

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

В. В. Ваншин

# **ХРАНЕНИЕ ЗЕРНА И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

## **Часть 1. Характеристика зерновой массы, микрофлоры зерна и вредителей хлебных запасов**

Рекомендовано Ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья



Оренбург

2017

УДК 664.72 (075.8)

ББК 36.821я73

В 17

Рецензент – доцент, кандидат технических наук С. Ю. Соловых

- Ваншин, В. В.**  
В 17 Хранение зерна и пищевых продуктов. Ч.1 Характеристика зерновой массы, микрофлоры зерна и вредителей хлебных запасов: учебное пособие / В. В. Ваншин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 202 с.  
**ISBN 978-5-7410-1622-0**

В учебном пособии описаны задачи, стоящие перед системой хранения зерновых продуктов, дана характеристика свойств зерновой массы и факторов, влияющих на ее состав при поступлении на хранение.

Рассмотрены физиологические процессы, протекающие в зерне и зерновых продуктах при хранении. Освещены значения микроорганизмов при хранении зерна и пищевых продуктов. Дана характеристика вредителей хлебных запасов. Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья, а также для студентов и аспирантов вузов пищевого профиля и работников системы хранения и переработки зерновых продуктов

УДК 664.72 (075.8)

ББК 36.821я73

ISBN 978-5-7410-1622-0

© Ваншин В.В., 2017

© ОГУ, 2017

## Содержание

Введение.....	5
1 Задачи в области хранения зерновых продуктов.....	7
1.1 Контрольные вопросы.....	13
2 История хранения зерновых продуктов.....	14
2.1 Контрольные вопросы.....	38
3 Общая характеристика свойств зерновой массы и факторы, влияющие на ее состав при поступлении на хранение.....	40
3.1 Состав зерновой массы.....	40
3.2 Факторы, влияющие на состав и свойства зерновой массы.....	42
3.3 Физические свойства зерновых масс и зерновых продуктов.....	47
3.4 Сорбционные свойства.....	55
3.5 Теплофизические и массообменные свойства.....	60
3.6 Физические свойства муки и крупы.....	64
3.7 Лабораторные работы.....	68
3.8 Контрольные вопросы.....	79
4 Физиологические процессы, протекающие в зерне и зерновых продуктах при хранении.....	81
4.1 Долговечность зерновых продуктов при хранении.....	81
4.2 Понятие о физиологии дыхания зерновой массы.....	84
4.3 Послеуборочное дозревание.....	95
4.4 Прорастание зерна (семян) при хранении.....	98
4.5 Контрольные вопросы.....	100
5 Значение микроорганизмов при хранении зерна и пищевых продуктов..	101
5.1 Классификация и характеристика микрофлоры зерновых масс.....	101
5.2 Факторы, влияющие на жизнедеятельность микроорганизмов в зерновой массе.....	112
5.3 Изменение состава микрофлоры зерновой массы при хранении.....	117

5.4	Изменение свойств зерновой массы под влиянием микроорганизмов..	119
5.5	Контрольные вопросы.....	125
6	Характеристика вредителей хлебных запасов.....	126
6.1	Классификация и характеристика вредителей хлебных запасов.....	126
6.2	Факторы, влияющие на жизнедеятельность насекомых и клещей.....	175
6.3	Лабораторные работы.....	189
6.4	Контрольные вопросы.....	198
	Список использованных источников.....	200

## Введение

Хранение продукции растениеводства в настоящее время приобретает все большее значение и остроту, так как доля возделываемой земли в мире на душу населения постоянно снижается. Проблема обеспечения населения Земли продуктами питания за счет развития агротехники, селекции, создания трансгенных растений не сможет быть полностью решена без научно обоснованной технологии хранения всей выращенной продукции. К сожалению, производители зерна из-за сложившейся ситуации в области рыночных отношений порой вынуждены сокращать посевные площади зерновых, организовывать хранение зерна до его реализации на токах, площадках и в других малоприспособленных для этой цели местах. Отсутствие приоритетности зерна и семян для рыночной сферы на предприятиях хлебопродуктов ведет, как правило, к неоправданным потерям продукции, дополнительным инвестициям, в конечном счете, к снижению продовольственной безопасности России.

Следует особое внимание уделять производству и хранению зерна пшеницы, так как пшеничный хлеб, макаронные изделия из пшеничной муки – основные продукты питания практически всех слоев населения России. Потери зерна пшеницы, снижение ее качества при хранении никак нельзя допустить. По данным Минэкономразвития РФ, цены на пшеницу за последние 5 лет увеличились в 1,5-2 раза. Следовательно, к хранению такого дорогостоящего зерна необходимо относиться с должным вниманием. За последние годы страна получает достаточно высокие валовые сборы зерна, однако заметно сократились его государственные закупки, снизилась роль заготовительных элеваторов. Зерно нередко хранится непосредственно в хозяйствах у производителя в ожидании сезонного повышения цен. Из-за слабой оснащенности технической базы хозяйств, а порой, незнания технологий хранения имеют место нерациональное формирование партий зерна, снижение его качества и потери зерна при хранении. В процессе хранения зерна и зерновых продуктов в них могут протекать различные

физиологические процессы, а также они могут быть подвержены заражению насекомыми, клещами и нападению птиц и грызунов, что в значительной мере снизит массу этих продуктов или может привести к полной их потере.

Настоящее учебное пособие призвано оказать помощь при изучении курса «Хранение зерна и пищевых продуктов». Представленный в пособии учебный материал предусмотрен требованиями государственных образовательных стандартов высшего образования. Пособие состоит из двух частей. В первой части рассмотрены:

- задачи в области хранения зерна;
- история хранения зерновых продуктов;
- общая характеристика зерновой массы;
- физиологические процессы, протекающие в зерне при хранении;
- значение и жизнедеятельность микроорганизмов при хранении зерна;
- вредители хлебных запасов.

Каждый раздел пособия сопровождается контрольными вопросами и лабораторными работами для лучшего освоения и закрепления материала. По результатам, полученным в ходе выполнения лабораторной работы, студент должен подготовить индивидуальный отчет в рабочем журнале. Отчет должен включать: название работы, краткое введение, отражающее цели и особенности работы, описание методики (хода) исследования, анализ полученных результатов (расчетные формулы, таблицы, графики, схемы), выводы. Зачет по лабораторной работе производится на основании предварительной проверки отчета и контрольного опроса по содержанию выполненной работы.

Данное учебное пособие должно послужить и студентам и работникам, в равной степени, как справочник и как руководство в их повседневной работе по обеспечению оптимальных условий хранения зерна и зерновых продуктов.

## **1 Задачи в области хранения зерновых продуктов**

На сегодняшний день зерно и вырабатываемые из него продукты хранят как в условиях небольших сельскохозяйственных кооперативов, так и на элеваторах, мельницах, хлебозаводах, хлебоприемных предприятиях и других производствах. Важнейшей задачей этих предприятий является бесперебойное снабжение населения основными продуктами растительного происхождения: такими как хлеб, макароны, крупа, мука, а также формирование определенного запаса этих продуктов для обеспечения продовольственной безопасности страны. Неправильное и неумелое хранение, незнание основных причин порчи и снижения качества зерновых продуктов приводят к большим потерям при хранении.

В 1931 году в своих работах академик А.И. Опарин писал, что потери, возникающие при хранении сельскохозяйственных продуктов, являются налогом за наше невежество, за наше незнание внутренних биохимических процессов, происходящих в клетках зерна.

Потери, возникающие при хранении зерна, могут свести на нет все достижения сельскохозяйственного производства, направленные на повышение урожайности зерновых культур и рост валовых сборов зерна, обесценить труд людей, направленный на выращивание и уборку урожая.

Хранение является важнейшим и заключительным этапом производства зерна. Это наука, которая изучает особенности зерна и зерновых продуктов в целом как объектов хранения, так и влияние физических, химических и биологических факторов на состояние зерна.

Знание основных процессов, происходящих в зерновой массе при хранении, дает возможность применять научно обоснованную систему мероприятий для обеспечения качественной и количественной сохранности зерна.

Опыт работы передовых элеваторов, хлебоприемных предприятий и баз, организующих хранение зерновых продуктов на научной основе, показывает,

что потери могут быть минимальными и даже ниже установленных норм естественной убыли.

Основная сложность в организации больших партий зерна и зерновых продуктов заключается в том, что зерно представляет собой живой организм, в котором протекают различные жизненные процессы, интенсивность которых зависит от условий окружающей среды. И если условия благоприятствуют интенсивному обмену питательных веществ в клетках зерновых продуктов, то это неизбежно ведет к значительным потерям в его массе, а также может привести к снижению его качества. Также следует отметить, что в процессе выращивания и уборки зерна в нем накапливаются микроорганизмы, которые при определенных условиях начинают интенсивно развиваться, что может привести к снижению его качества или к полной его потере.

Кроме человека зерно имеет и других потребителей (микроорганизмы, насекомые, клещи, грызуны, птицы), что создает определенные трудности при его хранении. Они не только уничтожают хлебные запасы, но и загрязняют их продуктами своей жизнедеятельности.

В муке, крупе и комбикормах при хранении протекают специфические явления, которые изменяют их потребительские свойства и могут привести к потерям в массе и качестве.

В связи с вышесказанным, возникает необходимость защиты хранимых продуктов от активного воздействия факторов биотической среды, а также создания условий, препятствующих интенсивному обмену веществ в клетках зерновых продуктов.

Добиться успеха в обеспечении защиты хранимых продуктов можно лишь применяя соответствующие методы подготовки продуктов перед закладкой их на хранение и обеспечивая определенные режимы хранения.

Для достижения поставленной цели в области хранения зерновых продуктов выдвигаются следующие задачи:



## 1 Сохранение продуктов без потерь в массе или с минимальными потерями.

Потери, возникающие при хранении зерна, делят на механические и биологические. Также выделяют неизбежные потери и потери, возникающие в результате неправильного хранения. Так, неизбежной механической потерей является неучтенный распыл, возникающий при перемещении зерновых продуктов. Единственной оправданной потерей биологического порядка является дыхание зерна при хранении. Общее представление о природе потерь дает схема, представленная на рисунке 1.1.

<i>Биологические потери</i>		
<b>Потери в массе</b>	Дыхание зерна	
	Прорастание зерна	
	Развитие микроорганизмов	
	Развитие насекомых и клещей	
	Самосогревание	
	Уничтожение грызунами	
	Уничтожение птицами	
	<i>Механические потери</i>	
	Травмы	
	Распыл	
Просыпи		
		<b>Потери в качестве</b>

Рисунок 1.1 – Природа и виды потерь при хранении зерновых продуктов

При правильной организации хранения исключаются такие виды потерь, как уничтожения зерна грызунами, птицами, насекомыми и клещами, а также распыл и потери в массе в результате самосогревания и развития микроорганизмов. Такие потери считаются неоправданными и соответственно недопустимыми.

## **2 Хранение зерновых продуктов без ухудшения их качества.**

Ухудшение качества продуктов в процессе хранения возникает в результате несоблюдения режимов хранения и необходимого ухода за ними. И если не принимать никаких действий, то потери, связанные с ухудшением качества, могут принести значительный ущерб. Так потеря таких признаков свежести зерна как цвет, запах, вкус резко ухудшают качество получаемых из него крупы, муки и хлеба. А иногда эти изменения делают зерно совершенно непригодными на пищевые цели.

Также причиной снижения качества зерновых продуктов может быть слишком длительный период их хранения. Каждый вид продуктов обладает определенной долговечностью даже при хранении в оптимальных условиях. Поэтому по окончании срока хранения наступает старение товара, что приводит к ухудшению его потребительских свойств. Так, потребительские достоинства муки и некоторых видов круп снижаются уже на второй-третий срок хранения. Посевные качества семян снижаются через два-четыре года. Более долговечны семена злаковых и бобовых культур, предназначенные для кормовых и технологических целей. Хотя и у них со временем (от 7 до 15 лет) наблюдается старение и снижение технологических и пищевых достоинств.

Все эти изменения требуют периодической замены хранящихся зерновых продуктов и семян и своевременной реализации до заметного ухудшения их качества, так как хранение зерновых продуктов без ухудшения качества является обязательным условием.

## **3 Повышение качества зерновых продуктов при хранении.**

Для повышения полноценного использования и улучшения потребительских свойств зерновых продуктов в процессе хранения возникает необходимость их обработки и доведения их качества до более высоких кондиций. В первую очередь это требуется для посевного зерна с целью обеспечения его лучшей сохранности и повышения стойкости при хранении. Создавая определенные условия хранения можно улучшить хлебопекарные свойства муки, изменив качество клейковины. Однако наибольшее значение в системе зерноперерабатывающих

предприятий имеет обработка зерна продовольственного, семенного и кормового назначения. Повышения качества зерновых продуктов при хранении является обязательным условием повышения рентабельности производства.

#### **4 Сокращение затрат труда и средств на единицу массы хранящегося продукта при наилучшем сохранении его количества и качества.**

Для сокращения затрат труда на единицу хранимого продукта необходимо совершенствование технической базы хранения, внедрение новых технологических приемов, рациональное управление производством, повышение квалификации работников. Одним из путей решения поставленной задачи является подготовка зерновых продуктов к целевому использованию. Большие запасы зерна дают возможность более тщательно подобрать партии, отпускаемые различным потребителям, учитывая при этом специфику их использования. Такое целенаправленное использование зерна позволяет повысить полноценность использования каждой партии зерна. Так, пивоваренный ячмень нужно использовать в пивоваренной промышленности, фуражный – в комбикормовой, а пищевой – в крупяной.

Представленные задачи в области хранения зерновых продуктов весьма многогранны и не всегда решаемы использованием современных хранилищ и своевременной подготовкой зерновых продуктов к хранению. При организации хранения следует учитывать природу самих продуктов, которая требует систематического внимания за каждой партией в течение всего процесса хранения, так как любая вспышка биологических процессов в продукте в процессе хранения приводит к необходимости применения тех или иных технологических приемов. Наибольшее распространение в системе хранения зерновых продуктов получили следующие приемы:

##### *1 Очистка партий зерна и семян от различных примесей.*

Все поступающие на хранения партии зерна в первую очередь должны быть очищены от примесей, так как это повысит их устойчивость к хранению. Если нет возможности обеспечить очистку от примесей поступающих партий

зерна, то неочищенное зерно размещают отдельно в специально отведенных хранилищах недалеко от линии очистки.

*2 Снижение влажности партий зерна с помощью сушки до пределов, обеспечивающих надежное хранение и возможность использования для переработки.*

Зерно после очистки при повышенной влажности направляют на сушилки различных типов и производительности.

*3 Охлаждение зерновых продуктов для создания благоприятных режимов хранения.*

Охлаждение зерновых продуктов проводят с использованием системы транспортных механизмов, зерноочистительных машин, установок активного вентилирования, а также путем естественного охлаждения, снижая высоту насыпи или штабеля при хранении. При охлаждении установками активного вентилирования в качестве агента охлаждения используют природный или охлажденный с помощью холодильных установок воздух.

*4 Защита зерновых продуктов от развития в них вредителей хлебных запасов (насекомых, клещей, грызунов, птиц).*

В системе хранения проводят мероприятия, которые препятствуют развитию вредителей хлебных запасов в зерновых продуктах. Если заражение продуктов произошло, то проводят мероприятия по уничтожению вредителей. Наиболее эффективным и экономически оправданным является уничтожение с помощью химических средств. Хотя способ уничтожения выбирают с учетом природы зерновых продуктов и степени их заражения.

Кроме основных приемов применяют сортировку по цвету, калибровку семян по размерам как семенного, так и продовольственного материала. Так, при сортировке семян подсолнечника крупные семена идут как грызовые, а мелкие направляются на производство растительных масел или на комбикорм.

Изложенные выше задачи могут быть успешно решены только с использованием научного подхода и хорошо подготовленных кадров. Поэтому современ-

ный специалист по хранению зерновых продуктов должен иметь разностороннюю подготовку как в области биологических, так и технических дисциплин.

### **1.1 Контрольные вопросы**

1. Задачи в области хранения зерна и зерновых продуктов.
2. Виды потерь, возникающие при неправильном хранении зерна.
3. В результате чего возникают механические потери зерновых продуктов?
4. Под влиянием чего возникают биологические потери в зерновых продуктах?
5. Какие потери при хранении зерна считаются неоправданными и недопустимыми?
6. В результате чего снижается качество зерновых продуктов при хранении?
7. Чем вызвана периодическая замена хранящихся зерновых продуктов?
8. Мероприятия по повышению качества зерновых продуктов при хранении.
9. Какие технологические приемы наиболее часто используют для повышения стойкости к хранению зерновых продуктов?
10. Что необходимо предпринять для сокращения затрат труда и средств на единицу массы хранящегося продукта при наилучшем сохранении его количества и качества?

## 2 История хранения зерновых продуктов

Вся история развития земледелия неразрывно связана с целенаправленной деятельностью человека по производству и хранению самой разнообразной пищи растительного происхождения.

Согласно дошедших до нас рисунков первые зернохранилища строились под открытым небом, то есть не в земле или жилищах. Это изображено на оттиске протоэламской печати из Суз (древний Элам), относящейся к концу IV тысячелетия до н. э. Хранилища, по-видимому, глинобитные, имели цилиндрическую форму с куполообразными крышами и отверстием в верхней части для засыпки зерна, устраивали их на подмостках, чтобы защитить зерно от насекомых и других вредителей. Для этого же у основания подмостков насыпали толстый слой соли. В Древнем Египте были распространены и более крупные хранилища. В специальных крытых помещениях устанавливали значительные по размерам конусообразные емкости с люками для загрузки и выгрузки зерна, в которых зерно хранили в герметических условиях. Благодаря этому зерно хранилось в течение многих лет без существенного изменения качества. О хранении зерна в историческом прошлом можно найти упоминание в Библии: зерно египтяне хранили в течение семи урожайных лет, за которыми, по преданию, следовали семь неурожайных лет. Дошедшие до наших дней труды ученых и поэтов Древней Греции (например, «Одиссея» Гомера) и Древнего Рима также дают много сведений о способах хранения зерна. Так, в трактате Катона «О земледелии» (II в. до н. э.) в числе многих практических советов дается указание относительно устройства зернохранилищ и защиты зерна от вредителей: «Как сделать, чтобы хлебный червяк не вредил хлебу, и мыши его не трогали? Смешай глину с оливковым отстоем, подбавь немного мякины, дай глине хорошо размокнуть и хорошенько все выжми. Густо смажь этой глиной весь хлебный амбар. Потом обрызгай оливковым отстоем все, что ты смазал. Когда просохнет, ссыпай хлеб уже

остывшим; хлебный червь не повредит его». Под хлебным червем Катон, видимо, подразумевал гусениц амбарной моли и личинок других насекомых. Практические советы о способах хранения зерна дают и другие римские авторы – Варрон (I в. до н. э.), Колумелла (трактат «О сельском хозяйстве» – I в. н. э.) и особенно крупнейший ученый Древнего Рима Плиний Старший – автор «Естественной истории» (*Naturalis Historia*) в 37 книгах (I в. н. э.). Таким образом, запасы зерна при первобытнообщинном строе хранили в специально построенных амбарах или в сосудах и корзинах. При рабовладельческом строе наряду с этим способом зерно хранили в сосудах (пифосах, амфорах и тому подобных), размещаемых в жилищах или в специальных хранилищах, построенных из глины, камня или дерева.

Как правило, с появлением крупных селений и городов в них устраивались хранилища для хранения пищевых продуктов, что позволяло не только осуществлять их контроль и охрану, но и создавало условия продовольственной безопасности на случай неурожая или осады. Так, раскопки крепости на холме Кармир-Блур близ Еревана, где находились развалины дворца наместника царства Урарту, существовавшего с X по VII век до н. э., были обнаружены кладовые, вмещающие до 750 т зерна, было обнаружено 82 крупных сосуда, врытых до половины в земляной пол. На всех сосудах клинописью и иероглифами была обозначена их вместимость и принадлежность царям Урарту, что свидетельствует о наличии хозяйственного учета и архива.

В результате раскопок в районе Керчи, в центре бывшего Боспорского царства, собран обширный материал о переработке и хранении зерна и других пищевых продуктов в период VI в. до н. э. – IV в. н. э. Зерно хранилось в ямах или больших глиняных сосудах-пифосах, что характерно не только для греческих полисов, но и для поселений местных племен. Ямы делались колоколообразной формы с расширением книзу, глубиной до 2-3 м и закрывались плоскими камнями-плитами. Хранилища такого типа устраивали в подвалах жилого дома и во дворах. При наличии каменной породы зерновые ямы иногда вырубали в скале.

Стены ям обмазывали глиной или покрывали слоем штукатурки. Так, при раскопках в 1946 г. боспорского города Мирмекии обнаружены ямы со стенками, носящими следы обжига. Зерновые ямы были широко распространены и в сельскохозяйственных поселениях античной эпохи на Кубани и в Придонье, откуда хлеб шел в города Боспорского царства. При хранении и перевозках зерновых продуктов использовали амфоры и глиняные сосуды (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Глиняный сосуд для хранения зерна

Собран большой материал о хранении запасов зерна у славянских народов проживавших на территории современной России и стран СНГ. Как известно, к VI-VII вв. славяне прошли большой путь культурного развития и жили оседло. Главное их занятие – пашенное земледелие; занимались они и скотоводством.



Им были известны рожь, ячмень, просо, горох, бобы. Славяне жили патриархально-родовыми общинами в поселениях, размещенных на возвышенных местах и огороженных рвом и валом с частоколом. В каждом поселении выделялись строения для хранения продовольственных запасов; одно из них предназначалось для хранения и размола общинного зерна. В общественных хранилищах и при жилищах зерно хранилось в деревянных больших емкостях (кадках, бочках) или в цилиндрических ямах со сводчатым верхом, вырытых в материковой глине. Стены таких ям обычно перед загрузкой зерном обжигали докрасна.

Все эти способы широко использовались до феодального строя. При феодальном строе, наряду с крупной земельной собственностью феодалов, существовала мелкая единоличная собственность крестьян и ремесленников на орудия производства и на свое частное хозяйство, основанное на личном труде. Поэтому хлебные запасы хранились как в замках и усадьбах феодалов, так и в хозяйстве крестьян-смердов и ремесленников. В замках или укрепленных усадьбах князей, бояр и в монастырях среди хозяйственных построек и помещений всегда имелись погреба, подземелья, ямы, амбары или клетки для хранения зерна. Скудные хлебные запасы смердов хранились в ямах или клетях и сенях, составляющих часть жилища. Зерновые ямы были повсеместно распространены в степной и лесостепной зонах. Они грушевидной формы (расширяются книзу), имеют сильно прокаленные стенки. Чаще всего стенки ям обмазывались глиной и специально обжигались (рисунок 2.2).

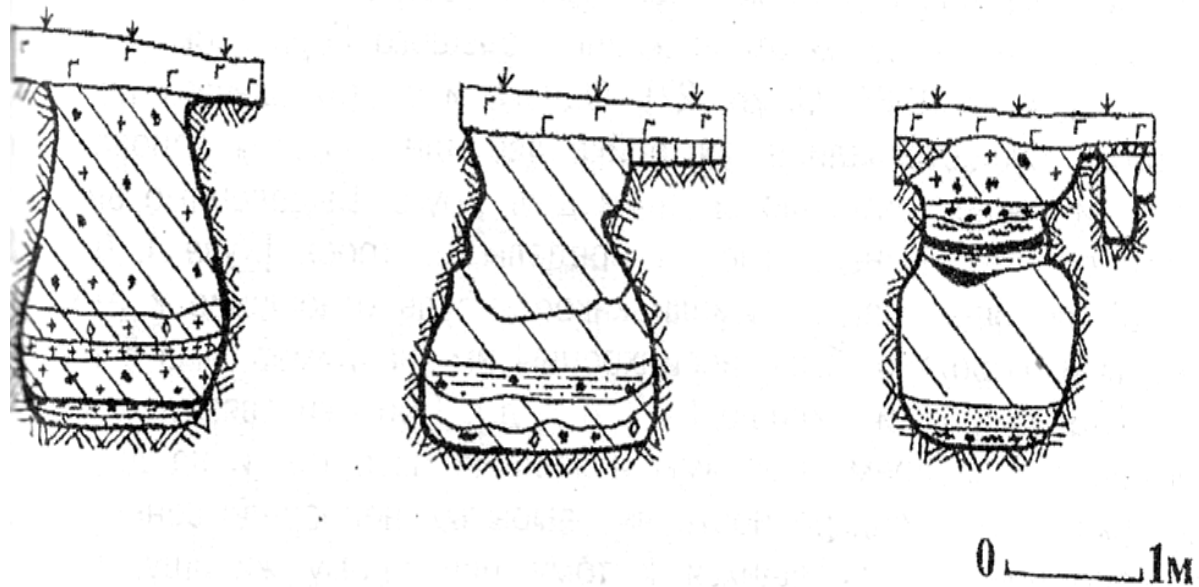


Рисунок 2.2 – Ямы для хранения зерна

Размеры их очень разнообразны – от совсем небольших, предназначенных для недолгого или промежуточного хранения, до очень вместительных глубиной до 1,7 м и диаметром устья до 1 м. Часто по объемам зерновых ям на конкретных памятниках удается восстановить размеры пахотных угодий и примерную численность населения поселков.

Такой способ хранения зерна в ямах практиковался в России на Смоленщине и южнее в черноземных районах до XVIII-XIX вв. Диаметр этих поздних ям достигал 1,5 м, глубина – до 4,5 м. В такую яму помещалось около 40 тонн зерна. До засыпки зерна стенки ямы тщательно прокаливались. Засыпанное зерно перекрывалось соломой и тщательно забивалось землей, или плотно закрывалось досками и землей. Зерно в таких ямах, со слов опрошенных этнографами крестьян, могло храниться до 10 лет, но на посев оно уже через три года едва годилось.

Хотя известны и уникальные случаи более длительного хранения зерна в ямах без потери качества. Так, А. Т. Болотов, русский ученый-агроном конца XVIII века, писал, что в Орловской губернии крестьяне нашли старую зерновую яму с рожью, и «она совсем цела и невредима», а хозяев ямы не нашли – так давно она была заложена.

Хлебопашество было главной отраслью хозяйства в Киевской Руси, основной пищей являлись хлеб и различные виды зерна (крупы). Основными видами хлебных злаков были рожь, пшеница, просо и ячмень. Зерно размалывалось ручными жерновами, причем при тщательном помоле получали «хлеб и чисти зело». Хлебам «чистыми зело» именовали изделия из пшеничной муки тонкого помола с полным удалением отрубей. Для хранения зерна и другого продовольствия применялась разнообразная тара: горшки и необожженные корчаги большой емкости, плетеные корзины («лукно», «кошь»), деревянные «кади», служившие также и мерой сыпучих материалов. В городах Среднего Приднепровья корчаги представляли собой амфоры так называемого киевского типа, близкие к византийским, что свидетельствует о русско-византийских экономических связях.

Большую роль в хранении товаров и продуктов, в том числе зерна, играла церковь. Все находившиеся в торговом центре – городском торге – церкви и монастыри имели складские помещения, предоставляемые за плату купцам. Это получило отражение и в архитектуре древнерусских церквей, имевших, так называемые, подцерковья. Первые попытки создать большие запасы зерна, выходящие за пределы потребностей индивидуального хозяйства, были связаны с ликвидацией феодальной раздробленности и образованием централизованного Русского государства (конец XV в. – начало XVI в.). Процесс объединения русских земель вокруг Москвы имел под собой определенную экономическую базу: рост общественного разделения труда, развитие городов с их торгово-ремесленным посадским населением, усиление торговых связей между отдельными землями на основе начавшегося развития товарно-денежных отношений и специализации хозяйства отдельных областей. В этих условиях сама феодальная вотчина начинает втягиваться в рыночные отношения: крупные землевладельцы стремятся накопить хлеб для продажи его на рынке, феодально-зависимые крестьяне вынуждены его продавать для уплаты денежного оброка феодалу и возраставших государственных податей. Все это приводит к тому, что хранение зерна приобретает несравненно большую значимость и иные масштабы, чем в период феодальной раздробленности. Образование централизованного государства в форме

феодалной монархии по-новому поставило вопрос о заготовке и хранении продуктов, в первую очередь хлеба. Начиная со времени правления Ивана III (1462-1505 гг.) делаются неоднократные попытки создать большие запасы зерна, и проводится ряд общегосударственных мероприятий в этой области. Так, для ослабления губительных последствий частых неурожаев Иван III учредил во всех городах хлебные запасные магазины – житные дворы, которые ежегодно обновлялись на одну треть («... и чтоб треть старого в год продавать, а вновь на торгах по деревням столько же покупать»). Впервые были созданы общерусские правительственные учреждения-приказы, в том числе хлебный приказ, ведавший заготовкой и хранением хлебных запасов. В московском Кремле издавна существовал городской житный двор, и городские житницы, расположенные вдоль кремлевской стены от угольной Собакиной башни до Троицких ворот (эта сторона Кремля была наиболее защищена от вражеских приступов). И. Забелин в книге «История города Москвы» приводит план Кремля времен Бориса Годунова (рисунок 2.3).

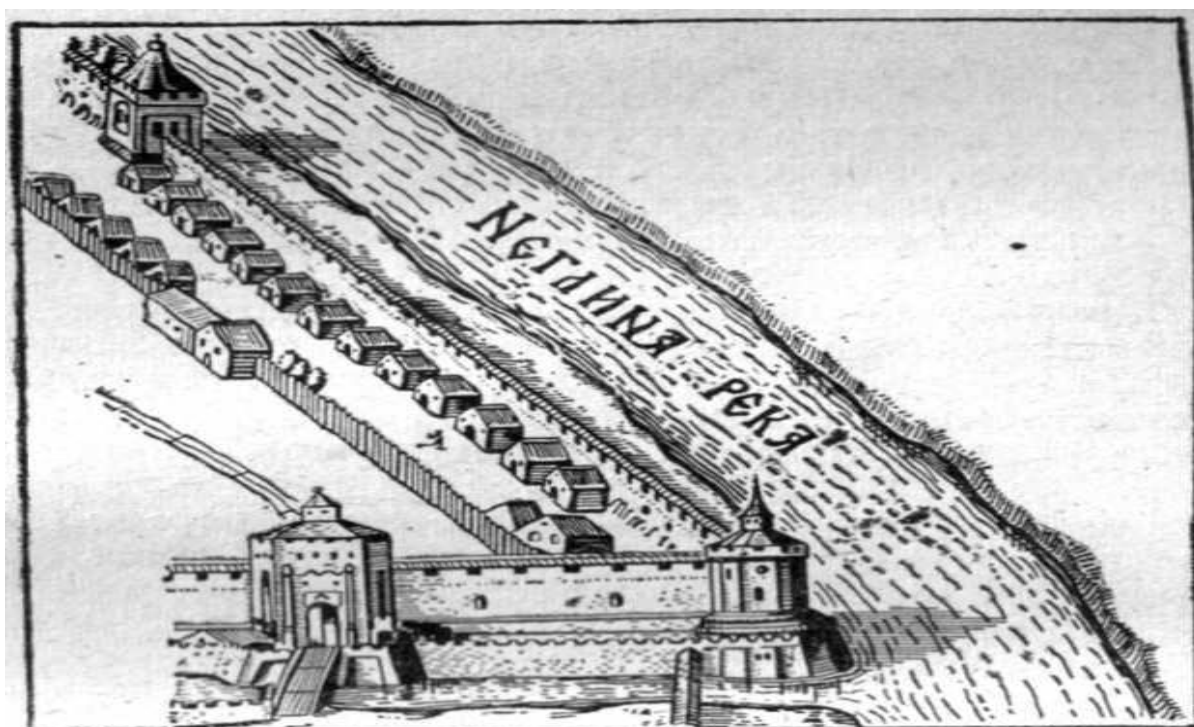


Рисунок 2.3 – Часть Московского Кремля с расположенными вдоль стен житницами

На плане показаны длинные ряды городских житниц – отдельных одинаковых строений с двускатной крышей, с одним входом и двумя окнами по фасаду, расположенными выше дверей. Улица в Кремле, шедшая от Никольских ворот к Троицким, называлась Житницкой, так как на ней было расположено большое количество хранилищ зерна. К концу XVI века Москва была крупным центром торговли хлебом. К этому периоду относится начало строительства в Москве каменных хранилищ – кладовых для зерна, продовольствия и других товаров. Оживленная торговля хлебом и скопление его в больших количествах были также в Новгороде, Пскове, Вологде и других городах. Увеличение централизованных государственных запасов было связано также со строительством городов в южных районах страны (так называемое дикое поле).

Заселения этих районов требовали военно-оборонительные цели – борьба с крымскими татарами, совершавшими опустошительные набеги. Почти каждый новый город имел житницы с государевыми хлебными запасами. Поэтому согласно указа царя велся централизованный учет, большое внимание обращалось на качество хлеба и его сохранность («а житницам и хлебным запасам береженье держать великое»). В то же время, как свидетельствуют источники, бояре, монастыри и сам царь имели большие личные запасы хлеба, которые продавались по спекулятивной цене в неурожайные годы, когда страну постигал голод и «мор».

Дальнейшее улучшение организации хранения хлебных запасов было проведено в царствование Петра I. Длительная война со шведами за выход в Балтийское море, потребовавшая напряжения всех сил государства, строительство Петербурга, создание регулярной армии и флота, организация мануфактур, наконец, вся преобразовательная деятельность Петра, ставили перед организацией продовольственного дела и хранения хлебных запасов новые, более обширные задачи. Так, в 1700 г. Петр I создал центральное государственное управление – Провиантский приказ, в задачу которого входило обеспечение регулярной армии продовольствием. Провиантский приказ завершил систему организации государ-

ственных продовольственных запасов, создававшуюся в течение двух предшествующих веков. В 1720 г. Петр I распорядился в российских городах устроить «запасные магазейны», для чего собрать «со всего государства с дворового числа и с разночинцев и купечества ржи по четверику (18,5 кг) с двора». Хлеб приказано было в «магазейны» закладывать «сухой овинной, а не сырмомолотной». Эти же вопросы отражались в морском уставе Петра I. В середине и второй половине XVIII в. в социально-экономической жизни России произошли крупные изменения: в недрах господствующей крепостнической системы зарождается капиталистический уклад хозяйства. Все это объясняет значительный интерес русского дворянства второй половины XVIII в. к проблемам агрономии. Появляется ряд работ, преимущественно переводных, о рациональном ведении хозяйства, известный писатель и агроном А. Т. Болотов издает первые сельскохозяйственные журналы («Экономический магазин» и другие), вопросы рационализации сельского хозяйства занимают ведущее место в деятельности учрежденного в 1765 г. при содействии Екатерины II Вольного Экономического общества. В изыскании рациональных приемов хранения зерна положительная роль принадлежала Вольному Экономическому обществу, которое 1789 году объявило конкурс на разработку технологии, позволяющее увеличить срок хранения зерна и муки. Многие специалисты того времени, связанные с хранением хлебных запасов, занимались разработкой конструкций зернохранилищ и технологических приемов хранения. Так, оберпровиант-мейстер русской армии Б. Е. Энгельман разработал оригинальную конструкцию кирпичного зернохранилища силосного типа с 24 «запасными вместилищами» (силосами) на 22 тыс. четвертей (67,6 м<sup>3</sup>). Силосы были запроектированы высотой около 6 сажень (12,78 м) и длиной каждой стороны в 2 сажени (4,26 м). Стенки силосов возводили из хорошо обожженных сухих кирпичей; хранилище имело внешние боковые стены, снабженные дверями и окнами для проветривания. Каждый силос имел вверху круглое отверстие для загрузки зерна, а внизу отверстие, закрываемое железной дверью, к которому вел накатный пол, «дабы с большею удобностью запасы вынимать можно было».

Для обеспечения долговременного хранения зерна верхнее отверстие силосов закрывали камнем и замазывали глинистой землей или смолой, а параллельно внутренним стенкам выкладывали дополнительную стену в полкирпича. Образовавшуюся пустоту заполняли хорошо высушенным песком. По мнению автора, «таким образом рожь и муку многие лета при совершенной доброте без малейшего ущерба и без дальнейшего присмотра сохранить можно». Следует отметить, что уже в XVIII в. был известен принцип продувания зерновых масс воздухом (современное активное вентилирование) при помощи мехов.

Интерес к хранению зерна также был вызван необходимостью продовольственного обеспечения армии, что нашло отражение в своде военных постановлений, вышедших в XIX в. и охвативших все правительственные указы с начала XVIII в. Большое место в своде занимают «Правила для продовольствия войск», утвержденные в 1816 г. генерал-фельдмаршалом Барклаем-де-Толли. Военное ведомство предъявляло строгие требования к качеству продовольствия. На хлеб, поступающий для снабжения армии, были установлены определенные кондиции. Так, зерно должно было быть сухим, «не сырмомолотам, не лежалым, не затхлым, чистым, без мякины». Смешивать овинный и сырмомолотый хлеб, если последний все же принимали, категорически запрещалось. Не менее строгие требования были разработаны и для тары. Прием хлеба от подрядчиков и поставщиков сопровождался отбором образца «нарочно для того сделанными железными совками» и проверкой качества отобранных образцов. В спорных случаях из круп варили кашу, а из муки выпекали хлеб.

Ко второй половине XVIII в. был обобщен накопленный опыт по хранению зерна и разработаны технические правила по обращению с ним при хранении. Так, кули с зерном должны были складывать определенным порядком в «стопы» «в ширину не более двух кулей, а в длину и вышину сколько возможно». Между стопами требовалось оставлять проходы, чтобы «при свидетельстве можно было продукты сии удобно пробовать и видеть их годность». Смотрители магазинов и вахтеры обязаны были 2 раза в неделю тщательно осматривать запасы хлеба, принимая все меры к тому, чтобы «сохранить оные от повреждения». Каждый

магазин имел на случай пожара воду, лестницы и пожарные инструменты. Если мука слеживалась, смотрители магазинов обязаны были разбивать образовавшийся комья, после чего смешивать ее с мукой хорошего качества. В случае порчи муки или зерна создавалась комиссия из провиантских чиновников и офицеров полка, которая опытным путем определяла, причину порчи и сколько «за просушкой и очисткой не достает». Не была забыта и такая важная деталь, как установление норм естественной убыли зерна при хранении.

В первой половине XIX века в развитии вопросов технологии хранения зерна снова многое сделало Вольное Экономическое общество, что было связано с ростом товарности сельского хозяйства и хлебной торговли. Наряду с публикацией материалов об опыте хранения хлебных запасов в России и за рубежом общество в 1844 г. объявило «задачу» на разработку «удобного и дешевого средства для сушения и сохранения хлеба».

В результате конкурса в Трудах общества за 1847 г. было опубликовано много статей с проектами новых конструкций зернохранилищ и способов сушки. Многие из предложенных зернохранилищ и сушильных устройств не только не уступали наиболее современным типам, известным в то время в Европе, но и превосходили их как в конструктивном, так и в эксплуатационном отношении. Так, в числе представленных был, например, проект хранилища с применением принудительного продувания зерновой массы воздухом И. Войцеховича-Путерницкого, проект деревянного хранилища облегченного типа для сельских местностей на 12 закров по 2 тыс. пудов каждый и ряд других. Сейчас можно считать установленным, что башня Синклера, которую считали прародительницей современных силосных элеваторов, была предложена на 40 лет позже, чем сооружения подобного типа, но более крупные, представленные русскими специалистами хлебного дела.

