гербицида,

вида применяемых опрыскивателей и растворителей, погодных условий. На основании проведенных исследований рекомендованы следующие нормы расхода водных растворов гербицидов избирательного действия.

Эти нормы ориентировочные и могут изменяться в широких пределах, так как активность большей части гербицидов не зависит от концентрации рабочего раствора.

С организационной точки зрения важно, чтобы количество раствора, заполняющего емкость опрыскивателя, было достаточно на четное число ходов агрегата, на поле, что позволит ограничиться одним заправочным пунктом.

Условия применения. Большое влияние на качество опрыскивания оказывают метеорологические условия. Ветер нарушает равномерность распределения жидкости на площади, увеличивает испарение и снос. Капли диаметром 100 мкм и менее сносятся полностью при скорости ветра 3,6 м/с даже при расположении распылителей на 38 см от поверхности почвы. При увеличении капель снос уменьшается, а при достижении их диаметра 325 мкм прекращается. Оптимальные условия работы наземных штанговых опрыскивателей создаются в безветренную погоду, а аэрозольных генераторов авиаопрыскивания – при ветре не более 2 м/с. Если на соседних полях находятся культуры, чувствительные к гербициду, то граничащую с ними полосу шириной 5–10 м и больше при ветреной погоде обрабатывать нельзя. При обработке аэрозольными генераторами защитная полоса расширяется до 100 м, а при авиаопрыскивании и направлении ветра в сторону соседнего поля – до 2000 м.

При отсутствии осадков опрыскиватель следует утром и вечером. В полуденные часы восходящие токи воздуха будут принимать мелкие капли раствора и переносить их на большие расстояния. Осадки во время опрыскивания или впервые 6 ч после него снижают эффективность.

Оптимальная температура воздуха во время опрыскивания – 16–22 °С. При низкой температуре эффективность гербицида снижается из-за пониженной активности роста у сорняков, при высокой увеличивается испарение раствора и опасность повреждения чувствительных культур на соседних полях.

Активность почвенных гербицидов зависит от влажности и температуры верхнего слоя почвы. На сухой почве ослабляется действие ряда гербицидов, медленнее происходит детоксикация, что усиливает опасность повреждения высеваемых в последующие годы

сельскохозяйственных культур, чувствительных к данному гербициду. При высокой влажности почвы и обильных осадках некоторые препараты проникают вглубь почвы, быстро инактивируются, а в верхнем слое, освобожденном от гербицида, будут прорасти сорняки.

Таблица 1.8 - Расход водных растворов гербицидов избирательного действия по А. М. Туликову, л/га

Форма препаратов	Листовые		Почвенные	
	системные	контактные	системные	контактные
1	2	3	4	5
Для наземных штанговых опрыскивателей				
Концентраты эмульсий	100–250	300–500	250–400	-
Растворимые и смачивающиеся порошки	200–400	400–600	300–500	600–1000
Для авиационных штанговых опрыскивателей				
Концентраты эмульсий	25–50	-	50–100	-
Растворимые и смачивающиеся порошки	25–50	-	100–200	-

Гербициды, испаряющиеся или разрушающиеся под влиянием солнечных лучей (триаллат, тиллам, трефлан и др.) при внесении необходимо немедленно заделывать в верхний слой почвы.

При повышенном содержании в почве илистой фракции или гумуса адсорбция гербицида усиливается. В таком случае следует увеличить его дозу. На песчаных и супесчаных почвах, бедных органическим веществом, ее уменьшают.

Техника безопасности при хранении, перевозке и внесении гербицидов. Токсичность гербицидов для человека и животных неодинакова. Она измеряется величиной ЛД<sub>50</sub>, т.е. летальной дозой, приводящей при введении в желудок к гибели 50 % теплокровных животных. Выражается она в миллиграммах на 1 кг живой массы организма.

По степени токсичности гербициды делят на 4 группы:

- 1 – сильнодействующие ядовитые вещества (ЛД<sub>50</sub> < 50 мг/кг);
- 2 – высокотоксичные (ЛД<sub>50</sub> = 50–200 мг/кг);
- 3 – среднетоксичные (ЛД<sub>50</sub> = 200–1000 мг/кг);
- 4 – малотоксичные (ЛД<sub>50</sub> = 1000 мг/кг);

Прежде всего, работающие должны знать свойства применяемого гербицида и то, как он действует на человека, меры предосторожности во время работы с ним, а также то, как оказать первую помощь пострадавшим от препарата.

Лица, направляемые на работу с гербицидами, проходят медицинское обследование. К этой работе не допускают молодежь до 18 лет, а также беременных и кормящих женщин. Работающих снабжают спецодеждой.

Транспортные средства, предназначенные для перевозки гербицидов, должны легко очищаться, обеззараживаться и плотно закрываться. Нельзя транспортировать гербициды вместе с людьми, продуктами питания и фуражом.

Гербициды хранят в особых складах, удаленных от жилых и хозяйственных построек не менее чем на 200 м.

Спецодежду хранят до следующего дня в специальных складах с отдельными шкафчиками. После окончания сезона ее, а также предварительно промытые и высушенные части опрыскивателей, сдают на склад, где они хранятся до следующего года. Транспортные средства, цистерны, тару и весь инвентарь обеззараживают: металлические предметы – керосином, деревянные – хлорной известью, металлическую и стеклянную тару – 3–5 %-ным раствором кальцинированной соды, хлорной известью или золой. Бумажную и непригодную деревянную тару из-под пестицидов сжигают, а остатки раствора и использованные обеззараживающие средства засыпают известью и закапывают не менее чем на 0,5 м. Все эти работы проводят в местах, удаленных не менее чем на 200 м от жилых и хозяйственных помещений и водоемов.

#### **1.10.5 Прогноз засоренности посевов**

Рациональное планирование и проведение мер защиты от сорной растительности предполагает научно обоснованный прогноз засоренности сельскохозяйственных угодий. Под прогнозом засоренности подразумевается предсказание будущего процесса развития сорного компонента агрофитоценоза (его видовой состав и количество растений или семян) на основе данных о фактической засоренности и тенденции ее изменения в связи с погодными условиями, планируемой агротехникой и системной защиты.

Многолетний прогноз засоренности сельскохозяйственных угодий характеризует наиболее вероятный уровень распространения биологических групп и отдельных видов экономически опасных сорных растений для конкретного поля, хозяйства, региона в связи с

производственной деятельностью человека, перспективами развития земледелия, системы борьбы с сорняками. Прогнозом определяются средние показатели распространения биологических групп и отдельных видов сорняков – площади с различными уровнями засорения, возможные пределы колебания показателей.

Долгосрочный (годовой или сезонный) прогноз разрабатывается на год или сезон и отражает ожидаемую в следующем году или сезоне засоренность на конкретном поле, по культурам в хозяйстве, районе, области, республике, в целом по биологическим группам, видам сорных растений с учетом плотности их популяции. Прогноз предназначен для планирования и проведения комплекса агротехнических и химических мер защиты от сорной растительности.

Краткосрочный (фенологический) прогноз, охватывающий период от нескольких дней до месяца, служит для уточнения конкретной ситуации по засоренности и развитию культуры в связи с погодными условиями, агротехникой и для определения рациональной защиты. Прогноз конкретного состояния культуры и сорных растений (плотность популяции, видовой состав, фаза развития культуры и сорняка) позволяет уточнить наиболее эффективные методы защиты, сроки проведения мероприятия, условия использования гербицидов (вид, способ внесения, гектарная норма) безопасных для культуры и максимально эффективных по действию на сорняки.

Все прогнозы засоренности в конечном итоге ориентированы на прогноз оценки вредоносности сорных растений и целесообразности проведения защитных мероприятий. Поэтому при прогнозировании наряду с биологической широко используется организационно-хозяйственная, экономическая и экологическая информация.

Информационную основу прогноза засоренности составляют, прежде всего данные о распространении сорных растений на сельскохозяйственных угодьях, о засоренности почвы, прогнозируемые изменения засоренности с учетом биологии сорных растений, воздействия на популяцию сорняков естественных факторов, агротехники, методов защиты, о пополнении запасов сорняков в связи с применением органических удобрений, поливной воды и семенного материала, засоренных их семенами.

Герботологический мониторинг включает три основных этапа:

Первый этап – весеннее – летнее обследование посевов в фазу отрастания сорняков, для краткосрочного прогнозирования засоренности и проведения химической прополки.

Второй этап – летнее – осеннее обследование перед уборкой, для долгосрочного прогнозирования и планирования агротехнических и химических защитных мероприятий.

Третий этап – осеннее обследование на подтверждение засоренности полей семенами сорняков, методом анализа пахотного слоя почвы.

Презультатам оперативного обследования уточняется видовой состав сорняков, степень засоренности каждого конкретного

### 1.10.6 Методы определения засоренности

1. Глазомерный (визуальный) учет проводится на каждом поле севооборота или культуры агрофитоценозов. Наиболее широкое применение в условиях производства в виду доступности, малой трудоемкости и оперативности получил метод учета по шкале Т. С. Мальцева.

Балл	Характеристика численности сорняков	Степень засоренности
1	2	3
1	В посевах встречаются единичные сорняки	Слабая
2	Сорняки встречаются в посевах в незначительном количестве, обычно теряются среди культурных растений.	Средняя
3	Сорняки встречаются в посевах обильно, но не преобладают над культурными растениями	Сильная
4	Сорные растения преобладают над культурными растениями	очень сильная

На каждом обследуемом поле исполнитель проходит по его диагонали. Минимум 2–3 раза через равные расстояния и дает оценку в баллах по доминирующим 3–4 видам сорняков. Результаты обследования заносятся в ведомость

2. Количественный учет проводится для получения более полной информации о степени засоренности посевов полевых культур. При этом каждое обследуемое поле проходят по большой диагонали и через равные промежутки накладывают учетные рамки размером 50 x 50 см для культур сплошного сева и 125 x 20 см для пропашных культур, а при необходимости определяют массу сорняков. На полях (участках) площадью до 100 га рамки накладывают в 8 точках, 100–200 га – в 12-ти, 200–300 га – в 16-ти, 300–400 га – в 20 точках. Результаты обследования заносятся в ведомость.



Однако учет засоренности с представленной выше градацией очень сложен, и в производственных условиях применяется в основном три градации:

- слабая – до 3 многолетних и 15 однолетних сорняков на 1 м<sup>2</sup>;
- средняя – до 6 многолетних и 50 однолетних сорняков на 1 м<sup>2</sup>;
- сильная – 7 и более многолетних, 50–100 и более однолетних сорняков на 1 м<sup>2</sup>.

При этом необходимо подчеркнуть, что без выделения численности сорняков на многолетние и однолетние практически не представляется возможным дать обоснованные предложения по применению видов гербицидов (почвенные или повсходовые, против двудольных или злаковых).

3. Оценка засоренности почвы. Почвенные пробы отбирают из пахотного горизонта с помощью специальных буров конструкции Шевелева, Калентьева и др. Бур Шевелева состоит из двух медных цилиндров и двухконечного сверла внутри них. При поворачивании ручки сверла почва набирается во внутренний цилиндр остается в земле и предохраняет края буровой скважины от осыпания. Широкий медный круг, охватывающий наружный цилиндр и скрепляющийся с ним особым зажимным винтом, позволяет регулировать глубину выемки проб, которая обозначена на наружном цилиндре.

Бур Калентьева дает возможность взять образец почвы на глубину пахотного слоя и затем разделить его на пробы 0–10, 10–20 и 20–30 см. Пробы (не менее 10) берут с каждого исследуемого участка по диагонали через равные промежутки. При взятии образца бур погружают в почву на глубину 0–20 см. Если почва плотная, по штанге ударяют деревянной колотушкой до тех пор, пока бур не достигнет нужной глубины. Затем его поворачивают за ручку по часовой стрелки и отрывают пробу от нижележащего слоя почвы. Бур вынимают из почвы, кладут на лист плотной бумаги и круглым ножом через специальные отверстия делят пробу на части.

Выемку почвенных проб можно проводить с помощью других буров, совместив эту работу с агрохимическим обследованием. Отбор осуществляют согласно методике по агрохимическому обследованию полей. При отсутствии специальных буров следует на каждом поле отобрать образцы почвы с учетных площадок размером 20 x 25 см при помощи ножа или маленькой совковой лопатки на требуемую глубину.

Отбор почвенных образцов проводится осенью после вспашки или ранней весной на глубину пахотного слоя, послойно через 5–10 см. Количественно проб на площади до 50 га равно 10; 50–100 га га –

20, более 150 га – 25–30. Затем составляется средняя проба, для чего из каждого образца, отобранного на обследуемом поле, отделяется часть почвы с таким расчетом, чтобы средняя проба с одного участка или поля составила 2 кг (при торфяной почве 0,5 кг). Полученные образцы помещают в заранее заготовленные и пронумерованные (этикетированные) пакеты. Нумерацию пакетов или этикетирование необходимо проводить по определенной системе. Например, 2 1/0–10, где первое число – номер поля, числитель – номер скважины на данном поле, знаменатель – глубина отбора образца почвы в данной скважине. Отобранные почвенные образцы переносят в лабораторию и доводят до воздушно-сухого состояния. Затем, пользуясь одним из нижеприведенных методов, проводят выделение семян сорняков, определяют их количество и видовой состав.

Первый метод выделения семян заключается в промывке образцов на ситах с отверстиями 0,25 мм. При этом почва помещается на сито, которое погружается в воду (края сита должны быть над водой). При перемешивании мелкие пылеватые частицы вымываются, а крупные (скелетные) и семена сорняков для подсчета и анализ по видам. В песчаных почвах илистых частичек нет, поэтому отмывать пробы не надо. В этом случае почвенные образцы доводят до воздушно-сухого состояния и сортируют через сита с отверстиями 3; 1 и 0,25 мм.

Второй метод – физический, или тяжелых растворов, основан на разности удельного веса минеральных частей, почвы и семян. Чаще в качестве тяжелой жидкости используют раствор поташа, для составления тяжелого (насыщенного) раствора на 1 л воды берут 530 г поташа, 450 г сернокислого цинка или 265 г поваренной соли. Для ускорения растворения жидкость подогревают. Удельный вес 53 % раствора должен быть равен 1,56 (проверяется ареометром). Отобранная жидкость может быть использована вторично.

Отделенную таким образом фракцию высушивают и разбирают на доске со стеклом, под которое подкладывают белую бумагу. Определяют количество семян сорняков по видам и с учетом площади бура или массы почвы в образце, рассчитывают общую засоренность почвы по слоям и в целом в пахотном слое на 1 га.

Для определения количества семян на 1 м<sup>2</sup> и на 1 га сначала находят площадь режущей части бура по формуле

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4},$$

где D – диаметр бура.

Полученное значение подставляют в формулу  $K = 1000:S$  и определяют переводной коэффициент (величина постоянная) для каждого бура на площадь в 1 га. Для определения переводного коэффициента на площадь 1 м<sup>2</sup> необходимо разделить полученный результат на 10000.

Для нахождения числа семян на 1 м<sup>2</sup> нужно среднее количество семян в пахотном слое каждого поля умножить на переводной коэффициент, умножение полученного результата на 10000 позволяет найти число семян в расчете на 1 га

В связи с тем, что уровень засоренности определяется жизнеспособными семенами и прорастающими в конкретном году, в лабораторных условиях методом их проращивания определяют количество и процент жизнеспособных семян, семян с высокой всхожестью, вышедших из покоя. Процент всхожести семян определяют в лаборатории при оптимальных для каждого вида растений температуре и влажности. Семена укладывают по 100 шт. в четырехкратной повторности (при недостатке требуемого количества семян их делят на равные части от общего количества семян) на увлажненную фильтровальную бумагу в чашки Петри. Чтобы семена не были полностью погружены в воду, фильтровальную бумагу укладывают на 1–2 предметных стекла или влажный слой песка. Проращивание ведут в термостатах с регулируемой температурой.

По мере появления проросших семян их учитывают и удаляют из чашки Петри. Через каждые 5 дней непроросшие семена переносят на новый слой фильтровальной бумаги, всего период проращивания составляет 15 суток. Крупные семена сорняков проращивают в растильнях. Результаты учета числа проросших семян по каждому виду записывают в журнал.

#### **1.10.7 Запас органов вегетативного размножения сорняков в почве**

Оценивают путем раскопок, проводимых в местах взятия проб на засоренность почвы семенами сорняков. Учет сорняков с тонкими корневищами (пырей ползучий, свинорой, тысячелистник обыкновенный и др.) проводят на площадках размером 0,25 м<sup>2</sup>, с толстыми (бодяк полевой, осот полевой, гумай и др.) – 0,5 м<sup>2</sup>.

При равномерном засорении поля или участка достаточно 10 площадок в различных местах. Каждую площадку окапывают канавкой на глубину до 35 см, затем подрезают пласт, осторожно вынимают его и помещают на полотно или полиэтиленовую пленку. Почву разминают руками, выбирают вегетативные зачатки сорняков,

распределяют их на молодые (белые), старые (желтые) и отмершие (коричневые), определяют их длину, массу и число почек возобновления и рассчитывают общее количество на 1 м<sup>2</sup>.

Установив число семян, и оценив запас органов вегетативного размножения в почве, прогнозируют засоренность полей в будущем году.

**Засоренность органических удобрений.** Для анализа отбирается образец массой 1 кг от партии плотных полужидких органических удобрений массой до 1000 т., жидких и навозных стоков – 5000 т. не менее чем из 20 выемок. Образец берется в 5–7 местах на трех глубинах с помощью специального пробоотборника: с поверхности в слое 0–10 см, на глубине, равной половине высоты бурта, навозохранилища или пруда-накопителя и у основания (дна).

Анализируется средняя навеска массой 200 г. Проводят отмывку на приборе, представляющем набор трех сит, последовательно вставленных одно в другое. Навеску помещают на верхнее сито и отмывают путем периодического погружения в воду, пока вода не будет оставаться чистой. Массу на ситах высушивают и, подобно почвенным пробам, разбирают на разборной доске. Определяют общее количество сорняков, а после проращивания – жизнеспособных и с высокой всхожестью, вышедших из покоя, пересчитывают на содержание семян в 1 т массы органического вещества.

В качестве примерной при оценке уровня засоренности органических удобрений используется шкала: низкий уровень засоренности подстилочного навоза, компостов – до 100 тыс. семян на 1 т, бесподстилочного с влажностью до 90% – 30 тыс. семян; средний – соответственно 100–500 и 30–140; высокий – 500–1250 и 140–360; очень высокий – более 1250 тыс. И более 360 тыс. семян на 1 т.

Засоренность посевного материала определяется путем разбора средних проб высеваемых семян при анализе их посевных качеств, пересчета общего количества и количества семян сорняков в пробе на число в гектарной норме.

Перечень данных о засоренности связан с видом прогноза. Для краткосрочного прогноза обычно используют данные о засоренности сельскохозяйственных угодий, для долгосрочного и многолетнего также данные о засоренности почвы, органических удобрений.

#### **1.10.8 Оценка засоренности полевых делянок**

Учеты засоренности при полевых испытаниях гербицидов проводятся с помощью количественно-весового метода, суть которого заключается в выделении на делянках учетных площадок

определенного размера, на которых подсчитывается число сорных растений (в штуках на  $1\text{ м}^2$ ) и определяется их сырая или сухая масса (в граммах на  $1\text{ м}^2$ ).

При испытании гербицидов, применяемых по вегетирующим культурным и сорным растениям в весенний период, учеты засоренности проводятся в три срока: первый – до опрыскивания препаратом (исходная засоренность), второй – через 30 суток, третий – перед уборкой урожая. В ряде случаев условиями эксперимента предусматривается дополнительный срок учета 45 или 60 суток после обработки гербицидов.

При осеннем применении гербицидов по вегетирующим посевам озимых зерновых культур учеты засоренности проводятся осенью – до обработки гербицидом и через 10–20 суток (перед уходом под снег), а весной и летом следующего сезона – в сроки, приближенные к соответствующим временным периодам учета при весеннем опрыскивании посевов яровых.

При испытании почвенных гербицидов, применяемых в довсходовый период, учеты проводятся через 50–60 суток после обработки и перед уборкой урожая.

Учеты сорняков проводят произвольным наложением учетных рамок размером  $0,25\text{ м}^2$  в четырехкратной повторности на каждой делянке. По всем срокам на учетных площадках подсчитывают число сорняков каждого вида.

При определении исходной засоренности перед обработкой вегетирующих растений, когда сорняки находятся в ранних фазах развития, проводят количественный учет без определения массы сорных растений. Во все остальные сроки оценки засоренности количественный учет дополняется весовым учетом, при котором определяется сырая масса всех надземных органов для каждого вида сорняка.

Наряду с учетом численности и массы сорных растений в течение всего периода вегетации ведут визуальные наблюдения за состоянием культурных и сорных растений на обработанных гербицидами делянках и в контроле. Отмечают признаки из повреждения (скручивание листьев, верхушек, повреждение точки роста, искривление или утолщение стеблей, изменение цвета растения и т.п.), сроки и степень их проявления, сроки гибели сорняков или возвращения их к норме.

### 1.10.9 Оценка биологической (технической) эффективности гербицидов

Для расчета биологической (технической) эффективности гербицидного препарата (подавление сорняков в опытном варианте, выраженное в процентах к контролю) используют следующие формулы:

Для гербицидов довсходового действия

$$C_k = 100 - \frac{O}{K} \times 100,$$

где  $C_k$  – снижение числа сорняков или их сырой массы в % к контролю;

$O$  – число сорняков (шт./м<sup>2</sup>) или их сырая масса (г/ м<sup>2</sup>) в опыте;

$K$  – число сорняков (шт./м<sup>2</sup>) или сырая масса (г/ м<sup>2</sup>) в контроле.

Для послевсходовых гербицидов

$$C''_k = 100 - \frac{O_2}{O_1} 100 \times \frac{K_1}{K_2}$$

где  $C''_k$  – снижение числа сорняков или их сырой массы в % к исходной засоренности в опыте;

$O_1$  – число сорняков (шт./м<sup>2</sup>) или их сырая масса (г/ м<sup>2</sup>) в опыт при первом учете (исходная засоренность);

$O_2$  – число сорняков (шт./м<sup>2</sup>) или их сырая масса (г/ м<sup>2</sup>) в опыте при втором (третьем и т.д) учете;

$K_1$  – число сорняков (шт./м<sup>2</sup>) или их сырая масса (г/ м<sup>2</sup>) в контроле при первом учете (исходная засоренность);

$K_2$  – число сорняков (шт./м<sup>2</sup>) или их сырая масса (г/ м<sup>2</sup>) в контроле при втором (третьем и т.д) учете.

В тех случаях, когда исходная засоренность в опыте одинакова с исходной засоренностью на контроле ( $O_1 = K_1$ ), формула упрощается

$$C''_k = 100 - \frac{O_2}{O_1} 100,$$

где  $C''_k$ ,  $O_2$  и  $K_2$  – аналогичны вышеприведенной формуле.

### 1.10.9 Планирование защитных мероприятий против сорной растительности

Классификация по систематическому положению имеет большое значение при организации борьбы с сорными растениями

химическими средствами. Различия между однодольными и двудольными растениями позволяют уничтожить двудольные сорняки в посевах однодольных культур, однодольные – в посевах двудольных.

Типы засоренности земель зависят от произрастания характерных, наиболее вредоносных сорных растений, составляющих основной фон засоренности; с ними ведут основную борьбу. Сопутствующие сорные растения – также опасные виды, но встречаются в сравнительно небольшом количестве, против них предусматривают профилактические меры, предупреждающие их размножение. Различают 3 основных, или простых, типа засоренности – корнеотпрысковый, корневищный и малолетний и 4 сложных типа, в которых характерные виды сорных растений представлены 2 или 3 группами – корнеотпрысково-корневищный, корневищно-малолетний и корнеотпрысково - малолетний. Тип засоренности, кроме состава сорных растений, характеризуется и степенью засоренности. Для каждого поля и участка с учетом особенности его засоренности разрабатывают систему борьбы с сорными растениями, включающую агротехнические (севооборот, своевременные обработки почвы, посев, уборка урожая) химические (применение гербицидов) меры, контроль за чистотой семенного материала и др., против карантинных сорных растений – карантинные мероприятия.

Поэтому при планировании мероприятий по борьбе с сорной растительностью следует исходить только из данных фактической и потенциальной засоренности посевов. Этими же данными следует руководствоваться при составлении плана использования гербицидов. При планировании предусматривают применение наиболее эффективных способов и методов борьбы с сорняками:

- при отнесении обследованной площади к очень слабой засоренности посевов гербициды применять не следует, так как небольшое количество сорняков можно уничтожить агротехническими приемами (культивацией, боронованием, междурядными обработками и другими способами) в сочетании со способностью культурных растений подавлять сорняки;

- при слабой засоренности отдельные площади включают в план обработки гербицидами только при наличии в группе наиболее вредоносных видов сорных растений;

- при средней засоренности применение гербицидов планируется на всей учтенной площади в пределах средних доз, которые включены в «Список пестицидов (ядохимикатов), разрешенных к применению на территории Республики Казахстан»

- при сильной и очень сильной засоренности в борьбе с сорняками рекомендуется применять гербициды или их баковые смеси

При наличии карантинных сорняков, такие площади подлежат обработке гербицидами независимо от их количества.

На основании ЭПВ и фактических результатов гербологического мониторинга представляется прогноз площадей, подлежащих обработкам гербицидами.

Экономические пороги вредоносности доминирующих видов сорняков в посевах зерновых культур (ЭПВ, шт./м<sup>2</sup>):

1) Однолетние однодольные

овсюг	15–25
просо волосовидное	25–50
просо куриное	40–50
щетинник сизый и зеленый	60–80

2) Однолетние двудольные

горчица полевая	12
гречишка вьюнковая	19
гречишка татарская	7–11
марь белая	9–16
щирца обыкновенная	10
ярутка полевая	18

3) Многолетние однодольные

острец	3–6
пырей ползучий	3–6

4) Многолетние двудольные

бодяк полевой	3–4
вьюнок полевой	4–5
молокан татарский	3–4
молочай лозный	3–6
осот полевой	4–5

Мониторинг заканчивается подготовкой карты засоренности полей, характеризующих степень засоренности, количество и видовой состав сорняков по полям севооборота, хозяйства, района, области. Такие карты являются оперативными источниками для планирования и организации мероприятий в разработки методов борьбы с сорной растительностью в агрофитоценозах.



## 2 Основы агрохимии

### 2.1 Агрохимические факторы плодородия почвы и приемы управления минеральным питанием растений

К этой группе факторов относятся поглотительная способность почвы, реакция почвенного раствора, наличие в почве питательных веществ. Детальное рассмотрение способов их регулирования входит в задачу агрохимии. Здесь же мы рассмотрим их связь с биологическими и агрофизическими показателями плодородия почвы, а также агротехнические приемы их регулирования, улучшения. Роль почвенного поглощающего комплекса. Д. Н. Прянишников под поглотительной способностью почвы понимал близкие по своей природе процессы: физического, физико-химического и химического поглощения.

Физическое и физико-химическое поглощение определяется взаимодействием между твердой фазой почвы и веществами, находящимися в почвенном растворе, то есть молекулярной и обменной адсорбцией. Способность к такому взаимодействию ярко выражена у мелких почвенных частиц. Совокупность мелкодисперсных почвенных частиц (органических и минеральных), являющиеся носителями обменной поглотительной способности, К. К. Гедройц назвал почвенным поглощающим комплексом.

Величина и химический состав коллоидной части почвы определяют емкость поглощения, то есть общее количество поглощенных катионов, способных к обмену. Емкость поглощения является важной характеристикой почвы. Хорошо окультуренные почвы имеют достаточно высокую емкость, выражаемую десятками миллиэквивалентов на 100 г почвы. У почв с малым содержанием мелкодисперсных частиц емкость поглощения обычно менее 10 миллиэквивалентов. Показатель емкости поглощения тесно связан с содержанием в почве органического вещества, с механическим и минералогическим составом почвы. Почвы с достаточной емкостью могут больше содержать в поглощенном состоянии нужных для растения питательных веществ, поступление которых в почвенный раствор можно регулировать, вызывая тем самым те или иные обменные реакции. О степени окультуренности почвы дает представление также состав поглощенных катионов. Хорошо окультуренные почвы больше содержат кальция и магния и меньше одновалентных катионов, а также водорода и алюминия.

Если вся емкость поглощения заполнена кальцием и магнием, то почвенные коллоиды будут коагулированы, что приводит почву в

микроагрегатное состояние. В то же время коагуляция способствует сохранению и накоплению коллоидов и увеличению емкости поглощения.

Насыщение почвенного поглощающего комплекса одновалентными катионами, особенно натрием, вызывает диспергирование коллоидов, разрушение агрегатов и ухудшение строения пахотного слоя и других физических свойств почвы. Если в почвенном поглощающем комплексе мало ионов водорода и алюминия, повышается кислотность почвы и постепенно разрушается минеральная часть комплекса. Замена поглощенного кальция водородом снижает емкость поглощения, ведет к разрушению структуры почвы.

Реакция почвенного раствора является очень важным показателем плодородия и степени окультуренности почвы. Она определяется концентрацией находящихся в растворе ионов водорода и гидроксидов. Большая часть культурных растений может произрастать лишь при реакции почвенного раствора, близкой к нейтральной. Значительное отклонение концентрации водородного иона в ту или другую сторону резко ухудшает условия жизни растений и почвенных организмов. Лишь некоторые растения (например, гречиха, люпин, брюква) мирятся с реакцией среды в почве ниже pH 5. Растения особенно чувствительны к кислой реакции в первый период после прорастания. Под влиянием сильнокислой реакции у люцерны и тимофеевки задерживается превращение моносахаридов в сахарозу, что тормозит процесс фотосинтеза и ослабляет синтез белковых веществ. Непосредственный вред кислой реакции на растения проявляется также в изменении реакции клеточного сока и биохимических процессов. Кислая реакция препятствует развитию ряда полезных микроорганизмов, особенно аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий и азотобактера. В кислой реакции развиваются преимущественно грибы и некоторые бактерии, выделяющие ядовитые для растений продукты жизнедеятельности. В связи с этим в кислых почвах резко ослабляется фиксация атмосферного азота, задерживается процесс нитрификации, образуются закисные соединения азота, подвижные формы алюминия и марганца и других элементов с токсическими свойствами.