Вопросы хранения зерна привлекали внимание крупных ученых того времени и в Западной Европе. Так, в этой области работал известный физик и натуралист Р. А. Реомюр, прочитавший в Парижской академии наук диссертацию на



тему «Об искусстве хранения зерна». В середине XVIII века по вопросам хранения зерна было опубликовано несколько книг, среди которых особого внимания заслуживают две: «искусство хранения зерна» Бартоломео Энтье-ри и «Руководство к хранению зерна и особенно пшеницы» Дюаме-ля-дю-Монсо. В них мы находим описание различных способов хранения зерна, его сушки и проветривания, конструкции зернохранилищ и так далее.

Середина и конец XIX века характеризуются бурным строительством элеваторов силосного типа в США. Началось сооружение элеваторов во Франции, Германии, Англии и других странах Европы. Использование элеваторов потребовало исследования новых условий хранения зерновых масс, своевременной защиты последних от порчи. Успешно решить эту задачу можно было лишь на современной научной основе. К изучению проблем хранения зерна были привлечены крупные научные силы. Так, во Франции работы о физиологических свойствах зерновой массы проводились профессором Версальского университета Дойером и несколько позднее известным физиологом и агрохимиком Мюнцем. Лабораторные и производственные опыты Мюнца по хранению овса, кормовых бобов и кукурузы различной влажности в аэрируемых и герметических условиях дали много нового для понимания физиологических процессов, происходящих в зерновых массах. Небезынтересно отметить, что эти работы проводились по поручению Парижской компании омнибусов, имевшей крупные зернохранилища и большие запасы зерна для обеспечения конного парка.

Значительный материал был получен также в результате наблюдений за хранением зерна в опытном хранилище, созданном в 1898 г. в Берлине, где к изучению явлений, происходящих в зерновых массах, был привлечен крупнейший микробиолог своего времени, директор Института брожений Дельбрюк. Отчет о шестилетней работе зернохранилища, опубликованный его директором Гофманом в 1904 г., содержал обширные сведения о свойствах зерновых масс и процессах, происходящих в них при хранении. Материалы этих исследований были использованы в мировой практике до 20-30 гг. прошлого столетия. Позднее приступили к разработке теоретических основ хранения зерна и зерновых продуктов

в США и Канаде. Здесь основателем этого научного направления следует считать профессора Бейли и его сотрудников.

На передовых позициях находилась и русская научно-техническая мысль, порой опережавшая предложения, сделанные в Европе и Америке. Вопросами качества и хранения зерна занимались крупнейшие ученые России, в том числе Д. И. Менделеев. В высших учебных заведениях страны (сельскохозяйственных, технических, экономических) существовали кафедры технологии сельскохозяйственных продуктов или товароведения. Однако экономическая отсталость самодержавно-помещичьей России сказалась на развитии техники хранения зерна и после буржуазных реформ 60-х годов. Многие ценные изобретения и предложения не были реализованы. В результате даже в конце XIX в. и начале XX в. запасы зерна в России хранились преимущественно в амбарах без какого-либо технического оснащения или в лучшем случае строились зернохранилища с использованием принципа самотека при разгрузке.

Размещение хранилищ по стране также не обеспечивало сохранности хлеба, вывозимого к рынкам сбыта. Каждую осень на железнодорожных станциях, пристанях и в портах скапливалось громадное количество зерна, хранившегося в бунтах. Массовая порча зерна, его истребление грызунами и вредителями были обычным явлением в России. Не было и общепринятой классификации зерна по качеству. Засоренность первоклассного по хлебопекарным достоинствам русского зерна была чрезвычайно велика и в отдельных партиях достигала 30 %.

Новый толчок для строительства усовершенствованных зернохранилищ и элеваторов в России дала аграрная реформа Столыпина. К 1910 г. в России на железных дорогах уже насчитывалось 75 элеваторов емкостью в 27 млн. пудов. Элеваторы стали строить также биржевые и сельскохозяйственные общества, которые понимали необходимость подготовки больших партий зерна высокого качества для экспорта. Это совпадало с интересами государственной казны, так как свыше 50 % внешних поступлений валюты Россия получала от хлебного экс-

порта. Исходя из этих соображений, с 1911 г. строительство элеваторов и руководство их работой царское правительство поручает Государственному банку (рисунок 2.4). Созданный при Государственном банке отдел зернохранилищ занимался не только сооружением элеваторов и их эксплуатацией, но и разрабатывал мероприятия по повышению качества зерна, правила обращения с ним, товарную классификацию. Однако первая мировая война прервала эту работу.

Ко времени Октябрьской революции Госбанку принадлежало 47 элеваторов емкостью 29 млн. пудов, а всего в стране к 1918 г. имелось около 125 элеваторов и механизированных складов емкостью 60 млн. пудов, 25 производственных элеваторов, 800 немеханизированных хранилищ общественного пользования и свыше 4 тыс. частновладельческих складов общей емкостью около 400 млн. пудов, тогда как только поступление хлеба на рынок в предвоенное пятилетие превышало в среднем 1 млрд. пудов.

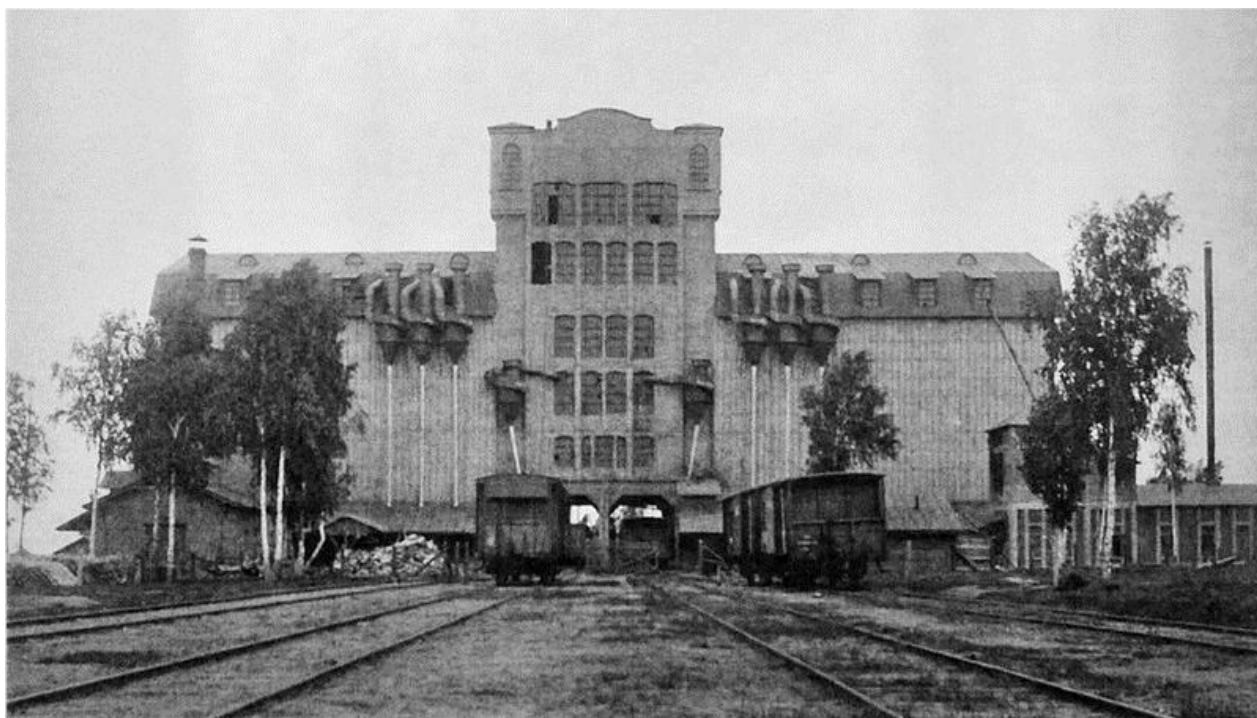


Рисунок 2.4 – Элеватор Челябинского Госбанка

В период гражданской войны часть элеваторов и складов была разрушена,

а уцелевшие не получали необходимого ремонта. Процесс восстановления элеваторно-складского хозяйства начался с 1921 г., причем рост централизованного хлебного фонда требовал не только ремонта и "достройки" старых, но и создания новых элеваторов и зерноскладов.

К началу заготовительной кампании 1924 г., когда продналог был полностью заменен рыночными закупками хлебопродуктов, сеть зернохранилищ состояла из 5 портовых и 120 линейных элеваторов и 85 крупных зерноскладов общей емкостью свыше 1 млн. т. Государственные закупки проводили акционерное общество «Хлебопродукт», Госбанк, Госторг и ряд других организаций, а также потребительская и сельскохозяйственная кооперация (Центросоюз и Хлебоцентр в РСФСР, Вукоспилка на Украине и так далее). Государственный хлебный фонд (с учетом местных заготовок) в 1926-1927 гг. составил уже около 700 млн. пудов. Вопросы заготовок и хранения зерна находили широкое освещение в периодической печати 20-х годов, в частности в журналах «Хлебный рынок» и «Хлебное, мукомольное и элеваторное дело в СССР».

Важную роль в организации элеваторно-складского хозяйства и хранения зерна играл Госбанк СССР, при котором в 1922 г. был образован Хлебный отдел. В мае 1923 г. Совнарком СССР передал Госбанку для налаживания хлебного экспорта 5 портовых элеваторов (Ленинградский, Одесский, Новороссийский, Николаевский, Ростовский) емкостью 200 тыс. т, а в апреле 1924 г. – все внутренние элеваторы и зернохранилища, ранее принадлежавшие Нар-компроду. Кроме портовых, Госбанк получил 91 линейный элеватор и 39 крупных зернохранилищ общей емкостью 1048 тыс. т, а в 1925-1926 гг. построил еще 23 элеватора, которые проводили заготовки хлеба, складские и зерноочистительные операции, а также выдавали ссуды крестьянам под залог зерна. Помимо Госбанка, строительство зернохранилищ вели «Хлебопродукт», потребительская и сельскохозяйственная кооперация. Типовой элеватор 1924 г. емкостью 1050 т (в 1925 г. она была увеличена до 1385 т) имел деревянные силосы на кирпичных и железобетонных колоннах. Зерно принималось с гужевого транспорта и взвешивалось на ковшовых весах.

Всего до начала первой пятилетки основными заготовителями было построено 196 и достроено 11 элеваторов, из которых 65 % приходится на южные, 23 % – на восточные и 12 % – на центральные районы.

Таким образом, техническая база для заготовки и хранения зерна неуклонно росла, и, хотя преобладали элеваторы небольшой емкости (от 800 до 2 тыс. т), она в основном удовлетворяла потребности государства, так как хлеб поступал от мелких крестьянских хозяйств почти в течение всего года.

Положение в корне изменилось с переходом сельского хозяйства на путь коллективизации, что привело к росту товарности зернового производства и проведению заготовок в более сжатые сроки. Уже в 1932 г. колхозы и совхозы дали 76,4 % валового производства зерна и 84,1 % хлебозаготовок, а накануне войны на долю социалистического сектора приходилось 97 % государственного хлебного фонда. Бурные темпы индустриализации страны и потребности обороны диктовали значительное увеличение государственных хлебозаготовок, которые по темпам роста опережали рост зернового производства. В конце второй пятилетки государственный хлебный фонд почти втрое превышал заготовки до колхозного периода, а в предвоенном 1940 г. он составил 36,4 млн. т.

Причем хлеб колхозов и совхозов непосредственно с полей и токов поступал в государственные хранилища. Благодаря росту заготовок страна не только удовлетворяла текущие потребности в хлебопродуктах, но и смогла создать продовольственный резерв в размере 6142 тыс. т.

Все это резко повысило значение материально-технической базы заготовок и хранения зерна. Потребовались значительно большие емкости, возникла необходимость быстро подвергать обработке огромные массы зерна, правильно размещать их на период хранения и умело транспортировать. Естественно, что примитивная техническая база элеваторно-складского хозяйства, унаследованная от дореволюционной России, не могла удовлетворять требованиям планового социалистического хозяйства. Хотя за годы первой пятилетки было построено 360 элеваторов общей емкостью 870 тыс. т и зерносклады на 4 млн. т, обнаружился острый дефицит складской емкости, так как объем государственных заготовок

намного перерос имевшуюся в стране техническую базу. Это заставляло мобилизовать для хранения хлеба различные складские помещения, нередко мало приспособленные, часть зерна содержалась в бунтах, а иногда прямо ссыпалась на землю, что вызывало большие потери. В 1930 г. вся сеть элеваторов и зерноскладов (кроме портовых) была передана «Союзхлебу», а в 1932 г. сконцентрирована во Всесоюзном объединении «Заготзерно». К 1932 г. в СССР имелось уже 574 элеватора общей емкостью свыше 2 млн. т. За 1932-1935 гг., по неполным данным, на строительство элеваторов было ассигновано 324 млн. руб., и к началу 1936 г. емкость элеваторов и механизированных зерноскладов, только находившихся в ведении Комитета заготовок, составляла около 3 млн. т. Однако этот рост был все же недостаточен для приема и хранения зерна, особенно в восточных районах страны, которые накануне войны давали свыше 1/4 всего хлебного фонда. В 1935 г. специальная комиссия ЦК ВКП(б) разработала рассчитанный на 3 года план строительства элеваторов и механизированных зерноскладов емкостью в 9 млн. т, в том числе 78 терминальных элеваторов для концентрации крупных масс зерна и 700 элеваторов и складов на заготовительных пунктах. За годы довоенных пятилеток элеваторно-складское хозяйство нашей страны обновилось более чем на 90 %.

На 1 января 1941 г. только Наркомат заготовок СССР располагал элеваторами емкостью в 4228 тыс. т и механизированными складами на 1592 тыс. т, а общая емкость зернохранилищ составляла 35,8 млн. т (из них 80 % приходится на собственные зернохранилища). Значительно улучшились и технические качества элеваторов: увеличилась их емкость (в 1939 г. ГИ Промзер-нопроект разработал тип элеватора ДЛ-5500 емкостью до 11 тыс. т), производительность норий, мощность зерноочистительного и зерносушильного оборудования. На большинстве хлебоприемных пунктов имелись лаборатории, что позволило повысить кондиционность принимаемого зерна. Накануне войны резко сократилось бунтовое содержание зерна, в результате чего уменьшились потери при хранении. За годы пятилеток изменилось и географическое размещение элеваторно-склад-

ской сети. Большое количество элеваторов и зерноскладов было построено в восточных производящих районах (Сибирь, Казахстан) и в потребляющих районах (индустриальные центры, хлопководческие районы Средней Азии и так далее). К 1941 г. за Уралом находилось уже около 1/3 всей складской емкости, тогда как до революции в азиатской части страны имелось всего три элеватора. Был построен ряд новых портовых элеваторов (в Жданове, Херсоне, Мурманске и других). Несмотря на эти успехи, техническая база хранения все же отставала от потребностей растущего хлебного фонда, в частности потому, что на долю элеваторов и механизированных зерноскладов к 1941 г. приходилось менее 1/6 всей складской емкости. Дальнейшему развитию материально-технической базы заготовок и хранения зерна, помешала немецко-фашистская агрессия. В ходе Великой Отечественной войны элеваторно-складскому хозяйству был нанесен большой урон. Было уничтожено 9460 и повреждено 2258 элеваторов и других зернохранилищ. Потери в емкости только по системе заготовок составили 15 млн. т, в том числе элеваторов и механизированных складов 3,7 млн. т. Восстановление разрушенных зернохранилищ и строительство новых было начато сразу же после освобождения территорий, временно оккупированных немецко-фашистскими захватчиками. В результате уже к 1951 г. емкость элеваторов и складов в системе Министерства заготовок составила 125 % к довоенному уровню. Кроме этой емкости, в стране имелось значительное количество хранилищ, находящихся в ведении предприятий пищевой промышленности, перерабатывающей зерно, совхозов и колхозов. Однако для нормального и наиболее экономически выгодного размещения продовольственного, фуражного и семенного зерна этих емкостей оказалось недостаточно. Резкое увеличение производства зерна в стране, создание новой зерновой базы в результате освоения целинных и залежных земель привели к нехватке хранилищ. На основе директив февральско-мартовского (1954 г.) Пленума ЦК КПСС Совет Министров СССР 7 июня 1954 г. принял постановление «О строительстве элеваторов и зернохранилищ Министерства заготовок в районах освоения целинных и залежных земель». За период с 1954 г. по 1968 г. только в Казахской ССР емкость зернохранилищ

увеличилась в 6,2 раза, в том числе механизированных в 31,6 раза. Уже к 1965 г. емкость зернохранилищ на предприятиях отрасли хлебопродуктов и комбикормовой промышленности составила 95,9 млн. т, причем удельный вес механизированной емкости составил 69,6 % против 14,4 % в 1954 г. (в том числе емкость элеваторов 12,8 млн. т, или 13,3 %). За 8-ю пятилетку (1966-1970 гг.) общая емкость зернохранилищ выросла еще на 21,8 %, а удельный вес механизированных зернохранилищ увеличился до 86,6 %, в том числе элеваторов – до 18,5 %. По сравнению с 1940 г. емкость зернохранилищ увеличилась в 3,4 раза. На начало 1971 г. на хлебоприемных предприятиях имелось 6200 механизированных поточных линий по приему и обработке кукурузы. Основные производственные фонды хлебоприемных предприятий только за период восьмой пятилетки выросли на 35,8 % и составили на 1 января 1971 г. 5,9 млрд. руб. Уже к началу 1969 г. на хлебоприемных предприятиях эксплуатировалось 8132 зерносушилки общей производительностью около 120 тыс. т/ч, а общая мощность парка зерноочистительных машин составила 400 тыс. т/ч. По плану девятой пятилетки на развитие материально-технической базы заготовок направляется на 30 % больше средств, чем в восьмой пятилетке.

Развитие технического прогресса в нашей стране совершенно изменило технические и технологические характеристики вновь сооружаемых элеваторов и складов. Возросли не только их емкости и техническое оснащение, найдены и новые конструктивные решения. Все элеваторы строятся из железобетона (рисунок 2.5).





Рисунок 2.5 – Современный элеватор из железобетона

В отрасли хлебопродуктов склады возводят теперь только из долговечных и негорючих материалов – камня, кирпича и сборного железобетона.

Сооружаются и крупные силосы из металла. Заметно возрастают емкости хранилищ в небольших сельхозпредприятиях (рисунок 2.6).

Создание новой технической базы хранения и скопления больших масс товарного зерна в руках государства показали, что старые технологические приемы не обеспечивают хранения зерна без существенных потерь. Такое же положение создалось и при хранении крупных партий посевного материала в государственных складах, совхозных и колхозных хранилищах.

При организации хранения больших масс зерна возникли новые, ранее неизвестные или малоизученные трудности. Так, применение комбайнов для уборки урожая привело к поступлению на хлебоприемные пункты зерна, требовавшего особого подхода к организации его хранения.

Скопление больших масс свежесобранного зерна в сельском хозяйстве и на хлебоприемных предприятиях привело к распространению в нем клещей, между тем происхождение этих вредителей и меры борьбы с ними не были известны.



Рисунок 2.6 – Элеватор с silосами из металла для предприятий малой мощности

Участились случаи заражения зерна вредителями-насекомыми (долгоносиками и другими), а также самосогревания больших партий, хранимых в элеваторах и складах. Возникли и другие трудности при организации сушки, очистки, обеззараживании зерновых масс, перемещении их при помощи механизмов и тому подобное.

С большими трудностями осуществлялось также хранение и продуктов переработки зерна – муки и крупы. Прогоркание этих продуктов, заражение вредителями, порча в результате развития микроорганизмов, слеживание и вообще изменение исходных свойств в период хранения требовали в интересах советского потребителя организации хранения их на научных основах. Все это привело к необходимости научного подхода к организации хранения зерна и зерновых продуктов, неотложного изучения различных свойств зерновых масс, муки и крупы, происходящих в них процессов.

В основу исследования проблем в области хранения зерновых масс и зерновых продуктов было положено изучение этих объектов как комплекса различных живых организмов. В ходе изучения было выяснено, как окружающая среда влияет на процессы жизнедеятельности зерна, а также семян сорных растений,

микроорганизмов, насекомых и клещей, населяющих зерновую массу.

Процессы, связанные с жизнедеятельностью зерна и семян при хранении, изучали многие исследователи. Отдельные положения по этим вопросам мы находим в работах К. А. Тимирязева, И. В. Мичурина и других. Однако глубокое изучение биохимических процессов, происходящих в зерне при его созревании и хранении, было проведено Институтом биохимии Академии наук СССР, возглавляемым академиком А. Н. Бахом. Работы А. Н. Баха и академика А. И. Опарина по изучению активности ферментов зерна в различных фазах спелости явились огромным вкладом в науку о зерне.

В этом же институте профессором В. Л. Кретовичем были проведены обширные исследования для установления зависимости дыхания семян различных культур от их влажности, температуры хранения и доступа воздуха, а также для выявления сущности послеуборочного дозревания зерна.

Изучение физиологических свойств зерна проводилось также во Всесоюзном научно-исследовательском институте зерна под руководством Н. И. Соседова. Изучением физиологических процессов в зерне при хранении занимались также в Московском государственном университете и многих других научных учреждениях. Все эти работы, а также труды зарубежных ученых обобщены В. Л. Кретовичем в его монографии «Физиолого-биохимические основы хранения зерна».

Порча и понижение качества зерна при хранении в результате воздействия на него микроорганизмов, а также явление самосогревания зерновых масс привлекли внимание крупнейших микробиологов нашей страны. Работы в этом направлении возглавил в тридцатые годы прошлого века Институт микробиологии Академии наук СССР. Академик Б. Л. Исаченко и его сотрудники были пионерами в области глубокого изучения природы самосогревания зерновых масс, видового состава микрофлоры и ее динамики.

Весьма обстоятельные работы по изучению динамики микрофлоры зерновых масс различного качества и состояния при их хранении и обработке велись

в течение ряда лет (1932-1939 гг.) во Всесоюзном научно-исследовательском институте зерна под руководством профессора Е. Н. Мишустина и Н. П. Михаловского.

Вообще в разработке научных основ хранения зерна большую роль сыграла и русская школа товароведения, которую возглавляли крупнейшие ученые нашей страны Я. Я. Никитинский (отец) и Ф. В. Цереветинов.

Среди многочисленных исследователей микрофлоры зерна обходимо отметить также Е. А. Агрономова, М. С. Дунина и других, исследовавших фузариозы зерна и установивших влияние этой группы грибов на сохранность зерновой массы. Интересные работы по изучению микрофлоры зерна, хранящегося длительный срок, были выполнены в научно-исследовательских организациях системы продовольственных и материальных резервов.

Механизация процессов обработки больших масс зерна, их транспортирования и размещения привела к необходимости наряду с исследованием физиологических явлений изучать и физические свойства; сорбционную способность, теплопроводность, теплоемкость, сыпучесть и другое.

В результате работ В. Л. Кретовича (АН СССР), Н. И. Соседова (ВНИИЗ), Г. П. Пузрина и А. Я. Венгерова (УкрНИИЗ), И. Я. Бахарева (РостНИИЗ) и других получено ясное представление о сорбционных свойствах зерновой массы, имеющих исключительное значение при хранении зерна и в процессе технологической обработки (сушки, газации и тому подобного).

Вопросы теплообмена в зерновой массе при хранении изучали во ВНИИЗ, Физическом институте Саратовского государственного университета, Московском технологическом институте пищевой промышленности и других научных и учебных учреждениях.

Достаточно подробно изучены физические свойства муки и процессы, происходящие при ее хранении. Из довольно многочисленных работ в этой области необходимо отметить исследования профессора Н. П. Козминой, посвященные изучению созревания пшеничной муки, и работы в этом же направлении профес-

сора А. И. Островского. Советские специалисты разработали режимы долгосрочного хранения зерна, режимы хранения посевного материала, муки, новые способы активного вентилирования зерновых масс, дезинсекции зерновых продуктов. Созданы прогрессивные технологические схемы обработки больших масс зерна в потоке и многое другое.

Огромная работа была проведена для изучения особенностей зерна, поступающего на хлебоприемные предприятия в районах целинных и залежных земель сразу же с поля из-под комбайна. В условиях сырой осени в большинстве случаев только быстрая обработка зерна на хлебоприемных предприятиях может спасти его от порчи. Для нормализации работы машин и агрегатов, обрабатывающих это зерно, и последующего его размещения потребовалось изучение особенностей физических и физиологических свойств зерновых масс. На основе этого изучения и были созданы поточные линии обработки.

Серьезные проблемы возникли в связи с повышением масличности семян подсолнечника. В результате исключительных достижений советских селекционеров (Героя Социалистического Труда академика В. С. Пустовойта и других) масличность семян подсолнечника достигла 42-49 % и более против 26-30 % в 1940 г. Однако семена высокомасличных сортов подсолнечника стали труднохранимым объектом. Уже при влажности 8-9 % масса таких семян легко подвержена самосогреванию. В связи с этим возникла необходимость срочного изучения партий семян высокомасличного подсолнечника как объектов хранения и разработки мероприятий для их сохранности. Исследования в области борьбы с потерями зерна и зерновых продуктов при хранении продолжаются и в настоящее время. Понятно, что в кратком обзоре развития науки о хранении зерна и зерновых продуктов не представляется возможным осветить все работы, производимые в указанной области. На многие из них даются ссылки в различных главах настоящего учебного пособия и в списке литературы.

Хранение зерна и зерновых продуктов в том или ином объеме изучается во многих высших учебных заведениях. Теория и практика хранения этих продуктов должны быть хорошо знакомы будущим товароведом по продовольственным

товарам, экономистам агропромышленного комплекса и торговли, инженерам-технологам многих отраслей пищевой промышленности (маслоэкстракционной, крахмалопаточной, хлебопекарной, пищевых концентратной, спиртовой и других). Особенно глубокое знание вопросов технологии хранения зерна необходимо специалистам в области хранения зерна, мукомольно-крупяной и комбикормовой промышленности, для которых и подготовлено настоящее учебное пособие. Хорошие знания по хранению семенных и продовольственно-фуражных фондов должны иметь агрономы. В торгово-экономических учебных заведениях вопросы хранения излагаются в курсе товароведения, в сельскохозяйственных – в курсе хранения и технологии сельскохозяйственных продуктов. Герой Социалистического Труда, академик А. И. Опарин в одной из своих работ писал: «Теперь, когда мы допускаем при хранении излишние потери, нам трудно сослаться на незнание процессов, протекающих в зерновых продуктах. Все, что сделано наукой, должно быть использовано практикой».

Опыт работы передовых элеваторов, хлебоприемных предприятий и баз системы хлебопродуктов, организующих хранение зерновых продуктов на научных основах, показывает, что потери могут быть минимальными и даже ниже установленных правительством норм естественной убыли. Необходимо отметить, что за последние годы проблемам сохранности зерновых масс и зерновых продуктов и сокращению их потерь уделяется огромное внимание во всем мире.

## **2.1 Контрольные вопросы**

1. Чем была вызвана необходимость хранения зерновых продуктов?
2. Какие способы хранения зерна использовались в древности?
3. Как было организовано хранение зерна при феодальном строе?
4. Для чего и кем были учреждены житные дворы на Руси?
5. Какие улучшения организации хранения хлебных запасов были введены Петром I?

6. Какие правила хранения зерна использовались в 18 веке на Руси?
7. Как была организована система хранения зерна в царской России в период Столыпинских реформ?
8. Охарактеризуйте развитие системы хранения зерна в советской России.
9. Специалисты, каких отраслей должны владеть знаниями в области хранения зерна и зерновых продуктов?
10. Какие ученые и какой вклад внесли в развитие учения о хранении зерновых продуктов?

### **3 Общая характеристика свойств зерновой массы и факторы, влияющие на ее состав при поступлении на хранение**

#### **3.1 Состав зерновой массы**

Поставка и продажа зерна, как правило, осуществляется партиями различных размеров. **Партия** – это определенное количество однородного по качеству зерна (зерновой массы), подтвержденного одним документом о качестве и предназначенного к одновременной отгрузке или хранению. Однородная по внешним признакам и показателям качества зерновая масса при внимательном ее исследовании показывает, что она представляет совокупность значительного числа компонентов. Основой всякой зерновой массы являются зерна (семена) определенного ботанического рода, по названию которого называется и партия зерна или семян (ячмень, рожь, пшеница и тому подобное).

По классификации, изложенной в стандартах, эти зерна в случае их доброкачественности относятся к категории основного зерна или, иначе говоря, к зернам **основной культуры**. К этой группе также относят зерна других культурных растений, которые по характеру использования и ценности сходны с зерном основной культуры (таблица 3.1).

Следующая составляющая зерновой массы – это различные фракции **примесей минерального (галька, песок, земля, металломагнитные примеси и так далее) и органического происхождения (в том числе и семена дикорастущих и культурных растений, не отнесенные к основному зерну)**.

**Микроорганизмы** являются постоянными спутниками зерновой массы, и по их количеству и виду можно судить о процессах, протекающих в зерне и о его свежести. Неоднородность зерен и примесей по форме и размерам приводит к тому, что в зерновой массе между твердыми частицами всегда образуются промежутки называемые **скважинами**.



Воздух, содержащийся в межзерновых пространствах, существенно влияет на все компоненты зерновой массы. Он видоизменяется сам и может существенно отличаться по своему составу, температуре и давлению от воздуха атмосферы. Поэтому его также относят к числу компонентов зерновой массы.

Таблица 3.1 – Состав зерновой массы

Зерновая масса			
Зерно основной культуры	К этой группе также относят зерна других культурных растений, которые по характеру использования и ценности сходны с зерном основной культуры		
Примеси	Минерального происхождения	Органического происхождения	
	галька, песок, земля, металломагнитные примеси и так далее	семена дикорастущих и культурных растений не отнесенные к основному зерну	
Микроорганизмы	фитопатогенные	сапрофитные	патогенные
Воздух межзерновых пространств	Количество и объем воздуха содержащегося в зерновой массе зависит от ее скважистости		
Вредители хлебных запасов	Клещи, насекомые		

Кроме этих постоянных компонентов в отдельных партиях зерна, зараженных вредителями, в зерновых массах появляется еще одно живое начало – **насекомые и клещи**. Поскольку зерновая масса для них является средой, в которой они существуют и влияют на ее состояние, их необходимо рассматривать как пятый дополнительный и крайне нежелательный компонент. Таким образом, в состав зерновой массы входят:

- зерно основной культуры различной крупности, выполненности и состояния, а также и зерна (семена) других культурных растений, которые по характеру использования и ценности сходны с зерном основной культуры;

- различные фракции примесей минерального и органического происхождения (в том числе и семена дикорастущих и культурных растений, не отнесенные к основному зерну);

- микроорганизмы;

- воздух межзерновых пространств;

- насекомые и клещи.

Содержание в зерновой массе столь различных по своей природе компонентов придает ей много специфических свойств, которые при хранении обязательно должны быть учтены. Работая с зерновыми массами, прежде всего, необходимо помнить, что каждая из них представляет комплекс живых организмов. Изучение свойств зерновой массы показало, что по своей природе они могут быть разделены на две группы: физические и физиологические. Ясное представление об этих свойствах и взаимосвязях зерновой массы с окружающей ее средой при хранении позволяет избежать потерь в массе и качестве зерна в промышленных хранилищах.

### **3.2 Факторы, влияющие на состав и свойства зерновой массы**

Учитывая то, что территория России огромна и включает несколько климатических зон, основными условиями, определяющими качество зерна и особенности физических и физиологических свойств зерновых масс, поступающих на хлебоприемные и перерабатывающие предприятия, являются:

- сортовые особенности зерна;

- трансгенные свойства зерна;

- условия развития растения и формирования зерна;

- условия уборки урожая;

- условия хранения зерновых масс в первый период после уборки урожая и транспортирования на хлебоприемный пункт.

### **1 Сортовые особенности зерна.**

В зависимости от сорта зерна изменяется скважистость зерновой массы, сыпучесть, физиологическая активность, посевные качества семян. Установлено также, что в пределах одной культуры (то есть в пределах одного рода) семена различных сортов при всех прочих равных условиях хранения могут обладать разной физиологической активностью, то есть иметь неодинаковую интенсивность дыхания.

**От посевных качеств семян:** всхожести, энергии прорастания, количества и состава примесей («живого сора»), наличия бактериальных и грибных заболеваний – также в значительной степени будут зависеть состав и свойства зерновой массы.

От сорта зерна зависят мукомольные, хлебопекарные, фуражные и другие показатели качества зерновых продуктов. Известно, что каждый сорт зерна или семян, кроме ряда свойств, которые учитываются в сельском хозяйстве (урожайность, вегетационный период, устойчивость против поражения болезнями и вредителями и многие другие), имеет и различные потребительские признаки. Так, разные сорта пшеницы обладают различными мукомольными и хлебопекарными качествами; ярко выраженными технологическими особенностями и фуражными достоинствами обладают многие сорта и гибриды кукурузы; весьма отличны по пивоваренным качествам разные сорта ячменя; разные сорта семян льна содержат жиры различного качества; резко различны по содержанию жира семена подсолнечника разных сортов; при переработке тех или иных сортов овса, ячменя, риса, проса получается крупа, обладающая разными потребительскими достоинствами, и так далее.

В связи с этим на хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятиях зерно размещают отдельно с учетом сортовых особенностей. Также при

расчетах с поставщиками за зерно высших сортов выплачивается соответствующая надбавка. Поэтому прием, обработка, хранение и отпуск семенных фондов требует от работников системы хранения хорошего знания сортов, системы семеноводства и режимов хранения зерна.

## **2 Трансгенные свойства зерна.**

С целью повышения урожайности и увеличения объемов производства зерна все больше в мировой практике используется генная инженерия. Под генной инженерией понимают целенаправленное использование генетических программ половых клеток с целью придания исходным формам организмов новых форм органов – генетически модифицированных источников пищи (трансгенных растений). Трансгенная модификация позволяет растениям приобрести такие свойства как: морозоустойчивость, засухоустойчивость, устойчивость к гербицидам, болезням, насекомым, поражающим растениям, а все это в целом позволяет повысить урожайность и устойчивость культуры к хранению.

## **3 Условия развития растения и формирования зерна.**

Условия развития растения существенным образом влияют на размеры урожая, его качество и состояние зерновой массы при поступлении ее в хранилища. Изменяются химический состав зерна, его структура, выполненность, крупность и другие технологические показатели качества. Также оказывают влияние на качество зерна и вносимые в почву удобрения. Значительно отражаются на качестве зерна даже **климатические особенности** данного года. Если в предуборочный и уборочный периоды выпадает большое количество осадков, на хлебоприемные предприятия поступает зерно повышенной влажности, менее стойкое при хранении. Напротив, в засушливые годы зерно поступает в сухом состоянии, а если засуха была в период созревания хлебов, налив прекращается, зерно остается невыполненным (щуплым). Наблюдаемые в северных и северо-восточных районах России ранние заморозки тоже нарушают нормальное формирование зерна. В этих случаях на хлебоприемные предприятия поступает зерно, захваченное на корню морозом (морозобойное), обладающее пониженными технологическими качествами и менее стойкое при хранении. Зерно на корню может

быть поражено теми или иными **полевыми вредителями**. Примером могут служить вредные клопы-черепашки, в результате укусов которых значительно ухудшаются хлебопекарные качества зерна пшеницы и снижается урожай. Весьма различной может быть степень **засоренности** отдельных партий зерна. Наличие некоторых примесей (особенно относимых к вредной) вызывает необходимость специфической обработки такой партии и отдельного ее размещения. Возможно воздействие микробов на различные части растений в период их развития в поле и непосредственно на зерно в период его формирования (действие бактериозов и микозов зерна). В результате этих воздействий снижается урожайность и ухудшается качество зерна.

#### **4 Условия уборки урожая.**

Погода в период уборки, техника уборочных работ и сроки их проведения влияют на валовые сборы зерна и его качество, в результате чего нужно проводить те или иные мероприятия, обеспечивающие сохранность зерновых масс. В нашей стране принята система уборки зерновых культур в сжатые сроки, что позволяет сократить потери зерна при этом до минимума. При наличии необходимой техники и кадров уборка зерновых (за исключением кукурузы), организованная в оптимальные сроки, заканчивается в хозяйствах в 10-12 дней. Уборка зерновых культур почти повсюду производится комбайнами. Сам процесс уборки может быть однофазным и раздельным. При **однофазной уборке** скашивают растения и вымолачивают зерно в один прием. При **раздельном** способе растения вначале скашивают, а затем после дозревания и подсыхания в валках подбирают комбайнами и обмолачивают. К раздельной уборке приступают в период наступления середины восковой спелости. Высота скашивания растений от 15 до 25 см. При благоприятных погодных условиях зерно в валках подсыхает и несколько дозревает, это происходит в течение 3-5 дней. Раздельная уборка имеет ряд преимуществ. Так, представляется возможным начать косовицу на 6-7 дней раньше, чем при прямом комбайнировании, и закончить ее в более короткие сроки. Это позволяет свести к минимуму потери зерна в результате осыпания. Кроме того, более ранняя уборка дает возможность в лучшие сроки провести

лущение стерни, вспашку зяби под урожай следующего года. При отдельной уборке обычно получают более сухое и более чистое зерно. При хорошей агротехнике и чистых полях многие партии такого зерна не требуют дополнительной очистки и сушки. Отдельная уборка позволяет предохранить зерно от ранней наступающих заморозков в районах Сибири. В южных районах при своевременном проведении отдельной уборки меньший вред зерну наносит клоп-черепашка. Несмотря на то, что при отдельной уборке машины два раза проходят по одному и тому же полю, этот способ экономически выгоден. Лишние затраты покрываются большим урожаем, сокращается в ряде случаев необходимость дополнительной очистки и сушки зерна, улучшается и качество зерна. Однако по ряду причин применяется и уборка прямым комбайнированием. При выборе способа уборки учитывают состояние хлебов, погодные условия и другие факторы, влияющие на организацию работы на полях.

#### **5 Условия хранения зерна в первый период после уборки урожая, условия его транспортирования на хлебоприемные предприятия.**

Причиной заражения зерна нового урожая вредителями хлебных запасов может быть хранение его в ворохах на токах и полевых площадках, плохо очищенных от прошлогодних органических остатков (мякины, соломы и тому подобное). Если за таким зерном нет наблюдения и ухода, возможны его увлажнение и самосогревание. Эти процессы начинаются в свежесобранном зерне очень быстро. Все это происходит по причине того, что после обмолота на хлебоприемные предприятия доставляется только часть зерна. Значительное количество зерна проходит стадию предварительного хранения на токах или в складах сельхозпредприятий. Эта стадия для отдельных партий зерна может длиться от нескольких часов и суток до месяца и более. В таких случаях возможно заражение зерна насекомыми и клещами, а при неблагоприятной погоде – увлажнение его, которое нередко сопровождается развитием микроорганизмов.