Не менее вредна для растений и щелочная реакция почвенного раствора, которая вызывается повышенным содержанием (концентрацией) гидроксильных ионов. Изменение реакции pH выше 8 вредно отражается на развитии большей части культурных растений, вызывая различные нарушения нормальной

жизнедеятельности (задержка синтеза белка, роста корней и др.) В почве со щелочной реакцией появляются растворимые соединения алюминия, активно развиваются денитрифицирующие бактерии, актиномицеты, возбудители некоторых болезней (парша картофеля).

Наличие в почве и доступность питательных веществ. Чтобы доставлять пищевым режимом в почве, необходимо, прежде всего, иметь представление о содержании отдельных элементов в урожае. В растениях могут быть почти все химические элементы, которые встречаются в почве, но среди них семь элементов являются главными. Это: углерод – 42,1 %, кислород – 37,9, водород – 5,5, азот – 4,3, сера – 0,3, фосфор – 0,1, магний – 0,3 %. Остальные элементы необходимы для нормального обмена веществ и составляют: калий – 5,5 % массы растений, кальций – 0,6, железо – 0,03, марганец – 0,01, бор – 0,001, медь – 0,001, цинк – 0,002, молибден – 0,0002 %.

Представление о выносе: при недостатке любого из этих элементов нарушается жизнь растения, снижается урожай или гибнут посевы. Вынос элементов пищи растениями зависит от культуры, сорта величины урожая, уровня агротехники, от свойств почвы и других причин. Представление о выносе по культурам можно составить по следующим данным (кг на 1 т урожая):

	азот	фосфор	калий
пшеница яровая (зерно)	48	13	18
горох	66	16	20
лен-долгунец (семена)	106	53	93
конопля (волокно)	200	62	100
сахарная свекла	5,9	1,8	7,5
картофель (клубни)	6,2	2,0	14,5

Потребность растений в элементах пищи изменяется в течение периода вегетации. Нарушение пищевого режима в разные фазы жизни растений сильно отражается на величине урожая и его качестве. Ежегодный вынос урожаями отдельных элементов пищи растений покрывается из почвенных запасов. Общие же запасы питательных веществ в почве значительно больше по сравнению с выносом их одним урожаем. Например, различные почвы содержат в пахотном слое следующее количество фосфора (кг на 1 га):

Валовое содержание азота и калия значительно превышает приведенные цифры.

бедные (фосфора менее 0,1 %)	около 3000 кг
средние (фосфора от 0,1 до 0,15 %)	4500
богатые (от 0,15 до 0,25 %)	7500
очень богатые (больше 0,25 %)	больше 7500 кг

Таким образом, даже в самой бедной почве содержится столько питательных веществ, что их вполне достаточно для получения нормальных урожаев весьма требовательных культур в течение 50-100 лет и более. Эти валовые запасы можно значительно увеличить, используя нижележащие слои почвы при их окультуривании.

Однако при таких больших запасах питательных элементов растения нередко значительно увеличивает урожай, если в почву вносят 50 кг на 1 га удобрений. Объясняется это тем, что растения используют только легкоподвижные питательные вещества, а в почвах преобладают малоподвижные, недоступные растениям формы. Создание условий, при которых возможен перевод питательных веществ почвы в усвояемое растениями состояние, составляет коренную задачу земледелия. Чтобы успешно решать эту задачу, надо хорошо знать круговорот питательных веществ.

Круговорот веществ в земледелии не замкнут: некоторые элементы, освобождающиеся при разложении отмерших растительных остатков, выпадают из круговорота при передвижении их в недостижимую для растений зону. Их хозяйственного круговорота исключается и та часть питательных элементов, которая содержится в урожае, вывозимом с поля. Эти «отчуждаемые» питательные вещества должны возмещаться из запасов почвы или из атмосферы (азот) или вноситься с удобрениями.

Рассмотрим отдельные моменты круговорота питательных веществ на примере динамики азота Д. Н. Прянишников, рекомендуя систему мероприятий для повышения урожаев, выдвигал на первое место значение азота в земледелии.

Главный путь поступления азота из атмосферы в почву связан с биологической деятельностью микроорганизмов и растений. Частично азот поступает с осадками, которые содержат небольшое количество аммиака и окислов азота. Аммиак попадает в атмосферу с продуктами горения, окислы образуются при электроразрядах в высоких слоях атмосферы. Всего за год с осадками поступает в почву от до 16 кг на 1 га азота.

Большое значение в накоплении азота в почве имеет деятельность двух групп микроорганизмов: свободноживущих в почве и симбиотических, живущих преимущественно на корнях бобовых.

Из группы свободноживущих наиболее изучен анаэроб Клостридиум пастерианум и аэроб Азотобактер. При неблагоприятных условиях азотобактер может полностью возместить вынос азота урожаями (50 кг/га). Такими условиями для него являются хорошо аэрированные с высоким содержанием фосфора и кальция почвы. Азотобактер требователен к теплу: границы от 9 до 35 °С, оптимум — 28 °С. Молибден усиливает азотфиксацию азотобактером в 10–30 раз. Азотобактер активен на каштановых почвах, солонцах и орошаемых землях. Достаточно активен на черноземах, а на подзолистых почвах без известкования и внесения фосфорных удобрений, а также унавоживания, развивается слабо. Особенно хорошо азотобактер развивается в ризосфере многих сельскохозяйственных культур, используя корневые выделения.

Кроме азотобактера в почвах имеются и другие свободноживущие аэробные фиксаторы азота, которые изучены пока недостаточно.

Наряду со свободноживущими фиксаторами азота большое значение для земледелия имеет деятельность симбиотических микроорганизмов, которые в ассоциации (сожительстве) клубеньковых бактерий и бобовых культур во много раз сильнее влияют на баланс азота. Количество азота, которое могут связать клубеньковые бактерии, зависит от вида бобового растения, его агротехники, особенностей почвы и ее окультуренности, погодных и других условий. Обычно оно превышает то количество азота, которое уносит один урожай зерновых хлебов, и может достигать 250–300 кг/га. Если для стимуляции деятельности азотобактера промышленность выпускает препарат азотобактерин, то для стимуляции клубеньковых бактерий в производстве используется нитрагин. Активность клубеньковых бактерий резко повышается на известкованных почвах, а также при внесении бобовые культуры фосфорных и органических удобрений.

Основным источником азота в почве является органическое вещество. Азот из него не может непосредственно усваиваться растениями и подвергается сложным биохимическим превращениям под воздействием различных групп микроорганизмов. В этом процессе можно выделить две фазы: аммонификацию и нитрификацию. Количественно эти процессы могут за год давать минерального азота на два-три хороших урожая.

**Аммонификация.** Первым продуктом минерализации органического азота является аммиак. Процесс аммонификации протекает очень больших интервалах температуры, кислотности,

азрации и т.д. Образующийся аммиак частично адсорбируется почвой и нейтрализует почвенные кислоты, часть его окисляется в нитраты и нитриты (нитрификация), часть снова используется микроорганизмами и растениями, обращаясь в белковую плазму их тела, и, наконец, какая-то его часть при определенных условиях реакции среды остается свободной и выделяется в атмосферу. Количество образовавшегося аммиака зависит от соотношения углерода и азота в минерализующемся веществе. Чем уже это отношение, тем выше эффективность процесса аммонификации. Аналогично влияние гумуса – чем окультуреннее почвы, тем меньше образуется аммиака, но оно увеличивается при наступлении холодов и дождей.

В почве аммиак в форме катиона аммония энергично поглощается отрицательно заряженными почвенными коллоидами, хотя в целом его доля среди поглощенных катионов незначительная – он вытесняется кальцием, магнием, водородом и натрием. Вступая в поглощающий комплекс, аммиак оказывает на него действие, аналогичное одновалентным катионам (натрий, водород, калий и др.) Он ухудшает физические свойства почвы, повышая ее дисперсность (распыление) и вымывание солей в глубокие горизонты. Вследствие диспергирующей способности аммиака в почве ухудшаются водные свойства (влагоемкость, водопроницаемость) в связи с этим ухудшается и весь водный режим почвы.

Однако при высокой кислотности почвы и недостатке в почвенном растворе кальция аммиак интенсивно поступает в корни растений. Аммиачное питание физиологически равнозначно нитратному, однако концентрация его в тканях растений может повышаться настолько, что вызывает нарушение правильного обмена веществ и приводит к так называемому аммиачному отравлению. Поэтому для правильного питания растений на кислых почвах необходимо применение аммиачных удобрений сочетать с известкованием, фосфоритованием и унавоживанием.

**Нитрификация.** Нитрификация – это процесс окисления аммиака. Он совершается в два этапа:

- 1) окисление аммиака в нитриты или азотистую кислоту нитрозными бактериями;
- 2) окисление нитритов в нитраты или азотную кислоту нитратными бактериями (нитробактер).

Условия, от которых зависит уровень процесса нитрификации в почве.

Первое – оптимальная температура. Энергично процесс идет при 30–35 °С, возможен в диапазоне температур от 5 до 55 °С. В течение лета температура постоянно меняется, а вместе с ней изменяется и количество нитратов в почве: при похолодании она резко уменьшается, а в теплые периоды быстро нарастает. Второе условие – достаточное наличие кислорода в почвенном воздухе. Кислород необходим для окислительных реакций, т.е. процесс нитрификации в почве находится в полной зависимости от ее аэрации (нитрификаторы являются облигатными аэробами). На легких почвах величина нитрификации больше, чем на тяжелых. Чтобы усилить нитрификацию на тяжелых почвах или склонных к заплыванию бесструктурных, необходимо в пахотном слое поддерживать оптимальную рыхлость. В этом случае содержание нитратов может быть быстро увеличено в 10 раз и более. Третье условие успешного развития нитрификации – отсутствие в почве избыточной кислотности. Наиболее интенсивно нитрификация идет при нейтральной и слабощелочной реакции. Поэтому на солонцах и солончаках при хорошей их аэрации нитрификация протекает энергичнее, чем даже на черноземах. На кислых подзолистых почвах этот процесс идет вяло, но он усиливается довольно быстро после известкования. Четвертое условие нитрификации – оптимальная влажность почвы. Средние границы – 40–70 % полной влагоемкости. При избыточном увлажнении почвы преобладают анаэробные процессы, в почве накапливается аммиак. На южных структурных почвах, где нет антагонизма между водой и воздухом, нитрификация возможна при более широких интервалах влажности.

Динамика нитратов в почве. В производственных условиях нитраты являются основным источником (резервом) азотной пищи растений.

Как отмечалось выше, на первом этапе нитрификации – окисления аммиака – образуются нитриты. В больших количествах они отрицательно действуют на развитие растений. На рыхлых почвах вредных для растений количеств нитритов не бывает вследствие их дальнейшего окисления до азотной кислоты (нитратов).

Образующаяся азотная кислота вызывает ряд изменений в почвенных процессах. С повышением количества  $\text{NO}_3$  в почве увеличивается содержание водорастворимого кальция, одновременно азотная кислота может связываться в почве и с другими основаниями: магнием, калием, марганцем, она также разлагает и почвенные фосфаты, их мобильность, повышается и увеличивается усвояемость растениями.

При обильном увлажнении почвы нитраты перемещаются с водой в нижние горизонты. Вымыванию нитратов благоприятствует также крупный механический состав почвы. Как правило, нитраты в почве под растениями исчезают, или содержатся в незначительных количествах. Большое влияние на превращение нитратов в почве оказывает потребление их микроорганизмами почвы. Биологическое поглощение наблюдается после заправки больших количеств зеленого удобрения, соломистого навоза, соломы. Чтобы сбалансировать почвенный раствор по азоту, вместе с соломой вносят 1–2 % веса азотных удобрений.

Биологическое поглощение, вымывание и потребление нитратов растениями нельзя отождествлять с денитрификацией, при которой происходит восстановление нитратов микроорганизмами до свободного азота, теряемого почвой. Химическая сторона процесса денитрификации до конца еще не изучена. В производстве для денитрификации создается благоприятная обстановка при сочетании нейтральной реакции почвы с плохой ее аэрацией, это возможно при переизвестковании избыточно увлажненных торфяных или глубокодерновых луговых почв.

**Динамика фосфора в земледелии.** Динамика фосфора значительно отличается от динамики азота. Валовые запасы фосфора только в пахотном слое колеблются от 3 до 7,5 т на га. При этом в гумусовом горизонте фосфора содержится больше, чем в нижележащих слоях и материнской породе. Содержание фосфора сильно связано с окультуренностью почвы. Фосфаты находятся в почве в виде органических и неорганических соединений. Пополнение пахотного слоя идет за счет пополнения органических соединений и внесения удобрений. Органические соединения составляют от 10 до 50 % от валового количества фосфатов, считаются почти недоступными для растений и принимают участие в их питании после гидролиза.

Минеральные фосфаты в почве состоят из многих солей разной доступности растениям. Большинство минеральных соединений фосфора в отличие от минеральных солей азота нерастворимы в воде. Они могут растворяться при наличии кислотности почвы, кислых выделений корневой системы или кислотообразующих микробиологических процессов, а в почвах с щелочной реакцией – расщепляться путем гидролиза. Азотобактер и нитробактер растворяют труднорастворимые минеральные формы фосфатов благодаря выделениям при разложении органических веществ различных органических и минеральных кислот.



Для перевода труднорастворимых и недоступных растениям соединений фосфатов в легкоусвояемые применяют препарат фосфобактерин.

Возделываемые культуры являются основным фактором изменения фосфатного режима почвы, они характеризуются различной усвояющей способностью корней в отношении фосфатов. Такие растения как люпин, горох, донник, клевер второго года жизни, гречиха, горчица в состоянии использовать труднорастворимые фосфаты почвы. Зерновые хлеба, картофель, лен, корнеплоды, хлопчатник используют только легкодоступные фосфаты. Вторые в севооборотах с культурами первой группы могут обходиться без фосфатных удобрений.

В почве могут проходить и другие процессы – иммобилизация (связывание) легкорастворимой фосфорной кислоты микроорганизмами при усиленном их размножении и синтезе новых клеток.

Вследствие высокой активности свободной фосфорной кислоты в почве обычно нет. При избыточном увлажнении водорастворимые фосфаты могут промываться за пределы корнеобитаемого слоя. Под влиянием высушивания почвы повышается растворимость фосфорной кислоты. Повышение температуры почвенного раствора действует так же, как и высушивание. Приемы механической обработки почвы, особенно вспашка, глубокая культивация, окучивание и др., повышают аэрацию и газообмен, усиливают деятельность полезных микроорганизмов, способствуют развитию процессов нитрификации и тем самым оказывают разностороннее влияние на мобилизацию фосфорной кислоты.

Динамика других элементов пищевого режима. Значение катионов, калия, кальция, магния и натрия в жизни растений и почв известно. Здесь напомним, что в почвах катионы находятся в трех состояниях в почвенном растворе, в почвенном поглощающем комплексе и в органическом веществе растительных остатков. Как обычно, названные химические элементы входят в состав многих минералов и горных пород. В растворенном состоянии катионы легко могут быть вымыты из пахотного слоя. Все эти катионы имеют разное значение в минеральном питании растений, в агрономической практике.

В агрономических кругах недооценка роли агротехнических приемов управления агрохимическими показателями плодородия почвы пока остается весьма распространенной, особенно это касается вопросов управления пищевым режимом в почве. А ведь

удовлетворение потребностей растений в питательных веществах составляет одну из центральных задач земледелия.

Все земледельческие приемы регулирования пищевого режима в почве можно разделить по выполняемым задачам на четыре группы:

- пополнение почвы питательными веществами;
- превращение элементов пищи из недоступной в усвояемую растениями форму;
- создание условий для лучшего использования растениями питательных веществ;
- борьба с потерями питательных веществ из почвы.

Дадим краткую характеристику каждой группы земледельческих приемов.

Первая – пополнение питательными веществами почвы действительно осуществляется в значительной мере внесением удобрений. Виды удобрений, сроки, способы внесения их под разные культуры на разных почвах изучаются агрохимией. Но такие источники как фиксация азота атмосферы, изучают микробиология и земледелия. Азотобактер связывает до 50 кг на 1 га азота, клубеньковые бактерии до 300 кг на 1 га. По другим питательным веществам земледельческие приемы не увеличивают их общие запасы, но с помощью растений они перераспределяют вещества по разным слоям почвы.

Вторая группа приемов регулирования пищевого режима в почве – превращение недоступных питательных веществ в доступные (в том числе и поступающих с удобрениями) – осуществляется приемами агротехники, направленными на регулирование процессов гумификации-минерализации. Органическое вещество в почве гумифицируется и минерализуется с помощью микроорганизмов двух групп: аэробных и анаэробных. Создание или улучшение условий их жизнедеятельности – забота агротехники (обработка почвы, севооборот). Замедление или ускорение нитрификации (во избежание вымывания нитратов или азотного голодания растений) достигается уплотнением или рыхлением почвы. Связать свободные нитраты и аммиачный азот можно посевом промежуточных культур и их запашкой.

К третьей группе мероприятий по регулированию пищевого режима в почве относятся приемы, создающие наилучшие условия для использования растениями элементов пищи. Важнейшее из этих условий – это оптимальное соотношение питательных веществ между собой и другими факторами жизни растений, т.е. соблюдение закона совокупного действия факторов жизни растений. Это означает, что

например, при недостатке влаги в почве приемы улучшения влагообеспеченности растений позволяет лучше использовать питательные вещества. Здесь большое значение имеют:

- приемы придания почве оптимальных физических свойств, благоприятной реакции почвенного раствора;
- правильный подбор и сочетание культур сортов;
- выбор сроков, способов и качества сева;
- разработка и реализация правильной системы мер по борьбе с сорняками, болезнями и вредителями с.-х. культур и другие меры оптимизации условий продукционного процесса.

Четвертая группа приемов регулирования пищевого режима почв – борьба с потерями питательных веществ. Наиболее вредоносные каналы потерь: 1) сорняки, болезни, вредители; 2) с поверхностным и нисходящим стоком в процессе эрозии при разрегулированном водном режиме; 3) в процессе дефляции почв также имеют место потери как органического вещества, так и поглощенных катионов (в первую очередь выдувается мелкозем, а это основа почвенного поглощающего комплекса). Кроме того, азот теряется в результате денитрификации в газообразном состоянии. Таким образом, задачу борьбы с потерями питательных веществ из почвы решают все меры, направленные на регулирование водного режима в почве, борьбу с водной и ветровой эрозией, сорняками, болезнями, вредителями.

## **2.2 Поглотительная способность почв**

Всякая почва характеризуется определенными физическими, химическими и физико-химическими свойствами, от которых зависит ее плодородие. Накопление в почве элементов зольной и азотной пищи растений в процессе почвообразования тесным образом связано со свойствами почвы поглощать и удерживать различные растворенные в воде соединения, а также пары и газы. Это свойство почвы называется поглотительной способностью. К.К. Гедройц выделил пять видов поглотительной способности почв: механическую, биологическую, физическую, химическую и физико-химическую.

### **Задание 2. 2. 1 Определение поглотительной способности почвы**

**Материалы и оборудование:** образцы почвы различного механического состава, штатив с пробирками, колбы вместимостью 250 и 500 мл, стаканы, воронки, фильтры, марля, фарфоровые чашки, 5-процентный раствор кислого фосфорнокислого калия или натрия,

раствор хлористого калия, щавелекислый аммоний, раствор метиленовой синьки или фиолетовые чернила, технические весы с разновесами, эксикатор, горелки.

#### Пояснения к заданию и ход работы:

1) для определения химической поглотительной способности почвы в колбу вместимостью 250 мл налить 20 мл 5-процентного раствора кислого фосфорнокислого калия  $K_2HPO_4$  и насыпать 20 г предварительно взвешенной воздушно-сухой почвы пахотного слоя;

2) после 30-минутного периодического взбалтывания дать смеси отстояться и отфильтровать ее. Фильтрат должен быть прозрачным. Для этого надо переливать смесь на фильтр осторожно, малыми порциями, особенно вначале;

3) 10 мл фильтрата налить в предварительно взвешенную фарфоровую чашку и выпарить на песочной или водяной бане досуха. Чашку вторично взвесить и определить массу минерального остатка;

4) рассчитать поглотительную способность почвы, рассуждая следующим образом: в 20 мл раствора кислого фосфорнокислого калия содержался 1 г соли. Значит, в 10 мл фильтрата должно содержаться 0,5 г кислого фосфорнокислого калия, если бы почва его не поглотила.

Масса минерального осадка в опыте равна 0,2 г, следовательно, 0,3 г кислого фосфорнокислого калия поглощены 10 г почвы. Тогда 20 г почвы поглотят 0,6 г соли, что составит 60 %. Это и будет показателем поглотительной способности данного образца почвы;

5) для определения механического поглощения пропустить через слой почвы в воронке воду с тщательно растертой и размешанной в ней любой другой почвой (2–3 г). Взмученные в почве частицы будут задерживаться в порах заполняющей воронку почвы, которая выполняет роль фильтра. Вытекающий из воронки фильтрат будет прозрачным. Появление в нем иногда легкой мути объясняется наличием тонких взвешенных в воде частиц, диаметр которых меньше диаметра пор испытуемого образца почвы;

6) физическое поглощение можно обнаружить, пропуская через почву воду, слегка подкрашенную метиленовой синькой. Из воронки будет поступать бесцветный прозрачный фильтрат, так как молекулы красящего вещества адсорбируются поверхностью коллоидных частиц вследствие действия молекулярных сил;

7) для опыта с физико-химическим поглощением (обменное поглощение) следует взять черноземную почву и обработать ее в воронке хлористым калием. При этом ионы кальция, содержащиеся в почве, будут вытесняться ионами калия, и переходить в фильтрат. Эту

реакцию обмена можно представить следующей схемой: (почва)  
 $\text{Ca} + 2\text{KCl} = (\text{почва}) 2\text{K} + \text{CaCl}_2$ .

Наличие кальция в фильтрате можно установить, прилив к нему раствор щавелекислого аммония, в присутствии которого образуется белый осадок.

Для сравнения нужно обработать почву дистиллированной водой. Фильтрат, полученный после обработки почвы водой, никакой реакции с щавелекислым аммонием не даст.

### 2.3 Кислотность почвы

Кислотность – важнейшая агрономическая характеристика почвы и экологический фактор, который необходимо учитывать в практике сельского хозяйства. Повышенная кислотность почв ухудшает рост и развитие растений, подавляет жизнедеятельность полезных бактерий, способствует развитию почвенных грибов и болезнетворных микроорганизмов, ухудшает физико-химические свойства почвы и т.п.

Для каждого растения существует определенный, наиболее благоприятный интервал кислотности (таблица 2.1)

Таблица 2.1 – Оптимальные значения рН для сельскохозяйственных культур

Культуры	Интервалы	Культуры	Интервалы
Люцерна	7,2–8,0	Горох	6,0–7,0
Сахарная и столовая свекла	6,7–7,5	Клевер	6,0–7,0
Калуста	6,0–7,1	Лен	5,5–6,5
Озимая пшеница	6,3–7,7	Картофель	5,0–5,5
Озимая рожь	5,0–7,7	Брюква и люпин	4,8–5,5
Яровая пшеница	6,0–7,3	Яблоня	5,5–6,0
Кукуруза.	6,0–7,5	Груша, вишня, слива	6,5–7,0
Овес	5,5–7,5		

По степени кислотности (величине рН) почвы делят на следующие группы:

Сильнокислые < 4,5	Близкие к нейтральным	5,6–6,0
Среднекислые 4,6–5,0	Нейтральные	6,1–7,0
Слабокислые 5,1–5,5	Щелочные	7,1–8,0
	Сильнощелочные	> 8,1

Различают два вида почвенной кислотности: актуальную (активную) и потенциальную (скрытую), или посевную.

Актуальной кислотностью называют концентрацию ионов водорода в почвенном растворе. Она обусловлена наличием в почвенном растворе органических и минеральных кислот, создающих

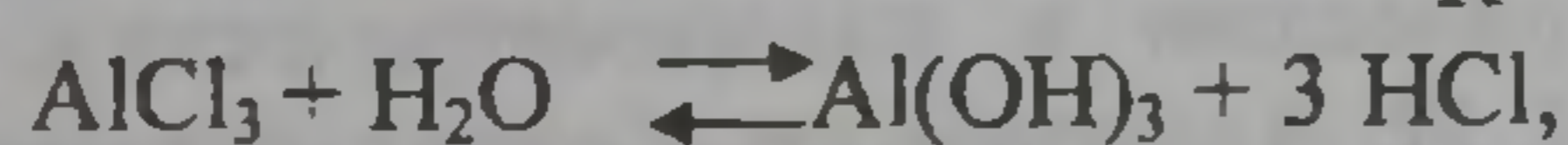
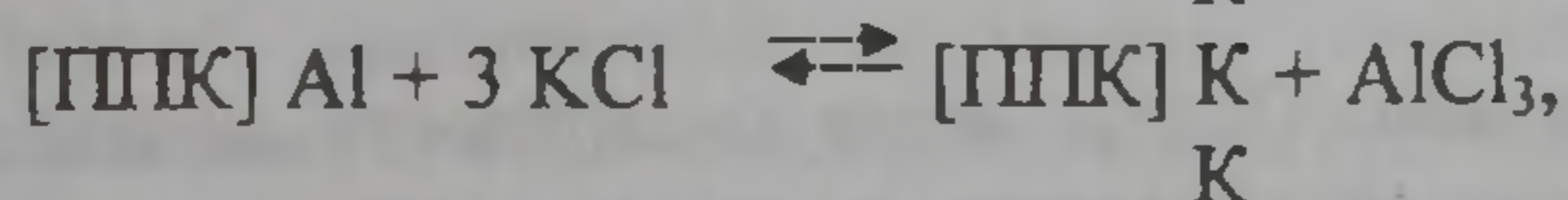
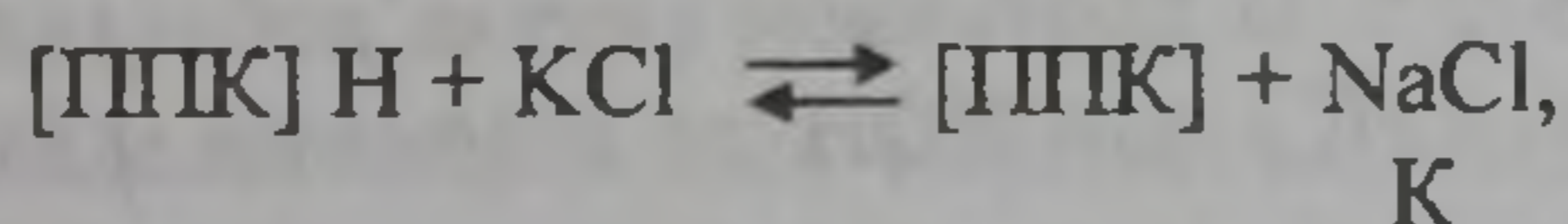
определенную степень подкисления. Для определения актуальной кислотности почву промывают водой и в водной вытяжке устанавливают концентрацию водородных ионов (рН водной вытяжки).

Однако есть почвы, которые не дают с водой кислых вытяжек, а при обработке растворами солей показывают кислую реакцию. Это уже другая форма кислотности – пассивная (потенциальная).

Потенциальной кислотностью называют способность твердой фазы почвы подкислять раствор при взаимодействии с солями. Она обусловлена ионами  $H^+$  или  $Al^{3+}$ , которые находятся в поглощенном почвой состоянии.

В зависимости от того, какие соли используют для выявления потенциальной кислотности, ее подразделяют на обменную и гидролитическую.

Обменная кислотность почвы – та часть потенциальной кислотности, которая выявляется при вытеснении из почвы ионов  $H^+$  или  $Al^{3+}$  раствором нейтральной соли ( $KCl$ ,  $NaCl$ ,  $BaCl_2$ ). Чаще всего для этой цели используют 1 н. раствор  $KCl$

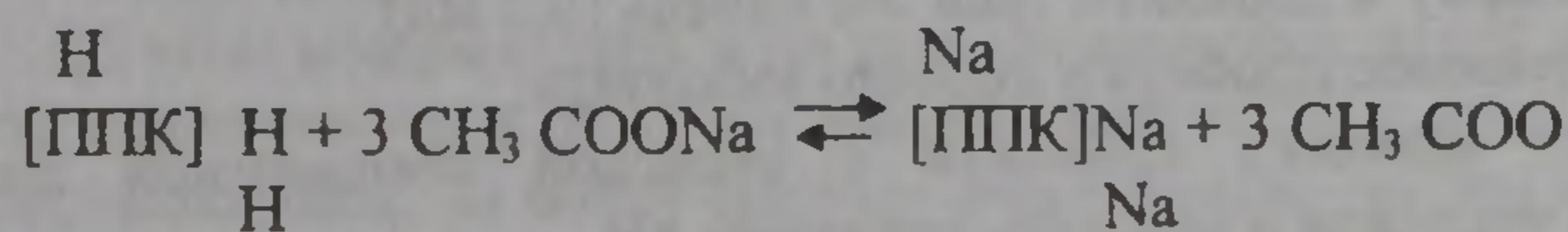


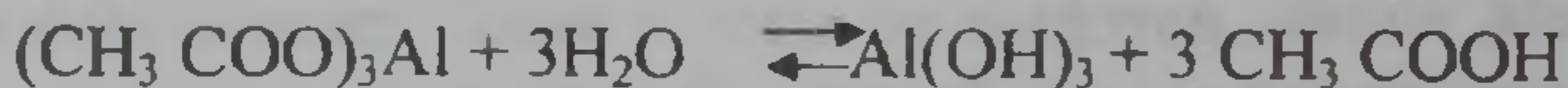
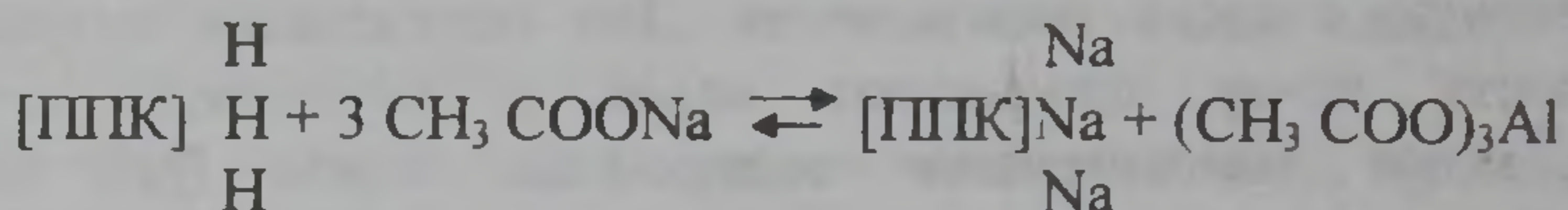
где ППК – почвенный поглощающий комплекс.

Обменную кислотность также выражают величиной рН, но указывают, что это рН солевой, а не водной вытяжки.

Обменная кислотность всегда выше актуальной, так как при ее определении одновременно учитывают и водородные ионы, находившиеся в почвенном растворе. Обменную кислотность необходимо учитывать при внесении в почву удобрений.

Гидролитической кислотностью называют потенциальную кислотность почвы, которая образуется при вытеснении из почвы ионов  $H^+$  или  $Al^{3+}$  раствором гидролитически щелочной соли (т.е соли сильного основания и слабой кислоты). Чаще всего для этой цели используют 1 н.раствор  $CH_3 COONa$





Гидролитическую кислотность выражают в мг/экв на 100 г почвы и обозначают символом *H*.

Знание гидролитической кислотности почвы необходимо для того, чтобы судить о степени ненасыщенности почв основаниями, вычисления емкости поглощения кислых почв, установления дозы извести при известковании кислых почв, а также для обоснования возможности замены суперфосфата фосфоритной мукой.

### Задание 2.3.1 Определение актуальной и обменной кислотности почвы

**Материалы и оборудование:** образцы почв, весы с разновесами, прибор Н. И. Алямовского, 1 н. раствор KCl (74,56 г соли растворяют в 400–500 мл дистиллированной воды и доводят объем до 1 л.). Раствор должен иметь рН 5,6–6,0. В противном случае добавляют по каплям 10-процентный раствор HCl или KOH до получения заданной величины рН.

**Пояснения к заданию.** Определение кислотности почвы чаще всего проводят потенциометрическим и колориметрическим, или цветным, методом по шкале Н. И. Алямовского. Колориметрический метод основан на свойствах некоторых веществ, называемых индикаторами, менять окраску при изменении реакции среды.

#### Ход работы:

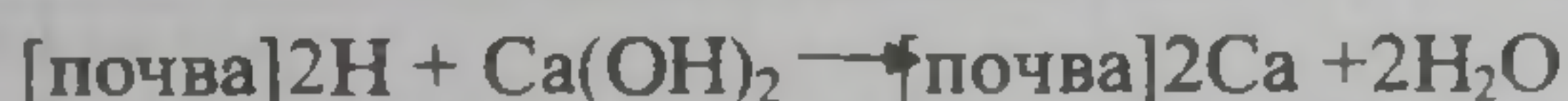
- 1) из смешанного образца отвесить 20 г почвы и насыпать в коническую колбу вместимостью 100 мл;
- 2) прилить к почве 50 мл 1 н. раствора KCl (если определяют обменную кислотность) или 50 мл дистиллированной воды (если определяют актуальную кислотность);
- 3) закрыть колбу чистой пробкой и хорошо взболтать в течение 5 мин;
- 4) дать жидкости хорошо отстояться до полного осветления в течение 18–24 ч;
- 5) перенести пипеткой 5 мл прозрачной почвенной вытяжки в чистую пробирку и добавить туда 5–6 капель (0,3 мл)
- 6) содержимое пробирки хорошо взболтать;
- 7) цвет вытяжки сравнить с окраской стандартной шкалы растворов – эталонов и записать величину рН

## 2.4 Определение дозы извести в зависимости от кислотности почвы

Главная цель известкования состоит в устранении избыточной кислотности и улучшения других свойств почвы.

При внесении извести в почву она нейтрализует угольную кислоту и азотную кислоту, органические кислоты в почвенном растворе, а также ионы водорода в почвенном поглощающем комплексе. Таким образом, известь устраняет актуальную и обменную кислотности и значительно снижает гидролитическую кислотность.

При известковании почва насыщается кальцием, а образующаяся углекислота распадается на  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Схематично эту реакцию можно представить следующим образом:



Целесообразность известкования устанавливают по показателям обменной кислотности с учетом степени насыщенности почв основаниями и механического состава (таблица 2.2)

Таблица 2.2 – Установление необходимости известкования почв по pH и степени насыщенности основаниями (по М. Ф. Корнилову)

Почва	Необходимость известкования почв							
	сильная		средняя		слабая		отсутствуют	
	pH	V	pH	V	pH	V	pH	V
Тяжелосуглинистая	<	<	4,5-	50-	5,0-	65-	>5,5	>75
Среднесуглинистая	4,5	50	5,0	65	5,5	75		
Легкосуглинистая	<	<	4,5-	40-	5,0-	60-	>5,5	>70
Супесчаная и песчаная	<	<	4,5-	35-	5,0-	50-		

Приблизительно необходимость в известковании можно определить только по обменной кислотности или только по степени насыщенности почв основаниями.

Об этом можно судить и по данным изучения дикой и культурной растительности поля. Если на участке растут щавелек едкий лютик, хвощ, осока, мох, то почву следует известковать; на это же указывает



сильная изреженность клевера, люцерны, заболевания капусты килой, ржавая окраска воды (в кислой почве растворяется соли железа) и т.д.

Дозу извести устанавливает по величине гидролитической кислотности, умножая на 1,5. Например, при гидролитической кислотности, равной 2 мг-экв, доза извести равна  $(2,0 * 1,5) = 3$  т/га.

При отсутствии данных по гидролитической кислотности к извести можно ориентировочно определить по обменной кислотности (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Примерные дозы извести, установленные в зависимости от обменной кислотности почвы

Почвы	Доза (т/га) при рН солевой вытяжки					
	4,5 и ниже	4,6	4,8	5,0	5,2	5,5
Супесчаные и легкосуглинистые	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0
Средне и тяжелосуглинистые	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

Результаты записать по следующей форме

Номер почвенного образца	Механический состав	Обменная кислотность (рН солевой вытяжки)	Необходимость известковая	Примерная доза извести, т/га

## 2.5 Химический состав почвы

В процессе разложения растительных и животных остатков, т.е. одновременно с минерализацией органических веществ, в почве идет процесс образования сложных органических соединений, процесс гумификации (образование почвенного гумуса, или перегноя). Перегнойные вещества почвы имеют сложное химическое строение, более сложное, чем исходный материал. Почвенный перегной содержит гуминовые и ульминовые кислоты, фульвокислоты, аминокислоты, почвенные гумины, воскосмолы, витамины, фенолы, антибиотики и т.п. При разложении гумуса высвобождается углерод, нитраты, фосфаты и т.д.

В состав гумуса входит около 5 % азота. Поэтому перегнойные вещества служат источником обогащения почвы элементами зольной и азотной пищи. Кроме того, перегнойные вещества – важнейший фактор образования почвенной структуры, они улучшают также

аэрацию, тепловые свойства почвы, поглотительную ее способность, влагоемкость и другие физические и химические свойства, определяющие плодородие почвы.

В различных почвах состав и количество содержат черноземы. К югу от этой зоны и к северу количество перегноя постепенно убывает. Например, черноземы содержат 8–12, а иногда и 15 % гумуса от общей массы почвы, серые лесные почвы – 3–5 %, сероземы – 1–3 %, а песчаные – всего лишь 0,5–1 % (даже сотые доли процента).

### **Задание 2.5.1 Определение количества гумуса по методу И. В. Тюрина**

**Материалы и оборудование:** образцы почвы, сита с диаметром отверстия 1,0 и 0,25 мм, пинцеты, лупы, стеклянные палочки, фарфоровые ступки, резиновые пестики, конические колбы вместимостью 100 мл, химические стаканы или колбы вместимостью 500 и 1000 мл, бюретки, небольшие стеклянные воронки (холодильник), электроплитка или газовая горелка, технические и аналитические весы.

#### **Реактивы:**

1) 0,4 н. раствор хромовой кислоты (смеси). 40 г хорошо измельченного кристаллического двуххромовокислого калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) или 32 г хромового ангидрида ( $Cr_2O_3$ ) растворяют примерно в 600–800 мл дистиллированной воды и фильтруют через бумажный фильтр в мерную колбу вместимостью 1 л. Раствор доводят дистиллированной водой до метки, выливают в большую фарфоровую чашку или колбу вместимостью 3–5 л из термостойкого стекла и к нему очень осторожно приливают (под тягой) небольшими порциями (по 50 – 100 мл) 1 л концентрированной серной кислоты (плотностью 1,84). После каждого прибавления  $H_2SO_4$  раствор осторожно перемешивают, дают немного охладиться и только после этого добавляют следующую порцию кислоты. Когда вся кислота добавлена, раствор закрывают стеклом, оставляют стоять для полного охлаждения до следующего дня, затем переносят в склянку с притертой пробкой и хранят в темном месте;

2) 0,2 н. раствор соли Мора  $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$ . 80 г соли мора растворяют в 600–700 мл дистиллированной воды, к которой прибавлено 20 мл концентрированной серной кислоты (плотностью 1,84). Раствор фильтруют через складчатый фильтр, доводят водой колбе вместимостью 1 л до метки и хорошо перемешивают. Раствор хранят в закрытой бутылки (кислород воздуха окисляет соль Мора);

3) раствор дифениламина  $C_{12}H_{11}N$ . 0,5 г дифениламина помещают в химический стакан и приливают при постоянном помешивании стеклянной палочкой 100 мл серной кислоты плотностью 1,84. После этого осторожно добавляют 20 мл дистиллированной воды, в результате чего происходит разогревание раствора, что способствует растворению индикатора;

4) концентрированная серная кислота;

5) 85-процентный раствор ортофосфорной кислоты  $H_3PO_4$  (плотностью 1,7).

**Пояснения к заданию.** Общее количество гумуса в почве определяют косвенным путем по количеству углерода в почве (прямых методов определения общего количества гумуса в почве нет), Сущность этого метода заключается в окислении углерода органического вещества (гумуса) 0,4 н. раствором двухромового калия ( $K_2Cr_2O_7$ ), приготовленного на разведенной в воде (1:1) серной кислоты. Количество окислителя, израсходованного на окисление углерода перегноя, определяют по разности между количеством хромовой смеси, взятой на окисление, и количеством ее, оставшимся неизрасходованным (устанавливают титрованием остатка хромовой смеси солью Мора). По количеству израсходованного окислителя вычисляют процентное содержание гумуса.

Установлено, что среднее содержание углерода в перегное 58 %. Поэтому при пересчете углерода на гумус процентное содержание углерода умножают на коэффициент 1,724. Обратный пересчет гумуса на углерод проводят по формуле:

$$\% C = \% \text{ гумуса} \times 0,58$$

#### **Ход работы:**

1) из смешанного образца почвы взять 5–10 г;

2) взятую пробу поместить на стекло с подложенной под него белой бумагой (для фона) и тщательно отобрать корешки (под лупой), раздавливая комочки почвы пинцетом. Если мелких корешков много, то при отборе их можно пользоваться наэлектризованной (натертой шерстяной или суконной тканью) эбонитовой или стеклянной палочкой (мелкие корешки притягиваются палочкой, если быстро пронести ее над распределенной тонким слоем почвой). Слишком близко к почве палочку подносить нельзя, так как к ней прилипают и минеральные частицы почвы;

3) почву, отделенную от корешков, просеять через сито с отверстиями 0,25 мм. Если на сите останется минеральный остаток,

растереть его в ступке, просеять и присоединить к просеянной раньше почве. Почву тщательно перемешать;

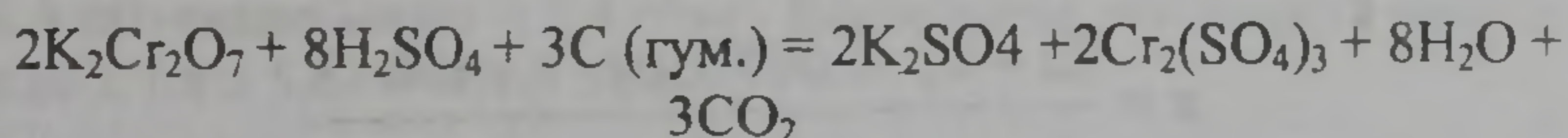
4) отвесить на аналитических весах 0,05–0,5 г почвы (чем больше гумуса содержит данная почва, тем меньше должна быть навеска. Одновременно берут навеску почвы около 5 г для определения коэффициента гигроскопичности) и поместить ее в коническую колбу вместимостью 100 мл;

5) прилить из бюретки точно 10 мл 0,4 н. раствора  $K_2Cr_2O_7$  приготовленного в разбавленной серной кислоте (приливать медленно, чтобы раствор полностью стекал со стенок бюретки);

6) содержимое колбы осторожно взбалтывать круговым движением. При этом следить за тем, чтобы частицы почвы не оставались на стенках колбы;

7) в горло колбы вставить маленькую воронку, служащую холодильником, и поставить на этернитовую плитку, песочную баню или газовую горелку с асбестовой сеткой;

8) содержимое колбы кипятить 5 мин. Отсчет времени начать с момента появления первого относительно крупного пузырька газа ( $CO_2$ ). Нельзя допускать сильного кипения и выделения пара из воронки (пузырьки газа должны быть хотя и обильными, но по величине не больше зерна проса). При нагревании идет окисление углерода перегноя до  $CO_2$  на которое затрачивается некоторая часть двуххромовокислого калия по схеме:



При сильном кипении часть хромовой кислоты разрушается, что отрицательно сказывается на точности анализа. Если хромовая кислота будет израсходована полностью, о чем можно судить по зеленой окраске раствора, то определение следует повторить, уменьшив навеску почвы или увеличив количество бихромата;

9) по окончании кипячения колбу снять с плитки, охладить до комнатной температуры и перенести ее содержимое дистиллированной водой в колбу вместимостью 500 мл. (Сначала вынимают обмывают дистиллированной водой воронку, а затем несколько раз ополаскивают водой маленькую колбу, выливая ее содержимое в большую колбу). Объем жидкости в колбе довести до 250 мл (приблизительно), прибавить 2 л 85 процентного раствора фосфорной кислоты и восемь капель дифениламина в качестве индикатора. Оттитровать содержимое колбы 0,2 н. раствором соли Мора до перехода темно-бурой окраски раствора через фиолетовую

и синюю в грязно-зеленоватую. При появлении синего цвета титровать следует очень осторожно, прибавляя раствор соли мора по одной капле и все время перемешивать энергичным взбалтыванием;

10) записать объем (мл) раствора соли Мора, пошедший на титрование содержимого колбы;

11) произвести холостое определение (установить соотношение между  $K_2Cr_2O_7$  и солью Мора), т.е. определить, сколько соли Мора идет на титрование 10 мл раствора хромовокислого калия в серной кислоте. Для этого взять примерно 0,2 г прокаленного песка (для равномерного кипения), поместить в коническую колбочку вместимостью 100 мл, прилить из бюретки 10 мл 0,4 н. раствора  $K_2Cr_2O_7$ , закрыть маленькой воронкой и кипятить на плите точно 5 мин, охладить, добавить индикатор и оттитровать;

12) найти количество соли Мора, которое соответствует хромовой кислоте, израсходованной на окисление гумуса (по разности между количеством раствора Мора, пошедшим на титрование при холостом опыте, и количеством соли Мора, пошедшим на титрование остатка бихромата после окисления углерода перегноя);

13) вычислить процентное содержание гумуса по формуле

$$x = \frac{(a - b) \cdot 0.0010362 \cdot N \cdot 100 \cdot K}{c}$$

где  $a$  – объем раствора соли Мора, затраченный на холостое титрование 10 мл хромовой смеси, мл;

$b$  – объем раствора соли Мора, затраченный на титрование содержимого колбы после окисления гумуса (пункт 10), мм;

$N$  – поправка к титру соли Мора;

$K$  – коэффициент гигроскопичности почвы (пересчет на сухую почву);

$c$  – навеска воздушно-сухой почвы, взятая для анализа, г;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

0,0010362 – коэффициент для пересчета на перегной (показывает, что 1 мл 0,2 н. раствора соли Мора соответствует такому количеству хромовой кислоты, которое окисляет 0,0010362 г гумуса или 0,0006 г углерода).

Например, для определения содержания перегноя взята навеска 0,2123 г воздушно-сухой почвы. Содержимое гигроскопической воды в почве – 5,01 %

$$K = \frac{100+5,01}{100} = 1,05,$$

где K – коэффициент гигроскопичности почвы

При установке соотношения между 10 мл  $K_2Cr_2O_7$  и солью Мора (холостой опыт) израсходовано 21,9 мл 0,2042 н. раствора соли Мора, на титрование избытка хромовой кислоты после окисления затрачено 12,8 мл того же раствора. Поправка на нормальность раствора соли Мора равна  $0,2042 : 0,2 + 1,021$ . Следовательно, на окисление гумуса израсходовано такое количество хромовой кислоты, которое соответствует  $21,9 - 12,8 = 9,1$  мл раствора соли Мора.

Количество гумуса в пересчете на сухую почву будет равно:  $(21,9 - 12,8) \times 0,0010362 \times 1,021 \times 100 \times 1,05 : 0,2123 = 5,34$  %;

14) вычислить процентное содержание азота в почве:  $N, \% = \% \text{ гумуса} \times 0,05$ . В нашем примере  $\% N = 5,34 \times 0,05 = 0,267$  %;

15) вычислить процентное содержание углерода перегноя.  $C, \% = \% \text{ гумуса} \times 0,58$ . В нашем примере  $\% C = 5,34 \times 0,58 = 3,097$  %;

16) вычислить запасы гумуса в нем 5,34 % от массы сухой почвы, а объемная масса –  $1,4 \text{ г/см}^3$ . Вычисляем, что запасы гумуса равны  $20 \times 1,4 \times 5,34 = 149,5$  т/га.

### Задание 2.5.2 Определение подвижного калия в карбонатных почвах по методу П. В. Протасова

**Материалы и оборудование:** пламенный фотометр, теххимические весы с разновесами, образцы почвы, просеянной через сито с ячейками 1 мм, колбы вместимостью 250 мл.

Таблица 2.4 – Обеспеченность почв обменным калием (в мг  $K_2O$  на 100 г почвы)

Обеспеченность	Зерновые, лен, травы	Корнеплоды, картофель	Овощные культуры
Очень низкая.	<5	<10	<15
Низкая	5–10	10–15	15–20
Средняя	10–15	15–20	20–30
Высокая	>15	>20	>30

### **Реактивы:**

1) 0,2 н. раствор углекислого аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . 11,4 г углекислого аммония растворяют в воде и доводят объем раствора до метки в колбе вместимостью 1 л. При хранении легко разлагается;

2) серия эталонных растворов на  $\text{K}_2\text{O}$  для пламенного фотометра

**Пояснения к заданию.** Метод основан на извлечении доступного, или подвижного, калия из карбонатных почв двумя последовательными вытяжками 0,2 н. раствора углекислого аммония с последующим определением калия на пламенном фотометре.

### **Ход работы:**

1) взять 10 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с отверстиями 1 мм, поместить в колбу вместимостью 250 мл;

2) прилить в колбу 100 мл 0,2 н. раствора углекислого аммония;

3) взболтать содержимое колбы в течение 5 мин и оставить на 1 ч;

4) после отстаивания суспензию снова взболтать и отфильтровать через плотный фильтр;

5) взять почву вместе с фильтром, перенести в ту же колбу, в которой производилось отстаивание, и залить второй раз 100 мл раствора углекислого аммония;

6) снова взболтать, дать отстояться и отфильтровать (пункты 3,4). Фильтровать можно в те же колбы, в которые собирался первый фильтрат, или же в разные колбы, а затем содержимое их слить в одну;

7) объединенный фильтрат хорошо взболтать, налить в стаканчики вместимостью 50 мл;

8) определить калий на пламенном фотометре;

9) пользуясь таблицей 2.4, сделать заключение об обеспеченности почвы калием.

### **Задание 2.5.3 Определение подвижных форм фосфора по методу А. Т. Кирсанова**

**Материалы и оборудование:** образцы почв, сита с отверстиями диаметром 1 мм, технические весы с разновесами, прибор А. Т. Кирсанова. Если прибора нет, то необходимо иметь: конические колбочки вместимостью 100 мл, пипетки, воронки,

беззольные фильтры, оловянную палочку, шкалу образцовых растворов фосфата кальция.

**Реактивы:**

1) 0,2 н. раствора соляной кислоты  $\text{HCl}$ . 16,4 мл соляной кислоты плотностью 1,19 доводят дистиллированной водой до 1 л;

2) 0,1 н. раствор соляной кислоты  $\text{HCl}$ . Раствор 0,2 н.  $\text{HCl}$  вдвое разбавляют дистиллированной водой;

3) раствор молибденовокислого аммония (реактивы А и Б). Нагревают в стакане почти до кипения 100 мл дистиллированной воды и всыпают туда 10 г химически чистого молибденовокислого аммония, помешивая стеклянной палочкой до полного растворения. Горячий раствор фильтруют. После остывания раствора к нему при помешивании прибавляют 200 мл концентрированной соляной кислоты плотностью 1,19. К полученному раствору приливают 100 мл дистиллированной воды. Реактив должен быть бесцветным или с желтоватым оттенком. Полученный реактив (реактив А) хранят в темной посуде и в темном месте. Перед употреблением нужное количество реактива А разбавляют водой (1 часть реактива А и 4 части дистиллированной воды), получают реактив В. Реактив должен быть бесцветным и храниться в коричневой склянке;

4) шкала образцовых растворов фосфата. На аналитических весах отвешивают 0,2424 г химически чистого двузамещенного фосфата кальция  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , растворяют в 0,2 н. растворе  $\text{HCl}$  и этой же кислотой доводят объем раствора до 1 л., приготовленный раствор содержит 100 мг  $\text{P}_2\text{O}_5$  в 1 л, или 0,1 мг  $\text{P}_2\text{O}_5$  в 1 мл.

5) из этого основного раствора готовят рабочие растворы фосфата. Для чего в 12 пронумерованных мерных колб вместимостью по 100 мл приливают (бюреткой или пипеткой) последовательно 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5; 15,0; 17,5; 20,0; 25,0; 30,0; 40,0 и 50,0 мл основного раствора фосфата. Затем в каждую колбу доливают 0,1 н. раствор  $\text{HCl}$  до метки (т.е. до 100 мл), закрывают пробками, хорошо взбалтывают и сохраняют до употребления. Непосредственно перед самым определением  $\text{P}_2\text{O}_5$  из приготовленных рабочих растворов готовят шкалу образцовых растворов, состоящую из 12 пробирок. Для этого из каждой колбы берут по 5 мл рабочего раствора в пробирки, имеющие соответственно те же номера, что и мерные колбы, добавляют в каждую из них по 5 мл реактива Б и помешивают оловянной палочкой в течение 20–30 °С (пока не будет увеличиваться



интенсивность голубой окраски). Шкалой образцовых растворов можно пользоваться не более часа после ее приготовления;

б) оловянную палочку (длиной 4–5 см, диаметром 4–5 мм), готовят из химически чистого металлического олова, вмонтированного в резиновую трубочку.

**Пояснения к заданию.** Методом А. Т. Кирсанова определяют подвижные соединения фосфора в подзолистых, дерново-подзолистых, подзолисто-болотных, серых лесных, бурых лесных почвах. Для некарбонатных черноземов метод также пригоден. На некарбонатных черноземах хорошо зарекомендовал себя метод Труога. Стандартным методом для определения подвижного фосфора в карбонатных почвах (черноземах, каштановых, бурых почвах и сероземах) считается метод Б. П. Мачигина. Метод А. Т. Кирсанова основан на извлечении из почвы подвижных соединений фосфора 0,2 н. раствором  $\text{HCl}$ , что соответствует растворяющей силе корневых выделений растений.

При взаимодействии молибденовокислого аммония с фосфором образуется комплексная фосфорно-молибденовая кислота, которая восстанавливается оловом в солянокислой среде до окислов молибдена окрашенных в голубой цвет. Сравнивая полученную окраску раствора с окраской растворов образцовой цветной шкалой прибора А. Т. Кирсанова, можно определить количество фосфора в почве. По наличию подвижной фосфорной кислоты в почве можно судить о потребности растений в фосфорных удобрениях.

#### **Ход работы:**

1) из средней пробы воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито с отверстиями 1 мм, отвесить на технохимических весах 5 г почвы и поместить ее в коническую колбочку вместимостью 100 мл;

2) в колбу прилить пипеткой 25 мл 0,2 н. раствора  $\text{HCl}$  (реактив 1);

3) содержимое колбы взболтать в течение минуты и оставить на 15 мин;

4) содержимое отфильтровать в заранее приготовленную колбу через складчатый беззольный фильтр;

5) взять пипеткой 5 мл прозрачного фильтрата, поместить его в чистую пробирку и прилить пипеткой 5 мл реактива Б;

6) чистой оловянной палочкой перемешать содержимое пробирки в течение 20–30 с до получения постоянной голубой

окраски. После этого палочку ополоснуть в стакане с дистиллированной водой и вытереть фильтровальной бумагой;

7) сравнить окраску испытуемого раствора с окраской растворов стандартной шкалы, где содержание фосфора известно. Если окраска испытуемого раствора окажется интенсивнее, чем окраска в последнем образцовом растворе, то нужно 10 мл фильтрата разбавить в 2, 3, 4 или 5 раз 0,2 н. раствором  $\text{HCl}$  и тщательно перемешать. Затем взять 5 мл разбавленного фильтрата в пробирку, прилить 5 мл реактива Б, перемешать оловянной палочкой (так же, как описано выше) и сравнить со шкалой образцовых растворов. В расчетах следует учитывать степень разбавления исследуемого раствора. Установив номер пробирки, с которой совпал цвет испытуемого раствора, нужно найти количество  $\text{P}_2\text{O}_5$  в пересчете на 100 г почвы

№ пробирок и колб	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\text{P}_2\text{O}_5$ (мг на 100 г почвы)	1,25	2,5	3,75	5,0	6,25	7,5	8,75	10,0	12,5	15,0	20,0	25

8) вычислить запасы подвижного фосфора в кг/га или  $\text{г/м}^2$ .

Например, определить запасы фосфора в верхнем 20-сантиметровом слое почвы. Если содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$  в нем 15 мг на 100 г почвы, а объемная масса –  $1,3 \text{ г/см}^3$ . Запасы фосфора в верхнем 20-сантиметровом слое почвы. Запасы фосфора равны  $20 \times 15 \times 1,3 = 390 \text{ кг/га}$ , или  $39 \text{ г/м}^2$ ;

9) пользуясь таблицей 2.5, сделать заключение об обеспеченности почв доступными формами фосфатов;

Таблица 2.5 – Обеспеченность почв доступными для растений фосфатами (в мг  $\text{P}_2\text{O}_5$  на 100 г почвы, в вытяжке по А. Т. Кирсанову)

Обеспеченность	Зерновые, зернобобовые	Корнеплоды, картофель	Овощные культуры
Очень низкая	<3	<8	<15
Низкая	<8	<15	<20
Средняя	8-15	15-20	20-30
Высокая	>15	>20	>30

10) пользуясь таблицами, рассчитать дозы внесения фосфорных удобрений под следующие культуры: озимая пшеница, горох, картофель, сахарная свекла, огурец.

## 2.6 Составление агрохимических картограмм

Техника составления картограммы заключается в следующем: на план землепользования с сеткой пронумерованных элементарных прямоугольных участков в каждую клетку вписывают результаты анализов. Затем клетки с данными, относящимися к одной группе кислотности или содержанию фосфора и калия, закрашивают соответствующим цветом (таблицы 2.6, 2.7, 2.8). После этого участки одного цвета объединяют общим контуром и помечают индексом (римскими цифрами) согласно экспликации.

Объединяют в один массив не менее 2–3 элементарных участков с показателями, относящимися к одной группе.

Если в общем массиве встречаются 1–2 элементарных участка, входящих в другую группу, то их закрашивают в цвет другого массива, а выпадающие числовые показатели обводят кружком. Контурные границы на картограммах могут не совпадать с контурами почвенных типов и их разновидностей на почвенной карте.

На пришкольных участках, где введены севообороты и систематически вносят органические и минеральные удобрения, границами контуров агрохимических картограмм нередко являются границы полей севооборотов.