По причине увлажнения бывают случаи доставки на хлебоприемное предприятие зерна в греющемся состоянии, что недопустимо по условиям государственного нормирования. Понижение качества зерна также может произойти при

перевозках в результате заражения вредителями, загрязнения, развития микроорганизмов. Всегда нужно помнить, что стойкость зерна при хранении в значительной мере зависит от условий, в которых оно находилось сразу после уборки урожая. Неправильное обращение с зерном приводит к повышенным потерям. Часть собранного урожая утрачивается, главным образом, вследствие значительно возрастающих при небрежном обращении с ним физиологических процессов. В результате сдачи некондиционного зерна уменьшаются также и доходы хозяйств, так как при этом взимается плата за очистку и сушку, а также производится скидка с массы. Принятое хлебоприемными предприятиями некондиционное зерно нуждается в срочной обработке – очистке, сушке, обеззараживании. Нередко возникает необходимость в дополнительных емкостях для хранения, так как некондиционное зерно приходится размещать отдельно и часто небольшим слоем насыпи в складе. Если партия некондиционного зерна обработана с опозданием (что может случиться при массовом поступлении такого зерна или при неправильной организации работ на предприятии), то быстро снижается ее качество.

Ввиду того, что на хранение поступает зерно различного состояния и качества умение правильно и точно определить качество поступившей партии облегчает все дальнейшие мероприятия: наблюдение за состоянием при хранении, дополнительную обработку, подготовку однородных по качеству партий, отпуск и отгрузку различным потребителям.

### **3.3 Физические свойства зерновых масс и зерновых продуктов**

Зерновая масса и зерновые продукты обладают определенными физическими свойствами, которые необходимо учитывать при их транспортировке, обработке, переработке и хранении. Знание и умелое использование этих свойств позволит сократить потери, улучшить качество продукта и снизить издержки во

всех отраслях народного хозяйства, связанных с производством и использованием зерна. Особое значение приобретает знание физических свойств зерновых продуктов при использовании механизации и автоматизации процессов обработки зерна в потоке, внедрении новых способов сушки, применения пневматического транспорта и хранения больших партий зерна в крупных хранилищах (силосах современных элеваторов, металлических бункерах и складах). Все эти процессы осуществляются с использованием таких физических свойств, как: сыпучесть и самосортирование, скважистость, способность к сорбции и десорбции различных паров и газов (сорбционную емкость), теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность и термовлагопроводность.

**Сыпучесть** – это способность зерновых продуктов двигаться по наклонной или вертикальной плоскости. Зерновые продукты представляет собой дисперсную двухфазную систему зерно – воздух и относятся к сыпучим материалам. Хорошая сыпучесть зерновых масс позволяет довольно легко перемещать их при помощи норий, транспортеров и пневмотранспортных установок, загружать в различные по размерам и форме хранилища и транспортные средства и, наконец, перемещать их, используя принцип самотека. Самотеки широко используют при хранении, переработке зерновых масс и на погрузочно-разгрузочных работах; на основе этого принципа все схемы технологического процесса на элеваторах, мукомольных и крупяных заводах построены по вертикали. Зерновая масса, поднятая норией на верхний этаж элеватора или мукомольного завода, самотеком спускается и по пути перемещения проходит через те или иные машины. При загрузке и разгрузке силосов элеваторов также используют принцип самотека. Степень заполнения хранилища зерновой массой зависит от сыпучести: чем она больше, тем быстрее и лучше заполняется силос. Сыпучесть учитывается и при статических расчетах хранилища.

Обычно сыпучесть зерновой массы характеризуют коэффициентами внешнего и внутреннего трения, определяемых путем измерения углов трения и естественного откоса. Под **углом трения** понимается наименьший угол, при котором



зерновая масса начинает скользить по какой-либо поверхности. Под углом **естественного откоса**, или, иначе, под **углом ската**, понимается угол между диаметром основания и образующей конуса, получающегося при свободном падении части зерновой массы на горизонтальную плоскость. На сыпучесть зерновой массы влияет много факторов. Основными из них являются гранулометрический состав и грануломорфологическая характеристика (форма, размеры, характер и состояние поверхности зерен), влажность; количество примесей и их видовой состав; материал, форма и состояние поверхности, по которой самотеком перемещают зерновую массу.

Наименьшим углом трения и естественного откоса, то есть наибольшей сыпучестью, обладают зерновые массы, состоящие из семян шарообразной формы с гладкой поверхностью (горох, просо, нут). На сыпучесть такой зерновой массы все остальные факторы влияют в значительно меньшей степени. Чем больше отклоняется форма зерен от шарообразной и чем более шероховата их поверхность, тем меньше сыпучесть зерновой массы. Примером может служить относительно малая сыпучесть зерновых масс риса-зерна, овса, некоторых сортов ячменя и других. На их сыпучесть существенное влияние оказывают и другие факторы: влажность, примеси и характер поверхности, по которой перемещают зерновую массу. Встречающиеся в зерновой массе примеси, как правило, понижают ее сыпучесть. При большом содержании легких примесей (соломы, мякины и тому подобных), а также при значительном содержании семян сорняков с цепкой и шероховатой поверхностью сыпучесть может быть почти потеряна. Такую зерновую массу без предварительной очистки не рекомендуется загружать в силосы – элеватора, так как при выпуске ее из последних могут забиться выпускные отверстия. С увеличением влажности зерновой массы ее сыпучесть значительно понижается. Исключение составляет зерновая масса из шаровидных зерен с гладкой поверхностью. В процессе хранения зерновых масс их сыпучесть может меняться, а при неблагоприятных условиях хранения может быть потеряна даже совсем (в результате самосогревания, слеживания и других причин). Поэтому по сыпучести в некоторой степени можно судить о состоянии зерновой массы при

хранении.

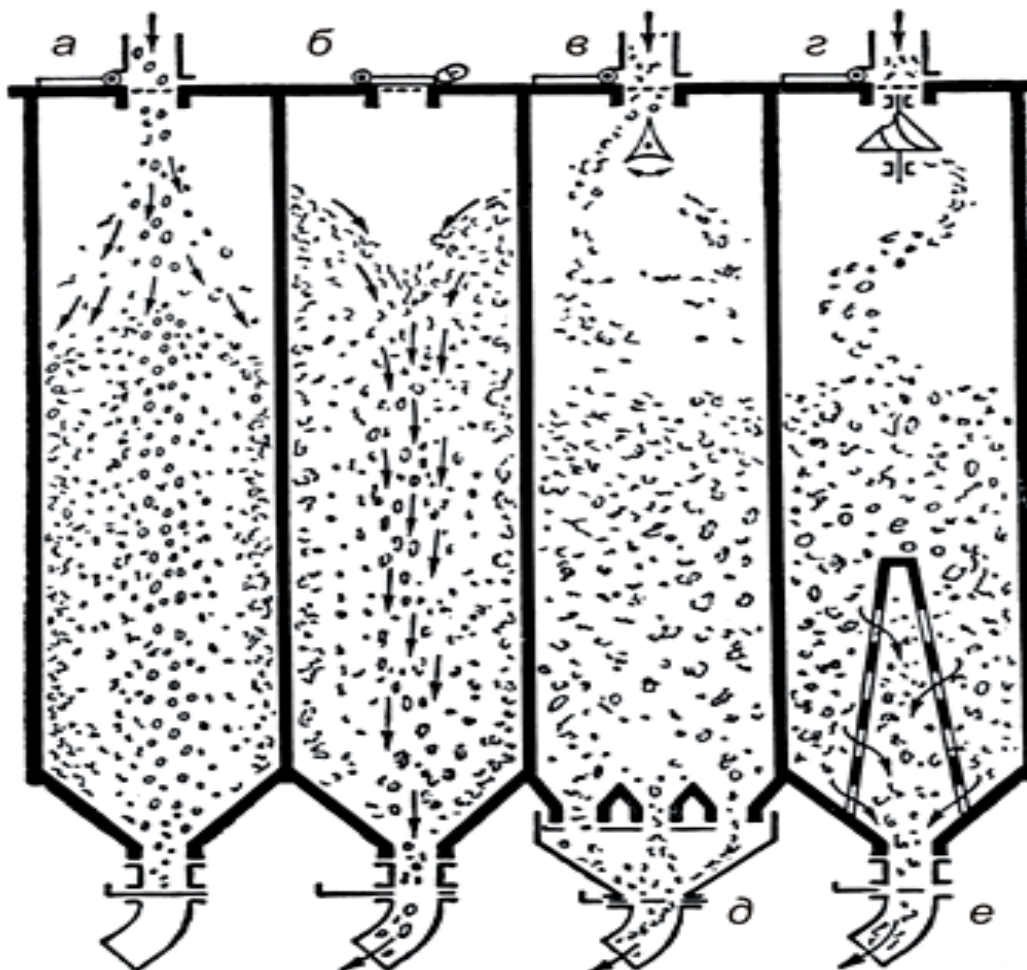
Сыпучесть зерновых масс учитывают при проектировании и эксплуатации зернохранилищ, мукомольных, крупяных и комбикормовых заводов, транспортных, погрузочно-разгрузочных устройств, самотеков днищ бункеров и силосов.

**Самосортирование** является следствием сыпучести зерновой массы и неоднородности входящих в нее твердых частиц. Всякое перемещение зерновой массы сопровождается ее самосортированием, то есть неравномерным распределением входящих в нее компонентов по отдельным участкам насыпи.

Самосортирование зависит от плотности и парусности твердых частиц, входящих в ее состав. Так, при встряхивании зерновой массы на ленте транспортера, при толчках, испытываемых ею во время перевозок, частицы, имеющие малую плотность (легкие примеси, семена в цветочных пленках, щуплые зерна и другие), перемещаются на поверхность и в верхние слои насыпи.

При свободном падении твердых частиц зерновой массы, например, во время загрузки силосов, самосортированию способствует парусность, то есть сопротивление, оказываемое воздухом перемещению каждой отдельной частицы. Крупные, выполненные, тяжелые зерна и примеси, обладающие большой плотностью и меньшей парусностью, падая в силос, опускаются отвесно и быстро достигают дна или поверхности насыпи. Щуплые мелкие зерна и примеси, имеющие небольшую массу 1000 зерен и плотность, и обладающие большой парусностью, опускаются значительно медленнее; они отбрасываются вихревыми движениями воздуха к стенам силосов или скатываются по поверхности конуса, образуемого зерновой массой. Наибольшее самосортирование зерновой массы наблюдается при загрузке в силосы элеватора и при выгрузке из них. Самосортирование создает предпосылки к возникновению в зерновой массе нежелательных явлений (самосогревание, слеживание и тому подобное). Самосортирование зерновой массы происходит как при загрузке силоса, так и при выпуске ее из него. Поэтому отдельные части партии, выпущенные из силоса в различное время, резко различаются по качеству. Характер самосортирования зерновой массы при выпуске из силоса элеватора зависит от формы силоса, отношения его

высоты к поперечному сечению и местоположения выпускного отверстия. Такая картина самосортировки представлена на рисунке 3.1. В практике хранения зерна выделяют три характерных случая истечения зерна из силоса: нормальное, асимметричное и симметричное.

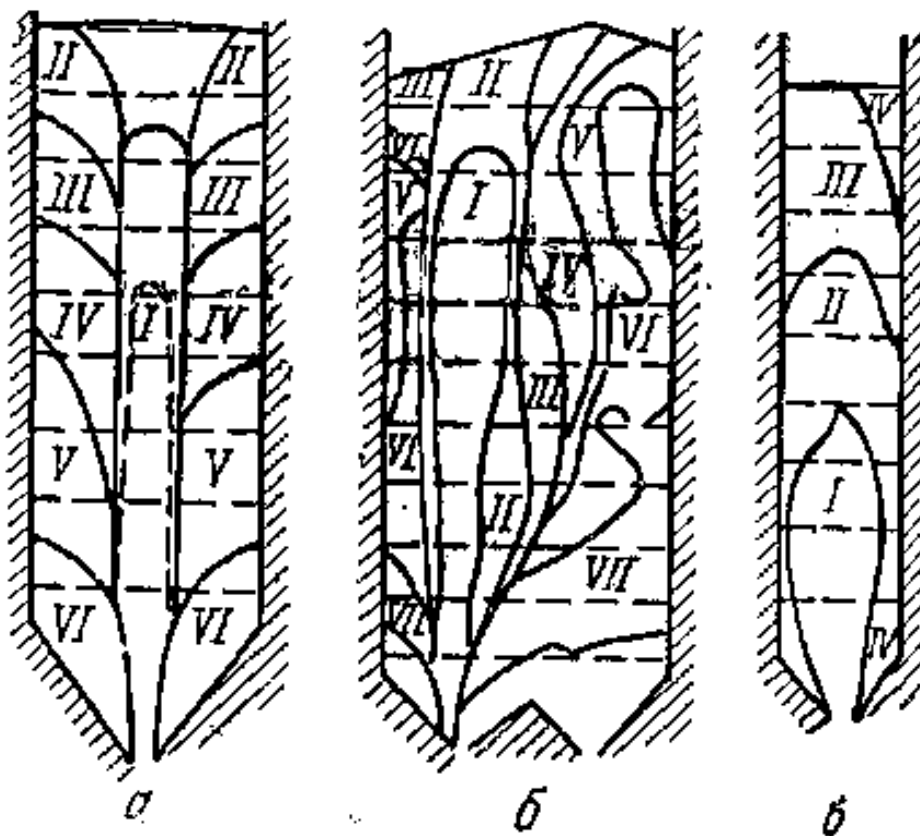


а – при заполнении силоса; б – при опорожнении силоса; в – качающийся  
 рассеиватель зерна; г – вращающийся конус с желобом; д – днище силоса  
 с несколькими выпускными отверстиями и сборной воронкой;  
 е – труба с отверстиями

Рисунок 3.1 – Самосортировки зерна

При **нормальном** истечении в первую очередь движется центральный вертикальный слой зерна, расположенный над выпускным отверстием. Постепенно в этот слой втягиваются верхние боковые слои. Такое истечение происходит в

силосах с симметрично расположенными загрузочными и выпускными отверстиями, диаметр которых относительно велик по сравнению с высотой. Поэтому основной центральный столб зерновой массы отличается от боковых слоев лучшим качеством. **Асимметричный** характер истечения наблюдается в силосах с большим диаметром, но при несимметричном расположении отверстий выпуска и загрузки. И в этом случае зерновая масса вытекает центральным столбом, в который одновременно вовлекается значительная масса боковых прилегающих слоев. **Симметричное истечение** наблюдается в узких силосах. Оно характеризуется одновременным движением всей зерновой массы с несколько более быстрым движением центрального столба. Когда в силосе остается примерно половина зерна, характер истечения постепенно становится нормальным (рисунок 3.2). Римскими цифрами на рисунке отмечен порядок истечения продукта.



а – нормальное; б – асимметричное; в – симметричное

Рисунок 3.2 – Схема различного истечения зерновой массы из элеватора

Таким образом, в результате самосортирования в зерновой массе, засыпанной на хранение, нарушается ее однородность, и создаются условия, способствующие развитию различных физиологических процессов, приводящих к частичной или полной порче зерна. Учитывая способность зерновой массы к самосортированию, необходимо во всех случаях строго придерживаться установленных правил отбора проб, из которых составляют исходный и средний образцы. В противном случае они не будут характеризовать среднее качество всей партии.

**Скважистость** зерновой массы – это отношение объема, занятого промежутками между твердыми частицами зерновой массы, к общему объему, занятому зерновой массой, выраженное в процентах. Промежутки между твердыми частицами в зерновой массе, заполненные воздухом, получили название скважин. Наличие скважин (межзерновых пространств) в зерновой массе влияет на многие физические и физиологические процессы, протекающие в ней. Так, воздух, перемещающийся по скважинам, способствует передаче тепла путем конвекции и перемещению влаги через зерновую массу в виде пара. Значительная газопроницаемость зерновых масс позволяет использовать это свойство для продувания их воздухом (при активном вентилировании) или вводить в них пары различных отравляющих веществ для обеззараживания (дезинсекции).

Запас воздуха в межзерновых пространствах нужен и для сохранения жизнеспособности семян. Таким образом, скважистость зерновых масс имеет техническое и физиологическое значение.

Для практики хранения зерновых масс имеет значение как общая величина скважистости, так и ее структура. Чем больший объем в зерновой массе занимают скважины, тем меньше ее плотность. Следовательно, для размещения зерновых масс с большой скважистостью необходима и большая по объему емкость зернохранилищ. Размер и форма скважин (крупные или мелкие скважины) влияют на воздухо- и газопроницаемость зерновой массы, ее сорбционные свойства, сопротивляемость воздуху при активном вентилировании.

Определение объемной массы зерна показывает, что скважины занимают в зерновой массе значительный объем. Так, известно, что при плотности зерна

пшеницы 1,2-1,4 (г/см<sup>3</sup>) ее объемная масса составляет 730-820 г/л. Понятно, что такая разница между плотностью и объемной массой является следствием неплотности укладки зерен и наличия между ними значительных межзерновых пространств. Скважистость зерновой массы, %, определяется по формуле:

$$S = \frac{W - V}{W} \cdot 100, \quad (3.1)$$

где  $W$  – общий объем, занимаемый зерновой массой, см<sup>3</sup>;

$V$  – истинный объем твердых частиц зерновой массы, см<sup>3</sup>.

Скважистость может быть выражена также формулой:

$$S = 100 - t = \left(100 - \frac{V}{W} \cdot 100\right), \quad (3.2)$$

где  $t$  – плотность укладки зерновой массы, %.

Скважистость зерновой массы зависит от формы, упругости, размеров и состояния поверхности зерен, от количества и состава примесей, от веса и влажности зерновой массы, формы и емкости хранилища. Зерновая масса обладает меньшей скважистостью, укладывается более плотно, если она имеет в своем составе крупные и мелкие зерна. Выровненные зерна, а также шероховатые или со сморщенной поверхностью укладываются менее плотно. При прочих равных условиях тонкие и короткие зерна укладываются более плотно, чем зерна другой формы. Крупные примеси обычно увеличивают скважистость зерновой массы, мелкие легко размещаются в межзерновых пространствах и уменьшают ее.

Скважистость возрастает с увеличением влажности зерновой массы. В случае увлажнения уже сложенного в хранилища зерна оно набухает, увеличивается в объеме, и в связи с этим зерновая масса несколько уплотняется. В результате значительно снижается сыпучесть, и создаются предпосылки к слеживанию. Таким образом, зная объем, занимаемый зерновой массой, и процент ее скважистости, легко установить объем находящегося в скважинах воздуха. При активном

вентиляции это количество воздуха принимается за один обмен.

В связи с самосортированием скважистость в различных участках зерновой массы может быть неодинаковой.

### 3.4 Сорбционные свойства

Зерновые продукты обладают способностью поглощать (**сорбировать**) из окружающей среды пары различных веществ и газы. Следует также отметить, что при определенных условиях они также способны к обратному процессу выделения (**десорбции**) этих веществ в окружающую среду.

В зерновой массе происходят такие сорбционные явления, как адсорбция, абсорбция, капиллярная конденсация и хемосорбция. Значительная сорбционная емкость зерновых продуктов объясняется двумя причинами: капиллярно-пористой коллоидной структурой и скважистостью зерновой. Зерновые продукты являются типичными капиллярно-пористыми коллоидными телами. Исследование структуры семян различных культур показало, что между клетками и тканями зерна имеются макро- и микрокапилляры и поры. Диаметр макропор равен  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  см, а микропор –  $10^{-7}$  см. Стенки макро- и микрокапилляров во внутренних слоях зерна являются активной поверхностью, участвующей в процессах сорбции молекул паров и газов. По системе макро- и микрокапилляров перемещаются сжиженные пары. Установлено, что активная поверхность зерна пшеницы, представленная площадью поверхности капилляров, примерно в 200000 раз превышает его истинную поверхность. Согласно данным Г. А. Егорова, величина активной поверхности зерна находится в пределах 200-250 м<sup>2</sup>/г. Сорбционные свойства зерна широко используются при организации сушки или активного вентилирования зерновых масс. Сорбция или десорбция паров воды чаще всего является причиной изменения влажности и веса хранимых или транспортируемых партий зерна.

Зерновые продукты характеризуются способностью весьма интенсивно

сорбировать пары и газы различных веществ, содержащихся в воздухе. В результате наблюдений было отмечено, что удаление газов (азота, углекислого газа, паров аммиака, карболовой кислоты и других) из зерна весьма затруднительно. С некоторыми из веществ, происходило химическое взаимодействие между веществами сорбента и поглощенным газом, то есть было отмечено явление **хемосорбции**. Такое явление характерно для фумигантов, используемых для обеззараживания зерна.

Следует отметить, что многие пары и газы сорбируются зерном довольно быстро. Достаточно нарушить правила перевозки зерна и поместить его в транспортные средства (автомобили, вагоны, суда), имеющие запахи нефтепродуктов, как перевозимая зерновая масса приобретает эти запахи, которые в дальнейшем практически невозможно полностью устранить. Известно также как прочно удерживает зерно сернистый газ и другие продукты, образующиеся при сгорании топлива и попадающие в сушильные камеры зерносушилок.

В качестве примера сорбции паров, имеющей значение в практике хранения, можно привести случаи приобретения зерновой массой запахов эфирных масел (полыни, кориандра, дикого чеснока и других). В случае засоренности посевов этими растениями при уборке урожая и обмолоте в зерновую массу попадают их части, содержащие эфирные масла.

Все химические средства, используемые для газовой дезинсекции зерна, обязательно оценивают по таким показателям, как степень их сорбции зерном и возможность быстрого и полного удаления из зерна (десорбции).

**Гигроскопичность** – это способность зерновой массы к сорбции и десорбции паров воды в процессе хранения и перевозок.

Увлажнение зерновой массы при хранении, наступающее в результате гигроскопичности, создает условия для жизнедеятельности зерна, микроорганизмов и других живых ее компонентов.

Влагообмен между зернами и окружающей средой (воздухом) может происходить в двух противоположных направлениях:



а) передача влаги от зерна воздуху – процесс **десорбции**; этот процесс происходит, если парциальное давление водяных паров у поверхности зерна больше парциального давления водяных паров в воздухе;

б) увлажнение в связи с поглощением влаги из окружающего воздуха – процесс **сорбции**; этот процесс происходит, если парциальное давление водяных паров у поверхности зерна меньше парциального давления водяных паров в воздухе.

**Равновесная влажность зерна** – это такая влажность зерна, при которой парциальные давления водяного пара в воздухе и над зерном равны и влагообмен между воздухом и зерном прекращается, так как наступает состояние динамического равновесия.

При постоянной температуре зависимость между влажностью зерна и давлением водяных паров в воздухе (или его относительной влажностью) выражается в виде изотерм сорбции и десорбции. Максимальная равновесная влажность зерна, устанавливающаяся при его пребывании в воздухе, насыщенном водяными парами (относительная влажность  $\varphi = 100\%$ ), является тем пределом, до которого зерно может сорбировать пары воды из воздуха. Дальнейшее увлажнение может происходить только в результате впитывания капельножидкой влаги. Если зерна, содержащие гигроскопическую влагу, поместить в атмосферу, совершенно свободную от водяных паров, и все время поддерживать ее в таком состоянии, то есть удалять пары, выделяемые зерном, то вся вода из зерен постепенно испарится.

Исследованиями установлено, что встречающаяся в практике равновесная влажность зерна всех злаковых культур и гречихи колеблется в пределах от 7 % до 33-36 %. Влажность зерна в 7 % является равновесной для воздуха, имеющего влажность 15-20 %; влажность зерна в 33-36 %, равновесная для воздуха, предельно насыщенного водяными парами (100 %).

Так, резко возрастает влажность зерна при контакте семян с воздухом, насыщенным водяными парами. Например в условиях относительной влажности воздуха 75 % равновесная влажность зерна злаковых находится на уровне 15-16

%, а при  $\phi = 80-100\%$  она достигает 33-36 %, то есть увеличивается в два раза.

Подобный процесс сорбции паров воды типичен для зерна и семян всех культур.

Изотермы сорбции и десорбции имеют одинаковый характер. По форме они напоминают букву S. Если влажность зерна низкая, то кривая изотермы вогнутой частью обращена к оси ординат, по которой отложены значения относительной влажности воздуха. В средней части она представляет почти прямую. При высокой влажности зерна (для зерновых 20-36 %) кривые более пологие и обращены вогнутостью к оси абсцисс.

Таким образом, изотермы сорбции зерна аналогичны изотермам других коллоидно-пористых материалов. Они подтверждают характер сорбционных явлений в зерне и показывают, что в условиях повышенной влажности воздуха большое значение имеет капиллярная конденсация.

Равновесная влажность зависит от климатических условий района хранения. С понижением температуры воздуха возрастает величина равновесной влажности. Также величина равновесной влажности зависит от химического состава зерна и семян. У масличных семян по мере увеличения масличности равновесная влажность снижается, и она ниже почти вдвое, чем у злаковых культур при всех равных условиях.

Это связано с меньшим содержанием гидрофильных коллоидов и большим содержанием жира в семенах масличных. Кроме всех перечисленных показателей на равновесную влажность оказывает влияние явление **сорбционного гистерезиса**, которое характеризуется несовпадением изотерм сорбции и десорбции. При анализе кривых равновесной влажности (рисунки 3.3, 3.4) видно, что различные продукты одного и того же зерна, находясь в состоянии равновесия с одной и той же средой, могут иметь различную влажность. Это обусловлено влиянием способа, которым достигается равновесие (увлажнение или подсушивание), и теми воздействиями, которые уже испытывали данный образец или партия зерна. Для зерна и продуктов его переработки изотерма десорбции в системе координат располагается выше, чем изотерма сорбции.

Поэтому влажность зерна, определяемая по изотерме сорбции, будет всегда меньше, чем по изотерме десорбции, для одной и той же относительной влажности воздуха. Другими словами, если зерно после сушки вновь подвергнуть увлажнению, то для получения той же равновесной влажности необходима более высокая влажность воздуха. Наибольшее расхождение между изотермами сорбции и десорбции наблюдается на участке с относительной влажностью воздуха от 20 % до 80 %.

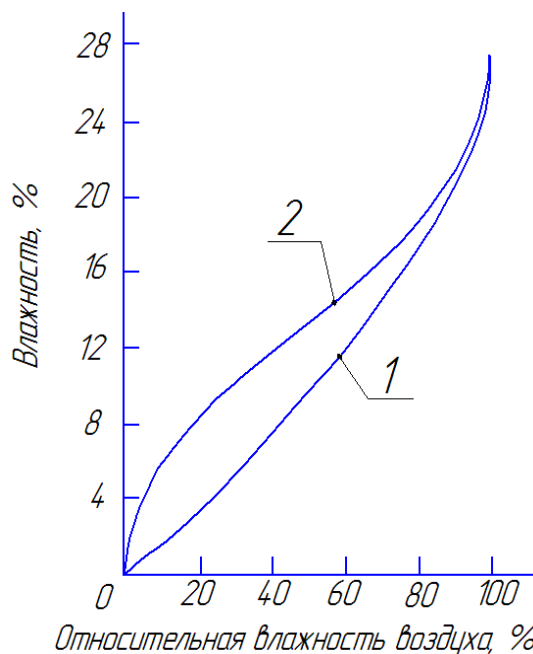


Рисунок 3.3 – Изотерма сорбции (1) и десорбции (2) зерна пшеницы

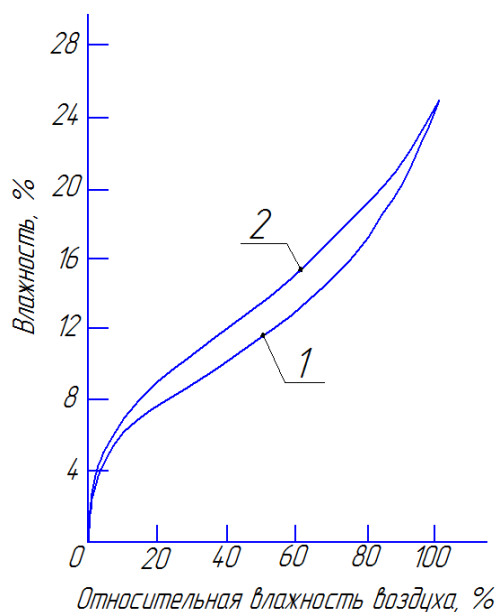


Рисунок 3.4 – Изотерма сорбции (1) и десорбции (2) пшеничной муки

Было установлено, что в результате сорбционного гистерезиса разница в равновесной влажности по изотермам сорбции и десорбции зерна пшеницы и пшеничной муки достигает 1,2-1,3 %.

В связи с явлением сорбционного гистерезиса в зерновой массе никогда не наблюдается естественного полного выравнивания влажности между отдельными зернами. Это обстоятельство необходимо учитывать в практике хранения и обработки зерновых масс. Установлено, что процесс сорбции зерном, свободно общающимся с воздухом, длится несколько суток. Однако в первый период влажность зерна изменяется наиболее интенсивно, а затем несколько снижается и сорбционное равновесие и равновесная влажность зерна устанавливаются при стационарном режиме на 7-22-е сутки.

### **3.5 Теплофизические и массообменные свойства**

Зерновые продукты, как установлено исследованиями, обладают рядом теплофизических и массообменных свойств, из которых для зерна как объекта хранения наибольшее значение имеют теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность и термовлагопроводность.

Явление теплопроводности состоит в том, что передача тепловой энергии происходит при непосредственном соприкосновении частиц тела между собой (передача тепла от зерна к зерну).

Явление конвекции наблюдается только в жидкостях и газах. Оно состоит в том, что тепло передается молекулярным путем (частицами воздуха межзерновых пространств в хранящемся зерне).

**Теплоемкость** зерна показывает, какое количество тепла требуется для его нагревания, и характеризуется величиной удельной теплоемкости. Удельная теплоемкость зерна, Дж/(кг·К), обычно рассчитывается как средневзвешенная величина между теплоемкостью сухого вещества и теплоемкостью воды. Теплоемкость сухого вещества зерна составляет 1550 Дж/(кг·К) или 0,3-0,4

ккал/(кг·°С). Теплоемкость воды принимается равной 4190 Дж/(кг·К) или 1 ккал/(кг·°С). С увеличением влажности зерна его теплоемкость возрастает. Определение теплоемкости зерна возможно по формуле смешения. Однако это будет приближенным расчетом, а для точных расчетов необходимо проведение специальных экспериментов в широких пределах влажности зерна.

Удельная теплоемкость зерна почти вдвое больше удельной теплоемкости воздуха и значительно меньше удельной теплоемкости воды. Удельная теплоемкость зерна рассчитывается как средняя величина между теплоемкостью абсолютно сухого зерна и воды по формуле:

$$C_z = \frac{W}{100} C_b + \frac{100-W}{100} \cdot C_c, \quad (3.3)$$

где  $W$  – влажность зерна, %;

$C_b$  – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг К);

$C_c$  – удельная теплоемкость сухого вещества зерна, кДж/(кг К).

**Теплопроводность** материала (способность материала проводить тепло) характеризует коэффициент теплопроводности  $\lambda$ , Вт/(м·К). Зерновая масса обладает низкой теплопроводностью, что объясняется ее органическим составом. Воздух, занимающий до 40-45 % объема зерновой массы, также плохой проводник тепла. Обычно считают, что органический материал зерен и дерева имеет приблизительно равную теплопроводность. Коэффициент теплопроводности дерева равен 0,1-0,5 Вт/(м·К); гораздо меньшей теплопроводностью обладает воздух, который при температуре 20 °С имеет коэффициент теплопроводности, равный 0,0252 Вт/(м·К).

Коэффициент теплопроводности зерновой массы колеблется в пределах от 0,13 до 0,2 Вт/(м·К). Для сравнения укажем, что коэффициент теплопроводности хороших проводников тепла, например меди, равен 300-390 Вт/(м·К), железа – 44-68 Вт/(м·К). На коэффициент теплопроводности зерновой массы наибольшее

влияние оказывает ее влажность. Исследованиями установлено, что с увеличением влажности теплопроводность зерновой массы увеличивается.

**Температуропроводность** характеризует скорость изменения температуры в исследуемом материале, его теплоинерционные свойства. Скорость нагревания или охлаждения зерновой массы прямо пропорциональна коэффициенту температуропроводности:

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} \cdot 100, \quad (3.4)$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности зерна, Вт/(м·К);

$c$  – удельная теплоемкость Дж/ (кг · К);

$\rho$  – объемная масса зерна, кг/м<sup>3</sup>.

Зерновая масса характеризуется весьма низким коэффициентом температуропроводности и поэтому обладает большой тепловой инерцией. По определению Г. И. Красовской, коэффициент температуропроводности зерновой массы колеблется в пределах от  $1,7 \cdot 10^{-7}$  до  $1,9 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с; таким образом, он несколько больше коэффициента температуропроводности воды, который при температуре 20° С равен  $1,4 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с.

С точки зрения сохранности зерновых масс низкие тепло- и температуропроводность имеют как положительное, так и отрицательное значение.

Нужно иметь в виду, что скорость изменения температуры в зерновой массе будет зависеть от способа хранения зерна и вида зернохранилищ. Результаты наблюдений показывают, что тепло от нагретого среднего слоя зерновой массы, в основном, передается вышележащим слоям конвекцией. Нижняя часть зерновой массы прогревалась значительно медленнее и в меньшей степени.

При хранении в производственных условиях распространение температурной волны в зерновой массе от верхних слоев к нижним в силу низкой температуропроводности происходит очень медленно. Поэтому температура в среднем

слое насыпи практически остается неизменной длительное время. Таким образом, происходит медленное прогревание хранящегося в силосе зерна летом (низкие температуры удерживаются в средних и нижних слоях зерна) и весьма медленное охлаждение зерна с наступлением зимы (удерживается летнее тепло).

При хранении в складе, где толщина слоя зерновой массы значительно меньше и зерновая масса более доступна действию атмосферного воздуха, температура изменяется значительно быстрее, чем в силосах элеватора.

**Положительное значение** низких тепло- и температуропроводности в том, что они позволяют при правильно организованном режиме сохранять в зерновых продуктах низкую температуру даже в теплое время года. Пониженная температура замедляет или приостанавливает все физиологические процессы, протекающие в зерновой массе (дыхание зерна, жизнедеятельность микроорганизмов, клещей, насекомых и тому подобное). Таким образом, благодаря низкой температуропроводности, представляется возможным консервировать зерновую массу холодом.

**Отрицательное значение** низких тепло- и температуропроводности заключается в том, что при наличии благоприятных условий для жизнедеятельности зерна, микробов, клещей и насекомых выделяемое ими тепло может задерживаться в зерновой массе и приводить к повышению ее температуры, вплоть до самосогревания.

Низкие тепло- и температуропроводность широко используется в практике хранения зерновых продуктов, особенно при хранении муки и крупы, так как правильное охлаждение позволяет долгое время сохранять низкие температуры, а, следовательно, и консервировать течение физиологических процессов и поддерживать качество продуктов на должном уровне.

**Термовлагопроводность** – это перемещение влаги в зерновой массе, обусловленное градиентом температуры. Явление термовлагопроводности впервые было обнаружено и экспериментально доказано А. В. Лыковым в 1935 г. Интенсивность термовлагопроводности характеризуется термоградиентным коэф-

фициентом  $\delta$ . Он показывает, какой градиент влажности создается при температурном градиенте, равном единице. Если градиент влажности выразить в %/м, то  $\delta$  выражается в %/К. Под действием термовлагопроводности перемещение влаги происходит в более холодные слои или участки зерновой массы.

Перемещение влаги в зерновой массе при наличии разности температур наблюдается и в производственных условиях. Оно обычно является следствием не только термовлагопроводности, но и конвекции. Влага в виде пара мигрирует вместе с конвективными потоками воздуха. Перемещение влаги по направлению потока тепла может сопровождаться скоплением в отдельных участках зерновой массы значительного количества капельножидкой влаги, то есть конденсата водяных паров. Это явление достигает иногда таких размеров, что становится возможным набухание зерен, а иногда даже их прорастание вследствие увлажнения до 50-70 %. При увеличении температуры зерновой массы, высокая влажность способствует самосогреванию зерна.

### **3.6 Физические свойства муки и крупы**

Физические свойства муки и крупы обязательно учитывают при организации их транспортировки и хранения. И хотя учитывают те же физические свойства, что и у зерновой массы, то есть сыпучесть, скважистость, сорбционную емкость и теплофизические характеристики, следует иметь в виду, что мука и крупа по своим физическим свойствам существенно отличаются от зерна, из которого они были выработаны.

**Сыпучесть муки и отрубей** значительно ниже зерна. Это объясняется тем, что мука состоит из очень мелких частиц различной величины и формы, имеющих значительный коэффициент трения. С повышением влажности сыпучесть муки также уменьшается, а при влажности 16 % и выше мука становится мало-сыпучим продуктом.

**Сыпучесть различных видов крупы** колеблется в больших пределах и



может быть больше или меньше сыпучести зерновой массы, из которой они выработаны. Так, зерно риса обладает меньшей сыпучестью, чем полученная из него крупа. Наоборот, сыпучесть пшена значительно меньше, чем у зерна проса. Крупа с хрупкой структурой частиц при перемещениях самотеком крошится, поэтому ее хранят и перевозят в таре. Применение тары необходимо и потому, что крупа является готовым продуктом, нуждающимся только в кулинарной обработке.

**Скважистость муки и крупы** составляет 40-60 % в зависимости от вида, крупности и размера частиц. Однако структура скважистости муки существенно отличается от структуры скважистости, свойственной зерновой массе. В муке, частицы которой малы, скважистость имеет мелкопористую структуру. Это приводит к меньшей газопроницаемости муки, затрудняет газообмен в ней и ограничивает возможность проникновения в нее клещей и насекомых. Лишь личинки некоторых жуков и бабочек, обладающие упругим мускулистым телом, способны проникать во внутренние участки муки в мешке или в силосах.

**Скважистость крупы** в зависимости от размеров ее частиц по структуре аналогична либо скважистости зерновой массы, либо муки. Так, у крупы гречневой (ядрицы) и риса шлифованного структура скважин ближе к зерновой массе. Скважистость манной крупы, имеющей мелкие частицы, приближается к скважистости муки. Более крупные размеры частиц отрубей и значительная пористость оболочек зерна, составляющих их основу, делает отруби рыхлым и легко-весным продуктом.

Скважистость муки зависит не только от крупности и формы частиц, но и от способа заполнения силоса, закрома, контейнера для перевозки или мешка. Так, для повышения плотности укладки муки в мешках при выбое их встряхивают.

Дальнейшее снижение скважистости муки происходит в процессе ее хранения. В мешках, лежащих в нижних рядах штабеля, под давлением верхних рядов мука значительно уплотняется. При продолжительном хранении и достаточ-

ной влажности продукта это может привести к слеживанию, в результате которого мука совершенно теряет сыпучесть, и некоторые свойства ее значительно изменяются. Хранение муки в силосах также сопровождается ее уплотнением с последующей потерей сыпучести. Это требует побудительных устройств для ее выпуска из силосов.