Таблица 2.6 – Группировка почв на картограмме фосфора

№ группы (класс)	$P_2O_5$ (мг на 100 г почвы)	Обеспеченность $P_2O_5$	Цвет на картограмме
1	2	3	4
Дерново-подзолистые и серые лесные почвы (определение $P_2O_5$ по методу А. Т. Кирсанова)			
I	< 3	очень низкая	Красный
II	3–8	низкая	Оранжевый
III	8–15	средняя	Желтый
IV	15–20	повышенная	Зеленый
V	20–30	высокая	Голубой
VI	> 30	очень высокая	Синий
Некарбонатные черноземы (определение $P_2O_5$ по методу Ф. В. Чирикова)			
I	0–2	очень низкая	Красный
II	2–5	низкая	Оранжевый
III	5–10	средняя	Желтый
IV	10–15	повышенная	Зеленый

Продолжение таблицы – 2.6

1	2	3	4
V	15–20	высокая	Голубой
VI	> 20	очень высокая	синий
Карбонатные черноземы, каштановые, бурые почвы и сероземы (определение $P_2O_5$ по методу Б. П. Мачигина)			
I	< 1,0	очень низкая	красный
II	1,0–1,5	низкая	оранжевый
III	1,5–3,0	средняя	желтый
IV	3,0–4,5	повышенная	зеленый
V	4,5–6,0	высокая	голубой
VI	> 6,0	очень высокая	синий

Таблица 2.7 – Группировка почв на картограмме кислотности

№ группы (класс)	pH солевой вытяжки	Название почв по степени кислотности	Цвет на картограмме
I	4,0 и менее	очень сильнокислые	красный
II	4,1–4,5	сильнокислые	оранжевый
III	4,6–5,0	среднекислые	желтый
IV	5,1–5,5	слабокислые	зеленый
V	5,6–6,0	близкие к нейтральным	голубой
VI	более 6,0	нейтральные	синий

Таблица 2.8 – Группировка почв по картограмме калия

№ группы (класс)	$K_2O$ (мг на 100 г почвы)	Обеспеченность $K_2O$	Цвет на картограмме
1	2	3	4
Дерново-подзолистые и серые лесные почвы (определение $K_2O$ по методу А. Т. Кирсанова, в скобках по А. Д. Масловой и Я.В. Пейве)			
I	0–2(0–5)[0–3]	очень низкая	красный
II	2–5(5–10)[3–7]	низкая	оранжевый
III	5–10(10–15)[7–10]	средняя	желтый
IV	10–15(15–20)[10–15]	повышенная	зеленый
V	15–25(20–30)[1520]	высокая	голубой
VI	> 25(> 30)[> 20]	очень высокая	синий
Некарбонатные черноземы (определение $K_2O$ по методу Ф. В. Чирикова)			
I	0–2	очень низкая	красный
II	3–4	низкая	оранжевый
III	5–8	средняя	желтый
IV	9–12	повышенная	зеленый

Продолжение таблицы – 2.8			
1	2	3	4
V	13–18	высокая	голубой
VI	>18	очень высокая	синий
Карбонатные черноземы, каштановые, бурые почвы и сероземы (определение $K_2O$ по методу Б. П. Мачигина и П.В. Протасова)			
I	<1,0	очень низкая	красный
II	1,0–1,5	низкая	оранжевый
III	1,5–3,0	средняя	желтый
IV	3,0–4,5	повышенная	зеленый
V	4,5–6,0	высокая	голубой
VI	> 6,0	очень высокая	синий

Выделенные на картограммах площади почв с различным содержанием калия (фосфора) или отличающиеся по степени кислотности можно обозначать не только различной окраской, но и штриховкой. Допустимо совместить две картограммы на одном листе, например один элемент показать штриховкой, а другой – окраской.

На агрохимических картограммах крестиком указывают пункты взятия образцов (центры элементарных участков), а рядом величины рН на картограмме кислотности или содержание  $P_2O_5$  ( $K_2O$ ) в миллиграммах на 100 г почвы на соответствующих картограммах. На каждом контуре римскими цифрами показывают номер группы почв согласно экспликации.

Картограммы следует составлять примерно через каждые 5 лет, а для пришкольных участков можно и ежегодно.

### 3 Основы системы земледелия

#### 3.1 Понятие системы земледелия. Этапы развития

Дать научное определение и обоснование системе земледелия применительно к условиям России предприняли в XVIII в. первые русские ученые-агрономы А. Т. Болотов и И. М. Комов. «Главный к совершенству земледелия способ есть скотоводство, чем больше навоза и хлеба будет», – писал И. М. Комов (1788). Следовательно, различия в системах земледелия они видели в способе восстановления плодородия почвы.

Первое научное определение такого понятия как «система земледелия» дано выдающимся русским агроэкологом XIX века А. В. Советовым. По нему – это «форма земледелия, представляющая комплекс взаимосвязанных агротехнологических, мелиоративных, организационных мероприятий, характеризующихся интенсивностью использования земли, способами восстановления и повышения плодородия почвы».

А. С. Ермолов под системой земледелия понимал способ использования земельной территории для производства определенных растительных продуктов. «Признаками различия полевых хозяйств или систем земледелия принимаются: способы поддержания или восстановления производительных сил земли – удобрением, или назначением земли под пар, под залежь, под лесную поросль; отведение большего и меньшего пространства полевой земли под хлебные или торговые растения, под кормовые травы и под корнеплоды; различное сочетание в полеводстве названных групп растений между собою, с преобладанием той или другой группы, даже того или другого растения, при известной системе чередования отдельных групп растений, или отдельных растений между собой».

Д. Н. Прянишников (1962) под системой земледелия понимал способ использования земли теми или иными культурами. Для разных почвенно-климатических зон нашей страны он рекомендовал плодосменные или паропропашные севообороты, однако лучшими считал плодосменные с ежегодным чередованием зерновых, пропашных культур и бобовых трав. Основной путь интенсификации и подъема продуктивности отечественного земледелия Д. Н. Прянишников видел в химизации.

В. Р. Вильямсу (1939, 1951) принадлежит определение земледелия как комплекса агротехнических мероприятий, направленного на восстановление, поддержание и повышение плодородия почвы. Такой единственно правильной системой он

считал предложенную им для всех зон страны травопольную систему земледелия. Травосеяние и травопольные севообороты в любых условиях рассматривались как главное, наиболее надежное средство восстановления и поддержания почвенного плодородия. Возделывание же однолетних растений в любых условиях вело, по мнению автора, к неизбежному ухудшению структуры и снижению плодородия почвы.

Под современным земледелием в широком социально-экономическом смысле понимается высокоразвитое, интенсивное, высокопродуктивное, устойчивое, почвозащитное, экономически эффективное производство, способное обеспечивать прогрессивный рост высококачественной продукции в любой год при рациональном использовании имеющихся ресурсов и расширенном воспроизводстве почвенного плодородия.

С агрономической точки зрения под системой земледелия в наше время понимают «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» (ГОСТ 16265 – 80).

Как считают С. А. Воробьев (1991) и др., современные системы земледелия наряду с рациональным и высокопроизводительным использованием земли, повышением ее плодородия должны обеспечивать устойчивое получение в конкретных природных и экономических условиях наибольшего количества сельскохозяйственных продуктов высокого качества с каждого гектара при наименьших затратах труда и средств на единицу продукции.

Научно-обоснованная система земледелия, по мнению В. П. Нарцисова (1982), должна охватывать не только пашню, но и все земли, которые могут быть использованы в сельскохозяйственных целях: луговые и пастбищные угодья, заболоченные и заросшие кустарником неудобья и нарушенные земли, если они могут приведены в пригодное для земледелия состояние.

Научно-обоснованная система земледелия должна обеспечивать успешную борьбу с засухой, надежную защиту почвы от ветровой и водной эрозии, охрану окружающей среды от загрязнений пестицидами и минеральными удобрениями, создание благоприятных наземных условий для посевов сельскохозяйственных культур и деятельности человека.

Отличительной особенностью современных систем земледелия является широкое применение новейших достижений науки и техники: химизации, мелиорации, селекции, комплексной механизации, интенсивных технологий с программированным выращиванием урожаев сельскохозяйственных культур, прогрессивных форм организации труда.

Система земледелия явление не только естественнонаучное, общественно-экономическое. Труд в совокупности с почвой и растением является основой производства. Растение воздействует вместе с почвенными и погодно-климатическими условиями. Поэтому система земледелия базируется в единстве почвы, растений, среды и труда.

Н. В. Яшутин (1996, 2008), на основе вышеупомянутых причинно-следственных связей, учитывая сущность целей, задач и средств производства, в земледелии дает определение системы земледелия в следующей реакции: «Система земледелия – это совокупность взаимосвязанных технологических, мелиоративных и организационно-хозяйственных мероприятий по возделыванию полезных растений, направленная на оптимизацию условий их продуцирования на основе рационального использования и воспроизводства растительных, почвенно-климатических, материально-технических и трудовых ресурсов». В нашей стране сельское хозяйство приходится вести в очень разнообразных, часто сложных почвенно-климатических условиях – от сухих степей до горных районов. Поэтому системы земледелия и все их звенья (севообороты, системы обработки почвы, удобрения, борьба с сорняками, вредителями и болезнями растений и т.д.) должны быть строго зональными, т.е. как можно полнее учитывать местные природные и экономические условия ведения хозяйства.

**Примитивные системы земледелия** (подсечно-огневая, лесопольная, залежная, переложная) соответствовали крайне низкому уровню развития производительных сил общества: первобытнообщинным, рабовладельческим и феодальным производственным отношениям. В эти периоды человечество еще располагало большими площадями свободных земель, и по мере утраты плодородия на распаханых участках люди забрасывали их и распахивали новые участки. Зброшеные площади вследствие действия природных сил (растительности, микроорганизмов и др.) в течение нескольких десятилетий восстанавливали плодородие почвы. Кроме собственной мускульной силы, примитивных орудий и



тягловых животных, при освоении новых участков земледелец использовал и огонь.

В лесных районах при подсечно-огневой системе сжигание леса обеспечивало удобрение почвы фосфором, калием, кальцием и другими зольными элементами, уничтожение вредителей и зачатков болезней, ускорение минерализации органического вещества почвы. На своем собственном опыте люди убеждались, что на таких участках зерновые, лен и другие культуры растут и дают приемлемые урожаи только в течении нескольких лет. Затем почва утрачивала благоприятные свойства, сильно засорялась, и урожаи возделываемых культур резко снижались. Земледелец переходил на новые участки, а старые вновь зарастали лесом.

На смену подсечно-огневой постепенно пришла лесопольная система земледелия, в основу которой было положено чередование посевов однолетних растений с лесом. С развитием животноводства появляется возможность продлить время использования отвоеванной у леса пашни благодаря внесению навоза. Однако эпизодическое унавоживание небольшими дозами не могло обеспечить сохранение и тем более повышения плодородия почвы.

В степных районах с потенциально плодородными черноземными почвами использовались залежная и переложная системы земледелия. Сущность этих систем состояла в воспроизводстве плодородия почвы с помощью многолетней травянистой растительности. Вследствие высокого естественного плодородия почв степной зоны и более эффективной роли трав в воспроизводстве плодородия период их произрастания для улучшения почвы по сравнению с лесной растительностью длился значительно меньше. Посевы сельскохозяйственных культур производили в течение 6–8, иногда 10 лет, а затем после истощения и засорения почвы участок забрасывали в залежь на 25–30 лет. Залежная система земледелия применялась до отмены частной собственности на землю.

При недостатке свободных земель и возрастающих потребностях в продуктах растениеводства вспаханные участки стали оставлять в перелог, т.е. сравнительно краткосрочную (8–15 лет) залежь. Таким образом, залежная система земледелия эволюционировала в переложную, при которой почва на пашне истощалась еще быстрее. К этому времени появились первые попытки научного объяснения процессов снижения и возможного восстановления плодородия почвы при действии на нее естественной многолетней растительности.

Примитивные системы земледелия в целом характеризуются низким уровнем использования земли под пашню и ее продуктивностью, крайне медленным и длительным периодом восстановления плодородия почвы за счет использования природных факторов, высокими затратами труда на единицу урожая. Производство растениеводческой продукции при этих системах осуществлялась за счет естественного плодородия почвы.

**Экстенсивные системы земледелия.** Паровая система земледелия пришла на смену примитивным системам. Она была шагом вперед и позволила в три-четыре раза расширить площади под посевов зерновых культур, повысить интенсивность использования земли и увеличить производство зерна.

При этой системе создавались хорошие условия для применения навоза, борьбы с сорняками, накопления в почве влаги и питательных веществ. Все это позволяло более устойчиво вести полеводство, особенно в засушливые годы.

Для этой системы земледелия характерны зернопаровые севообороты с короткой ротацией, в которых после чистого пара размещали зерновые в течение одного, двух или трех лет.

При названных положительных сторонах паровой системы земледелия необходимо отметить, что она не создавала условия для развития животноводства, поскольку кормовые культуры не были введены в севооборот. Из-за распашки природных кормовых угодий скот выпасали на паровых полях, что резко снижало их эффективность. Паровая система земледелия была господствующей в России вплоть до Великой Октябрьской социалистической революции.

В современных условиях паровая система земледелия развилась в зернопаровую почвозащитную и широко применялась в Сибири, Зауралье, Поволжье и ряде других районов страны.

Многопольно-травяная система земледелия явилась развитием паровой системы в приморских и горных странах с хорошим увлажнением за счет осадков и развитым животноводством (Германия, Швеция, Австрия и др.).

При этой системе более всей площади пахотнопригодной земли отводилась под луга и выпасы, причем естественные кормовые угодья заменялись улучшенными с посевом многолетних трав. Примером типичного севооборота многопольно-травяной системы земледелия может служить севооборот А.Н.Энгельгардта, введенный его имени Батищице Смоленской области: 1-6 – многолетние травы, 7 – лен,

8 – чистый пар, 9 – озимая рожь, 10 – яровые зерновые, 11 – чистый пар, 12 – озимая рожь, 13 – яровые зерновые, 14 – чистый пар, 15 – озимая рожь.

Важнейшими условиями применения многопольно-травяных систем земледелия являются достаточная влажность климата, многоземельность и малонаселенность района, хорошо поставленное семеноводство многолетних трав.

Высокое насыщение севооборотов многолетними травами создает благоприятные условия для повышения плодородия почвы за счет накопления в ней органического вещества, улучшения ее пищевого режима и фитосанитарного состояния. Вместе с тем при многопольно-травяной системе земледелия, как и при паровой, плодородие почвы восстанавливается исключительно за счет природных факторов.

Использование удобрений и других промышленных средств воздействия на почву было крайне ограничено.

В странах и районах с более континентальным климатом многопольно-травяная система не нашла широкого применения.

Улучшенные зерновые системы земледелия возникли в результате совершенствования паровой и многопольно-травяной систем земледелия. Севообороты улучшенных зерновых систем земледелия представляют собой зерновое трехполье, дополненное полем многолетних трав: 1) чистый пар, 2) озимые с подсевом клевера, 3) клевер, 4) яровые зерновые; или 1) чистый пар, 2) озимые с подсевом клевера с тимофеевкой, 3–4) клевер с тимофеевкой, 5) яровые зерновые, 6) пар чистый, 7) озимые, 8) яровые зерновые.

Постепенный переход многопольно-травяной системы земледелия в улучшенную зерновую происходил за счет сокращения площади под многолетними травами при соответствующем увеличении посевов зерновых культур.

Улучшенная зерновая система земледелия полностью или частично широко использовалась в земледелии Нечерноземной зоны. Паровая обработка почвы, травосеяние и унавоживание почвы обеспечивали значительный рост продуктивности земледелия. В дальнейшем при совершенствовании улучшенной зерновой системы чистые пары постепенно заменялись занятыми. Кроме того, в севообороты начали вводить пропашные культуры. В современных условиях вариант улучшенной зерновой системы – паропропашная система земледелия – широко применяется в зернопроизводящих районах европейской части России, в Сибири. Здесь типичны также паропропашные севообороты: 1) пар чистый, 2) озимые, 3) картофель,

4) яровые зерновые; или 1) пар, 2) яровая пшеница, 3) яровая пшеница, 4) кукуруза на силос, 5) пшеница, 6) овес.

Вариантом дальнейшего совершенствования улучшенной зерновой системы является сидеральная система земледелия, при которой чистый пар заменяется сидеральным. В целях восстановления плодородия почвы урожай сидератов полностью запахивается. Эта система земледелия применялась главным образом в районах с большим количеством осадков и малоплодородными легкими почвами.

В настоящее время она имеет распространение в ряде районов нечерноземной зоны.

Травопольная система земледелия была теоретически обоснована и предложена производству академиком В. Р. Вильямсом. Объединив улучшенный зерновой и многопольно-травяной севообороты, он рекомендовал к применению в каждом хозяйстве два севооборота: полевой и луговой. Полевой севооборот включал два паровых трехполья и два-четыре поля многолетних трав. В луговой севооборот были введены однолетние полевые культуры, что позволило повысить его продуктивность. В результате в районах достаточного увлажнения создавались условия для развития животноводства, большего выхода навоза и соответственно роста урожаев в полевом зернотравяном севообороте.

В. Р. Вильямс главным интегральным фактором плодородия считал ее прочнокомковатую структуру. Согласно его концепции роль многолетних бобовых и злаковых трав в севообороте сводилась прежде всего к созданию прочной мелкокомковатой структуры почвы. Структурное состояние почвы, созданное многолетними травами, по В. Р. Вильямсу должно использоваться исключительно под яровые зерновые культуры, размещение же по пласту трав озимых зерновых и пропашных культур считалось недопустимым.

В рамках травопольной системы земледелия были подробно разработаны и другие звенья: система обработки почвы, удобрения, защиты растений от сорняков, вредителей и болезней, мелиоративных мероприятий и семеноводства.

Главный недостаток травопольной системы земледелия состоял в том, что она не учитывала всего многообразия почвенно-климатических условий различных природных зон страны, что на практике привело к шаблону и ее дискредитации. Ошибочным также была недооценка роли минеральных удобрений в повышении урожаев.

Экстенсивные системы земледелия по интенсивности значительно выше примитивных форм. Большая часть пахотно-пригодных земель превращена в пашню. В посевах преобладают зерновые культуры или многолетние травы; высокопродуктивных кормовых и технических культур нет или ими заняты незначительные площади. Плодородие почвы поддерживается здесь за счет природных факторов, направляемых в той или иной мере человеком (посев трав, обработка паров) и в меньшей степени – средствами производства, поставляемыми промышленностью. Поэтому эти системы земледелия нельзя считать интенсивными.

В плодосменном севообороте хорошо реализуются естественнонаучные принципы чередования культур.

Классическим примером плодосменного севооборота является норфолькское четырехполье: 1) озимая пшеница, 2) кормовые корнеплоды, 3) ячмень с подсевом клевера, 4) клевер. В этом севообороте 50 % площади занято зерновыми культурами, а другая половина пашни используется под бобовые и корнеплоды.

Плодосменная система земледелия нашла широкое применение и сыграла прогрессивную роль в странах Западной Европы. Она позволила резко повысить урожайность сельскохозяйственных культур и улучшить использование земли. Переход к этой системе открыл возможность перейти от чистого зернового хозяйства к зерноживотноводческому с возделыванием ценных технических (сахарная свекла, картофель) и других пропашных культур.

В дореволюционной России плодосменная система земледелия применялась лишь в отдельных наиболее развитых помещичьих хозяйствах. Крестьянские же хозяйства не могли перейти к плодосменному из-за своей слабости и технической отсталости.

Промышленно-заводская (пропашная) система земледелия является наиболее интенсивной и энергоемкой. Более 50 % пашни при ней отводится под интенсивные пропашные культуры, которые требуют применения высоких норм органических (50–60 т/га) и минеральных (до 1 т/га) удобрений, гербицидов и других средств химизации, хорошей влагозарядки почвы.

В 1955–1964 гг. пропашная система земледелия широко пропагандировалась в нашей стране. Но вследствие недостаточной оснащенности отдельных колхозов и совхозов, отсутствия нужного количества минеральных и органических удобрений, пестицидов, а также большого разнообразия почвенно-климатических условий и по другим причинам она не получила широкого распространения,

за исключением районов выращивания хлопчатника, сахарной свеклы, овощных культур и картофеля.

**Современные системы земледелия.** Отличительной особенностью современных систем земледелия является их высокий научно-технический уровень: широкое применения интенсивных севооборотов, высокопродуктивных культур и сортов, прогрессивных способов обработки почвы, удобрений, мер борьбы с сорняками, болезнями и вредителями растений, охрана почв и окружающей среды, внедрение новой техники и интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Зернопаровая система земледелия, при которой в посевах преобладают зерновые продовольственные и фуражные культуры. Значительные площади пашни (от 5 до 25 %) отводятся под чистые пары (широкое распространение в засушливых районах Сибири, Зауралья, Поволжья, Северного Кавказа).

Зернопропашная система земледелия, при которой зерновые и пропашные культуры занимают основную часть пашни. Более интенсивная, чем паровая, обеспечивают наибольший выход растениеводческой продукции (в кормовых единицах) с 1 га севооборотной площади, что сопровождается высоким выносом питательных веществ из почвы. Применяются почвозащитные мероприятия, внесение высоких доз и норм органических и минеральных удобрений, применение гербицидов (Центрально-Черноземный, Центральный, Волго-Вятский районы России)

Зернопаропропашная система земледелия, при которой большая часть пашни занимается зерновыми, пропашными культурами и чистым паром, по интенсивности уступает зернопропашной, но превышает зернопаровую систему земледелия, обеспечивает высокий выход зерна, кормов и другой растениеводческой продукции. Вынос питательных веществ из почвы высокий. Для поддержания и повышения плодородия почвы при этой системе необходимо применение высоких доз и норм органических и минеральных удобрений, почвозащитных мероприятий. В связи с наличием в севооборотах чистого пара гербициды (пестициды) применяются в меньших размерах, чем при зернопропашной системе земледелия. Широко используется в Поволжье, Центрального Черноземья, Сибири и Казахстане.

Зернотравяная система земледелия, при которой не менее половины площади пашни занимает зерновые продовольственные и фуражные культуры в сочетании с посевом многолетних трав. Чистые пары отсутствуют. Воспроизводство плодородия обеспечиваются

выращиванием трав, применением органических и минеральных удобрений. Имеет распространение в более увлажненной лесостепной и лесных зонах с развитым животноводства.

Плодосменная система земледелия, при которой зерновые занимают не более половины площади пашни, а на остальной площади возделываются пропашные и бобовые культуры, обеспечивает высокий выход растениеводческой продукции (в кормовых единицах) с 1 га, что сопровождается значительным выносом питательных веществ из почвы. Предполагает внесение высоких доз и норм органических и минеральных удобрений, применение гербицидов. Плодородие почвы поддерживается и повышается за счет плодосмена – чередование зерновых, бобовых и пропашных культур. Распространение в хозяйствах Нечерноземной зоны, в лесостепной зоне и на орошаемых землях.

Пропашная (промышленно-заводская) система земледелия. В ней большая часть пашни занимается интенсивными пропашными культурами. Кроме того, применяется повторные и промежуточные посева. Сопровождается большим выносом питательных веществ и физическими нагрузками (уплотнение, распыление) на почву в связи с ее интенсивной обработкой. Требует обязательного применения почвозащитных и почвоулучшающих мероприятий. Плодородие почвы поддерживается и повышается за счет применения больших доз органических и минеральных удобрений. Для успешной борьбы с сорняками, болезнями и вредителями необходимы пестициды.

Разработка систем земледелия должна вестись с обязательным учетом рационального использования агроландшафта, защиты почв от эрозии, применения энергоресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

В практике установился следующий порядок разработки зональных систем земледелия в границах административного деления территорий: республиканские, областные, районные. Далее идет дифференциация систем земледелия по границам хозяйств различных форм собственности и внутрихозяйственным границам (отделения, бригады т.д.).

При разработке систем земледелия выделяют следующие основные этапы:

1) анализ агроландшафтных, климатических и организационно-экономических условий хозяйства. Проведение агроэкологической группировки земель. Уточнение специализации хозяйства.

2) разработка природоохранной организации территории землепользования. Проведение землеустроительных работ (выделение

сенокосов, пастбищ, пашни, экологических рекреаций).  
Распределение пашни по агроэкологическим группам для организации адаптированных к агроландшафту севооборотов.

3) обоснование структуры посевной площади.

4) организация системы севооборотов.

5) проектирование системы удобрений, химической мелиорации и воспроизводства органического вещества почвы.

6) разработка системы почвозащитной ресурсосберегающей обработки почвы.

7) обоснование и составление системы защиты растений от вредных организмов.

8) определение основных параметров системы семеноводства.

9) обоснование экологически безопасных, наукоемких и гибких технологий производства продукции растениеводства.

10) разработка системы обустройства природных кормовых угодий, включающих в себя определение способов их использования, обоснование технологий поверхностного и коренного улучшения, графики эксплуатации сенокосов и пастбищ и мероприятий по их уходу.

11) составление плана освоения системы земледелия.

Методика должна обеспечивать вариабельность проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия с учетом конкретных природных и хозяйственных условий, допустимых порогов антропогенной нагрузки и агробиоценозах, снижения затрат невозполнимых ресурсов на получение дополнительной единицы с/х продукции, предотвращения загрязнения и разрушения окружающей среды, а также повышения безопасности продуктов питания.

В земледелии, как ни в какой сфере деятельности человека, задействовано множество факторов природного и антропогенного характера. Слагаемые успеха определяются не только оптимальностью подбора факторов, но и правильностью их сочетаний, оптимальностью взаимосвязей и взаимодействий.

### **3.2 Агроэкономическое обоснование структуры посевных площадей хозяйства**

При разработке и совершенствовании структуры посевных площадей необходимо руководствоваться почвенно-климатическими условиями, принятой специализацией и планом реализации продукции растениеводства и животноводства, потребностью в кормах для общественного и находящегося в личном пользовании скота с учетом имеющихся материально-технических ресурсов,



технологии производства и уровня экономического развития сельскохозяйственного предприятия.

Важное значение в обеспечении эффективного и устойчивого земледелия играет конъюнктура рынка. Если зональный потенциал культуры, сорта по урожаям уступает мировым уровням, а производственные затраты на единицу продукции превышают среднемировые оптовые цены или в розничной цене составляют более 30–40 %, то расширение площадей под этими культурами, сортами бесперспективно. В то же время потребности внутреннего потребительского рынка должны закрываться продуктами местного производства, как из соображений адаптированности населения к ним, так и дифференциации агротехники к рельефу и другим местным условиям. Местные бюджеты в целях обеспечения продовольственной безопасности региона должны датировать производство таких продуктов, как молоко, мясо, зерно продовольственное, овощи, плодово-ягодную продукцию.

В хозяйствах животноводческого направления целесообразно расширение площадей под зернофуражными культурами, т.к. данные научных учреждений свидетельствуют о более высоких урожаях зернофуражных культур по сравнению с пшеницей в аналогичных условиях. В лесостепных и предгорных районах края целесообразно расширять посевы озимых культур. Форма структуры посевных площадей представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Структура посевных площадей

Наименование сельскохозяйственных культур	Фактически в среднем за год				Перспективы на год площадь
	... г.		... г.		
	площадь		площадь		
	га	%	га	%	
1	2	3	4	5	6
1. Зерновые всего:					
а) озимые зерновые – всего из них:					
пшеница, рожь					
б) яровые зерновые из них:					
пшеница, в том числе ячмень, овес					
2. Зернобобовые - всего в том числе:					
горох					
нут					
чечевица					
вика					

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
3. Крупяные культуры в том числе просо, гречиха					
4. Технические - всего в том числе: сахарная свекла, рапс подсолнечник, лен					
5. Овощебахчевые - всего в том числе: картофель овощи					
6. Кормовые - всего в том числе: кукуруза на силос прочие на силос кукуруза на зеленый корм корнеплоды однолетние травы многолетние травы					
6. Посевная площадь — всего: Пашни — всего Чистые пары Пожнивные промежуточные посевы		100		100	100

Примечание — в таблице показываются только культуры, возделываемые в данном сельскохозяйственном предприятии. При наличии мелиоративных земель она составляется на все земли, и, кроме того, по аналогичной форме составляются таблицы на орошаемые и осушенные земли.

В рамках земельного участка хозяйства необходимо обеспечивать оптимальное соотношение культур, позволяющее размещать их по лучшим предшественникам и возделывать по наиболее экономичным технологиям в гибких наукоемких плодосменных севооборотах и агроценозах. В засушливых условиях чистые пары имеют важнейшее значение в получении стабильных урожаев зерновых, и поэтому площадь их должна соответствовать указанным рекомендациям. В более увлажненных районах должна увеличиваться площадь под занятыми парами.

Расчет посевной площади хозяйства со сложившейся структурой животноводства осуществляют в следующей последовательности: определяют общую потребность хозяйства в продукции растениеводства, включающую в себя объем продукции на корм скоту и реализацию внутри и за пределами хозяйства; подбирают сельскохозяйственные культуры для производства различных видов кормов и рыночной продукции; планируют среднюю урожайность каждой культуры; определяют норму высева культуры для того, чтобы

скорректировать урожайность с целью включения семенных участков в общую посевную площадь; рассчитывают посевную площадь по каждой культуре, группе культур и определяют общую. Расчет посевной площади вновь организуемого крестьянского (фермерского) хозяйства целесообразно проводить с организации наиболее приемлемых севооборотов для конкретного агроландшафта. Затем определяется структура посевной площади с последующим расчетом производства продукции растениеводства и поголовья скота.

С учетом указанных положений можно выделить следующие основные этапы расчета структуры посевных площадей:

- определяют общую потребность хозяйства в растениеводческой продукции с учетом реализации ее за пределами хозяйства и потребностей животноводства для кормовых целей;

- подбирают сельскохозяйственные культуры для производства растениеводческой рыночной продукции и различных видов кормов.

В расчетах структуры посевных площадей важным экономическим показателем является величина получаемой прибыли от каждой конкретной культуры. На основании сложившихся цен реализации продукции за последние годы и затрат на ее производство (по технологической карте) подбирают наиболее эффективные культуры;

- устанавливают плановую урожайность каждой культуры;

- рассчитывают посевную площадь по каждой культуре, по группе культур, устанавливают площадь паров;

- определяют потребность в посевном материале по всем установленным для возделывания культурам.

Расчет посевной площади хозяйства со сложившейся структурой животноводства начинают с обоснования и выбора нормативных затрат корма на производство животноводческой продукции и представлено в таблице 3.2., 3.3

Таблица 3.2 – Планируемая структура потребления кормов в животноводстве, %

Вид корма	Коровы	Прочий КРС	Свиньи	Овцы	Птицы	Лошади
1	2	3	4	5	6	7
Всего	100	100	100	100	100	100
Концентрированные	25	26	75	26	94	12
Грубые – всего	26	24	2	26	-	41
В т.ч.: сено, сенаж солома	10 12 4	8,11 5	2	17,7 2	-	20 12 9
Сочные – всего:	15	13	10	7	4	7

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7
В т.ч.: силос корнеплоды	8 7	74	9	4 3	4	52
Зеленые включая пастбища	34	32	8	40	1	40
Пищевые отходы	-	-	1	-	-	-
Прочие (молоко, обрат и др.)	-	5	4	1	1	-

Примечание – примерный размер страховых фондов по концентрированным кормам –8–10 %, грубым и сочным –15–20 % годовой потребности.

Таблица 3.3 - Содержание кормовых единиц в 1 кг корма

Вид корма	Содержание к.ед.	Коэффициент перевода
Концентраты	0,98	-
Травяная мука	0,65–0,85	5,98
Грубые: сено сенаж солома	0,46–0,50	4,37
	0,23–0,35	2,72
	0,20	
Сочные: силос корнеплоды картофель	0,15–0,20	1,76
	0,12–0,15	
	0,29	
Зеленые	0,20	-
Пищевые отходы	-	-

### 3.3 Система севооборотов

Главными задачами севооборота в зональных системах земледелия являются следующие:

1) производство сельскохозяйственной продукции в объеме, обеспечивающем выполнение плана-заказа реализации и внутрихозяйственные потребности;

2) защита почвы от эрозии;

3) стабилизация и воспроизводство органического вещества, агрохимических и агрофизических показателей плодородия почвы, а также благоприятных для сельскохозяйственных культур фитосанитарных условий;

4) создание условий для эффективного использования материально-технических и трудовых ресурсов.

**Организация системы севооборотов.** Во-первых, независимо от размера и формы собственности хозяйства система севооборотов

определяется, прежде всего, в соответствии с условиями агроландшафтов, биологией и технологией возделывания культур. При этом предпочтение отдается таким культурам и сортам, которые способны дать максимальную продуктивность в конкретных условиях с учетом экологических требований.

Во-вторых, система севооборотов определяется принятой структурой посевных площадей хозяйства.

В плане сохранения плодородия почвы важнейшей задачей является защита ее от эрозии, решение которой также в значительной мере зависит от набора и чередования в севообороте культур, различающихся по своей почвозащитной эффективности. В наибольшей степени защищают почву от эрозии многолетние травы, а наиболее эрозионно-опасными являются поля чистого пара.

В зависимости от крутизны склона рекомендуется возделывать следующие культуры.

Пашня интенсивного использования (0–3 °С) – озимые, яровая пшеница, овес, горох, ячмень, вика, просо, гречиха, кукуруза, сахарная свекла, подсолнечник, картофель, лен, рапс, травы (бобовые, злаковые), суданская трава, кормовые корнеплоды, овощи.

Пашня умеренного использования (3–5 °С) – озимые, яровая пшеница, овес, ячмень, горох, вика, просо, гречиха, подсолнечник (ограниченно при полосном размещении), кукуруза (ограниченно при полосном размещении), многолетние травы (бобовые, злаковые).

Пашня ограниченного использования (5–7 °С) – озимые, овес, ячмень, многолетние злаковые травы, многолетние бобовые травы.

При формировании схем севооборотов, прежде всего, внимание уделяется:

- научно-обоснованному размещению ведущих культур и срокам возврата их на прежнее место;

- возможности проведения всех полевых работ в установленный срок и с высоким качеством (сроки уборки предшественников должны обеспечивать ежегодную своевременную подготовку почвы к посеву последующих культур);

- степени и способу сохранения и воспроизводства плодородия почвы (прифермские и специализированные севообороты – за счет органических и минеральных удобрений, а удаленные от хозяйственных центров – за счет травосеяния, сидерации и использования соломы).

По реакции на повторные посевы сельскохозяйственные культуры делят на три группы.

К первой группе относят культуры, сильно реагирующие на повторные посевы снижением урожайности: подсолнечник, сахарная и кормовая свекла, горох, вика, просо. Для этих культур повторные посевы недопустимы, а срок возврата их на прежнее место составляет: для подсолнечника – 7–8 лет, сахарной и кормовой свеклы – 3–4; гороха, вики, рапса – 3–4; проса – 2–3 года.

Ко второй группе относят культуры, средне реагирующие на повторный посев снижением урожайности: это яровые зерновые (яровая пшеница, ячмень); озимая рожь и пшеница; гречиха. Для них сроки разрыва в посеве должны составлять 1–2 года.

Третья группа объединяет культуры, которые при повторных и даже бессменных посевах дают стабильный урожай. К этой группе относят картофель, кукурузу, многолетние злаковые травы.

Таблица 3.4 - Предшественники основных сельскохозяйственных культур для условий Павлодарской области

Культура	Предшественники
Озимые зерновые	Пар чистый, в зоне достаточного увлажнения занятый, многолетние травы, зернобобовые культуры
Яровая пшеница	Пар чистый, сидеральный, в увлажненных районах занятый, озимые, зернобобовые, пропашные культуры, многолетние травы
Ячмень, овес	Озимые, зернобобовые, пропашные, яровые зерновые культуры
Гречиха	Озимые, зернобобовые, бобово-злаковые смеси, пар чистый (в сухостепной зоне)
Зернобобовые	Озимые, пропашные, яровые зерновые, пар чистый (в сухостепной зоне)
Просо	Озимые, зернобобовые, пропашные, пласт многолетних трав
Кукуруза	Озимые, зернобобовые, пропашные, бобово-злаковые смеси
Сахарная свекла	Пар чистый, в увлажненных районах — озимые
Лен-долгунец	Озимые, зернобобовые, пропашные, многолетние травы, яровые зерновые по пару
Подсолнечник	Озимые, пшеница по пару
Картофель и кормовые корнеплоды	Пар сидеральный, озимые, зернобобовые, кукуруза, многолетние травы
Многолетние травы	Подсевают под яровые зерновые, в сухостепной зоне — по пару чистому безпокровный посев в летний период
Однолетние травы	Яровые зерновые, пропашные

Знание отношения сельскохозяйственных культур к повторным посевам необходимо для разработки и освоения, а также возможной перестройки и совершенствования севооборотов, поскольку севооборот является динамичным элементом системы земледелия, который может изменяться под влиянием объективных экономических и природных факторов. Проектируемые севообороты должны обладать значительной гибкостью, обеспечивающей возможность замены одной культуры на другую, не нарушая основных принципов чередования их в севообороте. Причинами замены культур в севообороте могут быть изменение конъюнктуры рынка, обеспеченность хозяйства необходимыми ресурсами (техника, кадры и другие). Освоенным считается такой севооборот, в котором соблюдаются принятые границы полей, а размещение культур по полям и предшественникам соответствует установленному чередованию. В таблице 3.4 представлены предшественники основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Павлодарской области.

После того, как севооборот считается освоенным, начинается ротация севооборота – интервал времени, в течение которого сельскохозяйственные культуры и пар проходят через каждое поле в последовательности, предусмотренной схемой севооборота.

Основные принципы разработки севооборотов. При построении схем севооборотов пользуются следующими принципами: плодосменности, совместимости и самосовместимости, специализации, уплотненности, экономической и биологической целесообразности.

Принцип плодосменности предполагает ежегодную смену культур из разных хозяйственно-биологических групп. В полной мере этот принцип реализуется при структуре посевных площадей, в которой зерновые занимают 50 %, пропашные – 25, многолетние травы – 25 %.

Принцип совместимости и самосовместимости предусматривает размещение культур по предшественникам из одной и той же хозяйственно-биологической группы или возделывания повторной культурой. Например, предшественником яровых зерновых могут быть озимые и яровые других видов, картофель можно выращивать на одном месте 2 года подряд (повторные посева).

Принцип специализации указывает на возможность насыщения севооборота до научно обоснованного уровня одной или несколькими культурами с близкой биологией и технологией возделывания. При разработке специализированных севооборотов, необходимость

которых часто вызвана отсутствием достаточной площади почв, пригодных для возделывания определенных культур, учитывают обеспеченность хозяйства удобрениями, средствами защиты растений и сельскохозяйственной техникой. В данном случае техническая обеспеченность играет важнейшую роль для своевременного и качественного проведения полевых работ, поскольку сроки посева, ухода и уборки этих культур совпадают.

Принцип уплотненности посевов реализуется в севооборотах с промежуточными культурами, которые высеваются после раноубираемых основных культур. Особенно большое значение имеет уплотнение посевов при организации зеленого конвейера и сидерации, в южных районах при получении 2–3 урожаев в год.

Принцип экономической и биологической целесообразности предусматривает введение в севооборот чистого или занятого пара, выводного поля, учитывает выбор наиболее оптимального срока использования многолетних трав и т.д.

Порядок разработки плана освоения севооборотов и ротационных таблиц:

1) ознакомиться с фактическим размещением культур по вновь организованным полям севооборота в предшествующие 2–3 года.

2) подготовить форму записи.

3) приступить к размещению культур севооборота в 1-й год освоения. Принципы размещения культур:

- следует учитывать новую схему чередования культур;

- в первую очередь необходимо размещать переходящие из одного года в другой посевы (мн. травы, озимые) и наиболее требовательные к плодородию культуры;

при наличии многолетних трав на полях севооборота в качестве предшественников необходимо определять пути их использования (оставить на следующий год, распахать полностью или частично, использовать в качестве промежуточной культуры и т.п.);

- в осваиваемых севооборотах с многолетними травами необходимо с 1-го года выбрать поле, предшественники которого позволяют провести подсев трав на всей площади;

- для трансформируемых земель, входящих в поля севооборота, необходимо определить в 1-й год наиболее адаптивные культуры.

4) после размещения культур по полям следует проверить занимаемые ими площади и сопоставить со структурой осваиваемого севооборота. В годы освоения севооборота возможно увеличение площадей под основными культурами и уменьшение под второстепен-



ными с учетом его специализации, а иногда возникает необходимость временного введения культуры, не входящей в севооборот.

5) провести размещение культур по полям севооборота в последующие годы с таким расчетом, чтобы полевой севооборот освоить за 2–3 года, а кормовой – за 3–4 года.

6) составить ротационную таблицу, для чего перенести порядок размещения культур в год освоения севооборота в 1-ю графу таблицы, а затем по каждому полю вписать в соответствии со схемой чередования.

Контроль за соблюдением севооборотов проводят путем сравнения фактического размещения культур с запланированным согласно ротационной таблице.

Чтобы правильно решать вопросы о размещении сельскохозяйственных культур, о приемах их возделывания, необходимо знать историю каждого поля, вести книгу истории полей севооборотов. В нее записывают отдельные по каждому полю сведения о почвах, засоренности, распространении вредителей и болезней, технологии возделывания и урожайности культур.

Основными оценочными показателями служат урожайность (выход кормопroteinных единиц), стоимость продукции и общая продуктивность севооборота.

### **3.4 Система обработки почвы**

**Классификация системы обработки почвы.** В современном земледелии под системой обработки почвы понимают совокупность научно обоснованных приемов обработки почвы, последовательно выполняемых при возделывании культур в севообороте с целью повышения плодородия почвы применительно к ландшафтным условиям. Обработки почвы под отдельную культуру, чистого пара или сезонные (зяблевые) обработки составляют технологические звенья или технологии обработки. Они могут включать в себя один, два или несколько приемов.

При обосновании системы учитываются ее целевое направление, способ и глубина основной обработки почвы в севообороте, время выполнения.

В зависимости от назначения, глубины воздействия и времени выполнения обработки подразделяются на основную, предпосевную и послепосевную по уходу за культурой. Основная – это наиболее глубокая обработка почвы под ту или иную культуру севооборота, существенно изменяющая ее сложение на глубину более половины

пахотного слоя. К ней относят вспашку, безотвальное рыхление, чизелевание, глубокое фрезерование и т.д.

По способу воздействия и в зависимости от совершаемых при этом основных технологических операций (оборачивание, рыхление, перемешивание и др.) выделяют следующие способы обработки:

- 1) отвальный;
- 2) безотвальный, плоскорезный (с оставлением стерни);
- 3) роторный (активно крошит и перемешивает почву);
- 4) комбинированный (различные сочетания технологических операций по горизонтам и слоям почвы).

Эти способы положены в основу современной классификации систем обработки почвы.

По способу основной обработки почвы в севообороте системы классифицируют на отвальную, фрезерную, безотвальную, совмещенную, минимальную и др. Комбинированные системы включают в себя два или более способов обработки. Поэтому название системы определяют по преобладающему одному или нескольким способам основной обработки почвы в севообороте. Например, если в севообороте преобладает отвальная обработка, то будет отвально-чизельная, отвально-фрезерная, отвально-плоскорезная. При преобладании чизельной обработки систему называют чизельно-отвальной, чизельно-плоскорезной и т.д. Если в севообороте отсутствует основная обработка почвы, а посев совмещается с предпосевной обработкой, то такую систему следует называть совмещенной минимальной. В севооборотах на осушенных землях применяют ярусные или глубокие плантажные обработки, которые и определяют название системы. Например, 2-ярусная разноглубинная система обработки включает в себя и другие способы обработки: вспашку, чизелевание на разную глубину. Системы специальной обработки обеспечивают выполнение специфических задач по окультуриванию торфяных болотных, солонцовых почв, а также по углублению пахотного слоя дерново-подзолистых, серых лесных и других почв. Поэтому такие системы объединяются в одну группу и называются мелиоративными.

Существенным признаком является глубина обработки, от которой зависит заделка удобрений, семян и вегетативных органов размножения сорняков, а также качество крошения. По этому признаку различаются:

- поверхностная обработка почвы на глубину до 8 см;
- мелкая обработка на глубину от 8 до 16 см;
- обычная (средняя) обработка на глубину от 16 до 24 см;

- глубокая обработка почвы на глубину более 24 см.

**Принципы построения системы обработки почвы в севообороте.** Изучение реакции культур на глубину основной обработки почвы в севооборотах и мощность пахотного слоя показало, что система обработки должна быть разноглубинной. Последнее обусловлено чередованием растений с разной мощностью и глубиной проникновения корневой системы, разным использованием влаги, питательных веществ и влиянием их на воспроизводство плодородия.

В связи с этим в основу построения системы обработки почвы в севооборотах ландшафтного земледелия положены следующие принципы.

**Принцип разноглубинности обработки почвы в севообороте.** Он предусматривает обоснованное чередование глубокой, мелкой и поверхностной обработок в соответствии с условиями агроландшафта, биологическими требованиями культур, их отзывчивостью на глубину обработки и мощность создаваемого пахотного слоя. Так, культуры с мочковатой корневой системой (озимая пшеница, озимая рожь, яровая пшеница, ячмень, овес, лен и др.) с преимущественным расположением ее в верхних слоях недостаточно используют глубокие слои почвы и слабо реагируют на глубину обработки почвы. Поэтому при размещении этих культур в зернотравяных и плодосменных севооборотах, особенно на слабозасоренных многолетними сорняками землях, глубина обработки уменьшается до 10–12 см.

Растения со стержневой глубокопроникающей корневой системой (горох, клевер, люцерна, рапс, кормовые корнеплоды и другие пропашные) хорошо отзываются на приемы глубокой обработки. Они лучше используют подпахотные слои почвы, разрыхляемые при глубокой обработке. Следовательно, система обработки почвы в севообороте должна строиться на основе периодического чередования разноглубинных отвальных, чизельных и других обработок. При разноглубинной обработке хорошо разрыхляется плужная «подошва» и, что самое главное, значительная часть семян и вегетативных органов размножения сорняков в случае обработки плугом заделываются на большую глубину и, находясь там, в течение продолжительного периода (2–4 года), теряют жизнеспособность. Разноглубинная обработка ослабляет процессы минерализации органического вещества и в большей степени способствует накоплению гумуса, следовательно, и воспроизводству плодородия. Поэтому для равнинных агроландшафтов при отсутствии или очень малой вероятности проявления эрозии система

разноглубинной обработки почвы в севообороте наиболее целесообразна. В основе ее лежит периодическая вспашка (один раз в 2–3 года) на глубину гумусового слоя в занятых парах, под пропашные культуры и при подъеме пласта многолетних трав, а также на засоренных полях. Поверхностная и мелкая обработка целесообразна на хорошо окультуренных почвах под озимые и яровые зерновые культуры, размещаемые после однолетних трав, зернобобовых, пропашных культур с ранними сроками уборки.

Принцип минимализации применим, в первую очередь, на хорошо окультуренных с высоким плодородием почвах и оптимальными для растений агрофизическими свойствами (плотности сложения, аэрации, хорошего структурного состояния). В условиях всевозрастающего антропогенного влияния на почву необходимо уменьшить отрицательное уплотняющее воздействие тяжелых машин и орудий, снизить энергетические и трудовые затраты на производство получаемой продукции.

Уменьшение механического воздействия на почву достигается:

а) путем сокращения числа и глубины основных обработок в севооборотах на почвах с благоприятными для растений свойствами;

б) заменой отвальных обработок более производительными мелкими и поверхностными с помощью широкозахватных плоскорезных, чизельных, дисковых, фрезерных орудий под озимые и яровые зерновые культуры, размещаемые по пропашным и парозанимающим предшественникам; в) совмещением нескольких технологических операций (предпосевная обработка, внесение удобрений, посев, прикатывание и др.) в одном рабочем процессе путем применения комбинированных почвообрабатывающих агрегатов.

Исследования, выполненные в нашей стране и в зарубежье с интенсивным земледелием, свидетельствуют о высокой эффективности минимализации обработки почвы. Она позволяет уменьшить число проходов агрегатов по полю, сократить сроки выполнения работ, повысить производительность труда в 1,5–2 раза, а энергозатраты снизить до 30 %.

Принцип почвозащитной целесообразности и экологической адаптивности приемов и технологий обработки почвы направлен на предупреждение эрозии и защиту почвы, уменьшение до нормативных пределов отрицательного влияния на почву и окружающую среду. В его основе лежат экологическая оценка и выбор способов обработки почвы с высокой противозрозионной и энергетической эффективностью, особенно для эрозионноопасных

агроландшафтов. Например, на полях с уклоном 3–5 ° наиболее эффективна почвозащитная система основной обработки в севообороте, включающая в себя отвальную со щелеванием, с почвоуглублением, безотвальную разноглубинную или чизельную. В степных агроландшафтах система обработки должна строиться на основе безотвальной, плоскорезной, мульчирующей с применением рыхлящих, но не оборачивающих рабочих органов типа Параплау, плоскорезов КПГ-2-150, КПГ-250, стоек Си-6ИМЭ с сохранением пожнивных остатков на поверхности почвы. Мульчирующая обработка устраняет перегрев почвы в летний период, способствует накоплению и сохранению в ней влаги, предотвращает эрозионные процессы.

Интенсивное рыхление почвы, особенно при ежегодной вспашке, нарушает динамическое равновесие в экологической системе почва – растение – атмосфера. Усиление аэрации почвы при этом ускоряет разложение гумуса, разрушает структуру почвы и увеличивает непроизводительные потери из нее питательных веществ. Так, непроизводительные потери углерода гумуса при формировании урожая составляют 40–50 %. Применение безотвальной обработки снижает минерализацию гумуса на 25–30 %. Это улучшает гумусонакопление и повышает противозерозионную устойчивость почвы. Поэтому система обработки почвы в севооборотах должна строиться на принципе обоснованного чередования отвальных и безотвальных способов обработки включая элементы минимализации.

**Проектирование системы обработки почвы в севообороте.** Построению системы обработки почвы в севообороте предшествует анализ ландшафтных условий, биологических особенностей культур, состояния поля, наличия почвообрабатывающих орудий и средств защиты, способов внесения удобрений и других условий. Проектирование обработки выполняется в такой последовательности.

1) анализируются тип почвы, ее свойства и уровень плодородия, крутизна, форма и экспозиция склонов. В первую очередь анализируются агрофизические показатели плодородия: гранулометрический состав почвы, мощность пахотного слоя, содержание водопрочной структуры, а также степень увлажнения, уровень грунтовых вод и другие гидрологические показатели.

2) с учетом биологических особенностей культур и их требований к мощности пахотного слоя, к параметрам агрофизических показателей плодородия определяют место глубоких обработок в севообороте, их периодичность. Глубокие обработки в севооборотах проводят на дерново-подзолистых почвах через 2–3 года, на серых

лесных - через 3-4, а на черноземных - через 4-5 лет. При этом обосновываются способы углубления пахотного слоя с учетом реакции культур и особенностей почвообразовательного процесса. На дерново-подзолистых и светло-серых лесных почвах применяют приемы безотвального рыхления почвы подпахотного слоя на глубину 10-12 см с помощью почвоуглубителей, безотвальных плугов, чизелей, плугов с вырезными корпусами и других орудий. На черноземных, дерново-карбонатных почвах с большим гумусовым горизонтом можно применять разовое углубление с помощью вспашки.

3) планируют приемы минимализации основной и предпосевной обработки почвы под культуры с учетом равновесной и оптимальной для роста растений плотности почвы, предшествующей культуры, характера засоренности почвы, увлажнения, рельефа и т.д. Чаще всего основную обработку почвы совмещают с дополнительной в целях дробления глыб, выравнивания поверхности, а предпосевную - выполняют с помощью комбинированных почвообрабатывающих агрегатов типа РВК-3,6; РВК-5,4; ВИП-5,6 и других или совмещают с посевом.

4) определяют последовательность и сроки выполнения приемов основной, предпосевной обработок с учетом предшественника, способа внесения удобрений, извести, гербицидов. Подбирают состав почвообрабатывающих агрегатов, не вызывающих переуплотнения почвы и обеспечивающих оптимальное качество обработки почвы. На ранневесеннем бороновании зяби, предпосевной культивации лучше использовать трактора на гусеничном ходу или со сдвоенными колесами, чтобы не уплотнять чрезмерно почву. Агрегаты для предпосевной обработки почвы должны обеспечивать глыбистость поверхностного слоя почвы для озимых не более 20 %, для яровых зерновых культур - не более 15 %.

5) определяют площади, на которых будет выполняться каждый прием обработки (вспашка, дискование, культивация и др.) в агротехнически допустимые сроки, и рассчитывают потребность хозяйства в почвообрабатывающих и посевных агрегатах с учетом продолжительности выполнения работы и интенсивности использования техники.

Выбор способов и приемов обработки зависит от эрозионной устойчивости почв, количества осадков, рельефа, типа почвы и ее агрономических свойств, засоренности, размещения сельскохозяйственных культур и других факторов.

В степных районах глубина обработки определяется гранулометрическим составом почвы. На легких почвах рекомендуется мелкая плоскорезная обработка на глубину 12–14 см, на более тяжелых – до 16–18 см (орудия типа КЛЛ1-5, КПШ-9, КПГ-250, КПГ-2-150 и др.).

На темно-каштановых и каштановых почвах легкого и среднего гранулометрического состава основная обработка в пару проводится на глубину 18–20 см. Под вторую и третью культуру после пара возможно уменьшение глубины обработки до 14–16 см.

На солонцовых почвах рекомендуется проводить глубокое рыхление (30–35 см) специальными орудиями РС-1,5, РСН-2,9 или плугами, оборудованными стойками СибИМЭ (ЛП-0,35).

На черноземах со средним и тяжелым гранулометрическим составом почв также предпочтительнее обработка плоскорежущими орудиями на глубину 20–22 см.

На полях с небольшим уклоном и малой водосборной площадью с целью повышения водопроницаемости почв, уменьшения стока воды и смыва почвы рекомендуют глубокие обработки на 25–27 см, а на полях с интенсивным стоком – на 27–30 см.

На тяжелых почвах с плотными подстилающими породами возможна обработка стойками СибИМЭ, параплау, чизелями на глубину 35–45 см. В подавляющем большинстве районов основная обработка почвы должна выполняться плоскорежущими орудиями с оставлением стерни на поверхности почвы, что позволяет успешно бороться как с ветровой, так и с водной эрозией, обеспечивает лучшую аккумуляцию твердых осадков и увлажнение метрового слоя почвы.

В ряде случаев необходимо применение и отвальной обработки, например, при обработке орошаемых земель, подъеме пласта многолетних трав, заделке органических удобрений и сидератов, в ряде случаев при весенней подготовке почвы под кукурузу и необходимостью борьбы с сорной растительностью.

Система предпосевной обработки почвы, прежде всего, направлена на уменьшение испарения влаги, уничтожение проросших сорняков, выравнивание поверхности почвы, создание оптимальных условий для последующих полевых работ.

Ранневесеннее боронование надо начинать, как только наступит физическая спелость почвы. «Созревание» почвы на разных участках в зависимости от рельефа местности наступает неодновременно. На южных склонах, на почвах легкого гранулометрического состава и на возвышенных местах работы, как правило, начинают раньше.

Для лучшего выравнивания и хорошего крошения почвы весеннее боронование проводят поперек или по диагонали к осенней обработке почвы. Орудие для обработки, количество следов боронования устанавливают в зависимости от состояния поверхности поля и предъявляемых требований.

Следом за весенней обработкой (с минимальным разрывом) почву рекомендуют прикатывать кольчатыми катками (для создания благоприятных условий прорастания сорняков).

В период между ранневесенней и предпосевной обработкой уничтожение сорняков проводится культиваторами с боронованием и прикатыванием. Для такой промежуточной обработки поля можно использовать сеялки типа СЗС-2,1, совмещая уничтожение сорняков с локальным внесением удобрений.

В степной зоне, на стерневых фонах и чистых от сорняков полях, возможен посев без предварительной предпосевной обработки почвы сеялками типа СЗС-2,1, а также ППК-7,2, ППК-12,4, СПК-2,1 и др.

**Определение потребности хозяйства в почвообрабатывающих агрегатах.** Система почвообрабатывающих машин и агрегатов предусматривает применение прогрессивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур и обеспечение комплексной механизации производства продукции. Она должна обеспечить:

1) высокую производительность труда и своевременное выполнение всех агротехнических приемов в соответствии с технологией возделывания культур;

2) высокое качество обработки почвы, посева и других полевых работ;

3) не оказывать чрезмерного уплотняющего воздействия на почву, ее свойства и плодородие. При этом система машин должна предусматривать снижение трудовых и энергетических затрат на единицу производимой продукции, что достигается подбором энергетических средств, совмещающих несколько технологических операций за один проход агрегата по полю. Почвообрабатывающие машины и орудия должны отвечать принципам адаптивности почвозащитных технологий и не оказывать отрицательного воздействия на почву, приводящего к усилению эрозии и снижению плодородия.

Основными показателями, по которым судят об обеспеченности хозяйства почвообрабатывающей, посевной и другой техникой, является количество орудий или агрегатов на 100 га обрабатываемой пашни, сеялок на 100 га посевной площади, комбайнов на 100 га



уборочной площади. Исходными данными для обоснования состава, типов машин и агрегатов служат материалы о наличии в хозяйстве машин и орудий, их техническом состоянии и соответствии уровню научно-технического прогресса, структура посевных площадей с учетом специализации хозяйства, технологические карты возделывания культур, материалы по ландшафтному землеустройству и почвенному обследованию.

Расчетную потребность хозяйства в почвообрабатывающих агрегатах определяют на основании технологических карт или технологий обработки почвы, используя показатели производительности агрегата, продолжительности агротехнического срока выполнения работы в днях. В этих целях используют рекомендованные нормативы продолжительности механизированных полевых работ (таблица 3.5).

Нормативы агротехнических сроков выполнения полевых работ могут быть изменены с учетом погодных условий: в засушливых районах сокращены, в увлажненных - несколько увеличены. Наиболее рациональное использование техники в напряженные периоды полевых работ достигается не менее чем при двухсменной работе агрегатов. Это не позволяет иметь завышенное количество расчетной техники.

Потребность крупных типичных хозяйств в сельскохозяйственных машинах определяется с помощью нормативов, разработанных научными учреждениями.

Таблица 3.5 – Нормативная продолжительность выполнения полевых сельскохозяйственных работ

Вид работы	Количество дней
1	2
<b>Обработка почвы</b>	
Весеннее боронование зяби	13
Предпосевная культивация	4
Весновспашка	5
Боронование посевов:	
озимых	3
яровых зерновых	
Лушение стерни	3
Вспашка под озимые	5
Вспашка зяблевая	15
Лушение лемешное	5
<b>Дискование почвы</b>	3
<b>Посев:</b>	
озимых зерновых	4

Продолжение таблицы 3.5

1	2
ранних яровых	4
зернобобовых	3
сахарной свеклы	3
льна-долгунца	5
кукурузы на силос	5
многолетних трав	4
<b>Посадка:</b>	
картофеля	8
капусты	5
моркови	4
лука	5
столовой свеклы	4
<b>Послепосевная обработка</b>	
Боронование пропашных культур	3
<b>Междурядное рыхление:</b>	
сахарной свеклы	3
кукурузы на силос	4
картофеля	5
овощных культур	5
<b>Химическая защита:</b>	3
зерновых	3
сахарной свеклы	3
овощных культур	4
картофеля	
<b>Внесение удобрений:</b>	
<b>органических:</b>	
весной	10
осенью	15
<b>минеральных:</b>	
весной	4
осенью	15
<b>Уборка</b>	
Скашивание зерновых	4
Прямое комбайнирование	10
<b>Скашивание:</b>	
кукурузы	10
льна-долгунца	10
многолетних трав	8
однолетних трав	10
<b>Уборка:</b>	
картофеля	15
моркови	15
столовой свеклы	15
капусты поздней и средней	20

Производительность почвообрабатывающих машин и агрегатов в значительной степени зависит от ландшафтных условий, обусловленных природными факторами. К таким факторам относят размер поля (длина гона), уклон, сложность конфигурации, изрезанность площади поля препятствиями и др. Поэтому при анализе и выборе почвообрабатывающей техники важно учитывать ее ландшафтную адаптивность.