**Сорбционная** емкость у муки и крупы значительно меньше, чем у зерновой массы. Это объясняется как характером скважистости, так и нарушением структуры зерна. Мука и крупа обладают значительной способностью к сорбции и десорбции водяных паров, а также других паров и газов. Удаление оболочек в процессе размола или шелушения зерна приводит к тому, что доля капиллярной влаги в муке и крупе по сравнению с ее содержанием в зерне резко уменьшается. В связи с этим мука, а часто и крупа, быстрее сорбируют влагу из окружающего воздуха благодаря увеличению скорости внешней диффузии молекул пара к активной поверхности, однако имеют меньшую равновесную влажность, чем зерно, так как в муке в значительно меньшей степени происходит капиллярная конденсация. При хранении муки в производственных условиях в мешках заметно быстрое изменение влажности наблюдается лишь в слоях муки, прилегающих к мешковине (максимум до 10 см). Внутри мешка влажность довольно постоянна. Муке свойственно явление сорбционного гистерезиса. В результате десорбции влаги снижаются ее гидратные свойства. Такая мука, помещенная в склад с влажным воздухом, будет меньше сорбировать паров воды и будет иметь меньшую равновесную влажность. Замечено также, что мука при помещении ее в сухой воздух значительно быстрее отдает ему влагу, чем восстанавливает свою исходную влажность при помещении ее в среду с влажным воздухом. Снижение равновесной влажности муки наблюдается в партиях, пролежавших в обычном складе в течение лета. Летнее подсыхание муки вызывает снижение ее гидратационной способности. Поэтому влажный воздух осенне-зимнего периода уже в меньшей степени увлажняет муку.

Удлинение срока хранения муки сопровождается снижением ее равновесной влажности на 1,0-1,5 %. На величину равновесной влажности муки влияет

также и выход. Установлено, что наибольшей гигроскопичностью обладает мука 96%-ного выхода. Меньшая сорбционная емкость муки не исключает развития в ней различных физиологических процессов. Общее содержание влаги в муке может быть вполне достаточным для их возникновения и развития. Большое значение при этом имеет неравномерность распределения влаги в отдельных частицах муки и в ее массе в целом.

Сорбционные свойства муки не ограничиваются гигроскопичностью. Мука способна также сорбировать пары других веществ и газы, в связи с чем она может приобретать несвойственные ей запахи. При организации хранения, газации и перевозках муки это обстоятельство необходимо учитывать.

Таким образом, влажность хранящейся муки и распределение в ней влаги зависят от состояния окружающей ее атмосферы, исходных свойств муки и условий ее хранения. Влажность муки является одним из основных условий, от которого зависит интенсивность различных процессов, протекающих в ней.

**Гигроскопичность крупы** находится на уровне зерновой массы или несколько меньше ее. Крупа, полученная из зерен, имеющих цветочные пленки и плодовые оболочки пористой структуры, как правило, обладает меньшей гигроскопичностью, чем зерна этой культуры (рис, перловая, манная крупа). Пшено имеет обычно большую равновесную влажность, чем просо, из которого оно получено. При длительном хранении крупы влажность достигает равновесной. Крупе свойственно также явление сорбционного гистерезиса.

**Теплофизические свойства** муки, отрубей и крупы аналогичны зерновой массе, они также обладают низкой теплопроводностью и температуропроводностью. Передача тепла в массе муки путем конвекции воздуха наблюдается в меньшей степени, чем в зерновой массе. Это связано со специфической структурой ее скважистости. В связи с плохой теплопроводностью муки целесообразно охлаждать ее перед закладкой на хранение как в силосы при бестарном хранении, так и в штабеля при хранении в мешках.

Явление термовлагопроводности обуславливает движение влаги в муке и

крупе. Обычно мука хранится в затаренном виде – в мешках. Размещая ее на хранение, нельзя укладывать мешки с мукой непосредственно на холодный бетонный пол склада, так как вследствие увлажнения от термодиффузии в такой муке происходит интенсивное развитие микрофлоры, плесеней хранения. Мука приобретает затхлый запах, темнеет, теряет свои товарные достоинства и становится токсичной в результате накопления в ней микотоксинов. Для предупреждения всех этих нежелательных явлений с мукой размещать ее на хранение следует только на деревянных поддонах, не допуская соприкосновения со стенами и полом хранилища.

### **3.7 Лабораторные работы**

#### **Лабораторная работа № 1. Определение угла естественного откоса зерновой массы**

**Цель работы.** Ознакомиться с некоторыми методами определения угла естественного откоса. Изучить влияние различных факторов на сыпучесть зерновой массы (угол трения, угол естественного откоса).

**Общие положения.** Зерновая масса представляет собой совокупность различных компонентов, в том числе зерна основной культуры, примесей, микроорганизмов, воздуха межзерновых пространств, насекомых и клещей (зараженное зерно). Наличие в зерне столь различных по своей природе компонентов придает ей специфические свойства, которые необходимо учитывать при хранении. Так как зерновая масса содержит разнообразные твердые компоненты (зерно, примеси), она обладает хорошей сыпучестью. Это свойство имеет большое практическое значение. Благодаря сыпучести возможно транспортирование зерновой массы нориями, транспортерами, самоподавателями и другими машинами, а также загрузка зерна в бункера, силосы и выгрузка из них самотеком. С учетом сыпучести зерновой массы определяют минимальный угол наклона самотечных

труб, днищ бункеров и силосов на элеваторах, мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах. Ее учитывают при расчетах зернохранилищ на прочность. Сыпучесть зерновой массы снижается в процессе хранения и служит косвенным показателем состояния зерна при хранении.

Показателями сыпучести являются угол естественного откоса и угол трения зерна о поверхность материала.

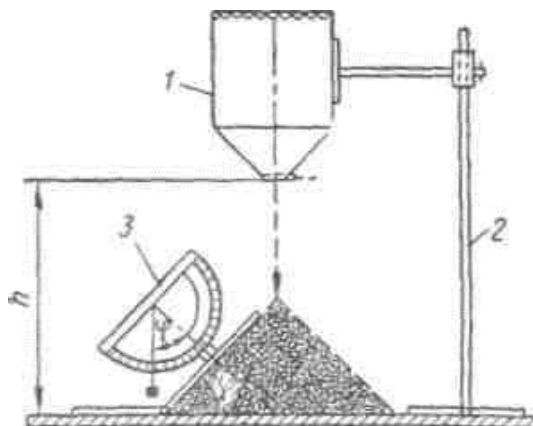
**Угол естественного откоса**, или угол ската зерновой массы, – это угол между диаметром основания и образующей конуса, получающегося при свободном падении части зерновой массы на горизонтальную плоскость.

**Угол трения** зерновой массы о поверхность – это наименьший угол, при котором зерно начинает самотеком двигаться по наклонной плоскости.

На степень сыпучести зерновой массы влияет гранулометрический состав и гранулометрическая характеристика твердых частиц зерновой массы: форма, размер, характер и состояние поверхности зерна и примесей, их влажность, содержание и состав примесей, а также материал, форма и состояние поверхности скольжения. Наибольшей сыпучестью и наименьшим углом естественного откоса обладают зерновые массы, состоящие из семян шарообразной формы с гладкой поверхностью (просо, горох, соя и другие). При отклонении зерен от шарообразной формы уменьшается сыпучесть. Примеси в зерновой массе изменяют ее сыпучесть, причем легкие примеси (солома, мякина и другие) значительно снижают ее. Увеличение влажности зерновой массы снижает сыпучесть и увеличивает угол естественного откоса и угол трения. Высокая влажность зерна может привести к полной потере сыпучести зерновой массы.

**Определение угла естественного откоса зерновой массы методом высыпания из воронки.** Угол естественного откоса зерновой массы определяют при помощи прибора (рисунок 3.5), состоящего из воронки 1 с закрывающимся выпускным отверстием, подставки 2 для крепления воронки и линейки 3 с транспортиром и отвесом для измерения угла. Воронку, через которую высыпается

зерно, укрепляют на определенной высоте  $h$  от горизонтальной плоскости и заполняют доверху исследуемым зерном.



1 – воронка; 2 – подставка; 3 – линейка с транспортиром и отвесом

Рисунок 3.5 – Прибор для определения угла естественного откоса зерна при высыпании из воронки

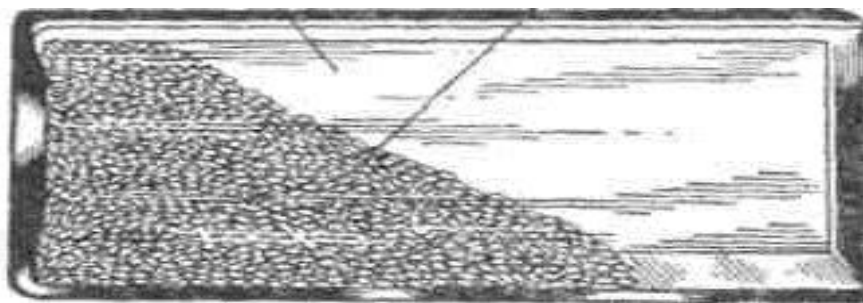
При высыпании из воронки на плоскость зерновая масса образует конус. Угол между образующей и диаметром основания конуса есть угол естественного откоса  $\varphi$ . Его измеряют при помощи линейки и транспортира. Результаты измерений записывают в таблицу 3.2 и по ним делают выводы об изменении сыпучести.

Таблица 3.2 – Угол естественного откоса  $\varphi$  зерновых масс

Культура	Влажность, %	Натура, г/л	Примеси, %		Угол естественного откоса, град*			Пределы колебаний
			Сорная	Зерновая	определения			
					1	2	3	
Пшеница								
Рожь								
Ячмень								
Овес								
Рис								
Просо								
Горох								
Соя								

\* Погрешность определений угла естественного откоса должна составлять не более 5-7 %.

**Определение угла естественного откоса зерновой массы методом свободного расположения в четырехгранном сосуде.** Четырехгранный сосуд с прозрачными стенками, находящийся в вертикальном положении, заполняют на 1/3 объема испытуемой зерновой массой. Поверхность зерна в сосуде выравнивают, его медленно поворачивают на 90 градусов. Зерновая масса при повороте осыпается и образует поверхность под углом естественного откоса  $\varphi$  (рисунок 3.6), который измеряют транспортиром. Правильное определение угла  $\varphi$  предусматривает спокойный (без толчков) поворот сосуда, по возможности, с одинаковой скоростью.



1 – стекло; 2 – зерно

Рисунок 3.6 – Четырехгранный сосуд для определения угла естественного откоса

**Определение угла естественного откоса методом высыпания зерновой массы из ящика с выдвижной стенкой.** Исследуемую зерновую массу помещают в деревянный ящик с выдвижной стенкой (рисунок 3.7). При плавном поднимании стенки ящика зерновая масса осыпается и располагается под углом естественного откоса. Величину угла измеряют при помощи линейки и транспортира или определяют по отношению противолежащего к прилежащему катетов прямоугольного треугольника, образованного зерновой массой после осыпания. В этом случае на вертикальную стенку ящика наносят деления в миллиметрах (полоски миллиметровой бумаги), а на горизонтальную плоскость кладут линейку. Зная тангенс угла  $\varphi$ , находят по таблице угол естественного откоса зерновой массы.

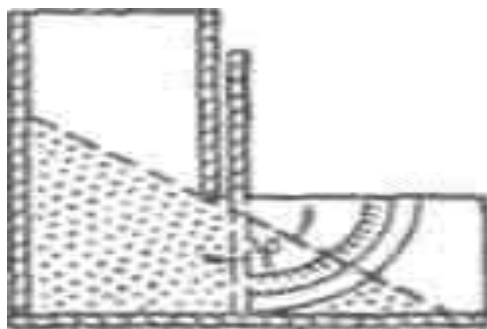


Рисунок 3.7 – Определение угла естественного откоса зерновой массы в ящике с выдвижной стенкой

**Определение угла естественного откоса сыпучего продукта.** Угол естественного откоса сыпучих продуктов (зерна, муки, отрубей, жмыха, шрота, комбикорма) определяют при помощи специального устройства, выполненного из органического стекла (рисунок 3.8). Устройство состоит из двух смежных вертикальных стенок размером 395х195 мм, смонтированных на горизонтальной плоскости размером 395х395 мм.

В месте соединения вертикальных стенок с центром в точке пересечения их внутренних плоскостей по всей высоте сделано отверстие диаметром 25 мм. В него вставляют металлическую воронку с удлиненной трубкой, в которой по всей высоте выполнен вырез, соответствующий вырезу в стенках.

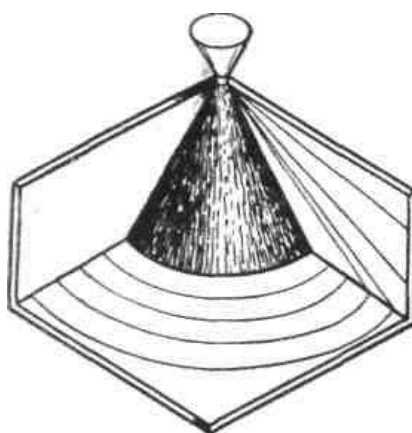


Рисунок 3.8 – Устройство для определения угла естественного откоса сыпучего продукта (зерна, муки, комбикормов и других)



Определение проводят следующим образом. Трубку с воронкой вставляют в отверстие так, чтобы вырез был обращен вовнутрь ящика. Исследуемую пробу, отобранную из средней пробы, осторожно, без сотрясения устройства засыпают в воронку, не допуская накопления продукта в ней. Продукт свободно осыпается по трубке и через вырез выходит на плоскость, образуя конус. Засыпку продукта заканчивают, когда вершина конуса сравняется с верхней плоскостью устройства в точке пересечения внутренних кромок боковых стенок. Угол естественного откоса в градусах определяют по делениям, нанесенным на боковой стенке. Опыт проводят не менее чем в трех повторностях, не допуская расхождений между значениями углов более 2 градусов.

**Задание.** Определить угол естественного откоса зерновой массы методом высыпания из воронки. Варианты задания определяет преподаватель.

**Приборы, материалы.** 1. Приборы для определения угла естественного откоса. 2. Исследуемое зерно. 3. Пурка. 4. Мерный цилиндр на 100 мл. 5. Разборная доска. 6. Шпатель.

## **Лабораторная работа № 2. Определение скважистости, плотности укладки и обеспеченности зерновой массы воздухом**

**Цель работы.** Освоить методику определения скважистости, плотности укладки и обеспеченности зерновой массы воздухом.

**Общие положения.** Зерновая масса при размещении в складах или силосах не образует плотной массы; между ее твердыми компонентами остаются свободные промежутки, заполненные воздухом. Часть объема зерновой массы, занятая зернами и другими твердыми частицами (примеси, семена других культурных растений и прочее), называется **плотностью укладки** зерна. Остальная часть объема зерновой массы, занятая промежутками и заполненная воздухом, называется **скважистостью**.

Плотность укладки зерна и скважистость выражают в процентах от общего

объема зерновой массы. Плотность укладки и скважистость зерновой массы имеют большое практическое значение при хранении. Наличие воздуха в межзерновом пространстве влияет на изменение температуры и влажности зерновой массы и определяет характер протекающих в ней физиологических процессов. Воздух межзерновых пространств, перемещаясь по скважинам, способствует передаче тепла путем конвекции и перемещению влаги в зерновой массе в виде пара. Благодаря скважинам в зерновой массе возможны такие виды ее обработки как сушка, активное вентилирование и газация. Скважистость зерновой массы имеет большое значение и для сохранения жизнеспособности семян, что очень важно при хранении семенных партий.

Плотность укладки и скважистость зерновой массы в хранилище зависят от формы, упругости, размеров и состояния поверхности твердых компонентов зерновой массы, количества и вида примесей в ней, от размера партии и влажности зерновой массы, формы и размеров хранилища, метода его заполнения, а также от срока хранения.

Поэтому значения плотности укладки и скважистости зерновой массы могут изменяться в довольно значительных пределах.

Плотность укладки выражается следующей формулой в процентах:

$$t = \frac{V}{V_1} 100, \quad (3.5)$$

а скважистость – формулой, также в процентах:

$$S = \frac{V_1 - V}{V_1} 100, \quad (3.6)$$

где  $V$  – истинный объем твердых компонентов зерновой массы,  $\text{см}^3$ ;

$V_1$  – общий объем зерновой массы,  $\text{см}^3$ .

Наблюдения показали, что более точные и сравнимые данные  $t$  и  $S$  получены, если брать зерновую массу, состоящую из 1000 твердых частиц (зерна и другие частицы), выделенных подряд из навески по методу определения массы 1000 зерен, ГОСТ 10842-89.

Истинный объем 1000 частиц  $V$  определяют погружением их в мерный цилиндр, заполненный до определенного (10-50 см<sup>3</sup>) объема несмачивающей жидкостью – керосином. Применять воду не следует, это может привести к искажению результатов, так как некоторое количество воды поглотится зерном, а также произойдет неполное смачивание зерен и вытеснение воздуха из зерновой массы. Увеличение объема жидкости в цилиндре после погружения в нее 1000 частиц дает нам искомую величину  $V$ .

Общий объем зерновой массы  $V_1$  (в см<sup>3</sup>) можно выразить через объемную массу, пользуясь формулой для определения объема любой сыпучей массы:

$$V_1 = \frac{P \cdot 1000}{\gamma}, \quad (3.7)$$

где  $P$  – масса 1000 частиц, выделенных из зерновой массы, г;

$\gamma$  – объемная масса зерна, г/л (определяется на литровой пурке, ГОСТ 10840-64).

Скважистость зерновой массы можно вычислить (в %) по формуле:

$$S = 100 - t \quad (3.8)$$

Подставив в нее значение  $t$  и  $V_1$ , найдем:

$$S = 100 - \frac{V}{V_1} 100,$$

$$S = 100 - \frac{V\gamma 100}{P 1000}, \text{ или}$$

$$S = 100 - \frac{V\gamma}{P 10}$$

Определив  $P$ ,  $V$  и  $\gamma$  и рассчитав  $V_1$ , найдем плотность, скважистость и обеспеченность зерновой массы воздухом.

Одной из важных характеристик зерновой массы является обеспеченность воздухом или объем воздуха, находящегося в 1 т зерновой массы. Зная объем воздуха в 1 т зерна, и умножив его на массу хранящейся партии зерна, определяют величину одного обмена воздуха. Этот показатель используется при активном вентилировании зерна.

Обеспеченность зерновой массы воздухом  $F$  (в  $\text{см}^3/\text{г}$  или в  $\text{м}^3/\text{т}$ ) можно определить по формуле:

$$F = \frac{V_1 - V}{P}, \quad (3.9)$$

где  $V_1 - V$  – объем воздуха в зерновой массе, состоящей из 1000 частиц,  $\text{см}^3$ ;

$P$  – масса 1000 частиц, г.

Фактический объем воздуха в межзерновом пространстве в зернохранилищах зависит не только от этих величин ( $P$ ,  $V$  и  $\gamma$ ), но и от плотности укладки зерновой массы, зависящей, в свою очередь, от продолжительности и условий ее хранения.

**Порядок работы.** Получив индивидуальное задание на выполнение работы, необходимо приступить к определению  $P$ ,  $V$  и  $\gamma$ . Для каждой культуры и по ним рассчитать  $t$ ,  $S$  и  $F$ . Из исследуемого образца зерна в соответствии с ГОСТ 10842-89 выделить навеску для определения массы 1000 зерен.

Убедившись в правильности определения абсолютной массы, определить истинный объем твердых частиц и объемную массу зерна. Расчеты записать в такой последовательности.

Например, масса 1000 зерен:

$$V_1 = \frac{16,51 + 16,49}{2} = 16,5 - 100 \%$$

$$16,51 - 16,49 = 0,02 \text{ г} - x \%,$$

$$x = \frac{0,02 \cdot 100}{16,5} \cong 0,1\% \text{ , что меньше } 5 \%,$$

$$P = 16,51 + 16,49 = 33 \text{ г.}$$

Истинный объем:

$$K = 74 - 50 = 24 \text{ см}^3.$$

Объемная масса:

$$\gamma_1 = 781 \text{ г/л,}$$

$$\gamma_2 = 780 \text{ г/л,}$$

$$\gamma_{CP} = \frac{781 + 780}{2} = 780,5 \cong 780 \text{ г/л}$$

Общий объем зерновой массы:

$$V_1 = \frac{P \cdot 1000}{\gamma} = \frac{33 \cdot 1000}{780} = 40,6 \text{ см}^3$$

Плотность укладки:

$$t = \frac{V \cdot 100}{V_1} = \frac{24 \cdot 100}{40,6} = 59,1 \%$$

Скважистость:

$$S = \frac{V_1 - V}{V_1} 100 = \frac{40,6 - 24}{40,6} 100 = 40,9 \%$$

Обеспеченность воздухом:

$$F = \frac{V_1 - V}{P} = \frac{40,6 - 24}{33} = 0,47 \text{ см}^3/\text{г}$$

Результаты расчетов по работе записать в таблицу 3.3 и сделать вывод о физических свойствах зерновых масс.

Таблица 3.3 – Показатели, характеризующие физические свойства зерновых масс

Культура	P, г	V, см <sup>3</sup>	$\gamma$ , г/л	V <sub>1</sub> , см <sup>3</sup>	t, %	F, см <sup>3</sup> /г	S, %
Пшеница							
Ячмень							
Просо							

**Приборы, материалы.** 1. Исследуемое зерно. 2. Весы технические с разновесами. 3. Весы тарелочные. 4. Пурка литровая. 5. Цилиндры мерные емкостью 100 и 250 см<sup>3</sup>. 6. Аналитические доски, шпатели, совочки. 7. Керосин.

### **Лабораторная работа № 3. Определение динамики процесса перемещения влаги в зерновой массе при хранении**

**Цель работы.** Исследовать перераспределение влаги в зерновой массе при хранении. Определить условия сорбционной сушки семян некоторых культур и выявить эффективные сорбенты влаги.

**Общие положения.** Процессы сорбции и десорбции водяных паров происходят внутри зерновой массы при хранении и приводят к изменению влажности зерна. Влага в зерновой массе при хранении может перемещаться как в результате различной влажности отдельных зерен и отдельных ее участков, так и в силу разности температуры в отдельных частях зернового массива.

Изменение температуры в каком-либо участке зерновой массы сопровождается перемещением влаги по направлению потока тепла, то есть от мест более нагретых к менее нагретым.

Интенсивные процессы перераспределения влаги происходят в свежесобранном зерне в начальный период хранения вследствие большого различия влажности отдельных его компонентов. В последующий период хранения, когда различие во влажности отдельных зерен несколько сгладится, процесс перемещения влаги замедляется. Таким образом, перемещение влаги в зерновой массе при хранении приводит к повышению влажности отдельных ее частей и создает условия для возникновения самосогревания зерна. Поэтому необходимо устранять причины неравномерного распределения и перемещения влаги в хранящемся зерне.

При объединении партий зерна с различной исходной влажностью даже при тщательном их перемешивании влажность постепенно выравнивается. Более влажное зерно подсыхает, а сухое увлажняется. Опытами установлено, что обмен влагой между смешанными партиями различной влажности начинается уже в течение первого часа совместного хранения и практически завершается в течение трех-четырех суток. Дальнейшее хранение практически не приводит к значительному изменению установившейся влажности и, в конечном итоге, она

остается неодинаковой. Такое неполное выравнивание влаги при смешивании сухого и влажного зерна обусловлено явлением сорбционного гистерезиса. Объединение партий с различной влажностью без перемешивания является причиной гнездового или пластового самосогревания, так как ухудшение качества зерна в слое с повышенной влажностью опережает процесс перемещения влаги, и зерно портится. Поэтому не следует смешивать или хранить в одном складе (силосе) зерно с различной влажностью.

**Порядок работы.** Смешать два образца зерновых культур с различной, но определенной влажностью. Влажность культуры при необходимости увеличиваем путем увлажнения водой.

Количество воды, необходимое для увлажнения, находят по формуле:

$$W = m \frac{W_2 - W_1}{100 - W_2}, \quad (3.10)$$

где  $W$  – количество воды, г;

$m$  – масса навески, г;

$W_1$  – базисная влажность, %;

$W_2$  – необходимая влажность, %;

Для опытов (работу можно проводить как со многими, так и с одной культурой при исследовании процесса перемещения влаги от примесей к зерну) необходимо взять сухой овес и увлажненную до заданной влажности фасоль в соотношении 1:1 (масса каждой навески 250 г). Навески смешивают вручную в течение 4 минут. Затем смесь необходимо разделить на несколько равных частей (в зависимости от количества определений) и поместить в колбы, которые необходимо плотно закрыть и поставить на хранение в термостат. Через определенные промежутки времени взять одну колбу, высыпать из нее зерно на разборную доску, и смесь быстро разделить по исходным культурам. В полученных образцах каждой культуры определить влажность. Результаты определения записать в таблицу 3.4 и по ним построить график.

Таблица 3.4 – Изменение влажности сухого зерна овса и увлажненных семян фасоли при совместном хранении

Длительность совместного хранения от начала опыта, мин.	Влажность, % на сухое вещество	
	овес	фасоль
1. 10		
2. 20		
3. 30		
4. 40		
5. 50		

**Задание.** Выяснить закономерность процесса перемещения влаги при совместном хранении сухого овса и сырой фасоли в течение 10-50 минут. Построить кривые изменения влажности указанных культур и по ним сделать выводы.

**Приборы, материалы.** 1. Исследуемое зерно. 2. Мерный цилиндр 100 см<sup>3</sup>. 3. Колбы конические емкостью 125 см<sup>3</sup> с пробками. 4. Разборные доски, шпатели, пинцеты. 5. Весы технические с разновесами. 6. Чашки Петри. 7. Сушильный шкаф, термостат. 8. Карандаши для надписей по стеклу. Мельница. 9. Сита с номером сетки 1..0,8.

### 3.8 Контрольные вопросы

1. Из каких компонентов состоит зерновая масса?
2. Что влияет на сыпучесть зерновой массы?
3. Что такое самосортирования зерновой массы?
4. Факторы, влияющие на скважистость зерновой массы.
5. Охарактеризуйте сорбционные свойства зерновой массы.
6. Какие показатели характеризуют теплофизические и массообменные свойства зерновой массы?
7. Что такое сорбционный гистерезис?
8. Охарактеризуйте физические свойства муки и крупы.
9. Факторы, влияющие на состав зерновой массы.



## **4 Физиологические процессы, протекающие в зерне и зерновых продуктах при хранении**

### **4.1 Долговечность зерновых продуктов при хранении**

Ввиду того что зерна и семена являются живыми организмами необходимым условием их существования является постоянный обмен веществ, основной формой которого является газообмен (дыхание). Также в заготавливаемых и направляемых на хранение зернах и семенах протекает процесс послеуборочного дозревания, сопровождающийся сложными физиолого-биохимическими процессами. Умение регулировать ход этих процессов в период хранения позволяет сократить потери в весе сухих веществ и во многих случаях повысить посевные или технологические качества хранимых партий. Существенный интерес для практики хранения и в целях рационального использования каждой партии зерна и семян в народном хозяйстве представляет вопрос о допустимых сроках хранения зерновых масс различных культур без потери их качества. Период, в течение которого зерно, семена сохраняют свои потребительские свойства (семенные, технологические и продовольственные), называют **долговечностью**.

Несомненно, долговечность партий зерна, предназначенного для посевных целей, когда требуется полное сохранение жизнеспособности семян, будет намного меньше, чем долговечность технологическая. В агрономическом семеноведении различают долговечность **биологическую** и **хозяйственную**. Под первой понимают тот промежуток времени, в течение которого сохраняются способными к прорастанию хотя бы единичные семена. Большее значение для практики имеет хозяйственная долговечность, то есть тот период хранения семян, в течение которого они остаются кондиционными по всхожести и отвечают требованиям государственного нормирования по посевным качествам.

**Технологическая долговечность** – это срок хранения товарных партий

зерна, обеспечивающий их полноценные свойства для использования на пищевые, фуражные или технические нужды.

Долговечность зерна и семян зависит от многих факторов, из которых основными являются: принадлежность их к тому или иному ботаническому виду, условия обработки (очистка, сушка, протравливание и тому подобное) и хранения.

В свое время И. В. Мичурин отмечал, что семена одних видов растений при благоприятных условиях их сохранения могут уберечь свою жизнеспособность в течение нескольких десятков лет, между тем как семена других видов растений едва выживают в течение несколько часов.

В зависимости от их биологической долговечности семена всех растений принято делить на три группы: первые **микробиотики** - сохраняют всхожесть от нескольких дней до 3 лет, вторые **мезобиотики** – от 3 до 15 лет и третьи - **макробиотики** – от 15 до 100 лет.

Большинство семян сельскохозяйственных растений относятся к группе мезобиотиков и сохраняют всхожесть при благоприятных условиях хранения в течение 5-10 лет.

Анализируя данные, представленные в таблице 4.1, следует отметить что, всхожесть пшеницы, ячменя и овса сохраняется на высоком уровне в течение 15 лет, всхожесть кукурузы хорошо сохраняется до 10 лет, а затем падает, рожь быстрее других теряет всхожесть (к 8-9 годам) и еще быстрее снижается всхожесть у сои (на 7-й год).

В группу макробиотиков могут быть отнесены некоторые бобовые травы, семена **люцерны, клеверов и донников** которые спокойно сохраняют всхожесть в течение 15–20 лет. Для семян бобовых трав свойственна твердосемянность. Твердые семена из-за непроницаемости семенной кожуры и действия ингибиторов роста, долгое время сохраняют жизнеспособность, а в первые годы не прорастают даже при благоприятных для их всхожести условий.

Очень интересны результаты исследования этого вопроса французским

ученым Беккерелем (1906 и 1934 гг.). Он изучал всхожесть семян 500 видов растений.

Таблица 4.1 – Всхожесть семян полевых культур в зависимости от сроков хранения в условиях сухого климата, %

Культура	Год хранения						
	1	3	5	7	9	11	13
Пшеница	100	98	97	97	95	88	80
Ячмень	100	98	96	95	94	88	82
Овес	100	99	98	97	96	90	85
Рожь	100	98	91	83	72	26	0
Кукуруза	100	100	95	95	90	52	40
Соя	100	93	90	61	42	5	0

Семена были получены им из гербария Парижского национального музея, сборы которого относятся к 1819-1853 гг. После 50 лет хранения семена 13 видов растений еще сохраняли всхожесть; из них 11 принадлежали к семейству бобовых (*Leguminosae*). Единичные семена *Cassia bicapsularis* сохраняли всхожесть в течение 158 лет. Кроме семян бобовых, способностью длительное время сохранять жизнеспособность характеризовались отдельные представители семейства мальвовых (*Malvaceae*) и губоцветных (*Labiatae*). Особое поведение в этом отношении растений семейства бобовых Беккерель объясняет плотностью и непроницаемостью их оболочки. Это соображение подтверждают данные Юарта в Австралии. Из 49 видов растений, семена которых сохраняют способность к прорастанию больше 50 лет, 37 относились к бобовым. Юарт называет предельный срок сохранения жизнеспособности отдельными видами – 105 лет. Тёрнер в Англии указывает на семь видов бобовых, семена которых сохраняли всхожесть более 80 лет. В 1948 г. в Калифорнийском технологическом институте заложен тщательно продуманный опыт с хранением семян 100 видов местных растений.

Опыт будет продолжаться до 2037 г.

Сокращение долговечности семян происходит в результате неблагоприятных воздействий при обработке и хранении в зависимости от различных факторов (температуры, влаги, механических воздействий, влияния микрофлоры и вредителей хлебных запасов).

Как уже отмечалось выше технологическая долговечность зерна и семян, значительно выше долговечности биологической и хозяйственной. Так оценка партий пшеницы и ржи, хранившихся в складах от 7 до 10 лет, по мукомольно-хлебопекарным качествам показала, что выход муки, расход энергии при помоле и качество печеного хлеба, полученного из зерна такого «возраста», не отличаются от показателей, получаемых при переработке зерна с малыми сроками хранения.

Можно считать также установленным, что мукомольно-хлебопекарные качества зерна при долгосрочном хранении удерживаются в зависимости от его исходных свойств и признаков. Так, мягкие стекловидные сорта пшеницы обладают большей устойчивостью, чем мягкие мучнистые. Хорошо дозревшие партии зерна, высушенные до влажности ниже критической с использованием мягких режимов сушки и охлажденные, выдерживают 10 и более лет хранения без существенных изменений мукомольно-хлебопекарных качеств.

Резкие температурные воздействия и механические повреждения способствуют быстрому старению зерна. Также отмечено, что с удлинением срока хранения крупяных культур ядро становится более хрупким и уменьшается выход доброкачественной крупы. В масличных культурах происходит распад жиров, полученное из таких семян масло менее пригодно для пищевых и некоторых технических целей.

Особое влияние на долговечность и процесс старения семян и зерновых продуктов оказывает процесс их дыхания.

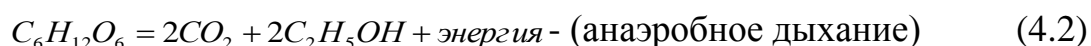
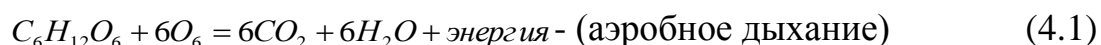
## 4.2 Понятие о физиологии дыхания зерновой массы

В зерновой массе, как в биологической системе происходят проявления жизнедеятельности в виде послеуборочного дозревания, дыхания, прорастания и самосогревания. Эти процессы, происходящие в результате жизнедеятельности входящих в нее живых компонентов (зерно, семена сорняков, насекомые и клещи, микроорганизмы), получили название физиологических. Знание их сущности и умение регулировать в зерновой массе их интенсивность протекания, дает возможность обеспечить надежное хранение зерна и семян.

Каждый живой организм представляет собой автономную систему, которой для поддержания жизни необходим систематический приток энергии. В хранящихся зернах и семенах этот процесс обеспечивается в результате распада и преобразования, содержащихся в них веществ, то есть в процессе диссимиляции органических веществ и, главным образом, сахаров.

Расходуемые при этом сахара пополняются в организме в результате гидролиза или окисления более сложных запасных веществ. Так, в зернах богатых крахмалом, последний расщепляется при участии ферментов до сахаров. В семенах масличных происходит окисление жира (входящих в него жирных кислот) до сахаров.

Диссимиляция сахара (гексоз) в организме происходит аэробно, то есть окислением, либо анаэробно – брожением. При хранении зерна и семян, в них наблюдаются оба вида дыхания, которые могут быть выражены следующими уравнениями:



Первое характеризует аэробный процесс диссимиляции – аэробное дыхание, когда наблюдается полное окисление гексозы с образованием исходных продуктов фотосинтеза – углекислого газа, воды и энергии в виде тепла. Второе – типичное уравнение спиртового брожения, то есть анаэробного процесса, когда

гексоза расщепляется с образованием углекислого газа, этилового спирта и выделением тепловой энергии.

При нормальном хранении зерновых масс, достаточном доступе к ним воздуха в зернах и семенах преобладает процесс аэробного дыхания. Однако этим объектам свойственно и анаэробное дыхание. Последнее иногда рассматривают как приспособительный процесс зерна и семян к неблагоприятным условиям окружающей среды.

О типе дыхания зерновой массы можно судить по дыхательному коэффициенту, который определяют по формуле:

$$DK = \frac{CO_2}{O_2} \quad (4.3)$$

Дыхательный коэффициент показывает отношение объема выделенного семенами углекислого газа к объему кислорода, поглощенного при дыхании. При полностью аэробном процессе, протекающем по первому уравнению, дыхательный коэффициент равен единице. При анаэробном дыхании дыхательный коэффициент меньше единицы. В производственных условиях при хранении зерновых масс происходит как аэробное, так и анаэробное дыхание. Но с производственной точки зрения преимущество имеет анаэробное дыхание, так как в этом случае выделяется значительно меньше тепла: в связи с недостаточным притоком кислорода зерно дышит менее интенсивно. Этот вывод послужил одним из положений для обоснования режима хранения зерновых масс без доступа воздуха.

Дыхание зерна сопровождается рядом изменений в зерновой массе:

- потерей в весе сухих веществ зерна;
- увеличением количества гигроскопической влаги в зерне и повышением относительной влажности воздуха межзерновых пространств;
- изменением состава воздуха межзерновых пространств;
- образованием тепла в зерновой массе.

Зерна и семена, отделенные от растений, не обладают способностью восстанавливать вещества, теряемые при дыхании. Следовательно, дыхание их при

хранении сопровождается потерей органических веществ, то есть приводит к убыли в весе сухих веществ.

Величина потерь сухих веществ зерна в процессе хранения зависит не от типа дыхания, а от интенсивности дыхания: чем оно интенсивнее, тем больше потери.

Вода, выделяемая в результате окисления глюкозы в процессе дыхания, удерживается зерном и увеличивает его влажность. Если при этом зерновая масса хранится неподвижно и не подвергается вентилированию, то повышается и относительная влажность воздуха межзерновых пространств. Таким образом, при интенсивном дыхании возможно значительное увлажнение зерновой массы. Одной из причин, приводящих к явлению «отпотевания» зерен, следует считать их усиленное дыхание, вызванное тем, что воздух межзерновых пространств не обновляется.

Увлажнение зерновой массы, в свою очередь, приводит к увеличению интенсивности дыхания и способствует развитию микроорганизмов.

В результате дыхания зерна выделяется углекислый газ. Если хранящуюся зерновую массу не перемещают, углекислый газ, как более тяжелый по сравнению с другими содержащимися в воздухе газами, частично задерживается в межзерновых пространствах. Это особенно отчетливо наблюдается при хранении во внутренних, достаточно герметичных силосах элеваторов. Таким образом, в зерновой массе могут быть созданы условия, вынуждающие клетки зерен и другие организмы, обладающие способностью к анаэробному дыханию, переходить на этот вид дыхания. В свою очередь анаэробное дыхание, приводит к накоплению этилового спирта, что угнетающе действует на жизненные функции клеток зерна и приводит к потере его жизнеспособности.

Таким образом, наиболее важным при хранении зерна является интенсивность его дыхания, которая зависит от таких факторов как: температура, влажность, выполненность и крупность, целостность зерен, ботанические особенности, степень аэрации зерновой массы, условия уборки и транспортировки урожая.

Представленные факторы могут быть разделены на две группы: первые –

влияющие на интенсивность дыхания любой зерновой массы; вторые – оказывающие влияние только на зерновые массы, имеющие специфические особенности.

Решающее значение для повышения стойкости зерна к хранению имеют влажность, температура и степень аэрации зерновой массы, относимые к первой группе.