С учетом уклона поля, каменистости почв, конфигурации полей, и длины гона в норму выработки почвообрабатывающего агрегата вводят поправочные коэффициенты.

При контурно-мелиоративной организации территории движение агрегатов при основной обработке почвы на сложных склонах осуществляется по горизонталям или с незначительным отклонением от них перпендикулярно направлению линий стока воды.

Направление движения агрегатов может определяться и расположением валов-террас, лесополос и других линейных водорегулирующих рубежей.

На основании систем обработки почвы в севооборотах и технологических сроков проведения работ делают расчет потребности хозяйства в почвообрабатывающих агрегатах.

Потребность в почвообрабатывающих агрегатах для выполнения полевых работ в оптимальные агротехнические сроки определяют по следующей формуле

$$N = S / (H \times T \times n),$$

где  $N$  – необходимое количество машин;

$S$  – площадь, на которой применяется прием обработки, га;

$H$  – производительность агрегата, га/ч;

$T$  – продолжительность рабочей смены, ч;

$n$  – продолжительность агротехнического срока проведения приема обработки почвы, дней.

Количество агрегатов определяют по самым напряженным периодам весенних или осенних посевных и уборочных работ.

Определяют сезонные объемы работ в гектарах по отдельным приемам обработки почвы, посева и т.д.

В этих целях суммируют площади по всем культурам, по которым выполняются одни и те же приемы в одинаковые агротехнические сроки (таблицы 3.6, 3.7, 3.8).

Таблица 3.6 – Расчет потребности хозяйства в почвообрабатывающих агрегатах (форма записи)

Прием обработки	Площадь, га	Марка трактора и машины	Производительность агрегата	Количество агрегатов

Таблица 3.7. – Система обработки почв и система машин (форма записи)

№ бригад, отделений	№ севооборотов	№ полей	Культуры	Площадь, га	Приемы обработки внесения удобрений	Марки машин и орудий	Объем работ машиной, орудием, га	Срок выполнения работ

Таблица 3.8 – Расчет потребности в сельскохозяйственной технике (форма записи)

№ п/п	№ отделений, бригад	Марки машин и орудий	Объем работ, подлежащий выполнению машиной, орудием, га	Количество машин и орудий на 1 тыс. га	Требуется машин и орудий	Имеется

Примечание – расчет производится по отделениям, бригадам и хозяйству в целом на основе технологических карт возделывания, уборки сельскохозяйственных культур и улучшения сельскохозяйственных угодий.

Например, для хозяйства с планируемой площадью обработки 230 га при 5-дневном сроке вспашки по 14 часов работы в день потребуются пахотные агрегаты: ДТ-75М + ПЛН-4-35 с производительностью 1,2 га/ч,  $230 : (1,2 \times 14 \times 5) = 3$  агрегата.

### 3.5 Система удобрения и химической мелиорации

Система удобрений – это комплекс агрономических и организационных мероприятий, направленных на эффективное использование органических и минеральных удобрений с целью

повышения урожая, его качества и воспроизводства плодородия почвы.

Для составления системы удобрения в хозяйстве необходимо исходить из следующих основных составляющих.

- 1) анализ состояния плодородия почвы, находящейся в сельскохозяйственном использовании.
- 2) обоснование необходимости простого и расширенного воспроизводства плодородия почв.
- 3) расчет накопления органических удобрений в хозяйстве и распределения их по культурам севооборотов.
- 4) определение доз минеральных удобрений на планируемый урожай.
- 5) обоснование форм, сроков и способов внесения удобрений.
- 6) план применения удобрений.
- 7) расчет баланса гумуса в севооборотах.
- 8) установление очередности применения химических мелиорантов, их доз и способов внесения.
- 9) обеспечение складскими помещениями для хранения удобрений.
- 10) расчет потребности и наличия техники для внесения минеральных и органических удобрений.

Обеспечить стабилизацию и расширенное воспроизводство почвенного плодородия можно лишь при условии, что в почву будет поступать достаточное количество растительной органической массы, являющейся сырьем для синтеза гумусовых веществ. Главные источники этого сырья – навоз, компосты, солома, сидераты, сапропель, дернина многолетних трав.

Для определения количества твердого навоза, которое можно получить в хозяйстве, используют среднегодовой выход его от одного животного в зависимости от длительности стойлового периода (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Примерный среднегодовой выход свежего навоза от одного животного при содержании на соломенной подстилке, т

Животные	Продолжительность стойлового периода, дней			
	160–180	180–200	200–220	220–240
КРС	4–5	6–8	8–9	9–10
Лошади	2,5–3,0	4,0–4,5	5–6	7–8
Свиньи	0,9–1,0	1,3–1,5	1,5–1,7	2,0–2,5
Овцы	0,4–0,5	0,6–0,8	0,9	1,0

Для пересчета массы свежего твердого навоза в другие его виды используют коэффициенты:

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

На удобрение лучше всего использовать полуперепревший навоз, внося его в паровое поле и под пропашные культуры в дозе 20–60 т/га (в зависимости от природно-экономической зоны и плодородия почвы).

Таблица 3.10 – Ежегодная потеря (минерализация) и восполнение (гумификация) органического вещества в почвах среднесуглинистого механического состава, т/га

Потери, восполнение	Зерновые		Горох (вика) зерно	Вика + овес на сено	Кукуруза	Сахарная свекла	Пар чистый		Многолетние травы на сено		Сидераты на зеленый корм	
	способ обработки						отвальная	безотвальная	злаковые	бобовые	донник	рапс
	отвальная	безотвальная										
Потери (минерализация)	0,5	0,4	0,3	0,3	0,9–1,2	1,7	2,0	1,8	0,2	0,1	0,6	0,2
Восполнение	0,3	0,25	0,1	0,2	0,15–0,2	0,06	-	-	0,5	0,6	1,3	0,5

Примечание – урожай зерновых, зернобобовых и трав – 10 ц/га, пропашных и сидератов – 100 ц/га, кукуруза: минерализация в засушливой зоне – 1,2, влажной – 0,9; восполнение, соответственно, – 0,2–0,15. соотношение зерна к соломе у зерновых культур составляет 1:1,5. В данных расчетах не учитываются потери органического вещества при эрозионных процессах почвы.

В почве происходят одновременно два противоположно направленных процесса, которые связаны с трансформацией органического вещества – минерализация и гумификация. Свежее органическое вещество, попадая в почву, на 7–80 % от всей массы минерализуется в течение 2–3 лет. Оставшиеся 20–30 % подвергаются гумификации. Собственно гумус также минерализуется, но значительно медленнее, в среднем на биологические потери уходит 1,5–2,0 % исходных запасов в год.

Восполнение потерь органического вещества почвы. Потери органической части почвы, как выше уже отмечалось, зависят от почвенно-климатических условий, набора возделываемых культур, системы обработки почвы, внесения удобрений и вообще культуры земледелия на данном поле. В данных расчетах не учитываются потери органического вещества при эрозионных процессах почвы. Считаем, что расход гумусовых веществ идет только за счет их минерализации под культурой в тоннах на гектар (таблица 3.10) при урожайности одной тонны с гектара для зерна и сена трав и 10 т с гектара для пропашных культур и сидерата (донника).

Количество минерализующегося органического вещества в почве под одной и той же культурой неодинаково. Чем тяжелее почва, тем медленнее и в меньшем количестве идет минерализация. В связи с этим вводятся дополнительно поправочные коэффициенты: на тяжелосуглинистых почвах – 0,8, на среднесуглинистых – 1,0, легкосуглинистых – 1,2, супесчаных – 1,4, песчаных – 1,8. На орошаемых участках коэффициент пересчета составляет 1,4 независимо от механического состава почвы. Так, если известно, что при урожае 10 ц/га зерна яровой пшеницы минерализация гумусовых веществ составляет по безотвальной обработке 0,4 т/га, то на тяжелосуглинистых почвах –  $0,4 \times 0,8 = 0,32$ , на легкосуглинистых –  $0,4 \times 1,2 = 0,48$ , на супесчаных –  $0,4 \times 1,4 = 0,56$ , и на песчаных –  $0,4 \times 1,8 = 0,72$  т/га. При урожайности 20 ц/га расход гумусовых веществ под пшеницей удваивается. Соответственным образом расчет производится и для других культур.

Потери гумусовых веществ компенсируются за счет корневых и пожнивных остатков сельскохозяйственных культур, что недостаточно для воспроизводства плодородия почвы (таблица 3.11). Для бездефицитного баланса гумусовых веществ мы должны дополнить недостающую часть органического вещества внесением органических удобрений. Для примера возьмем зерновые культуры. Яровая пшеница выращивается на тяжелосуглинистом выщелоченном черноземе; при безотвальной обработке получили урожайность 20 ц/га зерна. Минерализация органического вещества на одном гектаре составила при 10 ц/га  $0,4 \times 0,8 = 0,32$  т/га, при 20 ц/га –  $0,32 \times 2 = 0,64$  т/га. Восполнение потерь гумусовых веществ с гумификацией пожнивных и корневых остатков составила при 10 ц/га зерна 0,25 т/га, а при 20 ц/га –  $0,25 \times 2 = 0,5$  т/га. Разность между потерей на минерализацию и восполнением при гумификации составляет  $0,64$  т/га –  $0,50$  т/га =  $0,14$  т/га. Эти 0,14 т/га гумусовых веществ мы должны дополнительно внести с органическими удобрениями. В таблице 15 помещены показатели выхода гумусовых веществ, из одной тонны различных органических удобрений. Так, одна тонна подстилочного навоза дает 0,1 т, или 100 кг органического вещества в почве, одна тонна соломы – 200 кг и так далее.

В нашем примере для восполнения потери гумусовых веществ 140 кг/га нужно внести 1,4 т/га навоза ( $140 \times 100 : 10 = 1400$  кг) или 0,7 т/га соломы ( $140 \times 100 : 20 = 700$  кг). Соответствующим образом расчет баланса гумусовых веществ в почве и потребности в количестве органических удобрений производится по любой культуре.

Таблица 3.11 – Примерные объемы гумификации различных видов органических удобрений

Вид органических удобрений	Гумификация, %
Подстилочный навоз	10
Полужидкий (влажность не более 92%)	5
Жидкий (влажность 93-97%)	2,5
Птичий помет	14
Торфонавозный компост	15
Солома	20
Сапропель	2,5
Сидерат (естественной влажности)	7

Расчет баланса органического вещества. Пример расчета баланса органического вещества почвы для четырех севооборотов двух отделений сельскохозяйственного предприятия, расположенного



на черноземе карбонатном среднесуглинистом представлен в таблице 3.12.

В графе 7 - приводится коэффициент минерализации из таблицы 3.10 с учетом механического состава почвы и культуры.

Графа 8 – приход гумуса в т/га восполнение с учетом культур.

Таблица 3.12 – Расчет гумуса и потребности в органических удобрениях

№ отделения	№ севооборота	№ поля	Культура	Урожайность, ц/га	Площадь, га	Статья баланса гумуса, т					Возмещение гумуса внесением навоза, т		
						Расход на 1 га	приход	Баланс±	На 1 га	На всю площадь	На 1 га	Всего	На севооборотной площади
						7	8	9	10	11	12	13	14
							остатками пожнивными	Запахивание соловы, сидератов	На 1 га	На всю площадь	На 1 га	Всего	На севооборотной площади
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	1	Пар кулисный	-	200	-2,0	-	-	-2,0	-400	45	9000	
	2	2	Сах. свекла	100	200	-1,7	+0,1	-	-1,6	-320			
	3	3	Яр. пшеница	20	200	-0,8	+0,5	-	-0,3	-60			
	4	4	Яр. пшеница	20	200	-0,8	+0,5	-	-0,3	-60			9
	5	5	Ячмень	20	200	-0,8	+0,5	-	-0,3	-60			
			по севообороту		100				-4,5	-900	45	9000	
2	1	1	Кукуруза	200	200	-1,8	+0,3	-	-1,5	-300	24		
	2	2	Яр. пшеница	20	200	-0,8	+0,5	-	-0,3	-60			
	3	3	Яр. пшеница	20	200	-0,8	+0,5	-	-0,3	-60			
	4	4	Овес	20	200	-0,8	+0,5	-	-0,3	-60	24	4800	6
			По севообороту		800				-2,4	-480			
2	3	1	Пар кулисный	-	200	-2,0	-	-	-0,2	-400	20	4000	
		2	Яр. пшеница	20	200	-0,8	+0,5	+0,30	0	0			
		3	Яр. пшеница	20	200	-0,8	+0,5	+0,30	0	0			
		4	Ячмень	20	200	-0,8	+0,5	+0,30	0	0			

Продолжение таблицы – 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			по севообороту		800								
4	1	1	Кукуруза	200	200	-1,8	+0,3		-1,5	-300	17	3400	
	2	2	Яр. пшеница	20	200	-0,8	+0,5		-0,3	-60			
	3	3	Донник (сидерат)	100	200	-0,6	+1,3		+0,7	+140			
	4	4	Яр.пшеница	20	200	-0,8	+0,5		-0,3	-60			
	5	5	Яр.пшеница	20	200	-0,8	+0,5		-0,3	-60			
			по севообороту		1000								
5	1	1	Горох	15	200	-0,45	+0,15		-1,7	-340	17	3400	3,4
	2	2	Яр.пшеница	20	200	-0,8	+0,5		-0,3	-60	12	2400	
	3	3	Яр.пшеница	20	200	-0,8	+0,5		-0,3	-60			
	4	4	Овес	20	200	-0,8	+0,5		-0,3	-60			
			по севообороту		800								
6	1	1	Вика+овес	30 на сено	200		+0,2		-1,2	-240	12	2400	3,0
	2	2	Яр.пшеница	20	200	-0,3	+0,5		-0,3	-60			
	3	3	Яр.пшеница	20	200	-0,8	+0,5		-0,3	-60			
	4	4	Ячмень		200	-0,8	+0,5		-0,3	-60	10	2000	1,2
			по севообороту		800				1,0	-60			
	5	5	Итого по хозяйству		5200				-12,50	200		25000	4,8

Графа 9 – приход гумуса с учетом запахивания соломы, при урожае соломы 10 ц/га – 0,20, 20 ц/га – 0,40.

Графа 10 – рассчитывается нетто баланса гумусовых веществ на один гектар. Он получается как алгебраическая сумма граф 7, 8 и 9. Например: для яровой пшеницы по ТП севообороту расход 0,8, приход с пожнивными остатками 0,5 и 0,4 за счет запахивания соломы. Баланс:  $0,8 + 0,5 + 0,3 = 0,1$ .

Графа 11 – баланс на всю площадь поля. Является произведением граф 6 на 10. А на всю площадь севооборота - сумма по полям, например, в 1 - м севообороте он составит 900 т.

Графа 12 – для возмещения потерь гумусовых веществ определяется потребность в органических удобрениях. На примере таблицы 15 видно, что из 1 т навоза выход гумусовых веществ 0,1 т, поэтому для получения 1 т гумуса требуется 10 т навоза, в 1-м севообороте составит –  $4,5 \times 10 = 45$  т.

Графа 13 – навоз вносится в пар или пропашную культуру. Поэтому для компенсации расхода гумусовых веществ 4,5 т требуется 45 т/га навоза и составит на площадь парового поля 9000 т ( $45 \times 200$ ). В случае накопления органического вещества почвы за счет запахивания соломы или донникового занятого пара доза навоза рассчитывается по расходу гумуса по сумме за весь севооборот (т/га).

Графа 14 – компенсация потерь гумуса на 1 гектар севооборотной площади составляет:  $9000 : 1000 = 9$  т/га.

В строку «по хозяйству» в графе 6 ставится общая площадь, в графе 11 – расход гумуса, в графе 13 - общая потребность в навозе. Графа 14 – определяется как частное от деления графы 13 на 6.

Использование коэффициента гумификации подстилочного навоза позволяет получить сравнимые данные для оценки сложившегося баланса гумуса. Нормы фактически вносимых удобрений устанавливаются делением количества подстилочного навоза на соответствующий коэффициент. Для полужидкого навоза выход гумуса в два раза ниже подстилочного, поэтому его требуется для хозяйства в два раза больше:  $24400 \text{ т} \times 2 = 48800 \text{ т}$ , жидкого – 100000 т и т.д.

При определении потребности в органических удобрениях следует учитывать тип почвы и состояние ее плодородия. Почвы с высоким содержанием гумуса достаточно удобрять, следуя нормам, установленным по балансу (по принципу простого воспроизводства плодородия). Малогумусовые и сильно выпаханые земли требуют более интенсивного удобрения. При недостатке навоза для сохранения и повышения плодородия почв экономически оправдано расширение

площадей многолетних трав, повышение их урожайности, введение в севооборот промежуточных культур, сидеральных паров (особенно с донником), применение соломы на удобрение, компостирование навоза и использование местных ресурсов (древесная кора, опилки и др.).

Расчет потребности сельскохозяйственных культур в минеральных удобрениях. Эффективность минеральных удобрений в каждой природно-климатической зоне определяется группой факторов (природными, агротехническими, технологическими).

В степной зоне края обеспеченность почв подвижным фосфором в основном низкая и средняя, доступным калием - высокая, поэтому в Кулунде и Рубцовско-Алейской степи проявляется высокая отзывчивость сельскохозяйственных культур на фосфорные удобрения.

Калийные удобрения необходимо вносить под подсолнечник, корнеплоды и орошаемые культуры.

Азотные удобрения вносят при размещении культур по зерновым и пропашным предшественникам.

В лесостепи на всех культурах высокоэффективны азотные и фосфорные удобрения. Калийные необходимы для кукурузы, сахарной свеклы и овощных культур.

В предгорной зоне эффективно применение удобрений, содержащих азот, фосфор и калий.

Дозы внесения минеральных удобрений под яровую пшеницу устанавливаются на основе результатов агрохимического обследования почвы (картограмм), агрохимических паспортов, почвенной и растительной диагностики. Для расчета доз приводится содержание действующего вещества в основных видах удобрений (табл. 3.13).

Таблица 3.13 – Основные виды минеральных удобрений и содержание в них действующего вещества, %

Удобрение	N	P	K
Карбамид	46	-	-
Аммиачная селитра	34-35	-	-
Сульфат аммония	21,5	-	-
Суперфосфат двойной	-	45-46	-
Хлористый калий	-	-	58-60
Аммофос	12	52	-
Диаммофос	18	48	-
Нитроаммофос	23	23	-
Нитроаммофоска	16	16	16

Режим азотного питания сельскохозяйственных культур в условиях края определяется содержанием в почве нитратного азота до посева и азота текущей мобилизации, образующегося в период вегетации растений.

Весенний запас доступного азота не является постоянной величиной, а колеблется по годам. Количество накопленных нитратов определяется агрофоном, почвенными и погодными условиями летне-осеннего и весеннего периодов. Текущая мобилизация азота также зависит от предшественников, высеваемой культуры и условий в период вегетации растений.

Такая динамика исключает возможность долгосрочного прогноза содержания в почве нитратного азота, поэтому для оптимизации азотного питания растений необходимо ежегодно перед посевом проводить почвенную диагностику, а также листовую или тканевую в период вегетации растений.

Дозу внесения азотных удобрений ( $D_N$ ) рассчитывают с учетом планируемой урожайности ( $Y_n$ ), выноса элементов питания 1 ц урожая ( $B$ ), запасов нитратного азота в слое 0–40 см, кг/га, которые рассчитываются перемножением содержания  $N-NO_3$  перед посевом в мг/кг на коэффициент 5 (слой почвы 40 см и объемная масса 1,25 г/см<sup>3</sup>), азота текущей мобилизации ( $N_{т.н.}$ ), коэффициента использования азота из почвы ( $K_p$ ), коэффициента использования азота из минеральных удобрений ( $K_y$ ):

$$D_T = (B \times Y_n - (N_1 + N_{т.н.}) \times K_p) / K_y \text{ (кг д.в./га)}$$

Аналогичным образом рассчитываются дозы внесения фосфора и калия.

Для расчетов можно использовать усредненные данные о выносе питательных веществ единицей урожая, коэффициенты использования их из почвы, минеральных удобрений и навоза (таблица 3.14).

Азот текущей нитрификации можно принять: для сухой степи – 20–30 кг/га, колючей степи – 30–40, лесостепи и предгорных районов – 40–50 кг/га.

Примеры расчета. Предшественник – пар; содержание нитратного азота перед посевом в слое 0–40 см, согласно данным почвенной диагностики, – 16 мг/кг, фосфора – 50, калия – 100 мг/кг.

В пересчете на 1 га оно составит: N – 80 кг/га (16 мг/кг x 5),  $P_2O_5$  – 250, калия – 500 кг/га.

Таблица 3.14 – Исходные данные для расчетов доз внесения минеральных удобрений под яровую пшеницу

Показатель	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Вынос элемента 1 ц зерна, кг	3,5	1,2	2,5
Коэффициенты использования питательных веществ из почвы	0,80	0,10	0,08
Из минеральных удобрений при локальном способе внесения	0,70	0,30	0,70
Из навоза 1-й год	0,25	0,30	0,50
2-й год	0,20	0,20	0,20
Содержание в 1 т навоза, кг	5,0	2,5	6,0

Планируется получить урожайность пшеницы 30 ц/га в лесостепной зоне. Дозы удобрений при локальном внесении будут следующие:

$$D_N = (3,5 \times 30 - (80 + 40) \times 0,8) / 0,7 = 13 \text{ кг д.в./га,}$$

$$D_{P_{2O_5}} = (1,2 \times 30 - (250 + 0,10)) / 0,3 = 37 \text{ кг д.в./га,}$$

$$D_{K_2O} = (2,5 \times 30 - (500 + 0,08)) / 0,7 = 50 \text{ кг д.в./га.}$$

Итого следует внести  $N_{13}P_{37}K_{50} = 100$  кг д.в./га.

В случае, если в хозяйстве по каким-либо причинам нет данных оперативной диагностики, то дозу внесения удобрений можно рассчитать на планируемую прибавку урожая ( $\Pi_n$ ) по формуле:

$$D_y = V \times \Pi_n / K_y \text{ (кг д.в./га).}$$

Например, на поле, где применяются интенсивная технология, планируется получить урожай 32 ц/га, или на 10 ц/га больше, чем можно получить при обычной технологии. Для достижения данного уровня урожайности следует внести:

$$D_N = 3,5 \times 10 / 0,7 = 50 \text{ кг д.в./га,}$$

$$D_{P_{2O_5}} = 1,2 \times 10 / 0,3 = 40 \text{ кг д.в./га,}$$

$$D_{K_2O} = 2,5 \times 10 / 0,7 = 36 \text{ кг д.в./га.}$$

В целях позиционного приближения удобрений к корням растений наиболее эффективно вносить расчетную дозу локальным способом до посева сеялками СЗС-2,1 с серийными сошниками или во время посева специальными комбинированными сошниками.

Локальное внесение удобрений обусловлено трудностями использования питательных веществ яровой пшеницей из почвы в условиях пониженных температур, в начальный период вегетации, а также характером размещения корней в почве.

При возделывании яровой пшеницы по интенсивной технологии обязательным приемом должно быть рядковое внесение удобрений. В таблице 3.15 приведены показатели дозы удобрений под основные культуры.

Таблица 3.15 – Ориентировочные дозы минеральных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры, кг д.в/га

Культуры	Азотные		Фосфорные		Калийные	
	основное	подкормка	основное	подкор-	основное	подкормка
<b>Степь</b>						
Зерновые	30–40	-	30–50	20–30	-	-
Пропашные	40–60	-	40–60	20–30	30–40	-
Мн. Травы	-	30–40	60–120	20–30	-	-
<b>Лесостепь</b>						
Зерновые	40–60	20–30	40–60	20–30	30–40	-
Пропашные	60–90	30–40	60–90	20–30	40–60	20–30
Мн. Травы	-	40–60	60–120	30–40	30–40	-
<b>Предгорье</b>						
Зерновые	60–90	30–40	60–90	30–40	40–60	-
Пропашные	60–90	50–80	60–90	30–40	40–60	20–30
Мн. Травы	-	60–90	60–120	30–40	40–60	-

**Химическая мелиорация почв.** Основные приемы химической мелиорации – известкование кислых и гипсование солонцовых почв.

Известкование – внесение в почву кальция (и магния) в виде карбоната, оксида или гидрооксида для нейтрализации кислотности. В настоящее время площадь кислых почв в Российской Федерации превышает 50 млн. га, что составляет 38 % общей площади сельскохозяйственных угодий, в том числе в Алтайском крае около 1 млн. га. Основные площади кислых почв расположены в восточной группе районов края (Тальменский, Залесовский, Заринский и др.), где встречаются серые лесные и дерново-подзолистые почвы, характерными свойствами которых является повышенная кислотность.

На землях с повышенной кислотностью низкая продуктивность сельскохозяйственных культур, резко снижается эффективность минеральных удобрений, ухудшается экологическая обстановка. Известкование направлено не только на нейтрализацию избыточной кислотности почвы, но и на улучшение ее агрохимических, агрофизических и биологических свойств, обеспечение растений кальцием и магнием, создание оптимальных условий для роста и развития культурных растений. Возделываемые



сельскохозяйственные культуры очень требовательны к кислотности почвы, которая, как правило, должна соответствовать слабокислому или нейтральному уровню.

По отношению к кислотности почвы полевые культуры делят на следующие группы:

1) наиболее чувствительные к кислотности почвы; нуждаются в нейтральной или слабощелочной реакции (рН 6,2–7,0); очень хорошо отзываются на известкование сахарная и кормовая свекла, клевер луговой, люцерна, горчица.

2) нуждающиеся в слабокислой и близкой к нейтральной реакции почвы (рН 5,1–6,0). Хорошо отзываются на известкование кукуруза, пшеница, ячмень, горох, бобы, турнепс, капуста кормовая, клевер шведский, лисохвост, кострец, пелюшка, вика.

3) переносящие умеренную кислотность, известкование необходимо лишь на сильно- и среднекислых почвах: рожь, овес, подсолнечник, картофель, тимофеевка, гречиха.

4) малочувствительные к повышенной кислотности почвы: люпин и сераделла.

Норму извести определяют различными методами:

1) по рН, степени насыщенности почв обменными основаниями и гранулометрическому составу почвы, пользуясь справочным материалом (таблица 3.16);

2) по гидролитической кислотности  $H_r$  с учетом вида известковых удобрений и нуждаемости почв в известковании:

$$\text{CaCO}_3 \text{ т/га} = 1,5 H_r;$$

$$\text{Ca(OH)}_2 \text{ т/га} = 1,1 H_r;$$

$$\text{CaO т/га} = 0,84 H_r;$$

3) использование нормативов затрат извести для снижения кислотности почвы на необходимую величину (таблица 20). Дозы извести определяют этим методом, если не требуется полной нейтрализации кислотности почвы при возделывании отдельных сельскохозяйственных культур, но необходимо поддерживать оптимальное значение рН.

Экспериментально установлено, что для смещения реакции почвенного раствора на 0,1 рН на супесчаных дерново-подзолистых почвах достаточно внести на 1 га 0,3 т извести, суглинистых – 0,4–0,6, глинистых – 0,6–0,8 т. Повторное известкование почв проводят через 5–8 лет в зависимости от продуктивности севооборота, количества применяемых минеральных удобрений и почвенно-климатических условий.

Известковые удобрения вносят в первую очередь под овощные культуры, кормовую и сахарную свеклу, однолетние и многолетние бобовые культуры, кукурузу, озимую пшеницу, ячмень. Наиболее целесообразно внесение полной дозы извести после уборки предшественника под основную обработку почвы. В севооборотах с многолетними травами (клевер, люцерна, донник) известкование проводят под покровную культуру, а при беспокровном посеве – непосредственно под многолетние травы. При недостатке извести ее вносят мелко под культивацию. Под картофель и лен на сильнокислых почвах вносят 1/2–3/4 дозы извести.

Известкование должно быть тесно увязано с системой удобрения, в частности, с возможностью использования в качестве фосфорных удобрений фосфоритной муки.

Большинство минеральных удобрений подкисляют почву частично вследствие физико-химических, физиологических и микробиологических процессов.

Таблица 3.16 – Дозы известковых удобрений на мелиорируемых минеральных почвах, т/га CaCO<sub>3</sub>

Гранулометрический состав почвы	рН КС1										
	3,8-3,9	4,0-4,1	4,2-4,3	4,4-4,5	4,6-4,7	4,8-4,9	5,0-5,1	5,2-5,3	5,4-5,5	5,6-5,7	5,8-5,9
Песчаный	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3*	2,5*	2*	2*	
Супесчаный	9	7,5	6,5	5,5	5	4	4,5*	3,5*	3*	2,5*	
Легкосуглинистый	10,5	9	8	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4*	3,5*
Среднесуглинистый	11,5	10,5	9	8,5	7,5	7	6,5	6	5	4,5*	4*
Тяжелосуглинистый	14	13	11	10	9	8	7	6,5	6	5	4,5
Глинистый	8	14	13	11	9,5	8,5	8	7	6,5	5,5	5

\* Известкование желательно, но не обязательно.