**Влажность зерновой массы** оказывает наибольшее влияние на интенсивность зерновой массы. Чем зерно влажнее, тем интенсивнее оно дышит. Интенсивность дыхания очень сухого зерна – пшеницы, ржи, ячменя, овса, кукурузы и бобовых (влажностью до 11-12 %) – ничтожна и практически равна нулю. В то же время очень сырое зерно (влажностью 30 % и более), находящееся в неохлажденном состоянии при свободном доступе воздуха, дышит очень интенсивно и теряет в весе сухого вещества за сутки от 0,05 % до 0,2 %.

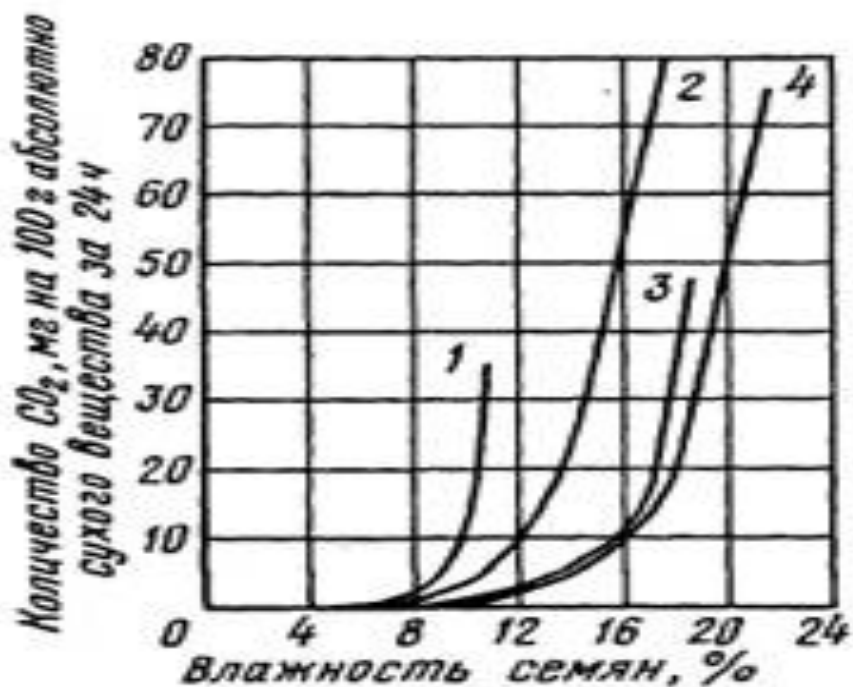
Зерновая масса – это живой организм, в котором влага является связующей средой, при участии которой совершаются реакции обмена веществ. Если содержание влаги невысоко, она находится в связанном состоянии: ее прочно удерживают белки и крахмал. Эта влага не может перемещаться из клетки в клетку и почти не участвует в реакциях обмена веществ. Соответственно снижается потеря сухих веществ и интенсивность дыхания в зерновой массе.

По мере увеличения влажности в клетках зерна появляется так называемая свободная влага, то есть слабо или совсем не удерживаемая крахмалом и белками. Она участвует в реакциях гидролитического характера (в превращении крахмала в сахар, сложных белков в более простые, в разложении жира на глицерин и жирные кислоты, и тому подобное), в обмене веществ в клетках и может перемещаться из клетки в клетку. С появлением в зерне свободной влаги резко возрастает активность гидролитических и дыхательных ферментов, интенсивность дыхания зерна и, следовательно, расход сухих веществ.

Влажность зерна, при которой в нем появляется свободная влага и резко возрастает интенсивность дыхания зерна и семян, получила название **критической**.



Многочисленные исследования, в нашей стране и за рубежом показали, что влажность зерна 14,5-15,5 % является критической для зерна пшеницы, ржи, ячменя, овса, гречихи и семян злаковых трав. У семян зернобобовых и семян кормовых трав из семейства бобовых (клевер, вика, люцерна и другие) критическая влажность 15-16 %. У семян масличных уровень критической влажности много ниже и находится в прямой зависимости от содержания в них липидов. Чем выше масличность семян, тем ниже их критическая влажность даже в пределах семян одной культуры. Объясняется это тем, что липиды, являясь гидрофобными веществами, не способны связывать влагу. Если пересчитать содержание влаги в семенах масличных культур на их гидрофильную часть, то критическая влажность у них будет равна 15-16 % (рисунок 4.1).



1 – клещевина (53,5 %); 2 – подсолнечник (40,9 %);  
3 – хлопчатник (25,1 %); 4 – соя (21,1 %)

Рисунок 4.1 – Интенсивности дыхания масличных семян в зависимости от влажности и содержания жира

Критическая влажность зерна кукурузы и проса, содержащих липидов

больше, чем пшеница и другие злаковые, и много меньше, чем масличные, составляет 12,5-13,5%.

По правилам организации размещения зерна и семян на хранение в элеваторах по содержанию влаги выделяют четыре состояния влажности:

- **сухое зерно** с влажностью до 14 % (то есть ниже критической) устойчиво, его можно хранить в насыпи большой высоты, что и практикуется при хранении в элеваторах;

- **зерно средней сухости**, находящееся на грани критической влажности, дышит примерно в 2-4 раза интенсивнее сухого, но имеет еще малый газообмен и поэтому достаточно устойчиво при хранении;

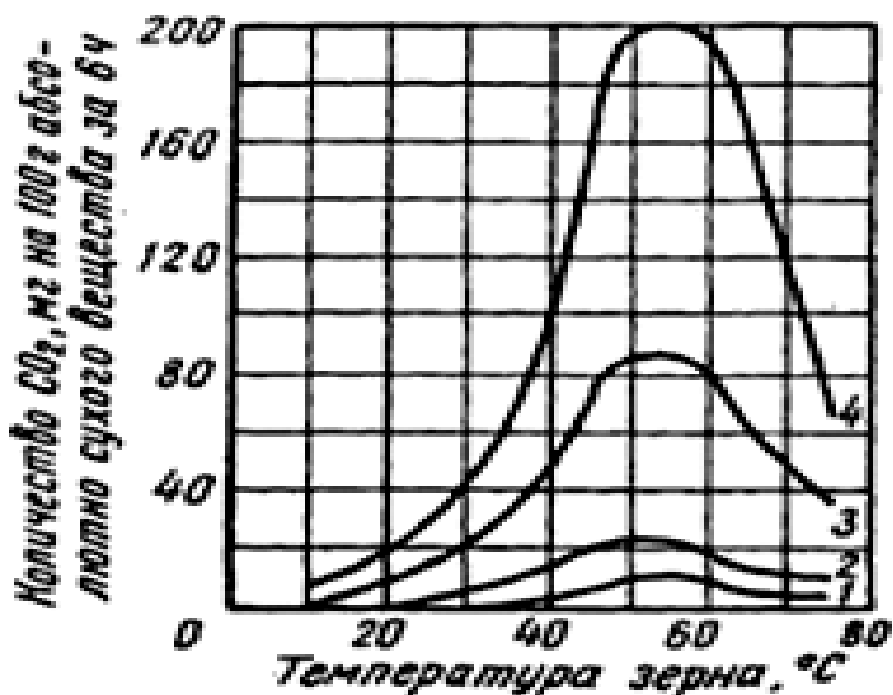
- **влажное зерно** дышит в 4-8 раз интенсивнее сухого:

- **сырое зерно** (влажностью свыше 17 %) дышит в 20-30 раз энергичнее сухого. По мере дальнейшего увлажнения сырого зерна и накопления в нем свободной влаги еще более резко возрастает интенсивность дыхания.

Следующий после влажности фактор – это **температура зерновой массы**. По мере увеличения температуры интенсивность дыхания зерна при хранении возрастает. Однако это увеличение происходит только до определенного предела, за которым в результате воздействия повышенной температуры интенсивность дыхания ослабевает, все другие жизненные функции замедляются, клетки отмирают, и зерно, как живой организм, гибнет. Установлено, что максимальная интенсивность дыхания зерна пшеницы наблюдалась при 50-55 °С. В тоже время в условиях пониженных температур интенсивность дыхания зерна резко падает. Даже в зерне с повышенной влажностью при наличии свободной воды не наблюдается резкой интенсификации дыхания, характерной для критической влажности зерна. Из рисунка 4.2 видно, что при 0 и 10 °С даже при влажности 18 % интенсивность дыхания ничтожна. При температурах же 18 и 25 °С отчетливо проявляется критическая влажность зерна. Подобные данные получены многими исследователями по зерну и семенам других культур. Они отчетливо показывают значение пониженных температур (до 10 °С) в практике хранения. Необходимо отметить, что пониженные температуры лишь временно угнетают жизненные

функции зерна. В то время как повышенные температуры могут привести к потере жизненных функций.

Таким образом, температурный фактор значительно влияет на стойкость зерна при хранении. Своевременное понижение температуры зерновой массы – один из важнейших приемов снижения интенсивности ее дыхания, широко используемый в практике хранения.



1 – 14 %; 2 – 16 %; 3 – 18 %; 4 – 22 %

Рисунок 4.2 – Зависимость интенсивности дыхания зерна от его температуры и влажности (по В.Л. Кретовичу и А.П. Прохоровой)

Доступ атмосферного воздуха к зерновой массе (**степень аэрации**) тоже влияет на характер и интенсивность дыхания при хранении. Так, в условиях длительного хранения зерновых масс без перемещения и продувания в межзерновых пространствах накапливается углекислый газ и убывает кислород. Наибольшее количество углекислого газа накапливается на глубине 10-15 м, то есть в средней части силоса, а при хранении зерна в складах наибольшее количество углекислого газа обнаруживается внутри насыпи на глубине 1,5-3,0 м.

Недостаток кислорода и присутствующий углекислый газ действуют

весьма угнетающе лишь на зерно, имеющее повышенную влажность (рисунок 4.3). Установлено, что на жизнеспособность сухого зерна даже большие концентрации углекислого газа и полное отсутствие кислорода длительное время существенного влияния не оказывают. Скорее всего, это объясняется и тем, что интенсивность дыхания сухого зерна ничтожно мала и в его клетках почти не образуется спирт. Следует также отметить, что проницаемость оболочек зерна для газов находится в прямой зависимости от влажности: чем меньше влажность, тем менее газопроницаемы оболочки. Также в результате недостатка или отсутствия кислорода в воздухе межзерновых пространств зерно с повышенной влажностью быстро теряет свою всхожесть.

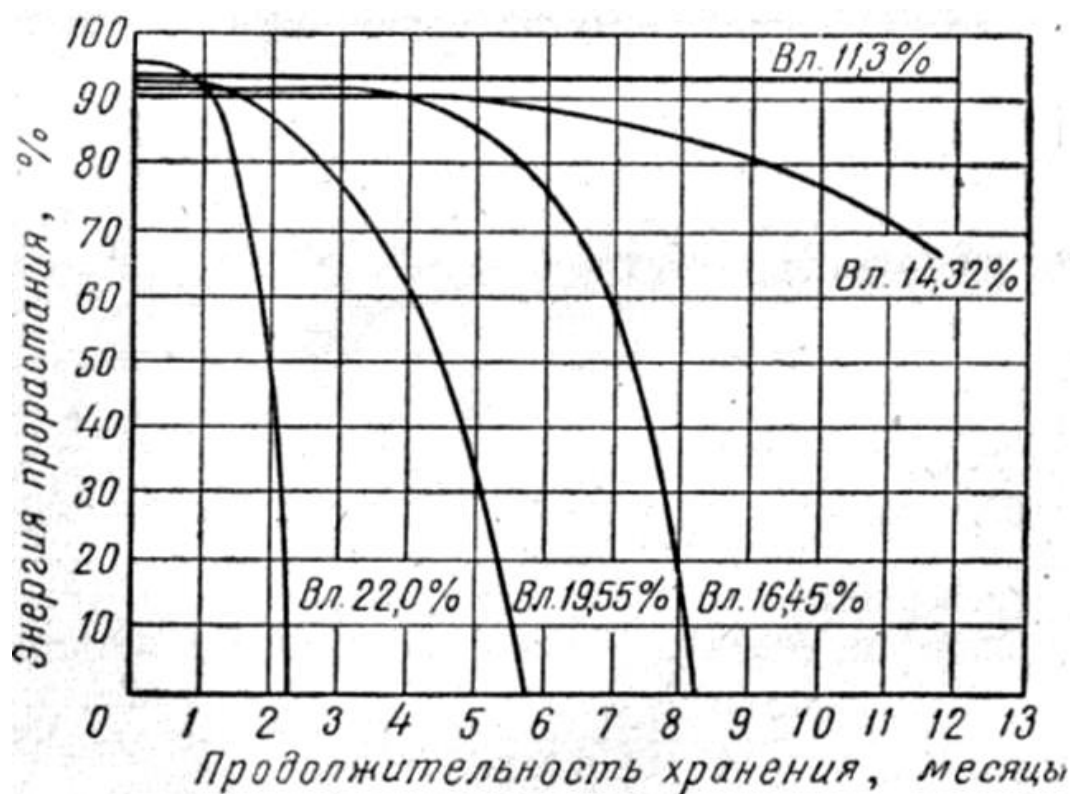


Рисунок 4.3 – Зависимость снижения энергии прорастания у семян пшеницы различной влажности при хранении без доступа воздуха при температуре 15-20 °С (по И.А. Клеву)

Недостаточный обмен воздуха в зерновой массе, наблюдаемый в практике хранения при слабом ее вентилировании, также и по тем же причинам приводит

к понижению интенсивности дыхания.

Многочисленными исследованиями установлено, что для сохранения полевых качеств зерна с влажностью выше 13-15 % для злаковых необходимо постоянный хотя бы замедленный или сильный периодический обмен воздуха в зерновой массе. В практике хранения этого достигают, снижая высоту насыпи зерна в складе или применяя активное вентилирование.

Сухие семена пшеницы (влажностью до 14 %) можно успешно хранить в силосах элеваторов. Хранение сухого овса уже требует периодической перегонки или продувания. Опытами в производственных условиях В. В. Макаров установил, что при хранении в силосах железобетонных и деревянных элеваторов в течение от 1 года до 2 лет без перемещений сухое зерно пшеницы сохраняет всхожесть и энергию прорастания. Жизнеспособность зерна сохраняется по всей глубине засыпанной зерновой массы.

Таким образом, зерно продовольственного и фуражного назначения можно хранить с доступом и без доступа воздуха. Семена злаковых и бобовых влажностью выше 14 % необходимо хранить только с доступом воздуха. Общение с воздухом влажного и сырого зерна продовольственного и фуражного назначения целесообразно только для снижения влажности и температуры зерновой массы.

В процессе хранения также было отмечено влияние **степени зрелости** семян на интенсивность дыхания и установлено, что незрелые зерна и семена обладают значительно большей интенсивностью дыхания, чем нормально вызревшие. Зерновая масса, в которой содержится много незрелых семян, крайне неустойчива и легко подвергается порче. Незрелые семена в первый период хранения имеют повышенную влажность, энергично дышат и являются благоприятной средой для развития микроорганизмов и клещей.

К незрелым зернам относятся и морозобойные, то есть захваченные на корню морозом. Такие зерна имеют повышенную интенсивность дыхания и нестойки при хранении. Особенно это заметно в партиях, содержащих много зерен, поврежденных морозом.

Партии морозобойного зерна влажностью до 15 % в зимний период сохранялись без особых изменений, но с наступлением тепла в них нарастала кислотность, и проявлялся характерный запах лежалых продуктов. При влажности выше 16 % зерно еще осенью при относительно теплой погоде утрачивало свежий запах и начинало плесневеть. Процесс самосогревания в морозобойном зерне возникает и развивается очень быстро.

Морозобойные зерна показывают меньшую стойкость при хранении, свидетельством этому случаи массового самосогревания после 2-х и более лет хранения.

**Неблагоприятные погодные условия** при уборке урожая резко снижают стойкость зерновых масс при хранении. Одной из причин этого является повышенная физиологическая активность зерна. Так, зерна, подмоченные при уборке или во время транспортирования, даже после их высушивания обладают в дальнейшем высокой интенсивностью дыхания по сравнению с зернами такой же влажности, не подвергавшимися увлажнению.

Зерна, прошедшие начальную стадию прорастания на корню, в снопах, ворохах или в процессе перевозки, а затем высушенные, также обладают повышенной интенсивностью дыхания. Меньшая стойкость подмоченных и начавших прорасти зерен является следствием активации ферментов в начальных стадиях прорастания и развития на зерне микроорганизмов.

На интенсивность дыхания зерна оказывает влияние **выполненность и крупность зерна**. Выделив из массы щуплые зерна, можно убедиться, что они дышат значительно интенсивнее, чем выполненные и крупные. Несмотря на большой срок хранения и низкую влажность зерновой массы, щуплые зерна по сравнению с выполненными дышат более интенсивно, примерно на 25 %.

Объясняется это наличием у них сравнительно большей активной поверхности, чем у зерен выполненных. Кроме того, обладая большей гигроскопичностью, щуплые зерна обычно более влажные, чем выполненные. Таким образом, партии, содержащие много щуплых зерен при всех прочих равных условиях хранения, всегда менее стойки.

Также отмечена неодинаковая интенсивность дыхания и у различных частей зерна. Зародыши дышат более интенсивно, чем другие части зерна. Это объясняется не только повышенной физиологической активностью клеток и тканей зародыша, но и большим содержанием в нем влаги.

Нарушение **целости зерен** – повреждение их оболочек, раздробление на части, приводит к увеличению интенсивности дыхания. Объясняется это явлением механического раздражения клеток, большой пораженностью битых зерен микроорганизмами, наконец, более свободным доступом воздуха к клеткам.

Поэтому удаление из зерновой массы различными методами очистки битых и поврежденных зерен увеличивает стойкость всей партии при хранении, особенно длительном.

Интенсивность дыхания зерна при хранении зависит также от его **ботанических особенностей**. Так, при одинаковых условиях хранения наибольшая энергия дыхания наблюдается у сортов кукурузы, имеющих крупный зародыш. Установлена разница в интенсивности дыхания мягкой и твердой пшеницы – у мягкой она выше.

Анализируя приведенные выше данные, можно сделать вывод, что они характеризуют не только интенсивность дыхания зерновой массы, но и микроорганизмов, находящихся в ней, так как используемые в исследованиях образцы не стерильны. В связи с этим можно утверждать, что резкое увеличение интенсивности дыхания во влажном и сыром зерне является не только усилением его жизнедеятельности, но и активизацией микробиологических процессов.

Поэтому зерновая масса, содержащая много неполноценных зерен: незрелых, морозобойных, щуплых, дробленых, подмоченных, начавших когда-то прорасти, и с другими дефектами, обладает повышенной интенсивностью дыхания, менее устойчива при хранении и требует особенно тщательного наблюдения. Часто для сохранения таких зерновых масс требуется применение особых приемов, обеспечивающих их наибольшую консервацию.

### 4.3 Послеуборочное дозревание

Комплекс процессов, происходящих в зернах и семенах при хранении, приводящий к улучшению их посевных и технологических качеств, получил название **послеуборочного дозревания**.

В первый период хранения свежееубранного зерна в нем происходит как бы его дальнейшее дозревание, которое заключается в повышении жизнеспособности семян, их всхожести и энергии прорастания. В некоторых случаях отмечается и улучшение технологических качеств: так, например, у пшеницы в небольших пределах увеличивается выход сырой клейковины, и улучшаются ее качества. В семенах масличных наблюдается дальнейший синтез жира, и увеличение его выхода при переработке маслосемян. Происходят изменения и с другими веществами.

Явление послеуборочного дозревания – одно из наиболее сложных, и до настоящего времени еще не полностью раскрыты все происходящие при этом процессы. Низкая всхожесть свежееубранного зерна была подмечена человеком давно, и причины ее пытались объяснить многие исследователи. Исследование послеуборочного дозревания сухого зерна пшеницы разных сортов показало, что увеличение всхожести и энергии прорастания сопровождается уменьшением активности амилазы, содержания небелкового азота и изменением многих других показателей.

В результате наблюдений за характером изменений в семенах при послеуборочном дозревании были установлены факторы, влияющие на этот процесс. Важнейшими из них являются влажность и температура зерновой массы, степень ее аэрации и состав воздуха межзерновых пространств.

Можно считать доказанным, что послеуборочное дозревание происходит только в том случае, если синтетические процессы в семенах преобладают над гидролитическими. Это становится возможным лишь при низкой влажности зерна. Для успешного завершения послеуборочного дозревания партия зерна



должна иметь влажность ниже критической или в ее пределах.

В свежееубранном зерне с повышенной влажностью преобладание процессов гидролиза приводит не к уменьшению физиологической активности, а к ее дальнейшему росту. Семена не только не улучшают своих посевных качеств, но могут и снизить их. Послеуборочного дозревания в таких партиях ожидать бесполезно. Нужно принимать срочные меры для консервации семян, подвергая их сушке или охлаждению. Правильно проведенная тепловая сушка не только останавливает гидролитические процессы, но и способствует послеуборочному дозреванию.

Вторым важнейшим условием, обеспечивающим процесс послеуборочного дозревания, является температура. Семена дозревают только в условиях положительной температуры и наиболее интенсивно при 15-30 °С и даже несколько выше. Поэтому в первый период хранения сухих свежееубранных семян не следует их значительно охлаждать. Наблюдая за партиями таких семян и подвергая их периодическому проветриванию, можно добиться завершения процессов дозревания в течение 1-2 месяцев хранения.

Наиболее интенсивно послеуборочное дозревание протекает при активном доступе воздуха к семенам. Воздух при дозревании выполняет комплексную роль: подводит к семенам кислород и одновременно способствует отводу тепла и влаги, выделяемых при дыхании. Недостаток кислорода и накопление в зерновой массе углекислого газа замедляют дозревание.

При хранении свежееубранных семян в среде различных газов наиболее короткий период дозревания наблюдался у семян, хранившихся в среде кислорода. Более продолжительным было дозревание семян в азоте.

Считают, что при благоприятных естественных условиях хранения процесс послеуборочного дозревания семян основных злаковых культур заканчивается в течение 1,5-2 месяцев. Семена же кукурузы оказываются физиологически полноценными сразу же после удаления из них избытка влаги.

Семена с повышенной влажностью и охлажденные (но непро-морожен-ные) могут пройти процесс послеуборочного дозревания через некоторое время

после снижения их влажности и повышения температуры в насыпи, однако всхожесть и энергия прорастания таких семян обычно не достигают возможного максимума.

Анализируя изложенное, следует сказать, что при повышенной влажности зерновой массы процесс послеуборочного дозревания не закончится, а преобладание гидролитических процессов неизбежно приведет к потере в массе зерна, снижению его товарных и семенных качеств. Поэтому при хранении партий влажного и сырого свежееубранного зерна все усилия должны быть направлены на угнетение его жизненных функций и микроорганизмов, находящихся на поверхности зерен. Управляя процессами послеуборочного дозревания, можно добиться значительного улучшения технологических и посевных качеств зерна.

#### **4.4 Прорастание зерна (семян) при хранении**

Прорастание при хранении совершенно недопустимо. Оно возникает в результате небрежного или неправильного хранения. Это положение легко можно доказать, если рассмотреть условия, при которых вообще возможно прорастание. Как известно, основными факторами, определяющими возможность прорастания, являются влага, воздух и тепло. К. А. Тимирязев писал: «Условия эти знакомы всякому. Нужна вода – в сухой почве семя не прорастает; нужно тепло – в холодную весну посеянное зерно не обнаруживает следов развития, пока его не пригреет; нужен воздух – зерно, зарытое глубоко в землю, может пролежать как угодно долго, не дав ростка. Итак, вода, тепло и воздух – вот три основных условия, которые пробуждают семя к жизни». Развитие семени начинается с набухания, то есть такого физического процесса, при котором влага поглощается гидрофильными коллоидами, главным образом, белками и крахмалом; объем зерна при этом увеличивается. Степень набухания, а также его интенсивность зависят от химического состава зерна, проницаемости его оболочек и ряда других условий. Установлено, что семена, богатые белками, могут поглощать влагу до 150

% их веса, богатые углеводами – до 80 %, богатые жирами – около 140 %. Установлено также, что прорастание возможно и при меньшем количестве поглощенной влаги (40-70 %). Наименее требовательны в этом отношении просо, кукуруза (38-45 %), более влаголюбивы пшеница, ячмень, рожь и овес (50-80 %) и особенно семена бобовых. Семена могут прорасти при низких положительных температурах. Так, семена пшеницы, ржи, ячменя, овса, гречихи и конопли при наличии других благоприятных условий прорастают при 2-5 °С, подсолнечник и кукуруза – при 8-10 °С. Такие температуры часто наблюдаются в зерновой массе и даже весьма желательны, как в значительной степени ограничивающие жизнедеятельность микроорганизмов, насекомых и клещей. Из этого следует, что температура редко бывает фактором, ограничивающим возможность прорастания семян при хранении.

Если учесть, что семена хорошо прорастают в темноте и при хранении достаточно обеспечены кислородом, то можно сделать вывод, что основным фактором, тормозящим процесс прорастания семян при хранении, является более низкая их влажность, чем это требуется для прорастания. Из приведенных выше данных следует, что для прорастания семян требуется влаги больше, чем они могут сорбировать ее в виде пара из воздуха. Иначе говоря, даже максимально возможной равновесной влажности (30-36 %) недостаточно для начала процесса прорастания. Оно становится возможным лишь в результате поглощения капельножидкой влаги. Такая влага попадает в зерновую массу в результате ее подмочки при перевозках или плохой гидроизоляции хранилищ; она образуется также в зерновой массе вследствие конденсации водяных паров в межзерновых пространствах. В итоге влажность отдельных зерен или целого слоя в зерновой массе может быть значительно выше ее средней влажности. Таким образом, в случае прорастания зерен при хранении происходят следующие явления:

- потеря массы сухого вещества;
- выделение значительного количества тепла, что может привести к повышению температуры зерновой массы и усилению в ней всех процессов жизнедеятельности;

- ухудшение качества зерна.

В результате всех этих явлений семена выходят из категории посевного материала, резко ухудшаются мукомольно-хлебопекарные качества зерна, и уменьшается выход продуктов при переработке. Отсутствие в зерновой массе капельножидкой влаги и предпосылок к ее образованию исключает возможность прорастания зерна.

#### **4.5 Контрольные вопросы**

1. Понятие долговечности зерна.
2. Понятие о дыхании зерна.
3. Факторы, влияющие на дыхание зерна.
4. Что такое послеуборочное дозревание зерна?
5. При каких условиях происходит прорастание зерна при хранении?
6. Что определяет тип дыхания в зерновой массе?
7. Факторы, сокращающие долговечность зерна.
8. Что влияет на интенсивность дыхания зерна?
9. Как ускорить процесс послеуборочного дозревания зерна?

## 5 Значение микроорганизмов при хранении зерна и пищевых продуктов

Зерновая масса, как и другие виды продуктов растительного и животного происхождения, обязательно содержит микроорганизмы. В составе микрофлоры каждой зерновой массы обязательно находят такие группы микроорганизмов, как различные бактерии и плесневые грибы. Во многих образцах находят актиномицеты и родственные им организмы, а также дрожжи. Ежегодно при хранении зерна теряется от 1 % до 2 % сухого вещества в результате активной деятельности микроорганизмов, особенно бактерий и плесневых грибов.

### 5.1 Классификация и характеристика микрофлоры зерновых масс

По образу жизни, а, следовательно, и по воздействию на зерновую массу встречающиеся в ней микроорганизмы можно разделить на три группы: сапрофитные, фитопатогенные, патогенные для животных или человека. Видовой состав микрофлоры зерновых масс представлен в таблице 5.1. Подавляющую часть микробов в зерновой массе составляют сапрофиты, то есть метатрофные микроорганизмы, нуждающиеся в различных органических соединениях. Некоторые из представителей этой группы способны при известных условиях питаться органическими веществами зерна и в процессе питания частично или полностью разрушать зерно, изменяя его физические свойства и химический состав.

Сапрофиты (от греч. *sapros* – гнилой и *phyton* – растение) – это микроорганизмы, использующие в качестве источника углерода готовые органические вещества, главным образом из различных органических остатков, вызывая их разрушение (гниение). **Сапрофитная микрофлора** зерновой массы представлена различными бактериями, дрожжами, плесневыми грибами и актиномицетами.

Большая часть **сапрофитов** относится к типичным **эпифитам**, не способным проникать внутрь неповрежденной оболочки зерна; они населяют здоровые растения при развитии и формировании зерна, не требовательны к пище и живут за счет выделений клеток.

Одним из представителей **эпифитов** является **Bact. herbicola**, которая составляет до 92-95 % всего бактериального населения зерна. Эти бактерии не обладают способностью разрушать зерно, однако, находясь в активном состоянии и в большом количестве, они выделяют при дыхании много тепла, что способствует началу процесса самосогревания зерновой массы.

Установлено, что плесневые грибы и кокки действуют на **Bact. herbicola** и другие эпифитные микроорганизмы антагонистически. Исчезновение **Bact. herbicola** или незначительное ее содержание обычно свидетельствует о нежелательных микробиологических процессах в зерновой массе. Поэтому по содержанию **Bact. herbicola** можно судить о свежести зерна и продолжительности срока его хранения (рисунок 5.1).

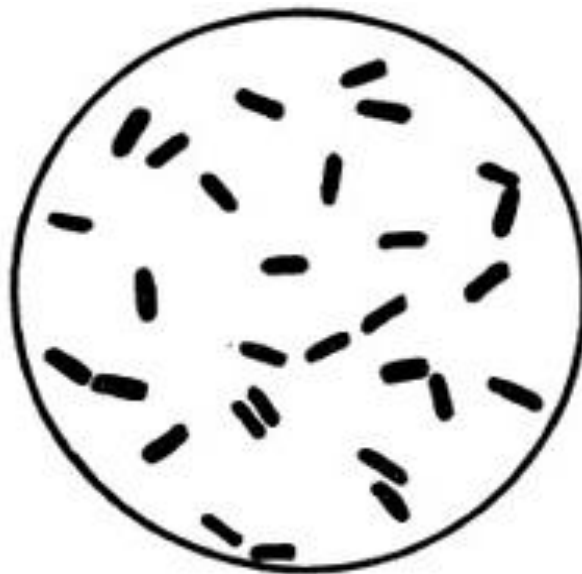


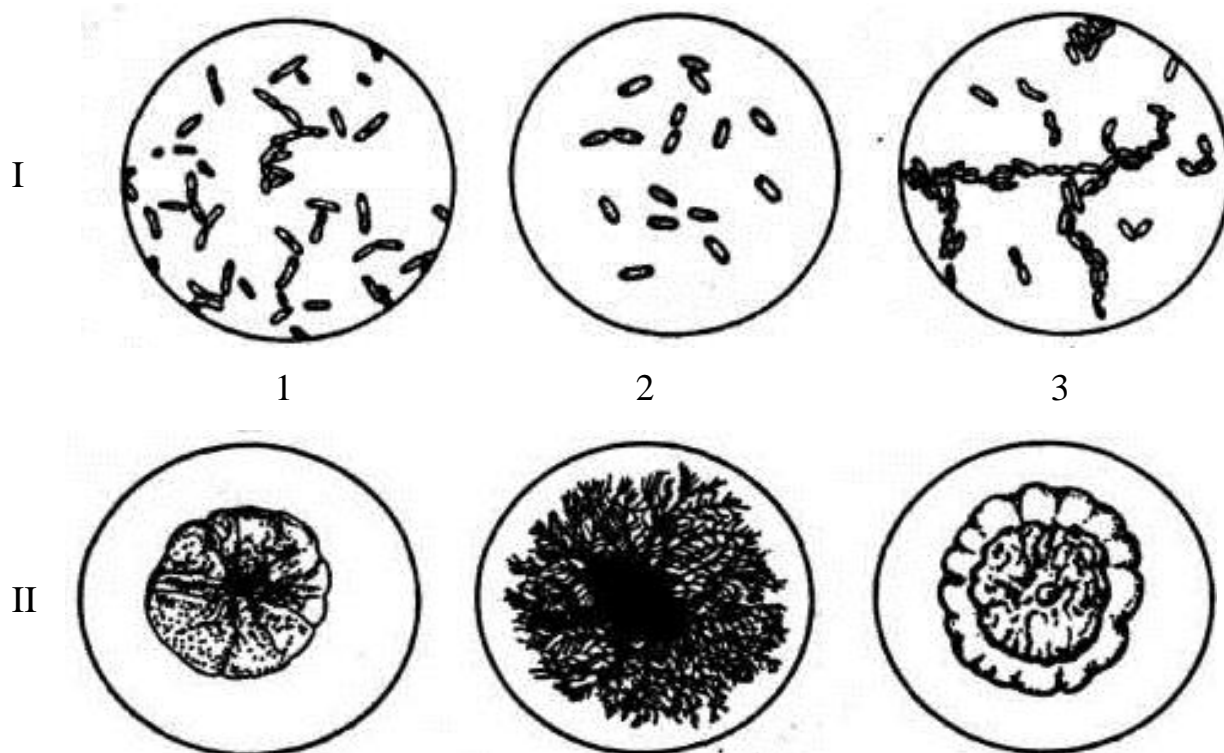
Рисунок 5.1 – **Bact. herbicola** под микроскопом

Другим представителем бактерий рода **Pseudomonas** на зерне является **Bact. fluorescens**, также не образующая спор. Эта палочка при развитии на плотных средах образует бесцветные или сероватые колонии, вызывающие флюоресценцию среды.

Таблица 5.1 – Основные группы микроорганизмов, встречающиеся в зерновых массах

Сапрофитные микроорганизмы		Фитопатогенные микроорганизмы	Микроорганизмы патогенные для животных и человека
типичные эпифиты	прочие сапрофиты		
<p><b>Бактерии:</b> Ps. herbicola, Ps. fluorescens</p> <p><b>Дрожжи:</b> белые и розовые из рода Torula Дрожжи верхового брожения (сахаромицеты)</p> <p><b>Плесневые грибы:</b> (Полевые грибы): Alternaria, Cladosporium, Dematium, Trichothecium и др.</p>	<p><b>Бактерии:</b> Bac.mesentericus (картофельная палочка) Bact. subtilis (сенная палочка) Bact. mycoides (гнилостная палочка) Bact. proteus (гнилостная палочка) Бактерии кислотных брожений; кокки, микрококки и сардины</p> <p><b>Плесневые грибы</b> (плесени хранения): мукоровые Mucor mucedo, Mucor racemosus Rhisopus nigri cans и др. аспергилловые: A. niger, A. glaums, A. fumiga-tus, A. glavaius, A. flavus, Peni-clllium glaucum и др. прочие грибы: Monilia, Oidium и др.</p> <p><b>Актиномицеты</b> и родственные им организмы</p>	<p><b>Бактериозы, вызывающие</b> щуплость зерна: Bact. translucens, Bact. atrofaciens</p> <p><b>Микозы:</b> различные виды головни злаковых, спорынья; Различные виды фузариума; Nigrospora; Diplodla zeae и др.</p>	<p><b>Бактерии, вызывающие заболевание: у животных и у человека</b> (зоонозы) Возбудители бруцеллеза, туляремии, туберкулеза, сибирской язвы, сапа и др.</p> <p><b>Бактерии, вызывающие заболевание у человека:</b> возбудители столбняка, газовой гангрены, гноеродные кокки и др.</p>

К прочим сапрофитам относят микроорганизмы, случайно попавшие на поверхность отдельных зерен из почвы, а также при уборке и транспортировании урожая. Это спорообразующие бактерии (**Bact. mesentericus** (картофельная палочка), **Bact. subtilis** (сенная палочка), **Bact. mycoides** (гнилостная палочка), **Bact. proteus** (гнилостная палочка), бактерии кислотных брожений, кокки, микророкки и сарцины (рисунок 5.2).



I – палочки; II – колонии

(1 – *B. subtilis*; 2 – *B. mycoides*; 3 – *B. mesentericus*)

Рисунок 5.2 – Спорообразующие бактерии и их колонии

Существенный интерес в практике хранения зерна и зерновых продуктов представляет наличие в зерне, а затем и в муке бактерий группы картофельной палочки (**Bac. mesentericus**). Споры этих бактерий очень устойчивы, они выдерживают нагревание до 109-113°C в течение 45 мин, а кипячение – в течение нескольких часов. Если мука содержит много этих спор, и они не будут подавлены в процессе приготовления теста (для этого повышают его кислотность), то при выпечке хлеба они сохраняются, так как температура мякиша хлеба в процессе выпечки не превышает 100 °С. При известных условиях (медленном охлаждении



хлеба после выпечки или хранения его при повышенных положительных температурах) картофельная палочка бурно размножается в мякише хлеба, и он портится. Такой порок печеного хлеба получил название «тягучей» или «картофельной болезни». При развитии болезни мякиш хлеба теряет свою упругость, делается липким и тянущимся, в нем появляются тонкие серебристые нити. Все эти изменения сопровождаются образованием специфического сначала фруктового, а затем чрезвычайно неприятного запаха и вкуса. В результате развития болезни хлеб оказывается непригодным для употребления в пищу. Картофельная палочка хорошо развивается при температуре выше 25 °С (особенно в интервале от 33 °С до 42 °С); при температуре 18-20 °С и ниже она почти не развивается. Накопление ее в зерновой массе происходит в процессе самосогревания.

**Bac. subtilis** (сенная палочка), встречающаяся на зерне, также является возбудителем тягучей болезни хлеба. Условия ее развития в зерновой массе и печеном хлебе сходны с картофельной палочкой.

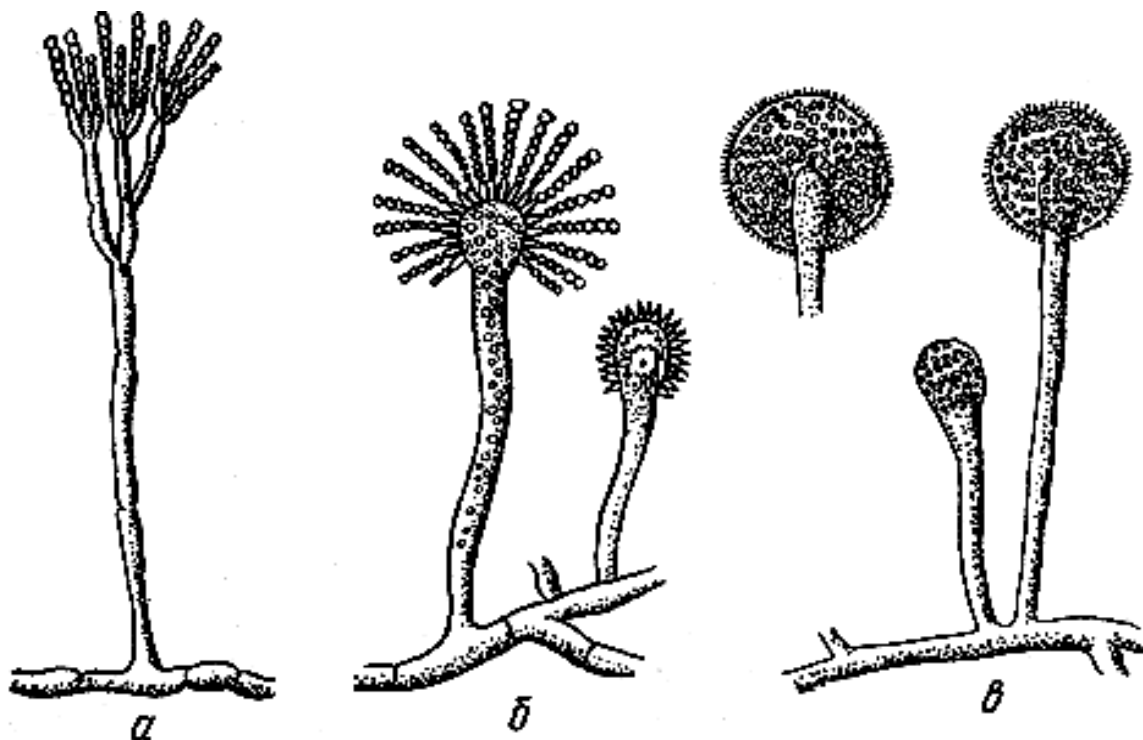
На зерне всегда находят и бактерии, вызывающие различные кислотные брожения: молочнокислые, маслянокислые и другие. Необходимо также указать на **Bact. levans**, проявляющую свою деятельность в процессе изготовления макарон. Ее развитие в сформированном макаронном тесте вызывает существенный порок макаронных изделий – вспучивание.

Среди сапрофитных бактерий зерновой массы встречаются и различные кокковые формы, получающие условия для своего развития в процессе самосогревания.

**Дрожжи**, также как и бактерии развиваются на поверхности зерна в виде дрожжевых грибков. Они не оказывают существенного влияния на сохранность и качество зерна. Однако при известных условиях они способствуют накоплению тепла в зерновой массе и, по мнению исследователей, являются одним из источников появления так называемого «амбарного» запаха.

**Плесневые грибы** (рисунок 5.3) содержатся в свежееубранной зерновой массе в виде спор, их численность составляет 1-2 % от общего количества микроорганизмов.

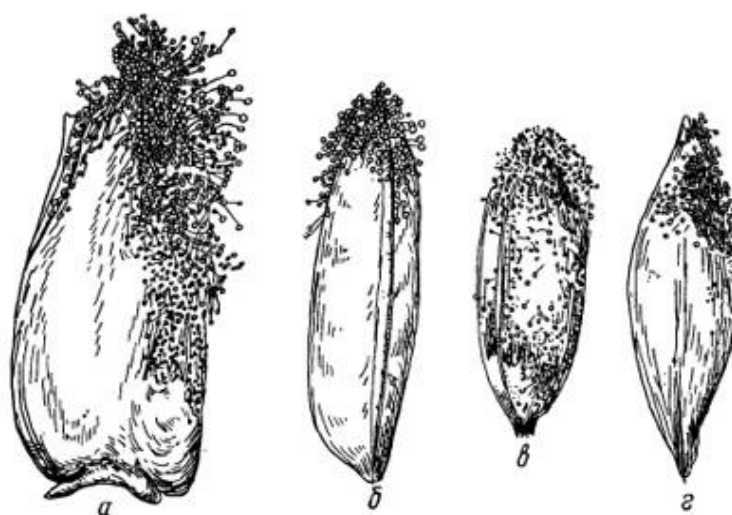
При благоприятных условиях (соответствующей влажности зерна, температуре зерновой массы и других), находящиеся на зерне споры плесневых грибов прорастают, образуют мицелий и органы плодоношения. На зерне появляются колонии плесеней, хорошо видимые невооруженным глазом (рисунок 5.4).



а – пенициллы; б – аспергиллы; в – мукор

Рисунок 5.3 – Плесневые грибы

Такое развитие плесеней может происходить на зерне еще на корню в поле и в процессе уборки урожая в условиях затяжной сырой погоды, при временном хранении зерна на токах и в бунтах, в условиях стационарного хранения зерна в зернохранилищах, а также и во время перевозок зерна водным или железнодорожным транспортом. Интенсивное развитие плесневых грибов в зерновой массе всегда сопровождается потерями в массе сухого вещества зерна, снижением качества или полной порчей зерна. Разрушая органические вещества зерна, плесени образуют продукты распада, обладающие специфическими неприятными запахами, а также изменяют цвет и вкус зерна.



а – кукурузы; б – риса; в – пшеницы; г – ячменя

Рисунок 5.4 – Поражение зерна плесневым грибом

Гифы грибов, проникая в оболочки и эндосперм, могут сделать зерно полностью непригодным для пищевых и фуражных целей. Насчитывают более 60 видов плесневых грибов, но наибольшее влияние на сохранность зерна оказывают грибы из родов **Aspergillus** и **Penicillium**, за что они получили название «плесеней хранения» (рисунок 5.5).

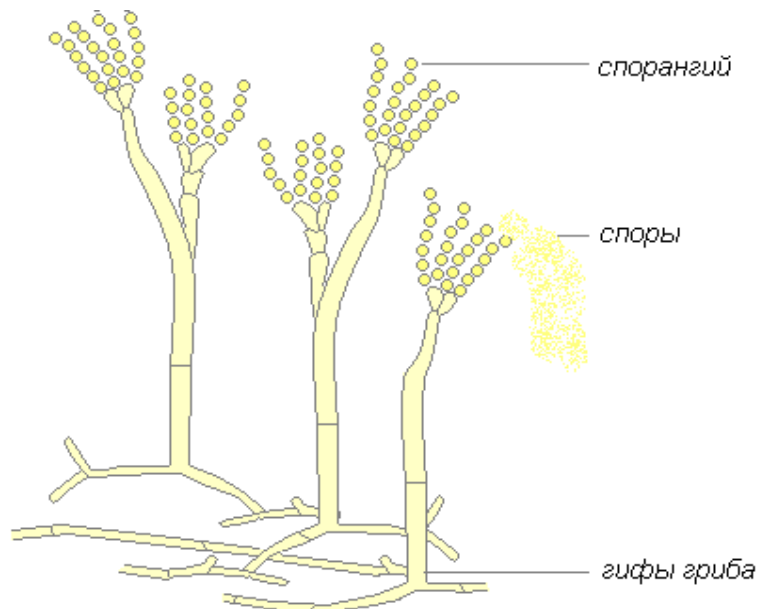
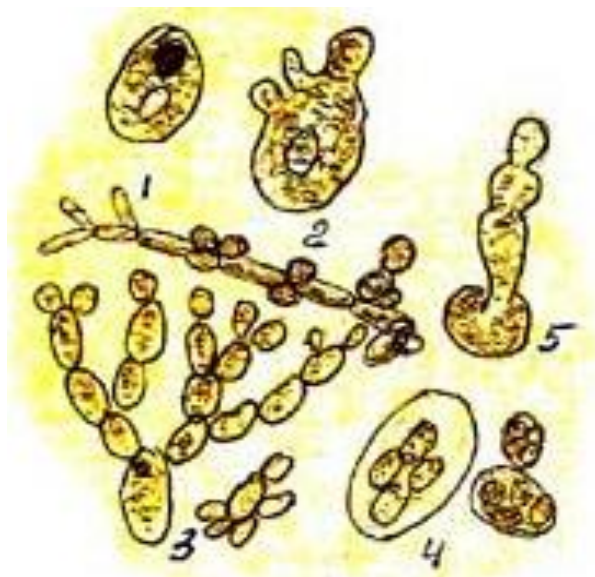


Рисунок 5.5 – Строение плесневого гриба пеницилл (сизая плесень)

**Актиномицеты** (лучистые грибы) (рисунок 5.6) и родственные им организмы (проактиномицеты, микобактерии, микококки), находясь в **ризосфере**

(Ризосféра – узкий участок почвы, прилегающий к корням растения и попадающий под непосредственное действие корневых выделений и почвенных микроорганизмов), попадают вместе с частицами почвы в зерновую массу при уборке урожая. Наличие актиномицетов и подобных им организмов на зерне отмечено многими исследователями. Однако численность их в свежесобранной зерновой массе бывает весьма незначительной. По этой причине их видовой состав не подвергался детальному исследованию. Актиномицеты накапливаются в зерновой массе при устройстве бунтов непосредственно на грунте (когда нижний слой зерновой массы соприкасается с почвой). Известно, что при наличии благоприятных условий они, развиваясь, способствуют самосогреванию зерна.



- 1 – отдельная зрелая клетка; 2 – клетка в стадии почкования; 3 – цепочки быстрорастущих и почкующихся клеток; 4 – образование аскоспор; 5 – размножение почкованием из прорастающей аскоспоры

Рисунок 5.6 – Актиномицеты

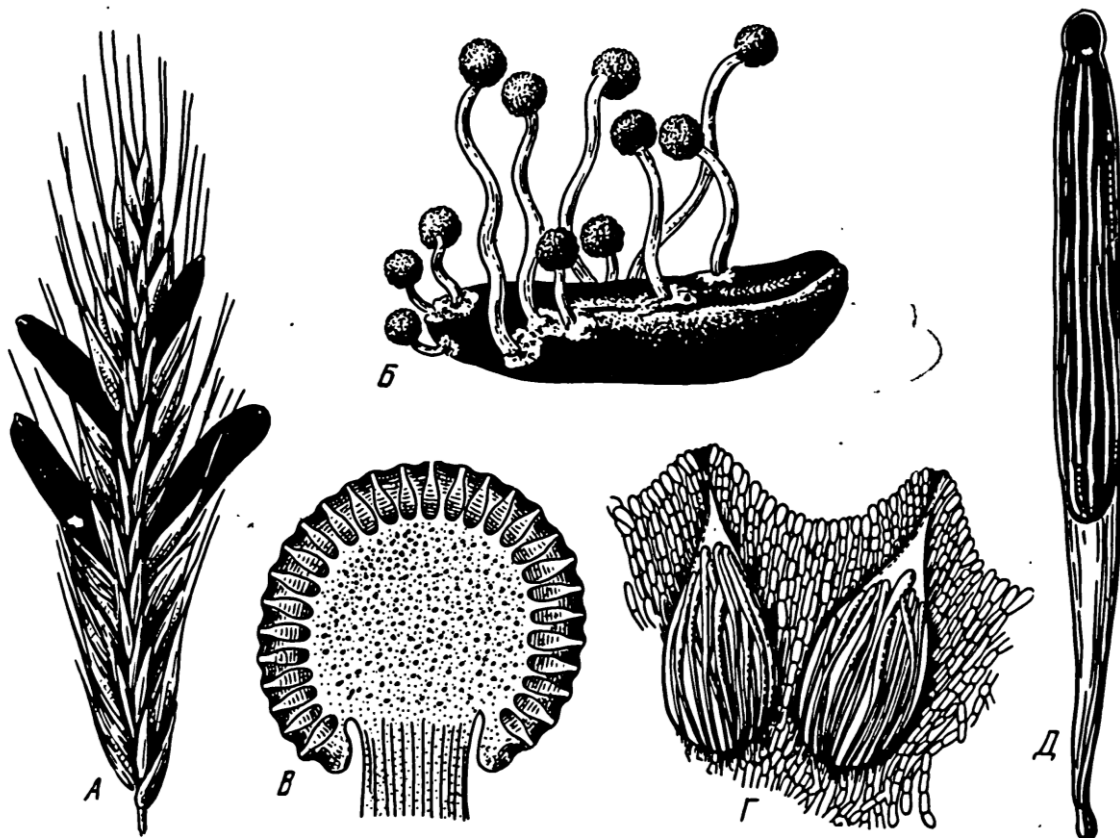
**Фитопатогенные** микроорганизмы вызывают заболевания растений, в связи с этим и получили это название. Среди них известны бактерии (в этом случае заболевания называются бактериозами), грибы (болезни, вызываемые грибами, называются микозами) и вирусы. Пораженные фитопатогенными микроорганизмами растения либо погибают, либо дают урожай зеленой массы, волокна, клубней или плодов в меньшем количестве и пониженного качества.

Так, например, **Bact. translucens** вызывает «ожог» у пшеницы, ржи, ячменя и кукурузы; увядание кукурузы и риса; пятнистость кукурузы, риса, ячменя и тому подобное. Другая разновидность этой бактерии обуславливает появление у пшеницы так называемой «черной болезни» (рисунок 5.7).



Рисунок 5.7 – Черная болезнь пшеницы

Выражается она в почернении верхней половины колосковых чешуек, которое распространяется на стержень колоса и верхнюю часть стебля. Зерна такого колоса сморщиваются у основания, иногда в них образуются углубления, наполненные бактериями. Сильно пораженный колос уменьшается, а зерна темнеют. При особо сильном развитии черной болезни зерна становятся исключительно щуплыми и теряют в массе от 60 % до 70 %. Другое заболевание пшеницы, также приводящее к щуплости зерна, вызывается бактерией *Bact. atrofaciens*. Больше распространение в зерновой массе имеют **микозы** проявляющиеся как различные виды головни, фузариума и спорыньи (рисунок 5.8).



А – колос ржи со склероциями; Б – стромы, выросшие на перезимовавшем склероции; В – продольный срез через строму; Г – продольный срез через строму с перитециями; Д – сумка с нитевидными аскоспорами

Рисунок 5.8 – Спорынья

Особенно подвержена грибным заболеваниям кукуруза. Початки и зерна этой культуры бывают поражены специфическими заболеваниями: пузырчатой головней (рисунок 5.9), нигроспориозом, фузариозами (рисунок 5.10), красной гнилью, диплодиозом и другими.

**Патогенные** или болезнетворные микроорганизмы для животных и человека - это случайные спутники зерновой массы. Они не представляют опасности для ее сохранности, но могут находиться в зерновой массе, что нужно учитывать в практике работы, так как известны случаи заболевания животных и людей в результате контакта с инфицированным зерном. Среди этой группы микроорганизмов известны формы, патогенные только для животных, патогенные только для человека и патогенные как для животных, так и для человека.





1 – мокрая головня пшеницы; 2 – пыльная головня пшеницы;  
 3 – пыльная головня овса; 4 – стеблевая головня ржи;  
 5 – пузырчатая головня кукурузы; 6 – головня лука

Рисунок 5.9 – Головня



Рисунок 5.10 – Поражение кукурузы фузариозом

Последние получили название «зооноз». К числу зооноз относят возбудителей сибирской язвы, сапа, бруцеллеза, туберкулеза и некоторых других. Патогенные микроорганизмы попадают на зерно из почвы или от животных – больных и носителей инфекции. Заражение через почву может происходить в период нахождения зерна на растении или в процессе уборки урожая. Длительное время в почве могут сохраняться споры сибирской язвы. Однако благодаря уже длительно существующей системе карантинных мероприятий этот возбудитель в пахотном слое почвы не встречается. Все же через почву зерно может быть инфицировано возбудителями столбняка, газовой гангрены, туберкулеза и некоторых других. Источником и передатчиком инфекции могут быть домашние животные и грызуны (крысы, мыши и хомяки). Особо важно помнить о возможности передачи через зерно инфекционного менингита и анемии, бруцеллеза, сапа и туляремии. Выявить в зерновой массе патогенные микроорганизмы очень трудно и сложно.

## **5.2 Факторы, влияющие на жизнедеятельность микроорганизмов в зерновой массе**

Учитывая то, что зерновые продукты являются благоприятной средой для жизнедеятельности многих сапрофитных микроорганизмов и особенно плесневых грибов необходимо создавать такие условия в самих зерновых массах и зернохранилищах, которые бы исключали возможность активного развития микробов. Изучение факторов, влияющих на развитие сапрофитных микроорганизмов в зерновой массе, показало, что решающее значение имеют следующие: средняя влажность зерновой массы и влажность ее отдельных компонентов (основного зерна, примесей и воздуха межзерновых пространств), температура зерновой массы, степень аэрации зерновой массы. Существенное значение также имеют целостность и состояние покровных тканей зерна, его жизненные функции, количество и видовой состав примесей. При хранении зерновых масс практически не



имеют значения такие важные, с микробиологической точки зрения, условия, как реакция среды и свет. Это объясняется специфическими особенностями зерна как субстрата и методами его хранения. Так, зерно нормального качества имеет довольно постоянную реакцию среды (рН 5,6-6,4), заметные отклонения от которой наблюдаются только в случаях порчи зерна (главным образом, в результате воздействия микроорганизмов).

**Влажность зерновой массы.** Влияние влажности зерновой массы на развитие в ней микроорганизмов обусловлено химическим составом клеток микробов, которые содержат от 80 % до 96 % влаги. Влага обеспечивает основной механизм обмена между клеткой и средой, и при ее недостатке обменные процессы замедляются. Чем выше влажность окружающей среды, тем обычно интенсивнее идет обмен веществ между клеткой и средой, тем быстрее и лучше развиваются и размножаются микробы. Известно, что скорее портятся при хранении продукты, содержащие большое количество влаги (овощи, фрукты, мясо, рыба, яйца и тому подобные). Наряду с этим микроорганизмы могут развиваться на зерне, крупе, в муке и других продуктах, влажность которых значительно меньше, чем содержание влаги в их клетках. Объясняется это способностью микроорганизмов к всасыванию. Известно, что многие из них обладают большой сосущей силой. Несмотря на различную потребность отдельных представителей микрофлоры во влаге, установлена граница минимальной влажности зерна, при которой микробы могут развиваться. Такой границей является влажность зерна или семян данной культуры на уровне критической или превышающей ее на 0,5-1,0 %.

Следовательно, развитие микроорганизмов на зерне становится возможным только при наличии свободной воды. В практике хранения известны случаи развития микроорганизмов в зерновой массе, имеющей среднюю влажность ниже критической. Однако это возможно только при неравномерном распределении влаги, выходящем за пределы относительной неравномерности распределения влаги в компонентах зерновой массы. Такое явление обычно наблюдается при наличии одного из следующих условий: резко различной влажности отдель-

ных зерен, что наблюдается в партиях свежееубранного зерна, особенно при однофазной уборке урожая; повышенной влажности семян сорняков или некоторых других примесей (частей растения); перераспределении влаги в зерновой массе в период ее хранения.

Среди видового состава сапрофитов, населяющих зерно и семена различных культур, по потребности в воде различают три группы: ксерофиты, мезофиты и гидрофиты. К группе гидрофитов относят микробов и многие виды дрожжей, которые успешно развиваются в плотных средах, удерживающих воду в равновесии, соответствующем относительной влажности воздуха около 100 % и минимальном значении 90 %. Среднее положение занимают мезофиты представителями которых являются грибы семейства аспергилловых, такие как **Asp. niger**, **Asp. flavus**, **Asp. fumigatus** и **Penicillium glaucum**, а также **Mycor. racemosus**, **Rhizopus nigricans**, **Cladosporium herbarum**, **Alternaria citri**, нижний предел относительной влажности для которых составляет от 80 % до 90 %.

Типичными ксерофитами являются грибы таких видов аспергилловых, как **Asp. glaucus**, **Asp. Candidis**, **Asp. repens** и **Asp. Restrictus rjnjhst**, которые развиваются в диапазоне относительной влажности воздуха от 90 % до 95 %, имея низший предел от 70 % до 79 %.

Поэтому при организации хранения зерновых масс следует учитывать, что относительная влажность воздуха создает благоприятные условия для развития того или иного вида микроорганизмов. Наиболее интенсивно микроорганизмы развиваются при появлении капельно-жидкостной влаги (протекание крыши, конденсация влаги). Поэтому снижение влажности зерна до влажности ниже критической и предупреждение попадания капельно-жидкостной влаги является надежной защитой от развития микроорганизмов.

**Температура зерновой массы** также оказывает влияние на интенсивность развития микроорганизмов. В зависимости от точек температурного оптимума все микроорганизмы подразделяют на холодостойкие (**психрофильные**), теплолюбивые (**термофильные**) и имеющие оптимум при средних температурах (**ме-**

**зофильные**). Изучение микрофлоры зерновой массы показало, что по отношению к температуре она, в основном, состоит из мезофилов, которые успешно развиваются при температуре от 20 °С до 40 °С, хотя могут и значительно медленнее развиваться и при температуре ниже 20 °С. Особенно это относится к плесневым грибам, заметное размножение которых наблюдается и в условиях температуры порядка от 10 °С до 20 °С. Известно, что пониженные и низкие температуры оказывают на микробов в основном лишь консервирующее действие, то есть тормозят их размножение, но не приводят к гибели. Оптимальной температурой консервации зерновой массы следует считать диапазон от 8 °С до 10 °С. Следует отметить, что при хранении зерна с высокой влажностью даже при отрицательных температурах (ниже минус 5 °С), будет происходить медленное развитие плесневых грибов.

**Доступ воздуха в зерновую массу**, иначе говоря, степень ее аэрации, имеет существенное влияние на состояние в ней микрофлоры и ход микробиологических процессов. Как известно, по отношению к потребности в кислороде микроорганизмы подразделяют на: аэробные, факультативно-анаэробные и облигатно-анаэробные. Первые не могут существовать без свободного кислорода, а последние (облигатные) развиваются только в среде, не содержащей свободного кислорода; факультативные анаэробы могут существовать как в кислородной, так и в бескислородной среде. Микрофлора зерновой массы состоит почти полностью из аэробных микроорганизмов. Анаэробные микроорганизмы представлены в ней бродящими дрожжами, некоторыми видами мукоровых грибов и бактерий. Основное преимущество аэробных микроорганизмов в зерновой массе показывает, что при доступе воздуха в ней и при наличии других благоприятных условий (достаточной влажности и определенной температуре) все они, и, в первую очередь, плесневые грибы, будут активно размножаться. При этих условиях в начальный период хранения, когда воздух межзерновых пространств имеет нормальный состав, то есть содержит и кислород, микрофлора зерновой массы может развиваться весьма бурно. Если ограничить доступ воздуха в зер-

новую массу, то по мере уменьшения в ней запаса кислорода и накопления углекислого газа будет наблюдаться подавление жизнедеятельности аэробных микроорганизмов и сокращение их численности.

Для ограничения развития микроорганизмов при хранении зерновых масс необходимо умело использовать доступ к ним воздуха и помнить, что степень аэрации зерновой массы влияет на состояние ее микрофлоры. Закономерность этого влияния следующая:

- ограничение доступа воздуха к зерновой массе, сокращение в ней запаса кислорода и накопление углекислого газа приводят к угнетению микрофлоры и уменьшению ее численности;

- доступ воздуха, сопровождающийся понижением влажности зерновой массы или ее охлаждением, также угнетает развитие микроорганизмов;

- проветривание, перемещение или продувание влажной зерновой массы воздухом, не сопровождающееся понижением ее влажности или достаточно эффективным понижением температуры, способствуют развитию микроорганизмов и, в первую очередь, плесневых грибов.

**Состояние покровных тканей зерна** ограничивают развитие всех микроорганизмов, неспособных разрушать клетчатку. Следует отметить, что жизнеспособные зерна и семена, не имеющие механических повреждений, оказывают сопротивление воздействию на них микробов. Поэтому микроорганизмы в зерновой массе наиболее энергично развиваются, прежде всего, на битых, поврежденных и потерявших жизнеспособность зернах. Развитие микроорганизмов в зерновой массе приводит к потере жизнеспособности зерна и его дальнейшему разрушению. С целью повышения стойкости зерна к хранению из зерновой массы, в первую очередь, удаляют битые, колотые и травмированные зерна.

Эти зерна – носители активных (или легко активизирующихся) микробиологических очагов – должны быть удалены из зерновой массы в процессе очистки перед закладкой ее на хранение.

**Количество и состав примесей** также оказывают влияние на количество и интенсивность развития микроорганизмов. Чем больше примесей в зерновой

массе, тем, как правило, в ней больше и микроорганизмов. Однако не все фракции примесей в одинаковой степени обсеменены микроорганизмами. Наиболее насыщены ими оказываются: проход через сито с диаметром отверстий 1 мм (а в нем особенно пыль), испорченные зерна, минеральный и органический сор. В партиях зерна с повышенной влажностью и свежесобранных много микроорганизмов находится на семенах сорных растений. Поэтому своевременная очистка партий зерна от примесей (особенно сорной) перед закладкой на хранение и, что еще лучше, сразу после обмолота, на току или хлебоприемном предприятии, является совершенно необходимым мероприятием для повышения стойкости зерновой массы к хранению.

### 5.3 Изменение состава микрофлоры зерновой массы при хранении

Численный и видовой состав ее микрофлоры в зависимости от условий хранения зерновой массы могут носить различный характер. Если при хранении зерна созданы условия, исключающие возможность активного развития микроорганизмов, то с удлинением срока хранения наблюдается постепенное отмирание микроорганизмов в ней, и изменяется процентное соотношение между отдельными видами микробов.

При нормальном хранении зерна, когда нет условий для размножения микроорганизмов, уменьшается количество **Bact. herbicola**, сохраняются споры плесневых грибов и спорообразующие бактерии. Однако даже очень длительное хранение (в течение нескольких лет) не избавляет зерновую массу от ее постоянных спутников – микроорганизмов. Практика показала также, что длительное хранение зерна в условиях, не благоприятных для развития микроорганизмов, не исключает возможности их бурного размножения, если по тем или иным причинам повысилась влажность какого-то участка или в целом зерновой массы. В условиях, когда возможно развитие микроорганизмов, как в свежесобранном, так

и долго хранившемся зерне и семенах всех культур, обычно, прежде всего, развиваются плесневые грибы из группы плесеней хранения. Последние более приспособлены к существованию в зерновой массе, чем находящиеся в ней бактерии, дрожжи и актиномицеты. Изменение состава и количества микроорганизмов в зерновой массе происходит последовательно в соответствии с изменением условий (изменения влажности, температуры, доступа воздуха). Переход от одной фазы развития микроорганизмов к другой в различных частях будет неодинаков, так как этому будут способствовать различные условия хранения. Например, степень аэрации наружных и внутренних слоев зерновой массы, их различной температурой. Также следует учитывать тот факт, что если в зерновой массе, когда-либо происходило развитие микроорганизмов, то при всех равных условиях она будет менее устойчива к хранению. Обусловлено это тем, что такая зерновая масса имеет пониженную жизнеспособность, испорченные и поврежденные микроорганизмами зерна. Также легко развиваются микроорганизмы в зерновой массе, подвергавшейся самосогреванию.

#### **5.4 Изменение свойств зерновой массы под влиянием микроорганизмов**

Условия развития микроорганизмов и продолжительность их активного существования определяют размеры потерь в массе сухого вещества зерна и степень ухудшения его качества. Воздействие микроорганизмов на состояние и свойства зерновой массы может проявляться в следующих формах:

- потери признаков свежести зерна (изменение цвета, запаха, вкуса и титруемой кислотности);
- ухудшения технологических качеств зерна (крупяных, мукомольных и хлебопекарных);
- снижения посевных и товарных качеств зерна в связи с поражением его зародышей;
- приобретения зерном токсических свойств;

- образования и накопления в зерновой массе значительного количества тепла;

- потери в массе сухого вещества зерна.

Цвет и блеск, запах и вкус являются важнейшими показателями свежести, добротности, или, как говорят иначе, «здоровья» зерна. Вызревшее и убранное в нормальных условиях зерно доставляется в хранилища, имея указанные признаки, в таком состоянии, которое свойственно данному роду, виду и сорту. По мере проявления микроорганизмами жизнедеятельности на зерне изменение цвета у последнего идет в такой нарастающей последовательности: появление тусклых зерен, то есть потерявших блеск, появление пятнистых и потемневших зерен, образование на отдельных зернах колоний плесневых грибов и бактерий, видимых невооруженным глазом, потемнение значительного количества зерен, появление испорченных зерен (заплесневевших и прогнивших). Дальнейшие изменения в цвете – появление черных «обуглившихся» зерен и, наконец, образование «обуглившейся» зерновой массы, потерявшей сыпучесть, наблюдаются только в последних стадиях самосогревания.

Образующиеся в зерновой массе при хранении запахи разложения также являются следствием развития в ней микроорганизмов. Так, установлено, что плесневый и затхлый запахи в зерне возникают в результате активного развития плесеней хранения, причем основная роль в накоплении продуктов жизнедеятельности, образующих эти запахи, принадлежит грибам из рода **Penicillium**.

**Затхлый запах** переходит в муку и вырабатываемые из нее продукты. Поэтому зерно, содержащее его, считается дефектным и государственными хлебоприемными предприятиями не принимается. В связи с этим необходимо помнить, что плесневые или затхлые запахи в партиях свежееубранного зерна и повышенной влажности могут появиться через несколько суток хранения при содержании зерна на токах без соответствующей обработки. Подобная картина наблюдается в партиях зерна, перевозимых в судах и вагонах, а также при временном хранении в бунтах и на площадках. Начальный период развития микроорганизмов протекает внешне незаметно и опасность этого периода заключается

в том, что, получив возможность для своего активного развития, бактерии и плесени обычно не прекращают своей жизнедеятельности без вмешательства человека и разрушительная их работа может довести зерновую массу до последних стадий самосогревания или заплесневения и гниения. Следовательно, крайне важно вообще не допустить в зерновой массе активного развития микроорганизмов. Этого достигают своевременным применением режимов хранения и обработки зерновых масс при хранении.

При хранении зерна кроме затхлого запаха, могут возникнуть и другие: гнилостный, «амбарный» и клещевый, также связанные с жизнедеятельностью микроорганизмов. Гнилостный запах в наши дни явление редкое, так как он наблюдается только в случаях полной порчи сырого зерна или в просыпях зерна, пролежавшего длительное время в сырости. Зерно с гнилостным запахом считается полностью испорченным. Оно почерневшее и с признаками разложения под действием не только плесневых грибов, но и бактерий и актиномицетов.

Известно, что «амбарный» запах полностью устраним из зерна, так как образующие его соединения весьма летучи и не удерживаются прочно зерном. Он исчезает при перемещении зерна или активном вентилировании. Однако появление такого запаха сигнализирует о повышенной физиологической активности зерновой массы и развитии в ней анаэробных процессов, приводящих к снижению всхожести посевного материала.

Микробиологический характер имеет и «клещевый» запах зерна. Если в самый начальный период массового развития клещей появляется специфический приторный «медовый» запах, то при последующем их существовании запах переходит в неприятный гнилостный. Он возникает в результате гнилостного распада экскрементов и отмерших экземпляров клещей. Таким образом, из всех запахов разложения, встречающихся в зерновых массах, только солодовый в значительно меньшей степени связан с наличием и жизнедеятельностью микроорганизмов. Образование в партиях зерна запахов разложения, как правило, сопровождается и нарастанием титруемой кислотности зерна, что и позволяет относить этот показатель к признакам, характеризующим свежесть зерна.



При небольшом отклонении от нормы (потеря блеска, частичное потемнение отдельных зерен) обычно еще не наблюдается ощутимого влияния на выход и качество муки, крупы и печеного хлеба.

Известно, что развитие плесневых грибов в области зародыша зерна приводит к ослаблению жизненных функций последнего или потере их совсем. Развитие плесеней на зародыше зерна может быть явным и скрытым. Так, на зерне пшеницы и ржи, а часто на зерновках риса, ячменя и сорго, на семенах бобовых и многих овощных культур колонии плесеней развиваются непосредственно на поверхности зародышей и легко обнаруживаются при осмотре даже невооруженным глазом. Иногда такие зерна при проращивании даже дают росток; это показывает, что зародыш еще не полностью разрушен проникающими в него гифами грибов и продуктами их жизнедеятельности.

Для зерна кукурузы более характерно скрытое поражение зародышей. При наружном осмотре таких семян признаков развития на нем плесеней можно и не обнаружить. Только при сильном развитии мицелия и органов плодоношения гриба зародыш с поверхности кажется потемневшим. Вскрытие оболочки в области зародыша на таких зернах показывает, что ткани его пронизаны гифами, имеют рыхлый вид и цвет, соответствующий окраске спор плесневых грибов.

Скрытое поражение зародышей семян кукурузы обычно происходит еще при нахождении их в початке. При повышенной влажности початка мицелий начинает развиваться между зернами и у стержня. Затем гифы проникают под оболочку зерна в область его зародыша.

Многочисленными экспериментами доказано, что потеря всхожести семенами при активном воздействии на зародыш плесневых грибов (особенно плесеней хранения), в первую очередь, является следствием выделения этими грибами продуктов своей жизнедеятельности, обладающих токсическими свойствами.

В зарубежной практике при оценке товарных качеств зерна пшеницы придается значение еще одному дефекту – потемнению зародыша. Такая пшеница получила название «больной». Установлено, что одной из причин потемнения

зародыша, сопровождающегося потерей зерном жизнеспособности и блеска, является воздействие на него микроорганизмов. Так, Мильнер, Кристенсен и Геддес, исследуя отдельно фракции нормальных и больных зерен в партиях зерна, нашли, что микрофлора их была весьма различной.

На больных зернах всегда обнаруживалось значительно больше зародышей грибов из родов *Aspergillus* и *Penicillium*. Другой причиной потемнения зародыша у зерна пшеницы считают повышенную активность ферментов (оксидаз и липаз) в зерне повышенной влажности и недостатке запаса кислорода в межзерновых пространствах. Потемнение часто проявляется во время «наклевывания» зерен.

Отнесение партий пшеницы, содержащей зерна с потемневшими зародышами, к больным мотивируется некоторым изменением в составе жиров. Кислотное число жира в таких зернах всегда повышенное. Других дефектов в этих зернах пока не выявлено.

**Приобретение зерном токсических свойств.** В процессе хранения отдельные партии зерна могут обладать токсическими свойствами в результате содержания рожков спорыньи, наличия фузариозных зерен, ядовитых сорняков (например, триходесмы инканум) и тому подобных. В настоящее время выявлены и новые источники образования токсинов. При развитии на зерне в период его хранения различных видов плесневых грибов, особенно из родов *Aspergillus* и *Penicillium*, многие из них в числе продуктов своей жизнедеятельности выделяют чрезвычайно токсичные для животных и человека вещества – микотоксины. Многочисленными исследованиями как в нашей стране, так и за рубежом выявлено более ста токсических веществ, образуемых плесневыми грибами. Большинство такого рода токсинов обладают гепатропным и канцерогенным действием на организм человека и животных. Даже кратковременное поступление в организм наиболее сильных из них приводит к поражению печени. Действие более слабых может проявиться при длительном употреблении содержащих их продуктов. Особенно токсичными оказались вещества, выделяемые **Asp.**

**flavus**, получившие название **афлатоксинов** и среди них **B<sub>1</sub>** и **G<sub>1</sub>**, основу которых составляют различные формы кумариновых соединений. Установлено, что продуцентами токсинов в зерне могут быть такие распространенные грибы, как **Asp. flavus**, **Asp. fumigatus**, **Asp. glaucus**, **Asp. oryzae**, некоторые виды **Penicillium** и **Phizopus**, **Fusarium**, **Sporotrichiella** и другие.

Образование токсических веществ в зерне этими грибами становится возможным в процессе самосогревания зерна, его плесневения при хранении с повышенной влажностью на токах, в бунтах и складах. Установлено, что процесс образования токсинов наиболее интенсивно протекает при температурах от 25 до 30 °С. Основной причиной приобретения зерном ядовитых свойств является развитие гриба **Fusarium sporotrichiella**, являющегося типичным сапрофитом. На ядовитом, перезимовавшем на корню в поле зерне отмечены и другие изменения в микрофлоре (накопление плесневых грибов, особенно из рода **Aspergillus**, видимо, тоже образующих токсины).

По данным исследователей, особенно чувствительны к ядовитому зерну лошади и свиньи, менее восприимчивы овцы, крупный рогатый скот и домашняя птица. Человек, получивший в пищу продукты из ядовитого зерна, заболевает. Это заболевание неинфекционного характера получило название алиментарно-токсической алейкии в связи с резким уменьшением в крови числа лейкоцитов. Токсины, образующиеся на зернах указанными грибами, очень устойчивы. Зерно сохраняет ядовитость при хранении в течение многих лет. Оно устойчиво и по отношению к высоким температурам; нагревание зерна от 100 до 200 °С не снижает его ядовитости. Спиртовые экстракты, выделенные из ядовитого зерна и внесенные в бродильную среду (сусло с дрожжами), угнетают спиртовое брожение и размножение дрожжей. Учеными установлено, что ядовитые вещества выделяются из зерна вместе с его жировой фракцией. Жир ядовитого зерна настолько токсичен, что при нанесении его на кожу кролика он вызывает ее покраснение, глубокий отек и через несколько дней некротический распад тканей (язву). По данным американских ученых, частичное снижение ядовитости

наблюдается при вымачивании зерна в теплой воде. Зерно, содержащее токсины, может быть использовано в спиртовой промышленности. Токсичными свойствами при этом обладает только барда.

**Выделение тепла микроорганизмами.** Микроорганизмы, как и все живые существа для обеспечения жизни, роста и размножения нуждаются в постоянном притоке энергии. Поступление энергии обеспечивается за счет дыхания. Процесс дыхания в клетках сапрофитных микробов представляет собой разложение и окисление органических веществ с выделением тепла. Чем больше влажность зерна, тем интенсивнее поступают питательные вещества в клетки микробов, тем сильнее дыхание и выделение тепла. В результате ускоряется и размножение микроорганизмов. Сапрофитные микробы используют для своих нужд лишь меньшую часть освобожденной ими энергии, большая ее часть выделяется в окружающую среду – в зерновую массу вместе с продуктами обмена веществ. Жидкие продукты остаются на поверхности зерен или даже поглощаются ими, а газообразные размещаются в межзерновых пространствах, смешиваясь с находящимся в них воздухом. Тепло, выделенное микробами, либо задерживается в зерновой массе и способствует повышению ее температуры, либо уносится из нее путем конвекции. Случаи полной отдачи тепла в окружающее пространство (то есть когда теплоотдача зерновой массы равна количеству образовавшегося в ней тепла) характерны только для зерновой массы пониженной влажности при условии небольшой активности дыхания микроорганизмов. Полный теплообмен между зерновой массой влажного и сырого состояния и окружающей средой наблюдается только в партиях, ссыпанных на хранение тонким слоем насыпи (30-40-60 см соответственно). Обычно в зерновой массе влажного и сырого состояния тепла выделяется микроорганизмами так много, что часть его задерживается в ней и приводит к самосогреванию.

## 5.5 Контрольные вопросы

1. Классифицируйте видовой состав микрофлоры зерновой массы.
2. Охарактеризуйте представителей сапрофитной микрофлоры.
3. Какие микроорганизмы наиболее опасны для зерновых продуктов при хранении?
4. Как изменяются свойства зерновой массы под влиянием микроорганизмов?
5. Факторы, влияющие на жизнедеятельность микроорганизмов в зерновой массе.
6. Изменение состава микрофлоры зерновой массы при хранении.
7. Развитие, каких микроорганизмов приводит к накоплению микотоксинов в зерне при хранении?
8. По наличию каких микроорганизмов можно судить о свежести зерна?