Сульфат аммония больше других удобрений подкисляет почву. Для нейтрализации физиологически кислых минеральных удобрений рекомендуют вносить дополнительно известковые материалы.

Для повышения эффективности известкования необходимо:

- определение степени кислотности почвы;
- выявление отношения культур севооборота к известкованию;
- правильное установление дозы извести;
- умелое сочетание известкования почв с внесением органических и минеральных удобрений; известкование почв должно опережать внесение минеральных удобрений, эффективность которых на фоне извести повышается;
- равномерное внесение известковых удобрений.

Степень кислотности почвы – важный, но не единственный показатель, характеризующий потребности почв в известковании. При определении нуждаемости в известковании важно учитывать также содержание в почве подвижных соединений алюминия и марганца, степень насыщенности почвы основаниями, гранулометрический состав. В зависимости от степени насыщенности основаниями почвы подразделяют на следующие группы: 50 % и ниже — потребность в известковании сильная; 50–70 – средняя; 70–80 – слабая; более 80 % – почва в известковании не нуждается. Потребность в известковании можно определить значительно точнее, учитывая одновременно величину рН солевой вытяжки, степень насыщенности основаниями и гранулометрический состав почв.

Эффективность известкования во многом определяется количеством известковых удобрений. Основными известковыми удобрениями являются известняки – 75–100 % – оксиды кальция и магния в пересчете на  $\text{CaCO}_3$ . Из них наиболее распространены доломитизированный известняк, мергель, мел, негашеная, гашеная известь, доломитовая мука, известковые туфы, пыль печей цементных заводов и металлургические шлаки. Эталонным действующим веществом известковых удобрений для расчета доз мелиорантов принят карбонат кальция –  $\text{CaCO}_3$ .

Расчеты потребности в химических мелиорантах ведут по форме показанном в таблице 3.17

Таблица 3.17 – Система проведения химической мелиорации почв севооборотов (известкование, фосфоритование, гипсование)

Номер севооборота	Культура севооборота, под которую вносят мелиорант	рН	Норма мелиоранта, т/га	Площадь поля, га	Потребность в химических мелиорантах, т

Гипсование – внесение в почву гипса для улучшения ее химических, физических и биологических свойств. В Российской Федерации 18,6 млн. га сельскохозяйственных угодий солонцовых комплексов и 8,6 млн. га засоленных земель. Большие площади таких почв находятся в Западной Сибири и Нижнем Поволжье. Эти почвы характеризуются высоким содержанием натрия в поглощающем комплексе и щелочной реакцией почвенного раствора, что обуславливает неблагоприятные физические, физико-химические и биологические свойства и низкое плодородие солонцовых почв. В Алтайском крае под пашней находится около 300 тыс. га засоленных земель.

В зависимости от содержания поглощенного натрия почвы подразделяются на несолонцеватые – не более 3–5 % емкости поглощения, слабосолонцеватые – 5–10, солонцеватые – 10–20, солонцы – больше 20 %. Солонцы подразделяются на мелкие, или корковые, у которых солонцовый горизонт залегает на глубине не более 7 см, средние – на глубине 7–15 и глубокостолбчатые – на глубине более 15 см.

Помимо солонцовых встречаются засоленные почвы (солончаковые и солончаки). По степени засоления (количеству солей и глубине залегания соленосных горизонтов) их подразделяют:

- на слабосолончаковатые – более 0,25 % солей на глубине 80–150 см;
- солончаковатые – более 0,25 % солей на глубине 30–80 см;
- солончаковые – соленосный горизонт на глубине 5–30 см;
- солончаки – в верхнем слое почвы содержится не менее 1 % солей (может быть от 1 до 10 % и более).

По составу преобладающих солей солончаки разделяют на сульфатные (главным образом,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), содовые, хлоридные ( $\text{NaCl}$  и  $\text{MgCl}_2$ ) и смешанные.

Для улучшения солонцовых почв необходимо устранить из них карбонаты натрия, заменить натрий кальцием, а образующийся  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  удалить промыванием, а также разрушить плотный солонцовый горизонт.

Одним из методов коренного улучшения солонцовых почв является их гипсование, т.е. химическая мелиорация – замена обменного натрия почв кальцием при внесении в пахотный слой кальцийсодержащих химических мелиорантов. Наиболее распространенными и доступными мелиорантами для гипсования почв служат фосфогипс и сыромолотый гипс. Гипс вносят в почву в количестве, достаточном для замещения избытка поглощенного

натрия кальцием. В зависимости от почвы применяют следующие дозы гипса (таблица 3.18).

Таблица 3.18 – Дозы гипса и способы его внесения в зависимости от типа почвы

Почвы	Доза гипса, т/га	Способ внесения гипса
Луговые и лугово-черноземные содово-среднесолонцеватые	3,5–4,0	Всю дозу под зябрь
Солонцы корково-содовые	4,0–5,0	0,5 дозы под зябрь + 0,5 дозы под культивацию
Солонцы корковые и столбчатые	7,0–10,0	То же
Темно-каштановые солонцеватые	2,5–3,0	Под зябрь
Каштановые среднесолонцеватые	2,0–3,5	То же

В основе расчета потребности солонцовых почв в химической мелиорации находится степень насыщенности почвенного поглощающего комплекса кальцием. По степени насыщенности кальцием солонцы бывают ненасыщенные кальцием, когда в поглощающем комплексе его содержится меньше 70 %, и насыщенные кальцием – его содержание составляет около 70 % суммы катионов.

Гипсование необходимо для улучшения солонцов и солонцовых почв, содержащих более 10 % поглощенного натрия от общей емкости поглощения.

Слабосолонцеватые почвы (натрия меньше 10 %) улучшают агробиологическим методом – применением трехъярусной вспашки с внесением больших доз навоза, посевом люцерны и других культур, которые аккумулируют кальций почвы в корнях. Кальций освобождается и вытесняет из поглощающего комплекса натрий. Особенно эффективен этот процесс при поливах. Эффективность гипсования солонцов значительно повышается при внесении навоза и минеральных азотных и фосфорных удобрений. Лучшая форма азотных удобрений для солонцовых почв – сульфат аммония, а из фосфорных – простой суперфосфат. Важным условием быстрой мелиорации солонцов под действием гипса является достаточная влажность почвы. Большие дозы гипса обычно вносят постепенно в течение 2–3 лет.

Гипсование солонцов и солонцеватых почв эффективно только при залегании грунтовых вод глубже 1,2–1,5 м, так как при более близком их расположении возможны вторичные процессы осолонцевания и образования вредных для растений сульфидов.

Системы машин для внесения удобрений. Экологически и технически обоснованное совмещение операций при внесении удобрений — одно из важных направлений ресурсосбережения при освоении адаптивных технологий. Применение минеральных и органических удобрений предполагает задействование комплекса машин, механизмов и оборудования, обеспечивающих по возможности максимально полную механизацию процессов приобретения удобрений, погрузочно-разгрузочных работ, хранения, растаривания и приготовления к использованию удобрений (дробление, просеивание, смешивание и т.п.), транспортировки и внесения удобрений в почву.

Для подготовки гранулированных удобрений к внесению используются агрегаты АИР-20, УТМ-30 и т.п., погрузка туков на транспортные средства может осуществляться погрузчиками типа ПГ-0,2, ПФ-0,75, автомобилем-загрузчиком ЗАУ-3 или ЗМУ-8, транспортировка до поля — в зависимости от технологии подручными транспортными средствами или специализированными машинами, внесение — в зависимости от сроков, способов и технологий обработки почвы: РМГ-4, СТТ-10, РУМ-5, ТТШ-21,6, МВУ-12, РУМ-8, ПРГ-8, МВУ-16, РУМ-16, ПРГ-16, ГУН-4, СЗС-2,1, СЗС-6, СЗС-12.

Для рядкового внесения удобрений одновременно с посевом сельскохозяйственных культур используются серийные сеялки типа СЗП-3,6, СЗС-2,1, СЗП-16, СЗС-12 и др.

В случае использования жидких минеральных удобрений для приготовления суспендированного удобрения из жидких и твердых компонентов применяются установки УС-10, для транспортировки до поля — машины для жидких органических удобрений типа РЖТ-4М, РЖТ-8, РЖТ-16, МЖТ-10, для внесения — опрыскиватели типа Кертитокс, ОП-2000-2-01, ОП-3200, ПЖУ-5.

При использовании органических удобрений по прямоточной технологии применяются различного рода погрузчики (для твердых) и насосы (для жидких органических удобрений), внесение в почву осуществляется машинами типа РОУ-5, ПРТ-6, ПРТ-16; РЖТ (МЖТ > 4, РЖТ (МЖТ)-8, РЖТ (МЖТ)-16, соответственно, для твердых и жидких органических удобрений.

При внесении мелиорантов в почву используется весь комплекс машин и механизмов, который применяется для минеральных и органических удобрений.

Агроэкологические аспекты оценки системы удобрения. Для получения высокой экономической эффективности и предотвращения опасности загрязнения окружающей среды существует ряд общих

требований к применению удобрений. Удобрения должны применяться в минимально необходимых дозах для получения запланированного урожая, а сроки и способы их внесения должны способствовать повышению коэффициентов использования растениями элементов питания. При невысоких уровнях обеспеченности хозяйства удобрениями ежегодное рядковое удобрение фосфором предпочтительнее внесения всей его нормы в одно из полей севооборота, локальное применение азотного удобрения лучше разбросного, а заделка удобрения в почву непосредственно перед посевом культуры целесообразнее, чем внесение его под зяблевую обработку почвы. Первоочередного удобрения требуют поля с наиболее выраженным дефицитом элементов минерального питания или несбалансированным их соотношением. Это связано с общей тенденцией снижения окупаемости удобрений прибавкой урожая по мере повышения плодородия почвы.

Одной из важнейших экологических проблем при использовании удобрений является эффективное использование азота и предотвращение его потерь в форме нитратов за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

Наибольшее вымывание нитратов происходит весной после снеготаяния, ливневых осадков в летний период и в паровом поле севооборота. Эти условия в агроценозах создаются повсеместно, поэтому миграция нитратов диагностируется даже на почвах с непромывным типом водного режима. При передвижении влаги вниз по профилю почвы концентрация нитратов значительно возрастает, и на глубине остановившегося фронта влаги могут образовываться значительные их запасы. Как правило, это происходит в более уплотненных горизонтах почвы. При смыкании фронта влаги, несущего значительное количество нитратов с грунтовыми водами, загрязнение последних неизбежно.

Известно, что миграция азота за пределы корнеобитаемого слоя почвы происходит при использовании черноземных почв в севооборотах с паром. Чем выше доля пара в севообороте, тем больше потери азота, особенно при интенсивной механической обработке паровых полей и недостаточном применении фосфорных удобрений.

Потери азота за счет нисходящей миграции увеличиваются к югу от черноземной зоны, особенно в южных черноземах, где создается относительный избыток минерального азота по сравнению с тем его количеством, которое могут использовать зерновые агроценозы.

В беспаровых севооборотах, не перегруженных удобрениями, подобные явления не наблюдаются.

Количество пара в агроценозе и технологические регламенты применения азотных удобрений должны решаться в каждом конкретном случае самостоятельно исходя из эколого-экономической целесообразности.

Лимитирующим фактором при дозировке навоза и птичьего помета является содержащийся в них азот, среднегодовое поступление которого с удобрениями не должно превышать 200–300 кг/га под кормовые культуры и корнеклубнеплоды и 120–160 кг/га — под однолетние травы и зерновые культуры. На землях с глубиной залегания грунтовых вод 0,5–1,0 м максимальные ежегодные нормы азота удобрений на 30–50 % ниже.

На заболоченных участках и на почвах, находящихся в пределах водоохраных зон, общая норма единовременно вносимого с удобрениями азота не должна превышать 300 кг/га.

При содержании подвижного минерального азота в метровом слое почвы 150–200 кг/га и более навоз и помет в любых формах вносить не рекомендуется. В этом случае для биологического связывания азота почвы следует ограничиться использованием малоактивной органики (солома, торф, сапрпель и т.п.).

Во избежание непроизводительных потерь азота помет и навоз в бесподстилочной форме не следует вносить в паровые поля с последующим размещением зерновых культур, а использовать под культуры, интенсивно потребляющие азот и формирующие большую вегетативную массу (кукуруза и подсолнечник на силос, однолетние и многолетние злаковые травы).

С минеральными удобрениями, особенно фосфорными, в почву могут поступать и тяжелые металлы. Так, среднее содержание свинца в фосфатах составляет 33 мг/кг, в суперфосфате — 34, в сложных удобрениях — 57 мг/кг. Фосфорные удобрения являются также источником пополнения в почве стабильного стронция, естественных радиоактивных соединений урана, радия, тория.

В условиях нейтральной или слабощелочной реакции среды тяжелые металлы находятся в малоподвижной форме и накапливаются в почвах. В этих же условиях токсичные элементы, мигрирующие в виде анионов (ванадий, цинк, хром, мышьяк, молибден, сурьма, селен), представляют серьезную опасность, заключающуюся в развитии эндемических болезней у животных и человека. Наибольшую опасность представляют свинец, кадмий,



ртуть, способные к активной миграции в ландшафте, к трансформации в высокотоксичные соединения, поглощению.

### **3.6 Интегрированная защита сельхозкультур от сорняков, вредителей и болезней**

Анализ фитосанитарной обстановки в последние годы показывает, что ситуация с вредителями, болезнями и засоренностью сельскохозяйственных культур серьезно осложняется. Особую значимость в обострении фитосанитарной обстановки приобретают те биообъекты, которые характеризуются широкой региональной представительностью, быстрыми темпами нарастания численности, высокой вредоносностью и определенными трудностями ликвидации отдельных видов вредных организмов. Проблема защиты от вредных организмов – одна из наиболее актуальных в современной земледелии. С учетом крайне неблагоприятного фитосанитарного состояния посевов и тенденций ее изменения в худшую сторону встает задача необходимости разработки методики проектирования и оценки систем защиты растений от вредных организмов.

Последовательность разработки системы защиты растений:

1) анализ фитосанитарной обстановки сельскохозяйственных угодий. Этот этап включает организацию учета, методы выявления и обследования сельскохозяйственных угодий с целью определения численности вредных организмов, энтомофагов и энтомопатогенов. При обследовании посевов определяют видовой состав, степень обилия, плотность расселения, интенсивность развития, определяют ареал распространения карантинных и редко встречающихся видов.

Для этой цели используются два основных способа обследования:

а) маршрутное; б) детальные учеты.

2) прогнозирование развития вредных организмов в посевах сельскохозяйственных культур. Этот этап включает в себя составление прогнозов появления и распространения вредных организмов в условиях конкретной территории.

Существуют:

а) долгосрочные; б) сезонные; с) краткосрочные прогнозы.

Долгосрочные прогнозы разрабатывают на предстоящий год или определенную перспективу. Прогнозы содержат характеристику ожидаемой ситуации в конкретных условиях и рекомендации по защите растений от всех видов вредных организмов. Долгосрочные прогнозы разрабатываются институтами и областными станциями защиты растений, одновременно готовятся обзоры по

распространению особо опасных объектов. В долгосрочных прогнозах дается анализ фактического положения дел за прошлый год и оценка эффективности проведенных защитных мероприятий.

Сезонные прогнозы. Они разрабатываются для динамичных объектов, развитие и распространение которых зависит от факторов среды и других условий.

Краткосрочные прогнозы. Прогнозы актуальны только для некоторых видов объектов. В зависимости от складывающейся ситуации обосновывают проведение защитных мероприятий, их сроки и виды. Краткосрочные прогнозы учитывают исходное состояние популяций, их вредоносность и экономические пороги вредоносности.

3) составление фенологических календарей, климограмм и карт засоренности. На основании многолетних данных строят фенологические календари и феноклимограммы развития вредных объектов. С учетом фенологических наблюдений устанавливают календарные сроки наступления стадий и фаз развития вредных организмов. Устанавливаются и выявляются связи с культурными растениями, с одной стороны, и вредителями, болезнями и сорняками – с другой. На основании данных маршрутных обследований, фенологических наблюдений составляют карты засоренности.

4) разработка моделей фитосанитарного состояния посевов и почвы. Модель представляет собой совокупность взаимосвязанных показателей, оценивающих состояние сельскохозяйственных культур на различных полях севооборотов по уровню засоренности, поражения вредителями и болезнями согласно учетам. Фитосанитарное состояние посевов и почвы с учетом экономических порогов вредоносности подразделяется на 3 группы: плохое, среднее и хорошее. Численность вредных организмов в пределах каждой группы и экономические пороги вредоносности приведены в таблицах 23–25.

5) разработка предупредительных и истребительных мероприятий в системе защиты растений. Предупредительные меры направлены на применение профилактических мероприятий, которые исключают все источники поступления вредных организмов на конкретную территорию.

Карантинные меры – это предупреждение завоза и распространения особо опасных вредных организмов из одних регионов в другие страны. Очистка посевного материала – семена должны удовлетворять требованиям соответствующих ГОСТов.

Планирование мероприятий по борьбе с вредными организмами на необрабатываемых землях (обочины дорог, откосы каналов, межи,

пустыри, полевые защитные полосы, линии газопроводов и электропередачи и т.д.).

Среди других предупредительных мероприятий существенное значение имеют правильное приготовление органических удобрений, очистка поливных вод, создание благоприятных условий для роста и развития культурных растений, возделывание культур с применением современных, прогрессивных технологий.

Истребительные меры направлены на непосредственное уничтожение вредных организмов, их начальных стадий и органов размножения. Истребительные меры мы разделяем на механические, физические, биологические, химические и комплексные.

**Механические (агротехнические) меры.** Их разработка основана на правильной системе обработки почвы. Преимущество механических приемов состоит в том, что каждый агротехнический прием выполняет и другие важные операции, улучшаются условия обеспечения влагой, питательными веществами.

**Физические меры** основаны на истреблении вредных организмов с применением физической силы, огня, прополок, сборов и т.д.

**Химические меры** – обоснование применения пестицидов по каждому севообороту.

**Экологические меры.** Их сущность заключается в изменении среды обитания вредных организмов (мелиорация, внесение удобрений и др.).

Таблица 3.19 – Оценка фитосанитарного состояния посевов

Показатель		Фитосанитарное состояние				
		плохое	среднее	хорошее		
Засоренность, шт/м <sup>2</sup>						
Зерновые:	малолетники	150–300	10–30	30–50	5–10	10–25
	многолетники					2–5
Пропашные:	малолетники	50–120	10–20	10–20	5–10	5–15
	многолетники					1–3
Картофель и овощи:	малолетники	30–90	5–10	10–20		5–10
	многолетники			3–5		5–2
Многолетние травы:	малолетники	150–250	20–25	30–50	10–15	15–30
	многолетники					3–5
Пораженность болезнями, %						
Зерновые		40		20		10
Картофель		50		30		5
Пораженность вредителями, шт/м <sup>2</sup>						
Зерновые		100		50		10
Картофель и овощи		50		30		5

Таблица 3.20 – Пороги экономической вредоносности вредителей сельскохозяйственных культур

Культура	Вредитель	Срок учета	Порог вредоносности
Яровые зерновые	Проволочник Злаковые мухи Злаковые тли	Перед посевом Весной перед выходом в трубку Выход в трубку	5–8 личинок на 1 м <sup>2</sup> Более 5–6 личинок (пауриев) на 100 стеблей 10 тлей на 1 стебель, 5–6 тлей
Озимые зерновые	Проволочник Злаковые мухи	Осеннее обследование Весеннее обследование Осеннее обследование Весеннее обследование	8 личинок на 1 м <sup>2</sup> То же 5–10 % пораженных растений То же
Травы	Клеверный семяед	Весеннее обследование	10 жуков на 5 взмахов сачка
Кукуруза	Проволочник	Осеннее и весеннее обследования	5–8 личинок на 1 м <sup>2</sup>
Многолетние	То же	Весеннее обследование	5–8 личинок на 1 м <sup>2</sup>
Картофель	Колорадский жук	Перезимовавшие жуки	0,5–2 % заселенных кустов с численностью 20 личинок
Свекла	Свекловичные блошки Свекловичная минирующая муха	Перезимовавшие жуки на всходах Всходы до 3 пар настоящих листьев	Более 10 жуков на 1 м <sup>2</sup> 4–14 яиц на 1 растение

Таблица 3.21 – Примерные экономические пороги вредоносности сорняков, шт/м<sup>2</sup>

Культура	Сорняки	
	малолетние	многолетние
Озимые	2–15	2–5
Яровые зерновые	10–50	4–10
Сахарная свекла	1–8	1–2
Кукуруза	3–10	1–3
Картофель	3–15	2–3
Подсолнечник	18–50	3–5
Лен	10–30	1–3

5) составление годового плана проведения защитных мероприятий. Система защиты растений уточняется ежегодно в связи с изменениями погодных условий, наличия материальных и финансовых средств в хозяйстве. Расчет потребности в химических

препаратах ведется по всем севооборотам и природным кормовым угодьям и периодам вегетации.

б) эффективность системы защиты растений определяется по затратам энергии и финансовых средств на единицу продукции.

Проведение агротехнических мероприятий и их нарушение во многом определяет фитосанитарное состояние посевов (таблица 3.22).

Для оценки энергетической эффективности систем защиты растений используется принцип сопоставления полученного энергетического эффекта в результате применения комплекса защитных мероприятий и энергетических затрат, реализуемых при проведении этих мероприятий.

Энергетическая оценка дополнительного урожая, полученного в результате применения систем защиты растений, выполняется в два этапа:

- на первом этапе определяется дополнительный урожай с учетом его качественных показателей;

- на втором этапе дополнительный урожай (ц/га) пересчитывается в энергетические единицы (МДж/га).

Таблица 3.22 – Влияние основных агрономических мероприятий на фитосанитарное состояние посевов

Мероприятие	Изменение фитосанитарного состояния посевов
1	2
Освоение севооборота	Стабилизируется
Бессистемное чередование культур	Численность сорняков, болезней, вредителей увеличивается в 2–3 раза. Вредоносность повышается. Развиваются специализированные сорняки, вредители, болезни
Посев промежуточных культур	Снижение численности вредных организмов на 25–40 %
Углубление пахотного слоя на 5–10 см	Численность вредных организмов уменьшается на 30–60 %
Замена отвальных обработок почвы безотвальными	Численность вредных организмов увеличивается на 70–90 %
Применение удобрений: минеральных и органических	Снижение численности вредных организмов на 15–30 % в культурах сплошного сева. В пропашных культурах возможно увеличение до 50 %; в случае неправильного хранения увеличивается численность вредных организмов на 60–80%

Продолжение таблицы – 3.22

1	2
Применение пестицидов: однократное смеси препаратов системы пестицидов	Снижается численность вредных организмов в год применения на 50–60 %; на 60–80 %; до 90–95 %
Комплексное применение	Снижение численности вредных организмов от севооборота, обработки почвы, удобрений, пестицидов до экономического порога вредоносности

Для оценки величины дополнительного урожая предлагается использовать один из двух методов:

- сопоставление урожайности культур на полях с использованием системы защитных мероприятий и аналогичных без защитных мероприятий (контроль) в соответствии с требованиями методики полевого опыта;

- расчет дополнительного урожая с учетом фактических данных о плотности популяций вредных организмов, их вредоносности, данных об эффективности защитных мероприятий и фактической урожайности сельскохозяйственных культур.

Расчетные усредненные показатели (доли) урожая сельскохозяйственных культур, полученные в результате применения защитных мероприятий, приводятся в справочной литературе по защите растений.

Для оценки энергетической ценности дополнительного урожая его величина (ц/га) умножается на соответствующий коэффициент пересчета

$$D_{yz} = D_y \times K_3 \times D,$$

где  $D_{yz}$  – энергетическая ценность дополнительного урожая, МДж;

$D_y$  – дополнительный урожай, полученный в результате применения защитных мероприятий, ц/га;

$D$  – коэффициент пересчета, отражающий энергетическую ценность 1 ц урожая, МДж/ц.

Суммарные затраты на применение системы защитных мероприятий состоят из прямых энергозатрат (горюче-смазочные материалы, труд) и овеществленных (двигатель, машина). Для оценки экономической эффективности защитных мероприятий стоимость сохраненного урожая и средства, сэкономленные на работах по уходу

за посевами и прополке сорняков, сопоставляются с суммарными затратами на их проведение.

Величина дополнительного урожая оценивается по нормативным и справочным данным о прибавках урожая сельскохозяйственных культур.

Суммарные затраты на применение защитных мероприятий складываются из следующих показателей:

- затраты на приобретение материально-технических средств для выполнения защитных мероприятий, руб.;
- затраты на хранение, подготовку и внесение (для пестицидов);
- затраты на уборку, послеуборочную обработку, хранение, перевозку и реализацию дополнительного урожая;
- затраты на оценку фитосанитарного состояния посевов (засоренность, пораженность вредителями и болезнями) и разработку рекомендаций по защите растений, руб.;
- общепроизводственные и хозяйственные (накладные) расходы, руб.

В системе управления и регулирования состояния обилия вредных организмов важное место занимает фитосанитарный мониторинг – оценка видового состава и уровня распространения вредных организмов. Данные о фитосанитарном состоянии и экономических порогах вредоносности представляют базу для оценки целесообразности проведения защитных мероприятий. Требования к фитосанитарному мониторингу в зависимости от применяемых методов различны.

При преобладании агротехнических методов в борьбе с вредными организмами достаточно располагать данными мониторинга по биологическим группам. При использовании пестицидов возникает необходимость мониторинга отдельных видов вредных организмов, их количественного учета.

Системы защиты разрабатываются для каждого севооборота с учетом не только прогноза фитосанитарного состояния посевов, состояния материально-технической базы и финансового положения хозяйства, но и места расположения агроландшафта вблизи: водоисточников, заповедников, зон отдыха людей.

Система защиты растений оформляется в виде таблицы 3.23, в которой указываются: последовательность выполнения защитных мероприятий с момента уборки предшественника в осенний период и в течение всей вегетации культуры, включая первичную обработку продукции (очистка зерна от семян сорных растений, переборка клубней картофеля перед закладкой на хранение и др.): срок

проведения; наименование используемых машин, химических и биологических препаратов, норма их расхода и потребность на всю обрабатываемую площадь.

Таблица 3.23 – Система возможных мероприятий по защите сельскохозяйственных культур от вредных организмов и срок их проведения

Мероприятие	Против каких вредителей и болезней	Срок проведения
1	2	3
<b>Зерновые культуры</b>		
Предпосевное протравление семян	Проволочники, злаковые мухи, хлебные блошки, озимые совки Головневые заболевания, корневые гнили	За 0,5–1 месяц до посева То же
Опрыскивание растений	Шведская муха и другие злаковые мухи, хлебные блошки, пьявица	Кушение – до выхода в трубку, май
Опрыскивание растений	Злаковые трипсы, цикады, пьявица	Начало колошения, III декада июня, I декада июля
<b>Картофель</b>		
Предпосевная обработка клубней	Фитофтора, все виды парши, мокрая гниль	За 0,5–1 мес. до посадки
Внесение в почву при посадке гранулированного инсектицида	Проволочники	II–III декада мая
Опрыскивание растений	Фитофтора	При высоте растений 20 см
Опрыскивание растений	Фитофтора, колорадский жук	Бутонизация, III декада июня, июль
Опрыскивание растений	Фитофтора	III декада июля – I декада августа
Фитосанитарная прочистка больных растений	Черная ножка, кольцевая гниль, Ризоктониоз	июль
Опрыскивание растений	Фитофтора	III декада июля – I декада августа
Опрыскивание растений	Фитофтора	III декада августа
<b>Кукуруза на силос и зеленый корм</b>		
Предпосевное протравливание (гидрофобизация)	Пузырчатая головня (фузариоз), корневые гнили, проволочники	За 0,5–1 месяц до посева



Продолжение таблицы 3.23

1	2	3
Опрыскивание растений (краевое)	Шведская муха и другие злаковые мухи, хлебные блошки, пьявица	Всходы – 2 листа, июнь
Кормовая свекла		
Предпосевная обработка семян (гидрофобизация)	Корнеед, церкоспороз, Проволочники	За 0,5–1 месяц до посева
Опрыскивание растений (краевое)	Свекловичная минирующая муха, блошки	Всходы – 1–2 пары листьев, июнь
Опрыскивание растений (краевое)	Свекловичная листовая тля	июль
Однолетние травы (вико-овес, горох-овес-подсолнечник)		
Предпосевное протравливание семян	Пыльная и твердая головня, фузариоз, проволочники	За 0,5–1 месяц до посева
Клевер на семена		
Предпосевное протравливание семян	Антракноз, фузариоз, плесени, почвообитающие вредители	За 1 неделю до посева
Опрыскивание посевов	Долгоносик-семяед, клубеньковые долгоносики, тли, клопы	Фаза стеблевания - начало бутонизации, июнь

Предпосевную обработку семян можно проводить совместно от вредителей и болезней. Краевое опрыскивание проводят в годы с высокой численностью вредителей на полосе 40–100м.

Перед обработкой посевного материала проводят выбраковку клубней, зараженных болезнями. Мероприятие опрыскивание растений назначается только при очень высокой численности проволочников (20 экз/м<sup>2</sup>). Предпосевная обработка клубней и внесение в почву при посадке гранулированного инсектицида проводят совместно от фитофторы и колорадского жука, при этом опрыскивание против колорадского жука назначается при невысокой эффективности первой обработки. Опрыскивание против фитофторы проводят на поздних сортах картофеля. Перед закладкой семенного картофеля в хранилище проводят прогревание семян на открытом воздухе при температуре 10–12 °С, выбраковку зараженных гнилями, паршой и фитофторой клубней и фумигацию хранилищ – 2 %-ным раствором формалина (1л/м<sup>3</sup>). Против злаковых мух проводить краевое опрыскивание шириной полосы 40–100м.