## **6 Характеристика вредителей хлебных запасов**

### **6.1 Классификация и характеристика вредителей хлебных запасов**

Одной из причин снижения качества и потерь в весе зерна и зерновых продуктов при хранении является воздействие на них представителей животного мира, получивших название вредителей «хлебных запасов» (ранее именовавшихся «амбарными») (далее – ВХЗ). Они представлены грызунами, птицами и самым многочисленными представителями – насекомыми. В результате деятельности насекомых ежегодно теряется до 5 % мировых запасов зерновых продуктов. Еще в глубокой древности с появлением первых примитивных хранилищ человек принимал меры для защиты запасов зерна от заселения их грызунами и насекомыми. Для некоторых видов новые экологические условия оказались благоприятными. Эти виды и образовали постепенно группу «амбарных» вредителей. Увеличение посевных площадей, расширение обмена и торговли между народами привели к более широкому распространению вредителей на земном шаре. Процесс приспособления некоторых насекомых и клещей к жизни в хранившихся продуктах продолжается и в настоящее время. Часть из них настолько приспособилась к существованию в хранилищах и хранимых объектах растительного происхождения, что практически потеряла связь с природой (амбарный долгоносик, хрущаки, амбарная моль). Другие способны размножаться и существовать как в природных условиях, так и в хранилищах (рисовый долгоносик, зерновая моль, фасолевая зерновка, клещи). Третьи размножаются только в природных условиях и попадают в хранилища вместе с урожаем (гороховая зерновка, зерновая совка, нематоды и другие).

Развивающиеся в условиях хлебоприемных предприятий, мукомольных, крупяных и комбикормовых заводов вредители хлебных запасов наносят большой экономический ущерб, так как уничтожают часть этих запасов и понижают их качество, загрязняя своими испражнениями и трупами, шкурками после

линьки личинок и куколок. Кроме того, одни из них (клещи и насекомые) являются источниками образования тепла и влаги в зерновой массе (в результате дыхания), а другие (грызуны) портят отдельные части производственных сооружений, тару и, наконец, способствуют распространению различных инфекционных заболеваний.

Вредители хлебных запасов наносят также ущерб как на токах и в хранилищах сельхозпредприятий, так и в различных отраслях пищевой промышленности, перерабатывающих зерно (комбикормовой, крупяной, пивоваренной, спиртовой, пищевых концентратной, хлебопекарной мукомольной и других), а также в системе торговли и общественного питания.

Размеры потерь зерновых продуктов в результате уничтожения и порчи вредителями в разных странах весьма различны. И зависят не столько от географического местоположения страны, сколько от способов хранения, состояния технической базы, организационных мероприятий по борьбе с вредителями, а также количества хранимых запасов. Однако нельзя не учитывать географического фактора, так как существование всех беспозвоночных, не имеющих своей постоянной температуры тела, особенно зависит от условий окружающей среды. Этим объясняется более многочисленный видовой состав вредителей в теплых зонах земного шара и возможность их большего воздействия там на зерновые продукты.

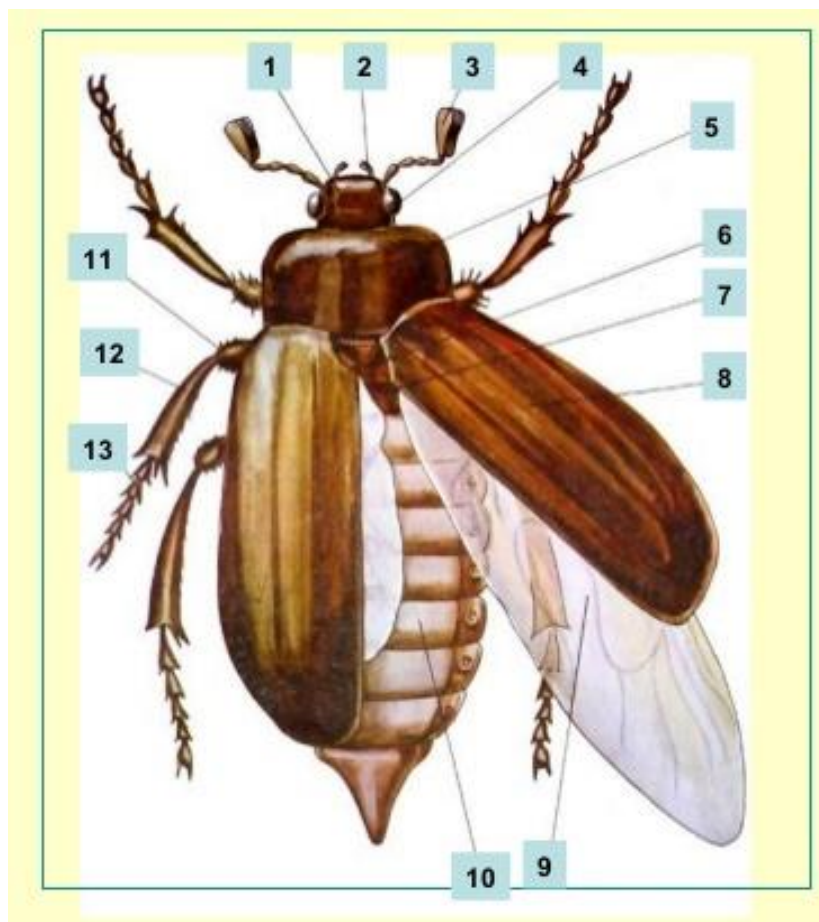
Из мира беспозвоночных наибольший ущерб зерну и зерновым продуктам наносят насекомые. В настоящее время известно до миллиона различных видов насекомых, объединяемых зоологией в один класс – Insecta.

Класс насекомых подразделяется на подклассы, отряды и подотряды; последние, в свою очередь, делятся на семейства. Все вредители зерна и зерновых продуктов из класса насекомых относятся к отряду жесткокрылых, или жуков, и чешуекрылых, или бабочек.

Тело насекомых разделено перетяжками на три отдела: голову, грудь и брюшко. Форма тела и размеры его у отдельных видов насекомых весьма различны.

Все тело насекомых и клещей заключено в оболочку из слоя эпителия (гиподермы), покрытую снаружи кутикулой; последняя пропитана очень стойким веществом – хитином и другими соединениями, придающими ей большую прочность. Кутикула у насекомых образует наружный скелет; заменяющий этим организмам внутренний костный скелет, свойственный позвоночным животным.

По химическому составу хитин – это полисахарид, содержащий азот. Он имеет различное строение и химический состав у разных групп беспозвоночных. Хитин – очень стойкое соединение по отношению к едким щелочам и растворам органических кислот.



- 1 – голова; 2 – ротовой аппарат; 3 – усики; 4 – сложный глаз;  
5 – переднегрудь; 6 – среднегрудь; 7 – заднегрудь; 8 – надкрылья;  
9 – крыло; 10 – сегменты брюшка; 11 – верхний членик ноги; средний  
членик ноги; 12 – нижний членик ноги

Рисунок 6.1 – Части тела насекомого

Кроме хитина, в состав кутикулы входят белки и безазотистые соединения.



К последним относится кутикулин – вещество, представляющее смесь липидов. Наличие кутикулина в наружном слое кутикулы делает ее непроницаемой для воды и несмачиваемой. Это свойство имеет очень большое значение в жизни насекомых, так как защищает их тела от высыхания, а в условиях контакта с водой предохраняет от воздействия сил поверхностного натяжения. Кутикула разделена на отдельные участки, соединенные швами. Она более тонка на границах между отдельными члениками, что позволяет насекомым свободно изгибаться и двигаться.

При значительной толщине (соответственно размерам насекомого) кутикулы она у большинства жуков является хорошим барьером, защищающим насекомое от проникновения внутрь организма многих ядов.

На поверхности тела насекомых имеются волоски, щетинки или шипики, являющиеся часто органами осязания. Они улавливают механические и тепловые раздражения. Кроме того, на покровах тела жуков и бабочек имеются чешуйки. Окраска тела насекомых зависит от содержания пигментов в кутикуле или гиподерме, а также от световых явлений, возникающих на поверхности тела и зависящих от микроструктуры кутикулы и ее химического состава. Голова у одних насекомых округлая, у других приплюснутая, а у третьих вытянутая спереди в виде хоботка (головотрубки). Ротовое отверстие помещается внизу или в начале головы, а при наличии головотрубки – на конце последней. В зависимости от рода принимаемой пищи ротовой аппарат насекомых имеет различное строение. Так, у видов, питающихся твердой пищей, он грызущего типа. Другие насекомые имеют ротовой аппарат сосущего типа.

Голова насекомых имеет также членистые усики, называемые сяжками. Два усика расположены в начале головы, около боковых ее краев. По форме и величине они у разных видов насекомых довольно разнообразны. Насекомые обладают хорошими органами зрения, которые по типу глаз могут быть простыми и сложными.

Почти все насекомые – раздельнополые животные. Самца можно отличить от самки как по величине, форме и окраске тела, так и по строению усиков и ряду

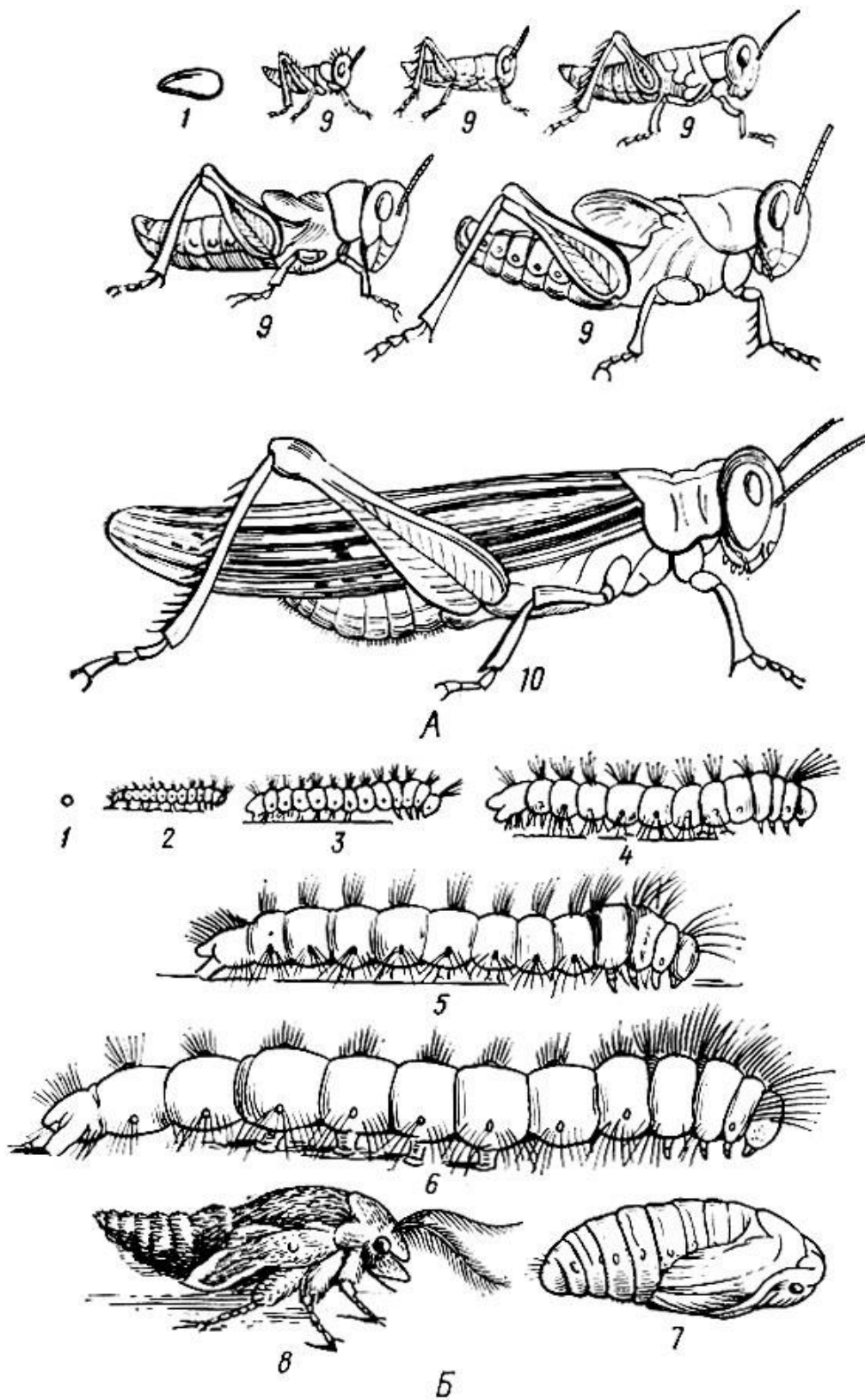
других признаков.

Все интересующие нас насекомые являются яйцеродными, то есть у них первая самостоятельная фаза развития – яйцо. Через некоторое время после оплодотворения самки откладывают яйца обычно на ту пищу (или вблизи нее), которой будут питаться вышедшие из них личинки. Для защиты яиц от вредного влияния на них влаги, сухости или высокой и низкой температуры, а также от нападения хищных и паразитических животных самки некоторых видов насекомых прикрывают яйца выпускаемой слизью или откладывают в зерно.

Кладка яиц бывает различной: поодиночке и группами (кучками). Яйца бывают различной формы, размера и окраски, поверхность их покрыта прочной оболочкой. Как правило, они содержат много питательных веществ, обеспечивающих развитие зародыша.

В зависимости от окружающих условий развитие зародыша до стадии личинки может продолжаться различное время. Развитие (превращение) у насекомых бывает **полным** и **неполным**. При неполном превращении насекомые проходят три стадии развития — **яйца, личинки и взрослого насекомого**. Вышедшая из яйца личинка по виду похожа на своих родителей и отличается от них отсутствием крыльев, маленьким размером тела и недоразвитостью половых органов. Примером насекомых с неполным превращением могут служить трипсы, сенокосы, полевые клопы, кузнечики и другие (рисунок 6.2).

При полном превращении насекомые проходят 4 стадии развития: **яйца, личинки, куколки и взрослого насекомого**. Из яйца развивается личинка червеобразной формы, которая по внешнему виду не похожа на своих родителей. У большинства насекомых личинка имеет резко отграниченную голову, а иногда и заметно расширенные грудные кольца тела. Личинки бывают безногие и с ногами, которые расположены на грудных и брюшных кольцах снизу.



А – неполное превращение насекомого; В – полное превращение насекомого; 1 – яйцо; 2-6, 9 – личинка; 7 – куколка; 8, 10 – взрослое насекомое

Рисунок 6.2 – Стадии развития насекомых

По количеству ног личинки одного отряда насекомых могут отличаться от личинок другого. Для защиты от неблагоприятных условий окружающей среды личинки некоторых видов вгрызаются внутрь твердой пищи или делают себе кокон из выделенных паутиновых нитей и прочего материала. Там они остаются почти всю свою жизнь и даже окукливаются в нем.

В процессе развития и роста червеобразная личинка интенсивно питается и накапливает в своем теле те основные вещества, из которых в дальнейшем будет построен организм взрослого насекомого.

Личинка в течение своей жизни несколько раз линяет. Достигнув предельного возраста, она перестает питаться и, найдя подходящее место, впадает в состояние покоя, который необходим ей для превращения в куколку. Перед тем как превратиться в куколку, личинки некоторых насекомых устраивают себе пещерку, или колыбельку, некоторые делают кокон из паутиновых нитей, в которых они и остаются потом до выхода взрослого насекомого.

Следует обратить особое внимание на то, что в результате пониженного газообмена, куколки насекомых более устойчивы к действию на них многих газообразных отравляющих веществ, чем взрослые насекомые и их личинки.

Куколка развивается до тех пор, пока не сформируется взрослое насекомое. После этого насекомое разрывает оболочку, покрывающую куколку, и начинает самостоятельное существование.

У некоторых насекомых, вышедших из куколки, молодые самцы и самки обладают способностью к спариванию и кладке яиц. Другие, прежде чем получить способность к размножению, проходят так называемый период дополнительного питания.

Некоторые виды насекомых, как, например, хлебный точильщик, хлебная моль, мельничная огневка и другие, не питаются во взрослом состоянии. Они живут и размножаются, используя отложения, накопленные еще в фазе личинки.

По завершению функций размножения насекомые быстро стареют и умирают. Ввиду того, что вредители хлебных запасов достаточно многочисленны, мы рассмотрим только основные типы, классы, отряды и семейства, которые

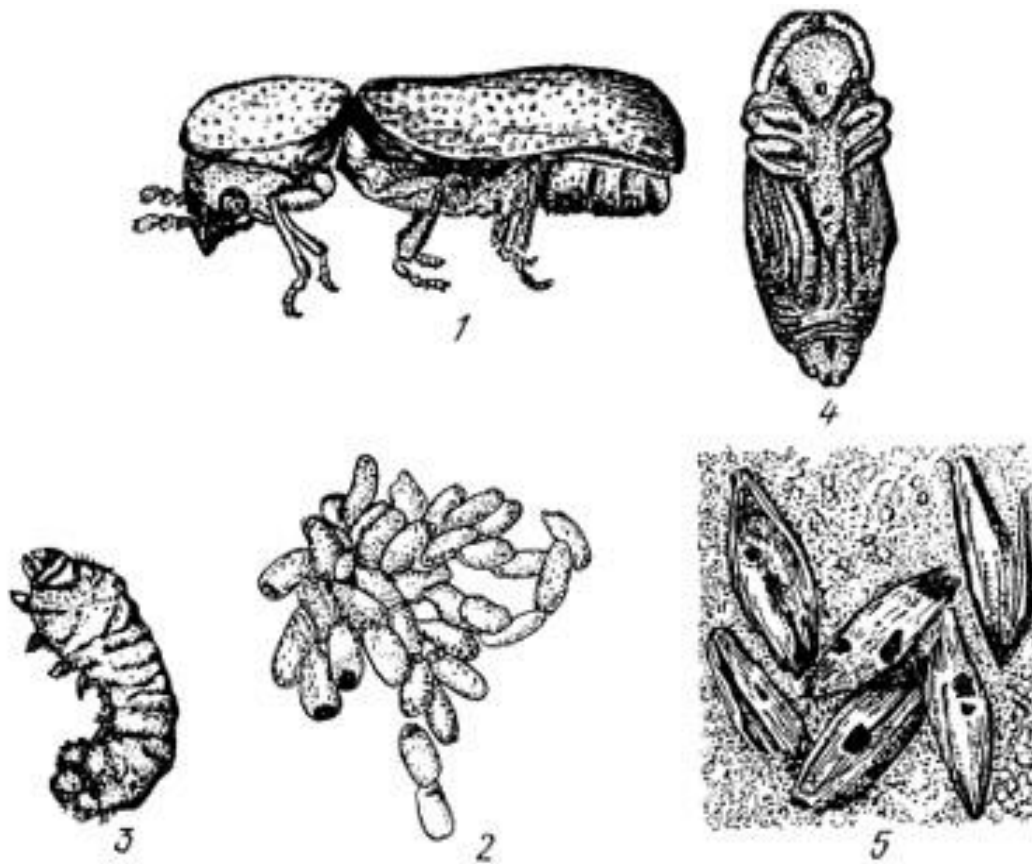
наиболее широко известны в системе хранения зернопродуктов и которые приносят наибольший ущерб при своем развитии.

**Тип членистоногие. Класс насекомые. Отряд жуки** (жесткокрылые, **Coleoptera**). Жуки имеют утолщенные и сильнохитинизированные **надкрылья**, за что они и получили название жесткокрылых. Все жуки обладают ротовыми органами грызущего типа. Жуки весьма плодовиты и при благоприятных условиях могут быстро размножаться. Они проходят все стадии развития, свойственные насекомым с полным превращением. Самки после оплодотворения откладывают яйца на поверхность зерновой массы, мешков, древесины и тому подобном. Некоторые виды жуков откладывают яйца в специально приготовленные ямки внутри зерна. Из яйца развивается личинка, обычно обладающая большой прожорливостью, поедающая и повреждающая за время своего развития значительное количество зерновых продуктов.

У большинства жуков личинка белого или желтого цвета с червеобразной формой тела и тремя парами ног на грудных кольцах. Она имеет резко отграниченную головку более темной окраски. Личинки имеют ротовой аппарат грызущего типа, что позволяет многим из них выгрызть содержимое зерен. Отряд жуков состоит из нескольких сотен тысяч видов.

**Семство-Древооточцы. Зерновой точильщик (*Rhizopertha dotnitiica* F.)** – этот жук, по размерам причиняемого ущерба относится к числу наиболее опасных, и может развиваться практически по всему пространству нашей страны. Жук имеет удлинено-цилиндрическое тело длиной 2,5-3 мм. В молодом возрасте окраска жука коричневая с темно-вишневым оттенком, переходящая в коричнево-бурую. Переднегрудь заканчивается капюшоном, полностью прикрывающим голову (рисунок 6.3).

По этой особенности жуки получили другое название – капюшонников. Жук хорошо летает при дневном и искусственном освещении. Зерновой точильщик может развиваться в зерновых массах всех злаковых культур, различных крупах и дробленых семенах гороха.



1 – жук; 2 – яйца; 3 – личинка; 4 – куколка; 5 – зерна ячменя,  
поврежденные точильщиком

Рисунок 6.3 – Зерновой точильщик

Он не повреждает целые семена бобовых культур и подсолнечника. Он весьма плодовит и при благоприятных условиях дает до восьми-девяти поколений в год. Так, при температуре 30 °С и влажности зерна 14 % весь цикл развития поколения завершается в 37 дней. Самка жука откладывает яйца на поверхность зерен, а вышедшие из них личинки вгрызаются внутрь зерна, выбрасывая экскременты наружу. Закукливание личинки и формирование жука идут внутри зерна. Начальный период питания проходит внутри зерна, а затем жук выходит за его пределы.

При развитии этих насекомых в продуктах образуется масса измельченных до мелкого состояния (муки) частиц. Это характерный признак, свидетельствующий о заражении продукции зерновым точильщиком.

**Семство-Долгоносики. Долгоносики (Curculionidae).** Самые крупные в отряде жесткокрылых. Голова у жуков этого семейства вытянута в трубку, называемую носиком, или головотрубкой, за что они и получили название долгоносиков, или слоников. Из числа видов этого семейства в зерновых продуктах наиболее часто встречаются амбарный, рисовый и кукурузный долгоносики.

**Амбарный долгоносик (Sitophilus granarius L.).** Распространен во всех частях света. Длина тела вместе с хоботком от 3 до 5 мм. Она в некоторой степени зависит от размеров зерна, в котором развивалась личинка, куколка и жук. Тело удлинённой и узкой формы окрашено в коричневый, темно-коричневый или черный цвет. Окраска молодых жуков светло-коричневая. Крылья долгоносика атрофированы, жуки совсем неспособны летать.

Размножение долгоносика происходит своеобразно и сопровождается порчей зерна. Самка откладывает от 50 до 300 яиц овальной формы и сероватой окраски, длиной 0,6-0,7 мм и шириной 0,3 мм.

В зерна пшеницы, ржи и ячменя самка откладывает по одному яйцу (предварительно высверлив головотрубкой ямку), а в крупные зерна кукурузы – по два-три.

Положив яйцо, самка заделывает ямочку липкой жидкостью, которая быстро затвердевает, образуя пробочку. Развивающаяся внутри зерна личинка питается эндоспермом. За время своей жизни она линяет четыре раза. Тело ее укороченное, с выпуклой спинкой, покрыто глубокими поперечными складками и не имеет ног; оно белого цвета, голова – светло-коричневого. Выросшая личинка, длина которой 3-4 мм, превращается в куколку белого или светло-коричневого цвета. Из куколки выходит молодой жук, который остается внутри зерна три-четыре дня, питаясь остатками эндосперма, затем прогрызает отверстие в оболочке зерна и выходит наружу. От зерна остаются почти одни оболочки (рисунки 6.4).

При благоприятных условиях (температуре зерна 25-27 °С и влажности выше 14 %) от момента кладки яйца до выхода молодого жука требуется всего 28-30 дней.

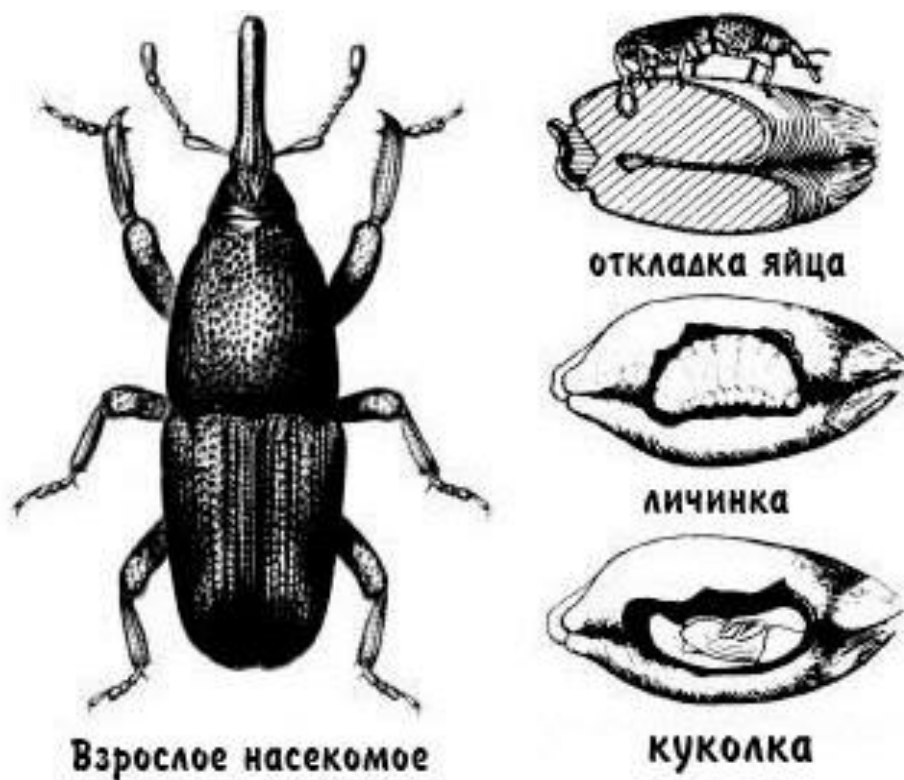


Рисунок 6.4 – Стадии развития амбарного долгоносика

Долгоносик в теплых помещениях может развиваться круглый год, давая до пяти поколений. В естественных условиях южных районов нашей страны он дает два-три поколения в год, а в центральных – одно или два. Завезенный в северные районы вместе с зерном, долгоносик в зимних условиях обычно погибает.

Амбарный долгоносик при малейшем перемещении зерновой массы или встряхивании навески исследуемого образца замирает, поджав к телу ножки и усики. Отличить притворившегося жука от мертвого можно по расположению ножек и усиков – у последнего они торчат в стороны.

В зерновой массе долгоносики предпочитают собираться в более теплых участках, а при длительном хранении – в верхнем слое (1,0-1,5 м от поверхности насыпи). Чаще всего амбарный долгоносик развивается в пшенице (рисунок 6.5), ржи, ячмене и рисе. Реже встречается он в овсе, кукурузе, пшенице и гречихе. Не развивается в зерне проса, семенах масличных культур и семенах бобовых.





Рисунок 6.5 – Пшеница, пораженная амбарным долгоносиком

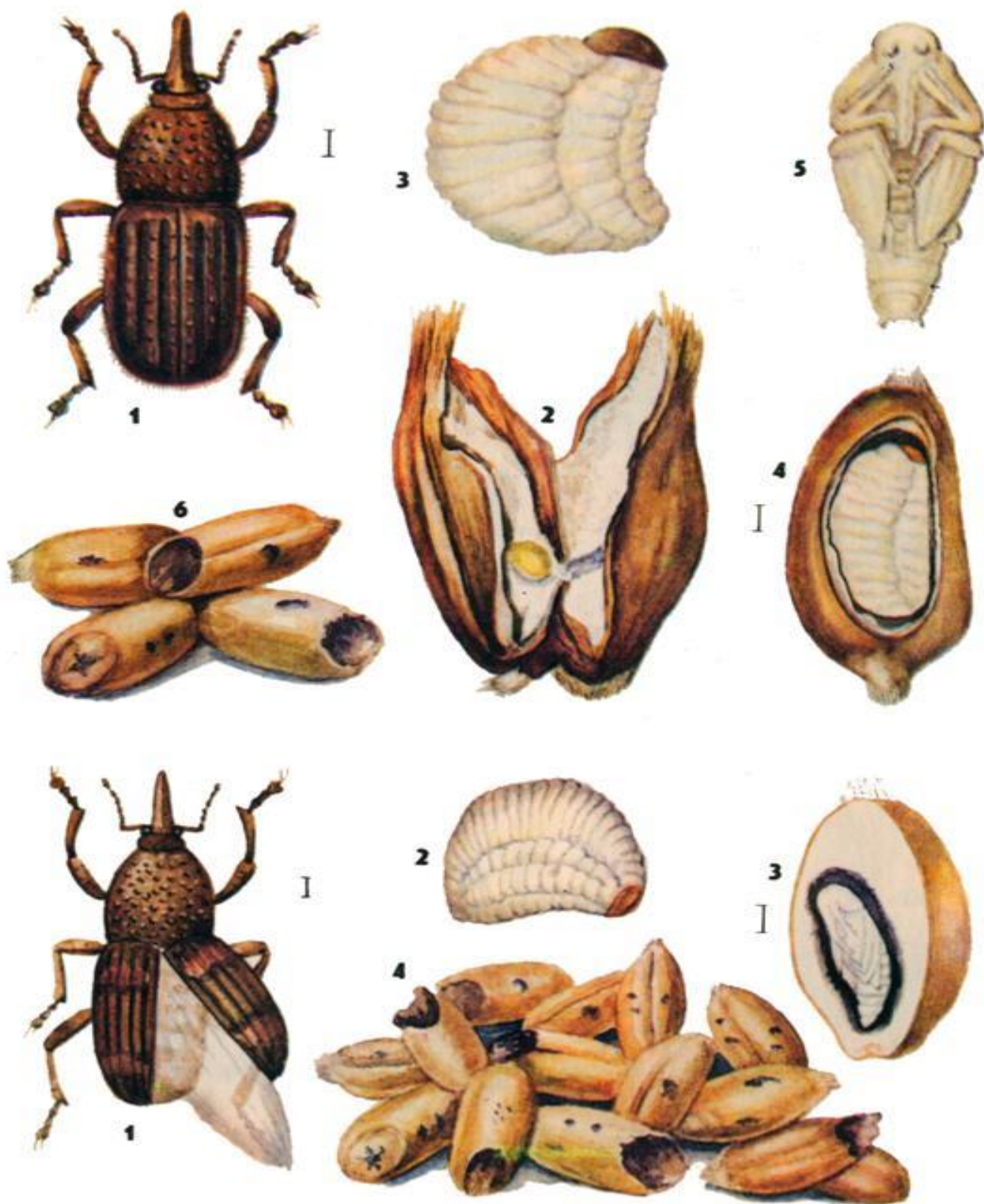
Известны случаи развития долгоносика в макаронах и слежавшейся муке. Трудность борьбы с долгоносиком связана с тем, что он развивается внутри зерна.

**Рисовый долгоносик (*Sitophilus oryzae* L.).** Рисовый долгоносик известен во всех странах с теплым климатом и очень похож на амбарного (рисунок 6.6).

Отличают его по четырем симметрично расположенным на надкрыльях пятнам, имеющим рыжевато-желтый или красноватый цвет. Рисовый долгоносик размножается в зернохранилищах или еще в поле на корню. Образ жизни его в зернохранилищах мало отличается от амбарного, но он более плодовит и теплолюбив. Самка откладывает 300-500 яиц.

**Кукурузный долгоносик (*Sitophilus Zea mays* Motsch.)**. Распространен только в теплых районах земного шара. Иногда встречается в южных районах России. Имеет длину тела 5 мм и хорошо летает (рисунок 6.7).

Повреждает различные культуры, но предпочитает кукурузу (рисунок 6.8). Откладывает яички в зерна кукурузы восковой спелости; зерно в молочной спелости не повреждает.



1 – жук, 2 – яйцо, отложенное внутрь зерна, 3 – личинка, 4 – личинка в зерне, 5 – куколка, 6 – поврежденные зерна пшеницы. Рисовый долгоносик: 1 – жук, 2 – личинка, 3 – куколка в зерне, 4 – зерна, поврежденные жуками

Рисунок 6.6 – Амбарный долгоносик



Рисунок 6.7 – Кукурузный долгоносик



Рисунок 6.8 – Кукуруза, пораженная кукурузным долгоносиком

**Семейство-Чернотелки (Tenebrionidae).** Представители этого семейства обитают в зернохранилищах, на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах. Жуки этого семейства преимущественно имеют черную окраску. Питаются главным образом мукой, крупой и отрубями. Встречаются – **малый, большой мучной, булавоусый, смолянобурый, рогатый, гладкий и темный хрущаки.**

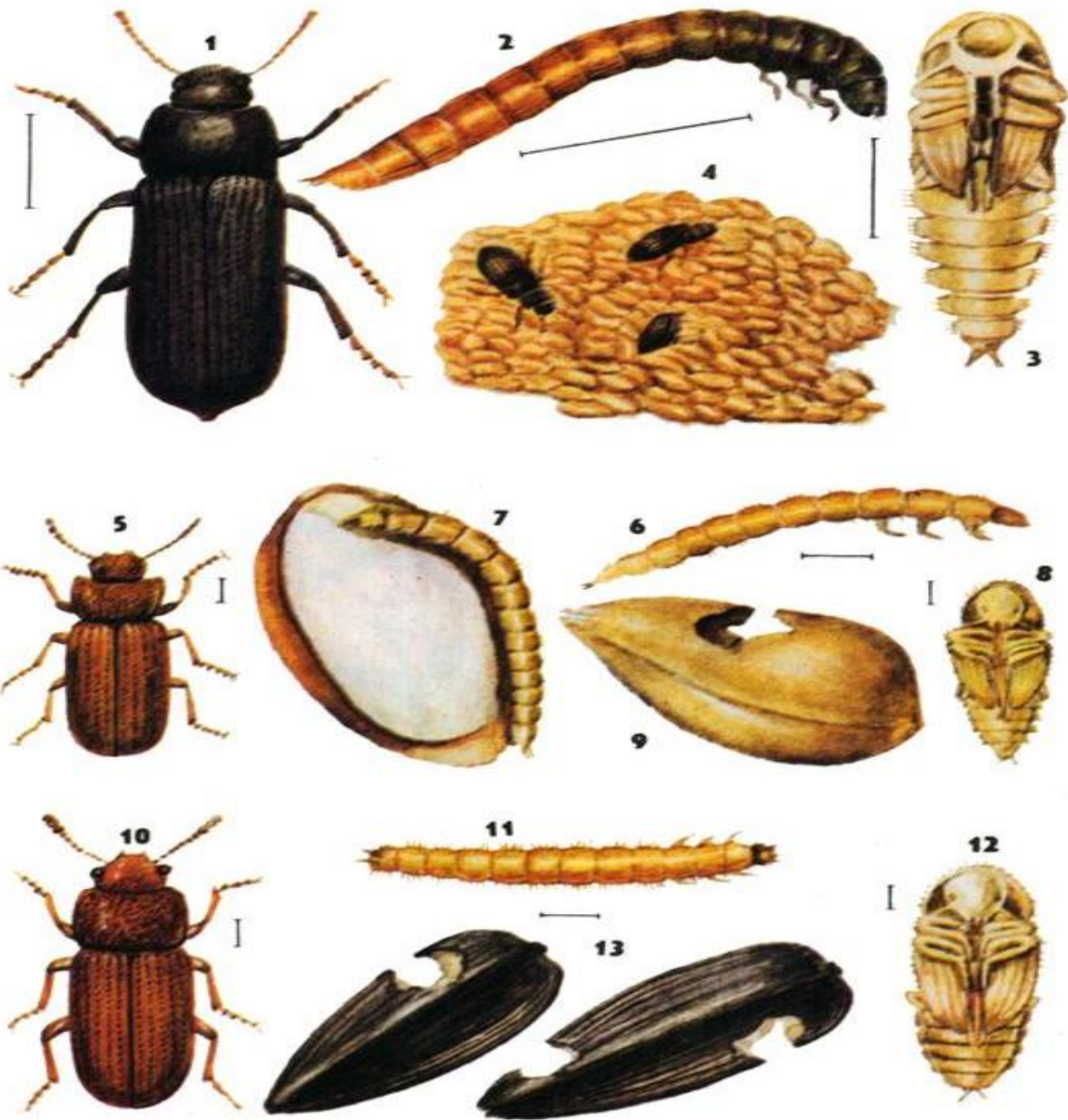
В нашей стране наибольшее распространение имеют малый и большой мучные хрущаки и малый черный хрущак.

**Малый мучной хрущак (Tribolium confusum Duv.).** Чаще всего малый мучной хрущак (рисунок 6.9, 5-9) развивается в муке, крупе, отрубях. Известен он и как вредитель зерна, сухарей, печеного хлеба, сушеных овощей и фруктов.

Более распространен в южных районах нашей страны. Малый хрущак имеет продолговатое и слегка приплюснутое со спины тело темного, рыжевато-коричневого цвета с четырехугольной формой груди. Длина его 3,0-5,0 мм, ширина 1,2-1,3 мм. Жуки отличаются большой плодовитостью. Самка откладывает, в среднем, около 450 яиц. Они покрыты липкой слизью и легко приклеиваются в месте их кладки (на зерне, в муке, на мешках или дереве). Личинки вначале белые, за время развития увеличиваются с 1 до 6-7 мм в длину и к концу роста бывают окрашены в желтоватый цвет. Окукливание личинок происходит на поверхности насыпи зерновых продуктов. При наличии благоприятных условий мучной хрущак быстро (за 27-35 дней) проходит весь цикл своего развития и дает в год несколько поколений. По данным американских исследователей, потомство от одной пары жуков при благоприятных условиях их существования в муке через 150 дней может достигнуть более миллиона особей. Личинки и жуки пожирают много пищи; в зерне они обычно выедают зародыш.

**Малый черный хрущак (Tribolium destructor Uytt).** Жук имеет продолговатое тело длиной до 5,5 мм от шоколадного до черного цвета. Жуки и личинки многоядны, но предпочитают муку и крупы. Продукты, зараженные жуками, приобретают запах крезола. Самки плодовиты, откладывают до 100 яиц. Это, пожалуй, самые долговечные жуки, живущие до трех лет.





1 – жук, 2 – личинка, 3 – куколка, 4 – жуки в зерне (большой мучной хрущак); 5 – жук, 6 – личинка, 7 – личинка, повреждающая зерно, 8 – куколка, 9 – поврежденное зерно (малый мучной хрущак); 10 – жук, 11 – личинка, 12 – куколка, 13 – поврежденные семечки подсолнечника (булавовидный мучной хрущак)

Рисунок 6.9 – Мучные хрущаки

Из всех вредителей хлебных запасов наиболее распространенные в домашних условиях и в системе торговли. При благоприятных условиях (25-28 °С и влажности продуктов 14-15 %) одно поколение развивается в течение 45-60 дней.

**Большой мучной хрущак (*Tenebrio molitor* L.).** Самый крупный по размеру среди всех жуков – вредителей зерновых продуктов. Длина его тела достигает 13-16 мм (рисунок 6.9, 1-4). Тело его при осмотре сверху (со спины) окрашено в черный или бурый цвет: нижняя сторона и ноги красно-бурые. Жуки хорошо летают (главным образом, в сумерках и ночью).