При проведении химических обработок необходимо определить наиболее эффективный пестицид, норму его расхода и общую потребность на обрабатываемую площадь.

Организационно-хозяйственные мероприятия по защите растений от вредных организмов предусматривают: приобретение устойчивых сортов, соблюдение внутреннего карантина, подготовку семенного материала и доведение его до высоких кондиций, приготовление органических удобрений, подготовку зерновых отходов к скармливанию животными, обкашивание обочин дорог, канав, траншей, каналов, подготовку почвообрабатывающей и уборочной техники, обработку хранилищ, складов и т.п. Наряду с этим необходимо определить условия проведения защитных мероприятий с учетом требований охраны окружающей среды.

После разработки системы защиты растений в севооборотах, на природных кормовых угодьях, определения организационно-хозяйственных мероприятий рассчитывают потребность хозяйства в пестицидах, биопрепаратах и машинах (таблица 3.24).

Таблица 3.24 – Машины для химической защиты посевов от вредных организмов и их производительность

Наименование машины	Марка машины	Трактор, привод	Производительность га/ч, т/ч
Опрыскиватель	ОН-400	Т-25А, МТЗ-80/82	10
Подкормщик опрыскиватель	ПОУ	Т-40А/АМ, МТЗ-80/82, ДТ-75	До 8,7
Опрыскиватель	ОП-1600-2	МТЗ-80/82	До 200
Опрыскиватель	ОВТ-1В	То же	До 24
Опрыскиватель	ОН-400-3	Т-25М, МТЗ-80/82	40
Опрыскиватель прицепной	ОП-1600-1	МТЗ-80/82	
Опрыскиватель	ОВС-А	МТЗ-80/82, ДТ-75	6
Опрыскиватель прицепной	ОП-1600	МТЗ-80/82	5,9
Опыливатель	ОШУ-50, ОШУ-52	Т-25М, Т-40М МТЗ-80/82	До 25
Протравитель семян	ПС-10	Электродвигатель	До 20
Протравитель семян	Мобитокс-	То же	До 20
Протравитель семян	ПСШ-3	То же	5
Агрегат протравливания	АПЗ-10	То же	10
Комплекс оборудования для термического обеззараживания и сушки	КТС-0,5	То же	0,5
Протравитель семян	Гуматокс-С	То же	5
Агрегат протравливания	АПС-4А	То же	9,4

### 3.7 Биоэнергетическая оценка основных звеньев системы земледелия.

Севооборот. Для оценки энергетической эффективности севооборота необходимо знать продуктивность сельскохозяйственных культур и количество оставляемого в почве органического вещества в виде пожнивно-корневых остатков. Известно, что главным компонентом, определяющим биоэнергетический потенциал почвы, является гумус. Запасы энергии, сосредоточенные в гумусе, достигают  $30-50 \times 10^5$  МДж/га в слое почвы 0–20 см. Поэтому для адекватной энергетической севооборота необходимо знать вклад выращиваемых культур в баланс органического вещества почвы.

Непосредственный вклад сельскохозяйственных культур в приходную часть баланса органического вещества оценивается по количеству и качеству пожнивно-корневых остатков, остающихся в почве и на ее поверхности после уборки урожая. По количеству оставляемого в почве органического вещества сельскохозяйственные культуры можно расположить в такой убывающей последовательности: для Северного Казахстана – многолетние травы – кукуруза – озимые зерновые – яровые зерновые – зернобобовые – картофель; для Южного Казахстана – многолетние травы – озимая пшеница – кукуруза – яровые зерновые – подсолнечник – зернобобовые – сахарная свекла.

Количество растительных остатков, поступающих в почву, можно значительно увеличить за счет посев промежуточных культур, которые способствуют более эффективному использованию энергии ФАР агроценозами.

Основными критериями, характеризующими биоэнергетическую эффективность севооборота, являются коэффициент использования ФАР сельскохозяйственными культурами за ротацию севооборота, энергосодержание урожая культур, их пожнивно-корневых остатков, поступающих в почву, изменение энергосодержания гумуса за ротацию севооборота.

Для определения энергосодержания основной ( $E_0$ , МДж/га) и побочной продукции ( $E_n$ , МДж/га) сельскохозяйственных культур их урожайи  $Y_0$ ,  $Y_n$ , ц/га) умножаются на соответствующие энергетические эквиваленты ( $K^e_0$ ,  $K^e_n$ , МДж/га)

$$E_0 = Y_0 \times K^e_0, E_n = Y_n \times K^e_n$$

Значения энергетических эквивалентов основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур берутся из справочной литературы А. И. Тупонин, А. В. Захаренко.

Количество пожнивно-корневых остатков определяют в зависимости от урожайности основной продукции по уравнениям регрессии.

Энергосодержание пожнивно-корневых остатков ( $E_{\text{пко}}$  МДж/га) определяется по формуле

$$E_{\text{пко}} = Y_{\text{пко}} \times E_{\text{пко}}$$

где  $Y_{\text{пко}}$  — количество пожнивно-корневых остатков, остающихся в почве, ц/га;

$E_{\text{пко}}$  — энергетический эквивалент пожнивно-корневых остатков, МДж/га.

Энергетические эквиваленты урожая сельскохозяйственных культур и пожнивно-корневых остатков определяются колориметрическим методом или берутся из справочной литературы.

Коэффициент использования энергии ФАР урожаем сельскохозяйственных культур определяется по формуле

$$K_{\text{фар}} = \frac{E_y}{E_{\text{фар}}} \times 100$$

Для определения энергосодержания гумуса его запасы (т/га) умножают на энергетический эквивалент гумуса (23,045 ГДж/т).

Установлено, что затраты совокупной энергии на 1 гектар площади при производстве зерновых культур в 1,5 раза выше, чем при возделывании кукурузы на силос, и в 15–20 раз больше, чем на многолетних травах.

Применение дополнительных средств химизации приводит к значительному росту энергозатрат. Затраты совокупной энергии в посевах пшеницы по паровым предшественникам несколько выше за счет дополнительных обработок почвы, чистым парам в посевах яровой пшеницы получено самое высокое приращение валовой энергии и коэффициент энергетической эффективности (таблица 3.25).

Применение минеральных удобрений снизило коэффициент на 0,06. Повторные посевы яровой пшеницы, особенно на неудобренном фоне, резко снизили эффективность использования солнечной энергии (до 1,74).

Таблица 3.25 - Энергетическая оценка возделывания полевых культур в зависимости от предшественника и фона удобрения

Вариант	Урожайность, т/га	Затраты совокупной энергии, МДж/га	Сумма накопленной энергии, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности	Приращение валовой энергии, МДж/га
1. Яровая пшеница:					
а) по чистому пару	1,84	12568	30516	2,43	17948
б) по чистому пару на фоне N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	2,12	14731	34970	2,37	20239
в) по занятому пару	1,55	12707	25568	2,01	12861
г) по кукурузе	1,55	11699	25568	2,19	13869
д) по кукурузе на фоне N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	1,89	13862	31176	2,25	17314
е) по пласту многолетних трав	1,57	11976	25897	2,16	13921
ж) по пшенице	1,24	11742	20454	1,74	8712
з) по пшенице на фоне N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	1,70	14495	28042	1,93	13547
2. Кукуруза на силос	18,2	6998	70951	10,14	63953
Кукуруза на силос на фоне N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	24,0	9161	93562	10,21	84401
3. Многолетние травы на сено:					
1-го года использования	2,00	858	29921	34,87	29063
2-го года использования	2,09	632	31267	49,47	30635
4. Однолетние травы на сено	2,41	4813	36361	7,55	31548

Самые высокие коэффициенты энергетической эффективности получены на многолетних травах, где не требуется ежегодных больших энергетических затрат на обработку почвы (таблица 3.25). промежуточное положение между яровой пшеницей и многолетними травами по этим показателям занимает кукуруза на силос (10,14) и однолетние травы (7,55). На кукурузе, особенно на фоне минеральных удобрений, получено и самое высокое приращение валовой энергии. Оно превышает посевы яровой пшеницы в 5–9 раз за счет затрат на семена пшеницы и в 2,5–2,6 раза – посевы многолетних трав.

Разное сочетание изучаемых культур и их место в севооборотах дает возможность дать энергетическую оценку эффективности использования пашни. Наиболее высокими коэффициентами энергетической эффективности характеризуются севообороты без повторных посевов яровой пшеницы по непаровым предшественникам. Увеличение коэффициента энергетической

эффективности по сравнению с севооборотами, где имеются повторные посевы яровой пшеницы до 2–3 лет и более высокое насыщение зерновыми, составило 0,16 в зернопаровом, 1,25 – в зернопропашном, 1,61 – в зернотравянопропашном и 2,11 – в зернотравяном. При этом приращение валовой энергии возрастает в севооборотах с кукурузой на силос и с увеличением ее доли в севооборотах.

Применение минеральных удобрений способствует росту коэффициента энергетической эффективности на всех полях зернопаропропашного севооборота за исключением паровой культуры яровой пшеницы по чистому пару. В целом по севообороту приращение валовой энергии от применения удобрений увеличилось на 3991 МДж/га, а в бессменных посевах яровой пшеницы – на 2620 МДж/га, т.е. в 1,5 раза энергетическая целесообразность применения удобрений в бессменных посевах ниже, чем в севооборотах.

Таким образом, энергетическая оценка продуктивности и эффективности культур и основных видов полевых севооборотов позволяет оптимизировать изменения потоков вещества и энергии независимо от изменяющихся цен на продукцию и затрат на ее производство.

Включение кормовых культур в севообороты, исключение повторных посевов зерновых и оптимизация питательного режима почвы обеспечивают значительный рост энергетической эффективности использования пашни.

Система обработки почвы. Обработка почвы по уровню прямых энергозатрат является самым энергоемким элементом в современных системах земледелия. На ее проведение расходуется до 40 % энергетических и до 25 % трудовых затрат всего объема полевых работ при возделывании сельскохозяйственных культур.

Основные направления совершенствования систем обработки почвы определяются необходимостью разработки и внедрения энергосберегающих, адаптивно-ландшафтных технологий механической обработки в ряде случаев не соответствуют агроландшафтным условиям и не имеют достаточно убедительного агроэнергетического обоснования.

В современном земледелии широкое распространение получают более экономичные приемы и технологии минимальной обработки почвы. Под минимальной понимают такую обработку почвы, при которой снижаются энергетические затраты в результате уменьшения числа, глубины и площади обработок, совмещения и выполнения

нескольких технологических операций (рыхление, уплотнение почвы, внесение удобрений, посев и др.) в одном рабочем процессе.

Необходимость минимализации обработки почвы обуславливается ее чрезмерным уплотнением и ухудшением свойств, а следовательно, и плодородия под действием тяжелых тракторов и сельскохозяйственных орудий, усилением эрозионных процессов из-за ускоренного разложения органического вещества почвы.

Биоэнергетическая эффективность систем обработки оценивается по уровню энергозатрат на их проведение и влиянию на энергетический потенциал органического вещества почвы.

Энергетическая оценка систем обработки включает в себя определение энергозатрат на проведение технологических операций основной и предпосевной обработки почвы. Для этого по каждой технологической операции рассчитываются прямые и косвенные энергозатраты с учетом состава почвообрабатывающих агрегатов. При расчетах пользуются формулами определения прямых и косвенных энергозатрат. Действие систем обработки на энергетический потенциал органического вещества определяется по изменению энергосодержания гумуса в пахотном слое в зависимости от их интенсивности и характера воздействия на почву.

Система защиты растений. Для оценки энергетической эффективности мероприятий, регулирующих сорный компонент агрофитоценоза, используется принцип сопоставления полученного эффекта в результате их применения в виде энергетического эквивалента дополнительного урожая с учетом его качественных показателей, энергетических эквивалентов экономии материально-технических и трудовых ресурсов и энергетических затрат, связанных с осуществлением регулирующих мероприятий.

Энергетическая оценка дополнительного урожая (прибавки урожая), полученного в результате проведения регулирующих мероприятий, выполняется в два этапа:

- на первом этапе определяется дополнительный урожай, полученный в результате применения регулирующих мероприятий;
- на втором этапе дополнительный урожай пересчитывается в энергетические единицы.

Для оценки величины дополнительного урожая используется один из методов:

- сопоставление урожайности культуры на полях с применением защитных мероприятий и аналогичных – (без способов защиты) мероприятий (контроль) в соответствии с требованиями методики полевого опыта;

- расчет дополнительного урожая с учетом фактических данных об исходной численности сорняков, их вредоносности, данных об эффективности защитных мероприятий и фактической урожайности на анализируемых полях в хозяйстве.

Расчетные усредненные данные доли урожая основных сельскохозяйственных культур, полученного в результате проведения регулирующих мероприятий с технической эффективностью на уровне 80 %, представлены в таблице 2.36.

Таблица 3.26 – Прибавка урожая от применения гербицидов при технической эффективности 80 %, к общему урожаю, %

Культуры	Засоренность (х)		
	слабая	средняя	сильная
Зерновые	6,7	12,6	17,0
Кукуруза на зерно	8,3	15,6	21,9
Лен-долгунец(волокно)	7,4	14,8	21,3
Свекла кормовая	3,4	16,9	25,3
Подсолнечник	6,5	12,3	17,4
Картофель	5,7	13,0	19,4
Овощные культуры	6,0	14,7	23,1
Плодовые	6,3	15,2	24,0

Дополнительный урожай в результате применения регулирующих мероприятий ( $D_y$ , МДж/га) рассчитывается по формуле

$$D_y = Y \times k_x \times k_1$$

где  $Y$  – фактический урожай, ц/га;

$k_x$  – коэффициент характеризующий снижение урожая при засоренности посевов с баллом  $x$ ;

$k_1$  – коэффициент эффективности, отражающий отношение фактического показателя технической эффективности к табличному.

Энергосодержание дополнительного урожая ( $D_{y3}$ , МДж/га) рассчитывают по формуле

$$D_{y3} = k_3 \times D_y,$$

где  $k_3$  – энергетический эквивалент 1 ц урожая основной продукции, МДж/ц;

$D_y$  – дополнительный урожай, ц/га



Энергосодержание дополнительного урожая, полученного в результате применения гербицидов ( $D_{yg}$ , МДж/га), можно рассчитать по формуле

$$D_{yg} = \frac{U_{\phi} \times K_y \times D_r \times \text{Эф}}{\text{Э}_p \times 100}$$

где  $U_{\phi}$  – фактическая урожайность, ц/га;  
 $K_y$  – энергетический эквивалент 1 ц урожая, МДж/га;  
 $D_r$  – доля урожая, полученного в результате применения гербицида, %;  
 $\text{Эф}$  – фактическая техническая эффективность применения гербицида, %;  
 $\text{Э}_p$  – 80 % (табличное значение технической эффективности применения гербицида).

### Пример

На посевах озимой пшеницы, характеризующихся средним уровнем засоренности, в результате применения гербицида симазин в норме 0,25 кг/га д.в. при технической эффективности препарата 50 % (гибель 50 % сорняков) получена урожайность 32 ц/га. С учетом нормативных данных (таблица 3.26) энергосодержание дополнительного урожая зерна озимой пшеницы в результате применения симазина составит

$$D_{yg} = \frac{32 \text{ ц/га} \times 1336 \text{ МДж/ц} \times 12,6\% \times 50\%}{80\% \times 100\%} = 3367 \text{ МДж/га}$$

Таким образом, применение симазина при данных условиях обеспечивает энергосодержание прибавки урожая от применения гербицида 3367 МДж/га.

При расчете суммарных энергозатрат на применение гербицидов учитываются прямые и косвенные энергозатраты на их внесение, а также энергетические эквиваленты препаратов (таблица 60).

Обобщающими показателями энергетической эффективности регулирующих мероприятий являются энергосодержание дополнительного урожая, совокупные энергетические затраты на их применение и коэффициент энергетической эффективности регулирующих мероприятий ( $K_3$ ), который определяется как отношение энергосодержания дополнительного урожая и энергетического эквивалента экономии затрат на работу по ходу за

культурами к суммарным энергозатратам на проведение регулирующих мероприятий

$$K_3 = \frac{D_y + C_3}{Z_3}$$

где  $D_y$  – энергосодержание дополнительного урожая, полученного в результате регулирующих мероприятий, МДж/га;

$C_3$  – экономия энергозатрат на работах по уходу за посевами, уборке и доработке урожая, МДж/га;

$Z_3$  – суммарные энергозатраты на применение регулирующих мероприятий, МДж/га.

Значение  $K_3 > 1$  свидетельствует об энергетической эффективности регулирующих мероприятий. Более высокий коэффициент отражает их более высокую энергетическую эффективность.

По обобщенным данным, экономия энергозатрат на работах по уходу за посевами, уборке и доработке урожая ( $C_3$ ) составляет 10–15 % от уровня суммарных энергозатрат на применение гербицида.

Система удобрения. Рациональная система удобрения должна обеспечивать воспроизводство плодородия почвы, повышение урожайности сельскохозяйственной продукции при условии сохранения экологического потенциала агрофитоценоза.

Анализ структуры техногенных энергетических потоков свидетельствует, что на долю удобрений приходится до 50 % от уровня суммарных энергозатрат на всю технологию возделывания сельскохозяйственных культур.

При расчете суммарных энергозатрат на применение удобрений сначала учитывают энергосодержание самих удобрений ( $E_y$ , МДж/га) по формуле

$$E_y = N_y \times \Delta_y$$

где  $N_y$  – норма применения удобрений, кг/га;

$\Delta_y$  – энергетический эквивалент удобрений, МДж/га [25];

Затем определяют прямые и косвенные энергозатраты на внесение удобрений по формулам

$$E_n^n = Z_n^r \times K_n^r + Z_n^T \times K_n^T + Z_n^3 \times K_n^3;$$

$$E_n^k = T_n^0 \times K_n^0 + T_n^m \times K_n^m$$

где  $Z_n^r$  – затраты горючего при выполнении  $n$ -ной технологической операции, кг;

$Z_n^T$  – затраты труда при выполнении  $n$ -ной технологической операции, чел.-ч;

$Z_n^э$  – затраты электроэнергии при выполнении  $n$ -ной технологической операции, кВт-ч;

$K_n^r$ ,  $K_n^T$ ,  $K_n^э$  – энергетические эквиваленты горючего, затрат труда и электроэнергии при выполнении  $n$ -ной технологической операции, МДж/кг; МДж/чел.-ч; МДж/кВт-ч.

При расчете совокупных энергозатрат энергосодержание удобрений стимулируется с косвенными энергозатратами на их внесение.

Действие удобрений на энергетический потенциал органического вещества почвы определяется по изменению энергосодержания гумуса в пахотном слое.

В качестве примера приведем данные биоэнергетической оценки возделывания яровой пшеницы в зависимости от предшествующего вида пара и различных доз минеральных удобрений, полученные в исследованиях М. И. Мальцева (1997).

Исследования проводили на территории опытно-производственного хозяйства им. В. В. Докучаева, расположенного в Приобской природно-экономической зоне Алтайского края.

В звене севооборота пар (чистый, занятый, сидеральный) – пшеница изучалась схема опыта с удобрениями: 1)  $P_{20}$ ; 2)  $N_{20}P_{20}$ ; 3)  $P_{60}$ ; 4)  $N_{20}P_{60}$ ; 5)  $N_{20}P_{60}K_{60}$ ; 6)  $N_{20}P_{180}K_{180}$ ; 7)  $N_{60}P_{180}K_{180}$  кг/га. Уровень удобрений по 5 варианту ( $N_{20}P_{60}K_{60}$ ) был определен как оптимальный, рассчитанный на получение урожая в зависимости от обеспеченности почвы продуктивной влагой и элементами питания. Варианты 1-4 рассматривались как с недостатком того или иного элемента, варианты 6 и 7 – с избытком этих элементов. Минеральные удобрения: аммиачная селитра – 34 %, двойной гранулированный суперфосфат – 46 %, хлористый калий – 60 % действующего вещества. В качестве парозанимающей культуры использовали рапс летнего срока посева.

Совокупную антропогенную энергию, затраченную на возделывание яровой пшеницы включая затраты трудовых ресурсов, горюче-смазочных материалов, минеральных удобрений, пестицидов, сельхозмашин, электроэнергии и т.д., рассчитывали согласно применяемой технологии выращивания пшеницы в условиях лесостепной зоны Алтайского края по нормативам, разработанным лабораторией экономики и информационных технологий АНИИСХ.

Накопление энергии в хозяйственно-полезной части урожая пшеницы и зеленой массы сидерата, парозанимающей культуры, рассчитывали исходя из энергетических эквивалентов, предложенных И. С. Шатиловым, М. Н. Каюмовым (1975).

Количество энергозатрат на подготовку парового поля (в МДж/га) составило: по чистому пару – 2435, по занятому пару – 3696, по сидеральному пару – 3526.

Количество энергозатрат, связанных с применением минеральных удобрений, по вариантам опыта следующие:

- 1)  $P_{20}$  – 252 МДж/га;
- 2)  $N_{20}P_{20}$  – 1988 МДж/га;
- 3)  $P_{60}$  – 756 МДж/га;
- 4)  $N_{20}P_{60}$  – 2492 МДж/га;
- 5)  $N_{20}P_{60}K_{60}$  – 2990 МДж/га;
- 6)  $N_{20}P_{180}K_{180}$  – 5498 МДж/га;
- 7)  $N_{60}P_{180}K_{180}$  – 8970 МДж/га.

Возделывание яровой пшеницы по чистому, занятому и сидеральному парам с применением исследуемых доз минеральных удобрений требует затрат энергии [25].

Полученные коэффициенты энергетической эффективности производства яровой пшеницы в зависимости от вида предшествующего пара показывают достаточно высокую эффективность применяемой технологии.

Так, энергия, содержащаяся в полученном урожае (зерно + солома) яровой пшеницы при уровне урожайности 17–22 ц/га больше энергии, вложенной в технологический процесс возделывания и уборки культуры по чистому пару в 4,9 раза, по занятому пару – 3,6 и по сидеральному пару – в 3,7 раза.

Необходимо отметить, что с учетом совокупной биоэнергии, полученной с единицы площади, использование занятого пара (рапс летнего срока посева) значительно увеличивает коэффициент энергетической эффективности гектара пашни и доводит его с 3,6 до 5,8. В среднем за годы проведения исследований получение продукции в виде зеленой массы парозанимающей культуры (на уровне 255 ц/га) сопровождалось формированием дополнительной биоэнергии в пшенице при урожайности около 10 ц/га.

Оставление же данного количества энергии в почве в виде зеленого удобрения является хорошим источником пополнения почвенной биоэнергетики и служит одним из основных ресурсов стабилизации ее плодородия.

Оценка эффективности изучаемых доз минеральных удобрений показывает, что с увеличением дозы минеральных удобрений отмечается рост прибавки урожая, но при этом коэффициент энергетической эффективности снижается. Это связано с большими энергетическими затратами на производство и применение минеральных удобрений, в особенности азотных туков. Так, по составным затратам на производство только 1 кг минерального азота требуется затратить энергии, содержащейся в 2,4 кг зерна пшеницы.

Наибольшее значение отношения энергии, полученной в прибавке урожая, к антропогенным нагрузкам, связанным с применением минеральных удобрений, получены на вариантах  $N_{20}P_{20}$  и  $N_{20}P_{60}K_{60}$ , соответственно, 2,3 и 2,2 – по чистому пару; 3,5 и 2,4 – по занятому пару; 3,3 и 3,1 – по сидеральному пару. Это говорит о большей эффективности этих доз удобрений из числа изучаемых.

Исследования показали, что независимо от вида предшествующего пара наибольшая окупаемость минеральных удобрений на 1 кг действующего вещества зерна яровой пшеницы получена при использовании дозы  $N_{20}P_{20}$

Окупаемость зерном 1 кг действующего вещества туков составила по чистому пару 3,0 кг, по занятому – 4,5, по сидеральному – 4,3 кг.

Варианты для энергетической оценки предшественников, системы обработки почвы, доз минеральных удобрений приведены в таблицах 51–58.

## Литература

- 1 Абдуллаев К. К., Мустафаев Б. А. Современные агротехнологии зерновых культур на северо-востоке Казахстана. – Павлодар, ТОО НФ «ЭКО», 2005. – 209 с.
- 2 Актуальные проблемы почвоведения (к 50-летию освоения целинных и залежных земель). – Алматы, 2004. – 182 с.
- 3 Аллен Х. П. Прямой посев и минимальная обработка почвы / Х. П. Аллен; пер. с англ. М. Ф. Пушкаревой. – М. : Агропромиздат, 1985. – 208 с.
- 4 Бараев А. И. Почвозащитное земледелие / А. И. Бараев и др. – М. : Колос, 1975. – 304 с.
- 5 Бараев А. И. Почвозащитное земледелие. – Новосибирск, 1998. – 168 с.
- 6 Вильямс В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения / В. Р. Вильямс. 4-е изд. перераб. и доп. – М. : Сельхозгиз, 1939. – 447 с.
- 7 Вопросы земледелия, агрохимии и кормопроизводства в Сибири, Зауралье и Северном Казахстане. Научно-техническая бюллетень // ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1988. – 45 с.
- 8 Гречин И. П. и др. Практикум по почвоведению. – М., 1964. – С. 195–201.
- 9 Методические указания и рекомендации по вопросам земледелия. – Целиноград, 1975. – 153 с.
- 10 Овсинский И. Г. Новая система земледелия. – Новосибирск, 2004. – 86 с.
- 11 Овсинский И. Е. Новая система в земледелии / И. Е. Овсинский. – Киев, 1899. – 174 с.
- 12 Сдобников С. С. Пахать или не пахать? (новое в обработке и удобрении полей) / С. С. Сдобников. – М., 1994. – 228 с.
- 13 Справочник агронома Сибири / под ред. И. И. Синягина, А. Тютюнникова. – М. : Колос, 1978. – 527 с.
- 14 Стратегия научно-технического прогресса в АПК Сибири. – Новосибирск, 2003. – 186 с.
- 15 Сулейменов М. К. Ахметов К. А. Методические указания по изучению севооборотов в Северном Казахстане и Западной Сибири. – М., 1990. – 17 с.
- 16 Третьяков Н. Н. и др. Основы агрономии. – М., 2002. – 354 с.
- 17 Тулайков Н. М. Избранные произведения. Критика травопольной системы земледелия. – М. : Сельхозиздат, 1963. – 312 с.

18 Ирмулатов Б. Р. Удобрение зерновых культур в Павлодарской области (рекомендации) / Ирмулатов Б. Р и др. – Павлодар. «ЭКО», 2004. – 46 с.

19 Федоров В. М. Биосфера – земледелие – человечество / В. М. Федоров. – М. : Агропромиздат, 1990. – 239 с.

20 Хадсон В. Д. Основные принципы адаптивного земледелия / В. Д. Хадсон, Д. Хач (по заказу МСХ США); пер. Центра гражданских инициатив. Служба развития фермерства. – 2000. – 205 с.

21 Энергоресурсосбережение в земледелии / под ред. Н. В. Яшутин. – Барнаул, 2000. – 266 с.

22 Яшутин Н. В. Земледелие в Сибири / Н. В. Яшутин, А. П. Дробышев. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2004. – 520 с.

23 Яшутин Н. В. Системное земледелие / Н. В. Яшутин, В. И. Бивалькевич, Н. Д. Иост. – Барнаул, 1996. – 392 с.

24 Яшутин Н. В. Факторы успешного земледелия / Н. В. Яшутин. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. – 523 с.

25 Яшутин Н. В. и др. «Практикум по курсу» Системы земледелия, 2008. – 251с.

## Содержание

Введение	3
1 Основы земледелия	5
1.1 Понятие о почве и ее плодородии	5
1.2 Некоторые морфологические признаки почв, взятие образцов для анализа	10
1.3 Механический состав почвы и ее физико-механические свойства	16
1.4 Структура почвы	28
1.5 Строение пахотного слоя	34
1.6 Физические свойства почвы	42
1.7 Водный режим почвы	49
1.8 Воздушный режим почвы	66
1.9 Тепловые свойства и тепловой режим почвы	70
1.10 Научные основы борьбы с сорняками	77
2 Основы агрохимии	104
2.1 Агрохимические факторы плодородия почвы и приемы управления минеральным питанием растений	104
2.2 Поглотительная способность почв	114
2.3 Кислотность почвы	116
2.4 Определение дозы извести в зависимости от кислотности почвы	119
2.5 Химический состав почвы	120
2.6 Составление агрохимических картограмм	130
3 Основы системы земледелия	133
3.1 Понятие системы земледелия. Этапы развития	133
3.2 Агроэкономическое обоснование структуры посевных площадей хозяйства	143
3.3 Система севооборотов	147
3.4 Система обработки почвы	152
3.5 Система удобрения и химической мелиорации	163
3.6 Интегрированная защита сельхозкультур от сорняков, вредителей и болезней	184
3.7 Биоэнергетическая оценка основных звеньев системы земледелия (по Яшутину Н. В., Дробышеву А. П., 2004)	194
Литература	205



Б. А. Мустафаев, З. Е. Какежанова, Н. Б. Мустафаева

## **ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Учебное пособие

Технический редактор Б. В. Нургожина  
Ответственный секретарь А. К. Темиргалинова

Подписано в печать 11.06.2014 г.

Гарнитура Times.

Формат 29,7 x 42 ¼. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 10,10 Тираж 500 экз.

Заказ № 2318

Издательство «КЕРЕКУ»

Павлодарского государственного университета  
им. С. Торайгырова

140008, г. Павлодар, ул. Ломова, 64