Наиболее подходящей средой для большого мучного хрущака являются мука и отруби. Его находят в складах для муки, на реализационных базах, хлебопекарных и кондитерских предприятиях. Несмотря на свои большие размеры, этот жук значительно менее опасен, чем малый мучной хрущак, так как дает одно поколение в год и значительно реже два неполных поколения. Самка в течение довольно короткого срока откладывает 280-580 яиц.

**Булавоусый малый мучной хрущак (*Tribolium castaneum* Herbst).** По форме, размерам, окраске тела и образу жизни сходен с малым мучным хрущакком. Отличается от него устройством усиков, которые образуют из трех последних члеников род булавы, по этому признаку жуку и дано название (рисунок 6.9, 10-13).

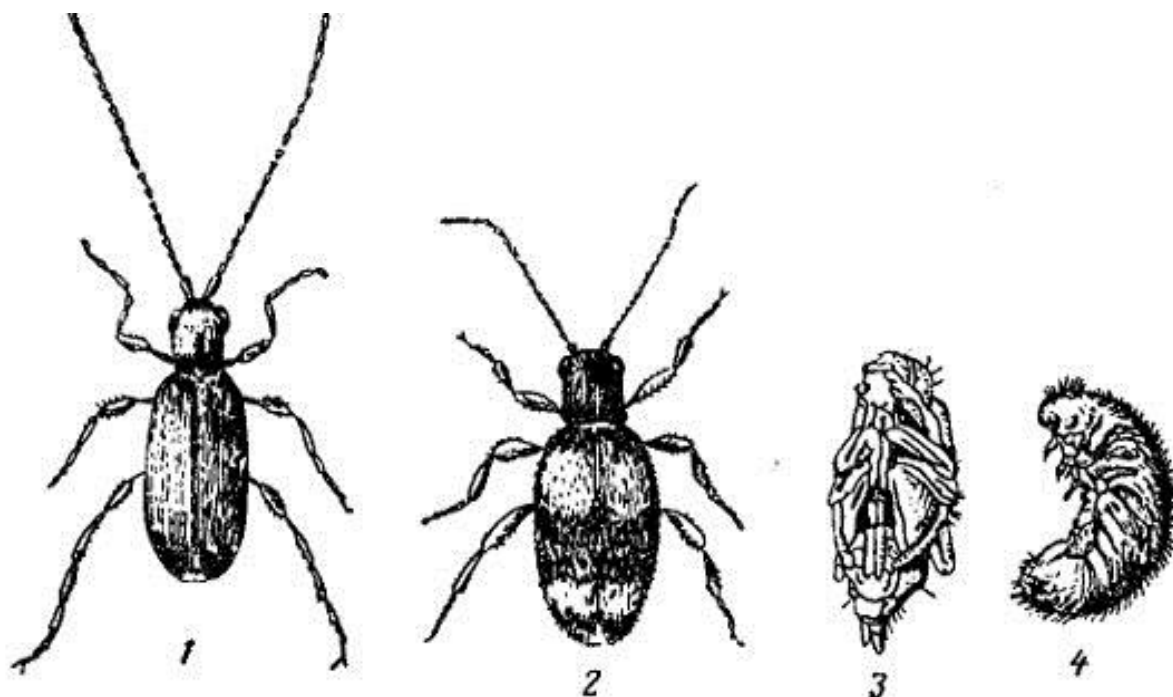
**Рогатый хрущак (*Gnathocerus cornutus* F.).** Жуки похожи на малого мучного хрущака, цвет тела ржаво-рыжий, имеют длинные верхние челюсти, загнутые в виде рогов (рисунок 6.10).

**Смоляно-бурый хрущак (*Alphitobus laevigatus* F.).** По форме тела жук похож на большого мучного хрущака, от последнего отличается меньшим размером и окраской.



Рисунок 6.10 – Рогатый хрущак

**Семейство-Притворяшки (Ptinidae).** Из представителей этого семейства в зерновых продуктах чаще всего встречается **притворяшка-вор (Ptinus fur L.)** (рисунок 6.11) и значительно реже **шелковистый притворяшка.**



1 – самец; 2 – самка; 3 – куколка; 4 – личинка

Рисунок 6.11 – Притворяшка-вор

Это семейство жуков получило свое название за ночной образ жизни в закрытых помещениях и особенно развитую способность оставаться неподвижными, подогнув под себя ноги, как бы притворяться мертвыми во всех случаях, когда их тревожат (при перемещении зерновой массы, сметок и других продуктов. Жуки и личинки притворяшки-вора весьма многоядны. Кроме зерновых продуктов и изделий из муки (сухари, галеты, печенье, макароны и так далее), они развиваются в сене, сухих лекарственных растениях, изделиях из кожи, меха и так далее. Личинки обладают способностью прогрызать бумагу.

Самка и самец этого жука резко различны по форме тела, его окраске и расположению усиков (рисунок 6.12). Так, самец имеет удлиненную форму тела (брюшка) размером 2,8-4,3 мм, а самка – более шаровидную.

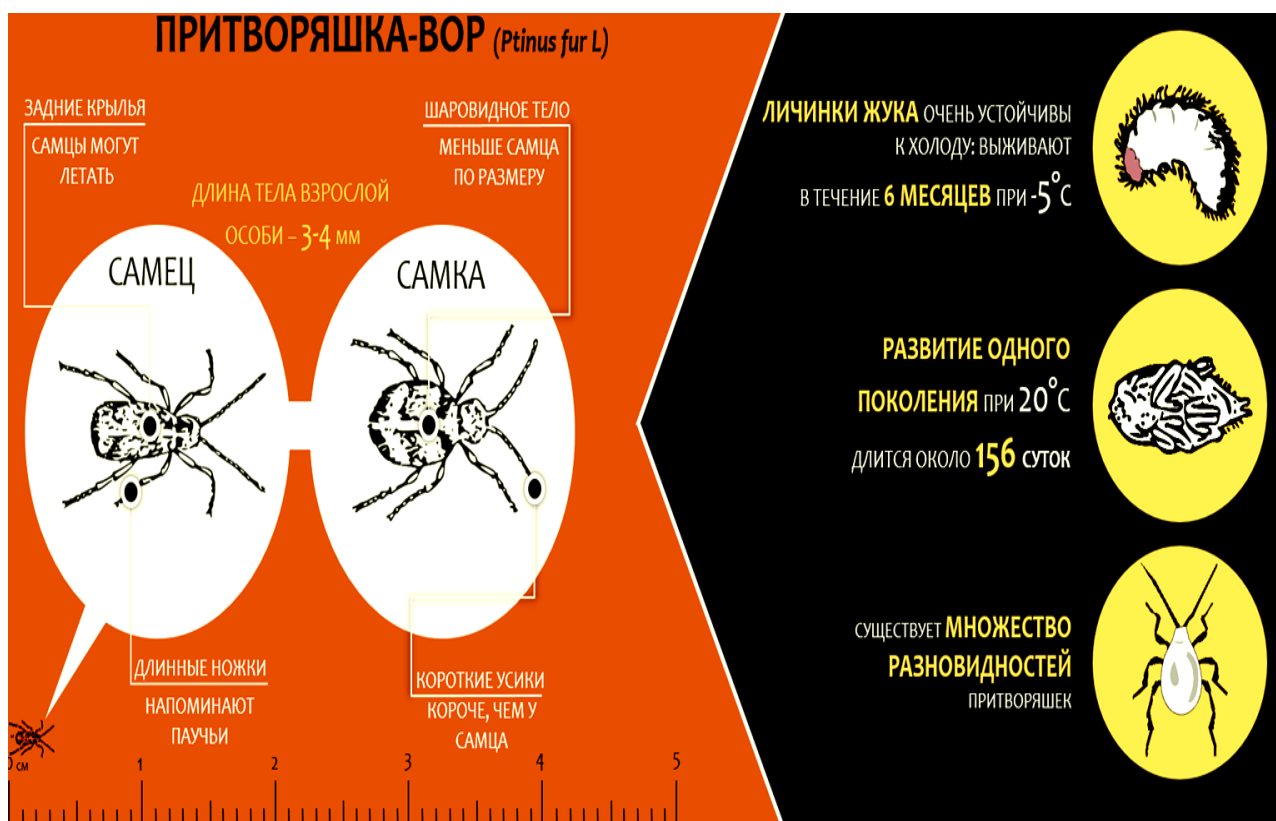


Рисунок 6.12 – Различие между самкой и самцом притворяшки-вора

Личинки перед окукливанием сооружают коконы (колыбельки) из того продукта, которым они питались. Развитие одного поколения проходит за три-четыре месяца. В год этот жук дает одно-два, а при особо благоприятных условиях и до четырех поколений. Притворяшка-вор (рисунок 6.13, 6-10) встречается повсеместно, включая северные районы нашей страны, и является одним из основных вредителей зерновых продуктов.

**Семейство-Щитовидки (*Ostotnatidae*).** Представителем этого семейства является **мавританская козявка (*Trogostia mauritanicus L.*)**.

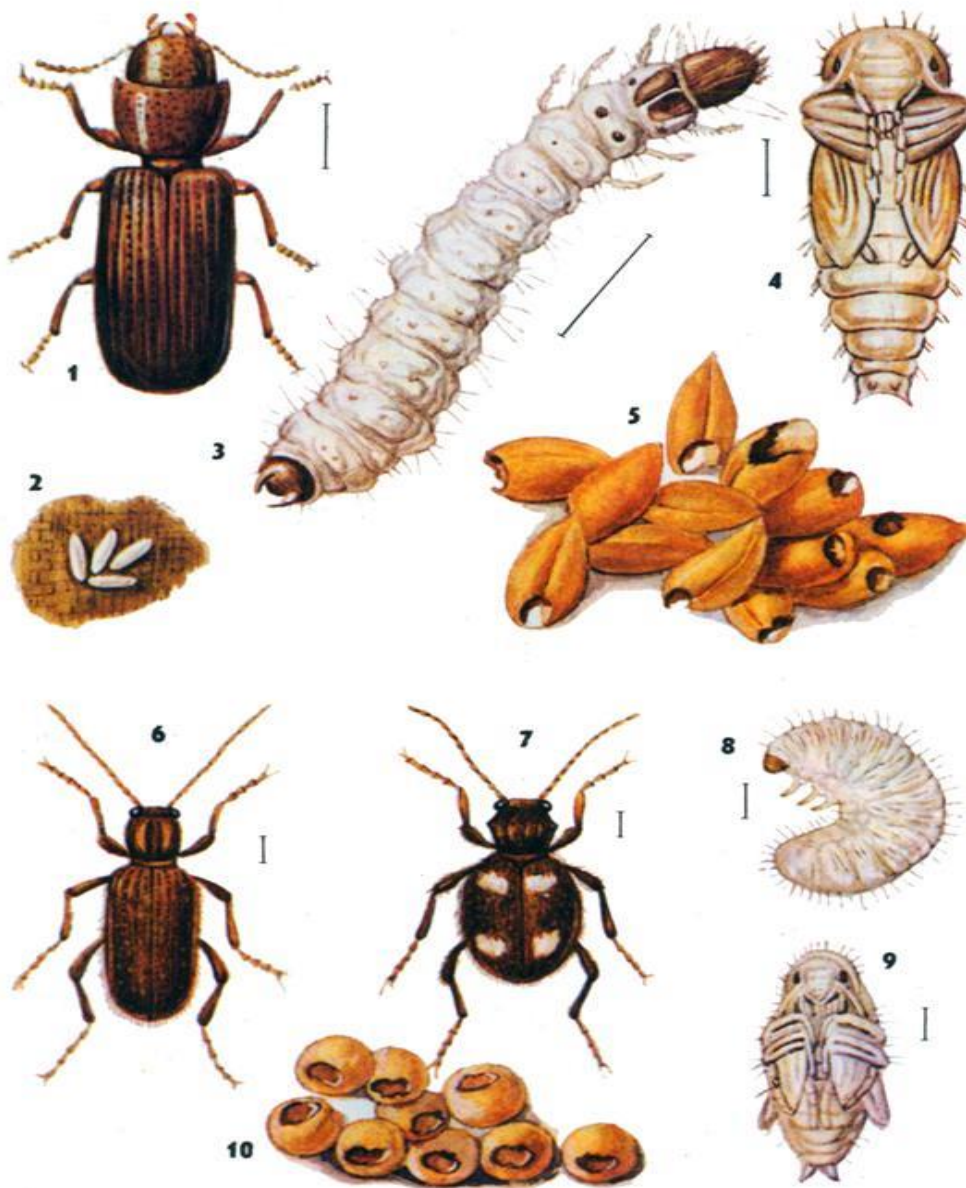
Этот жук часто встречается под корой деревьев, где уничтожает мелких насекомых. В хранилище личинки и куколки заносятся вместе с древесиной, используемой при постройке и ремонте зернохранилищ.

Мавританская козявка питается зерном, мукой, крупой, отрубями, отходами, а также личинками других насекомых. При развитии на мельницах личинки могут прогрызать шелковые сита и деревянные конструкции. Жуки дли-



ной 6,5-11,0 мм (чаще 10-11 мм), спинка с глянцевитой, блестящей поверхностью, окрашена в буро-черный цвет. Грудь сильно перетянута и отделена от брюшка (рисунок 6.13, 1-5).

Личинки, достигающие размера 16-18 мм, хорошо грызут зерна и древесину. В процессе развития они уничтожают много продуктов и засоряют их шкурками от нескольких линек. Перед окукливанием личинка уходит из зерновых продуктов на древесину, находит в ней щели или выгрызает углубление и делает в них колыбельку.



1 – жук, 2 – яйца, 3 – гусеница, 4 – куколка, 5 – поврежденные зерна;  
6 – самец, 7 – самка, 8 – личинка, 9 – куколка, 10 – поврежденные зерна

### Рисунок 6.13 – Мавританская козявка (1-5) и Притворяшка-вор (6-10)

Цикл развития длится от 70 до 400 дней в зависимости от окружающих условий. Обычно в мае – июне самка откладывает яйца кучками по 20-30 шт. В неотопливаемых помещениях этот жук дает не более одного поколения в год.

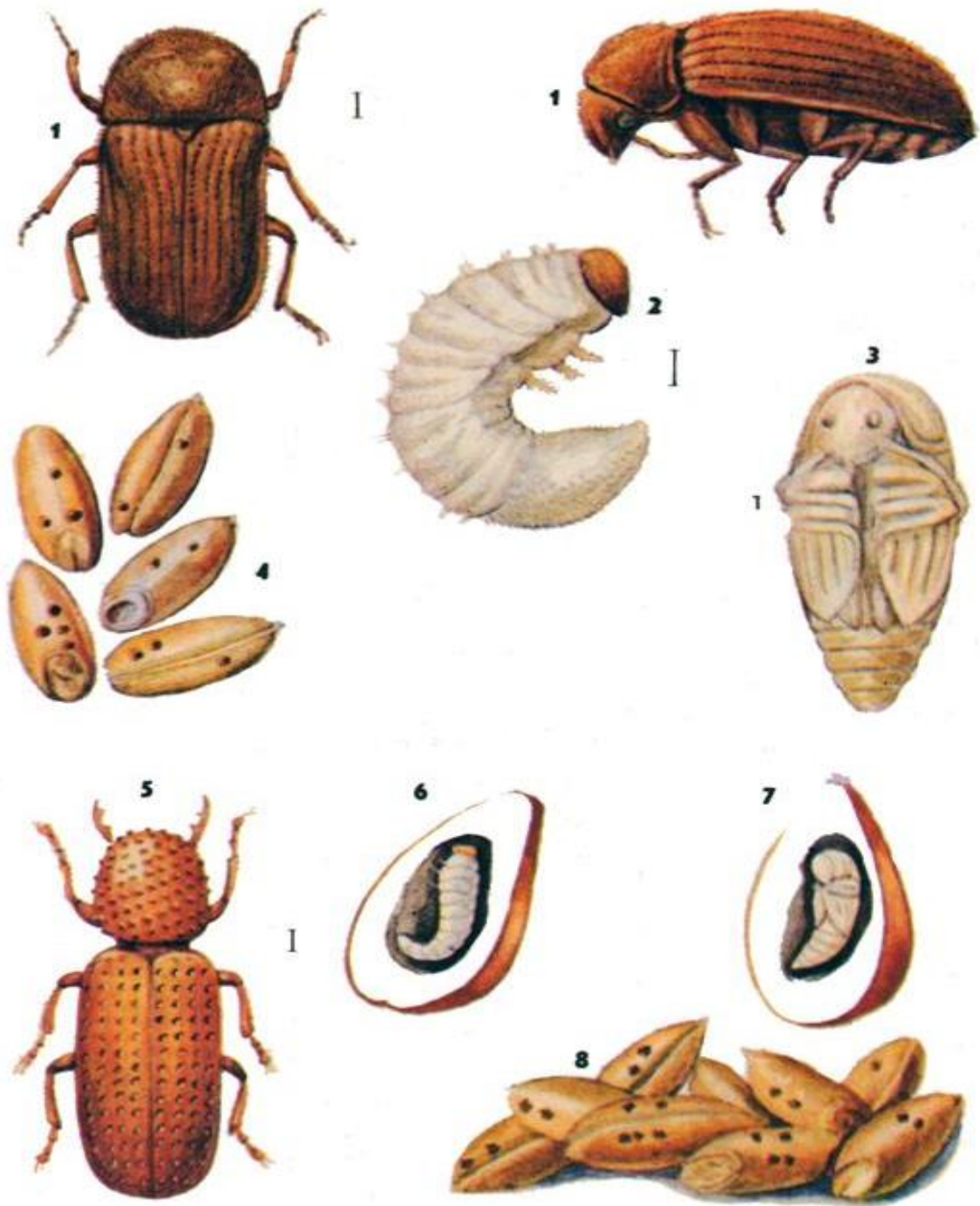
**Семейство-Точильщики (Anobiidae).** Жуки этого семейства характеризуются выпуклым телом и головой, прикрытой сверху переднеспинкой в виде капюшона так, что при осмотре сверху голова не видна.

**Хлебный точильщик (Stegobium paniceum L.)** – жук маленького размера (в длину 1,8-3,8 мм), является типичным представителем точильщиков (рисунок 6.14, 1-4). Его тело цилиндрической формы, окрашено в светло-коричневый или красно-бурый цвет и покрыто тонким густым шелковистым пушком. Жуки хорошо летают и таким путем могут попадать в хранилища. Их лёт обычно наблюдается в июне и июле. Жук также хорошо притворяется мертвым. Самка откладывает до 140 яиц, размещая их кучками на поверхности продуктов или на стенки ходов. В зависимости от условий окружающей среды жук дает от двух до четырех поколений в год. Считают, что в течение своей жизни жук не питается и живет, используя запасные вещества, отложенные в процессе формирования. На земном шаре распространен повсеместно.

Исключительно подвижная личинка точильщика способна прогрызать (точить) многие продукты и предметы (дерево, переплеты книг, зерно, хлеб, сухари, галеты и так далее), делая в них многочисленные ходы. Личинки очень прожорливы, несмотря на свои незначительные размеры (3-5 мм). Перед окукливанием личинка делает себе колыбельку из мелких частиц продукта. Диаметр колыбельки 5-10 мм. Есть указания, что употребление в пищу продуктов, зараженных точильщиком, вредно для здоровья. Зерновой точильщик приведен на рисунке 6.14, 5-8.

**Семейство-Плоскотелки (Cucujidae).** Наиболее распространенными представителями этого семейства являются рыжий и суринамский мукоеды. Эти жуки имеют удлиненное плоское и маленькое тело. Из зерновых продуктов повреждают больше всего муку. При существовании в зерновой массе питаются

мелкодробленными частицами зерен.



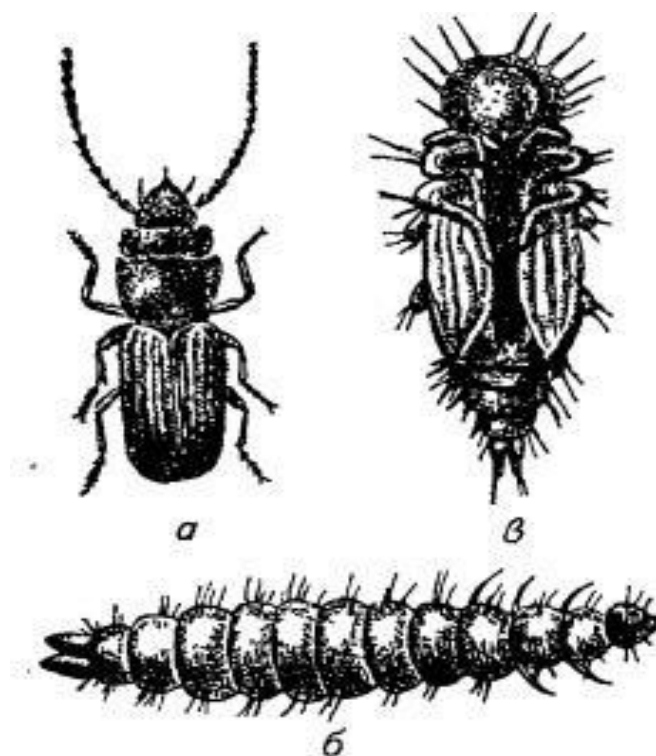
1 – жук, 2 – личинка, 3 – куколка, 4 – поврежденные зерна;

5 – жук, 6 – личинка, 7 – куколка, 8 – поврежденные зерна

Рисунок 6.14 – Хлебный точильщик (1-4) и Зерновой точильщик (5-8)

**Рыжий мукоед (*Placonotus testaceus* F.)** – жук цвета ржавчины, длиной 1,5-2,5 мм, легко отличаемый по своей окраске, форме тела и длинным усикам

(рисунок 6.15). Встречается в различных климатических зонах. Он часто является спутником долгоносиков в зерновых продуктах.



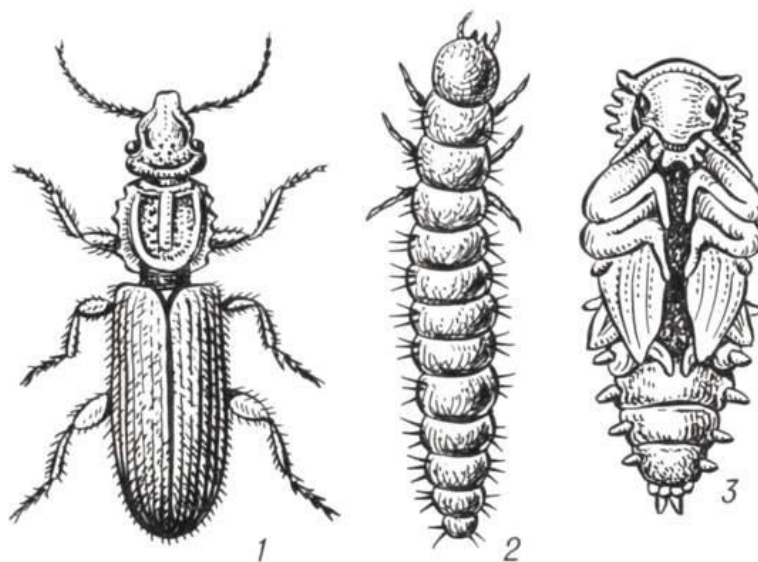
а – жук; б – личинка; в – куколка

Рисунок 6.15 – Рыжий мукоед

Один из основных обитателей в просыпях продуктов является **Суринамский мукоед (*Oryzaephilus Silvanus surinamensis* L.)**. Встречается в природе под корой деревьев. В хранилищах личинки и жуки питаются различными продуктами: мукой, крупой и сушеными фруктами. В зерновой массе питается дроблеными, изъеденными, увлажненными зёрнами. Суринамского мукоеда легко отличить от других жуков по форме тела. Грудь отделена у него от остальной части тела особенно резкой перетяжкой (рисунок 6.16) и имеет ребристую зубчатую поверхность.

Жуки окрашены в темный красно-бурый цвет и покрыты короткими прилегающими волосками, придающими окраске жука шелковистый отлив. Длина жука 3,0-3,5 мм. Личинка длиной до 4 мм кремового цвета. Личинки окукливаются в колыбельках непосредственно в зараженном продукте или в щелях деревянных конструкций. Самка откладывает до 300 яиц. В южных районах страны

он дает до четырех-пяти поколений, а в более северных – два-три поколения в год, в отапливаемых помещениях – до семи поколений. В летнее время весь цикл развития жука длится от 20 до 42 дней. Суринамский мукоед – один из распространенных вредителей зерновых продуктов в США. Жуки и личинки обладают способностью прогрызать плотные мешки и оберточную бумагу. Отмечено, что самка предпочитает откладывать яйца на заплесневевших продуктах.



1 – жук; 2 – личинка; 3 – куколка

Рисунок 6.16 – Суринамский мукоед

**Семейство-Зерновки (*Bruchidae*).** Представители этого семейства монофаги, так как развиваются только в одной культуре. При хранении зерна выделяют гороховую, чечевичную и фасолевую зерновку. Существование зерновок теснейшим образом связано с растениями из семейства мотыльковых. Развиваясь на бобах, личинки зерновок причиняют большой вред, резко снижая урожай и качество семян.

**Гороховая зерновка (*Bruchus pisorum* L.)** начинает свое развитие в поле, и заканчивает его в складах. Жуки брухуса имеют тело овальной формы, приплюснутое сверху и окрашенное в черный цвет. На надкрыльях имеют белое пятно и белые полости. Тело густо окрашено волосками ржаво-серого цвета. Длина жуков 4-5 мм (рисунок 6.17, 1-7). Они способны делать значительные пе-

релеты. Жуки попадают на новый урожай в результате посева зараженными семенами или зимовки жуков в поле в семенах, осыпавшихся при уборке.

На растениях гороха жуки появляются в период цветения, привлеченные ароматом цветков. Жуки питаются пыльцой и венчиками последних. В период образования бобов жуки начинают яйцекладку. Обычно основная масса яиц откладывается в июне на поверхность створок зеленых бобов. На одном бобе насчитывают иногда два-три десятка яиц янтарно-желтого цвета, хорошо прикрепленных специальными выделениями самки.

Через шесть-десять дней из яйца выходит личинка, которая делает зигзагообразные ходы (мины) в мякоти боба либо сразу прогрызает ее и поселяется в горошине. В конечный период своего развития личинка имеет размер до 6 мм и окрашена в кремовый цвет.

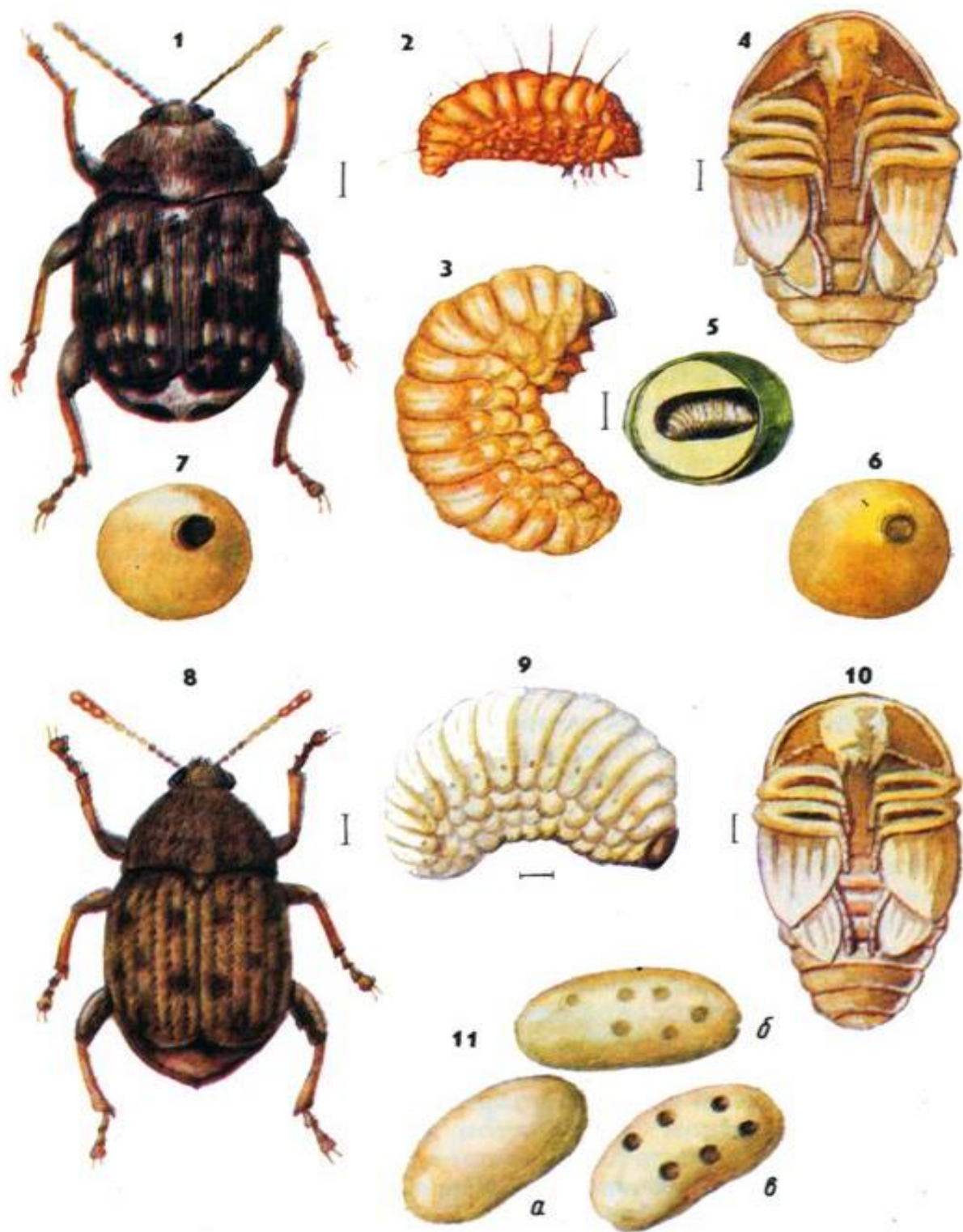
Перед превращением в куколку (через 1-1,5 месяца) личинка подгрызает изнутри наружную кожицу семени в форме правильного круга, чем в дальнейшем и облегчает выход жука наружу. Однако из семени жук осенью обычно не выходит, а остается в нем до весны. При неблагоприятных условиях (пониженной влажности семян и резких колебаниях температуры при хранении) значительная часть жуков гибнет, однако хозяйственная ценность семян все равно остается низкой. Горошины, пораженные зерновкой, теряют до 35 % своего веса, непригодны для посева, содержат экскременты и продукты линьки личинок и куколок. Горошины, имеющие такое содержание, нельзя употреблять в пищу.

**Чечевичная зерновка (*Bruchus lentis Frol*)** по образу жизни и устройству тела похожа на гороховую зерновку. Она повреждает только бобы и семена чечевицы.

**Фасолевая зерновка (*Acanthoscelidesobtectus Say*)** похожа на гороховую (рисунок 6.17, 8-11). Основным растением и семенами для этого вредителя является фасоль, но она развивается и на бобах, чечевице, люпине, вике и коровьем горохе. В одном семени фасоли может развиваться по нескольку личинок.

Фасолевая зерновка заражает семена не только в поле, но и при хранении. В последнем случае яйца откладываются непосредственно на семена или тару.





1 – жук, 2 – личинка первого возраста, 3 – личинка после первой линьки, 4 – куколка, 5 – личинка внутри зерна, 6 – зерно гороха до выхода жука, 7 – зерно после выхода жука; 8 – жук, 9 – личинка, 10 – куколка, 11 – здоровое (а) и поврежденные зерна фасоли до (б) и после (в) выхода жуков

Рисунок 6.17 – Гороховая зерновка (1-7) и Фасолевая зерновка (8-11)  
**Семейство-Кожееды (Dermestidae).** Представителями этого семейства

являются капровый жук, ковровый жук, кожеед музейный.

**Капровый жук (*Trogoderma granarium* Ev.)** очень опасный вредитель, широко распространен в странах Юго-Восточной Азии и Африки, известен в Европе и на американском континенте. Жук получил свое название от индийского слова «капра» – кирпич. При использовании для строительства зернохранилищ необожженного кирпича трещины в нем и между кирпичами являются излюбленным местообитанием этого насекомого. Личинки капрowego жука питаются различными зерновыми продуктами, орехами, семенами зернобобовых, масличных и овощных культур, жмыхами, сушеными фруктами, макаронными и кондитерскими изделиями, сухими дрожжами, молочными продуктами и другими.

Все продукты личинки превращают в характерную порошкообразную массу, содержащую много мелких экскрементов. Капровый жук относится к семейству кожеедов. Самцы и самки имеют одинаковую овальную форму. Тело жука светло- или темно-коричневого цвета, блестящее, покрыто волосками. Самцы мельче самок (в среднем около 2 мм), средняя длина самок около 3 мм. Личинка капрowego жука может находиться в состоянии диапаузы в течение 4 лет. Период развития этих насекомых в среднем составляет 35 дней. При температуре 22-24 °С развитие капрowego жука ограничивается (рисунок 6.18).



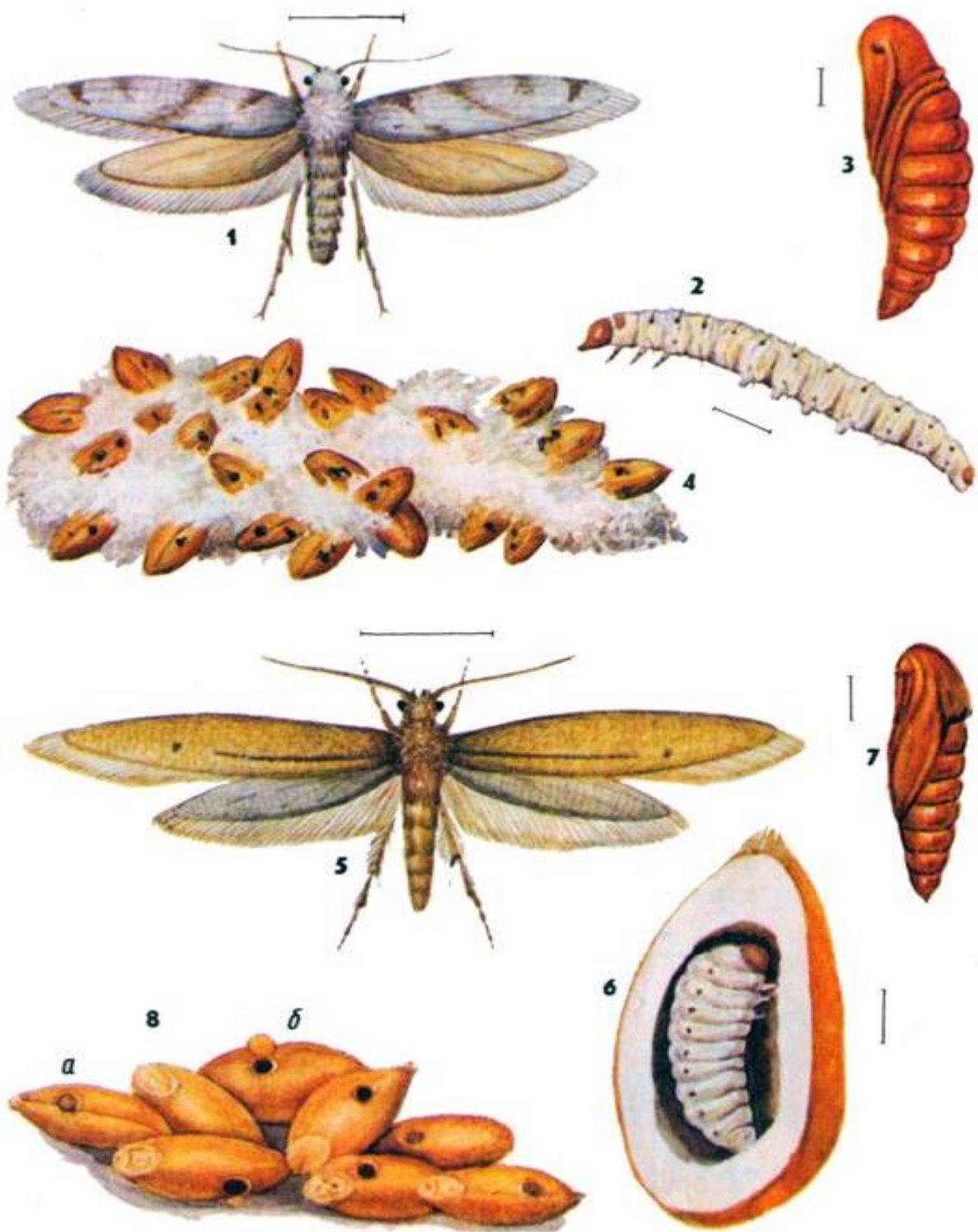
Рисунок 6.18 – Стадии развития капрowego жука

**Тип членистоногие. Класс насекомые. Отряд бабочки (Чешуекрылые**



**Lepidoptera**). В развитии бабочки проходят те же стадии, что и жуки: яйца, личинки (гусеницы), куколки, бабочки. Отличительные черты бабочек следующие: ротовой аппарат у них сосущего типа, и потому бабочки неспособны грызть твердую пищу, то есть поедать зерно, муку и другие продукты; у некоторых видов ротовые органы вообще атрофированы; они имеют две пары перепончатых крыльев, покрытых, как и все тело, мелкими чешуйками, окрашенными у различных видов в разные тона; личинки, называемые гусеницами, кроме трех пар грудных ножек, имеют от двух до трех пар брюшных. Большинство гусениц при жизни выделяют жидкость, которая быстро затвердевает на воздухе, образуя паутину. Этой паутиной гусеницы скрепляют поврежденные ими продукты и делают из паутин коконы. Куколка у бабочек покрытая. Основной вред причиняют гусеницы, обладающие способностью грызть продукты и питаться ими. Подобно жукам и клещам, бабочки не только уничтожают, но и засоряют зерновые продукты своими экскрементами, шкурками, коконами и трупами. Бабочки – вредители зерновых продуктов, относятся к семействам молей, огневков и совков. Ниже приводится характеристика наиболее распространенных из них.

**Семейство молей (moles)** представляют зерновая моль, амбарная моль, пробковая моль. Зерновая моль (*Sitotroga cerealella* Oliv) (рисунок 6.19, 5-8) – это бабочка небольших размеров (от 4 до 6 мм в длину) имеет размах крыльев 11-16 мм. Зерновая моль заражает зерно в поле на корню, в скирдах и в складах. Основные объекты заражения: яровая пшеница, ячмень и кукуруза. Самка откладывает яйца на колосья или початки кукурузы. Отродившиеся из яиц гусеницы сразу вгрызаются внутрь зерна, в котором и проходят весь дальнейший цикл развития, часто заканчивающийся, когда зерно уже находится в складах. В складах зерновая моль повреждает партии зерна пшеницы, ячменя, кукурузы, гречихи, риса, ржи и других. При благоприятных условиях может давать несколько поколений (до восьми) в год. Существовая в складах, бабочка откладывает яйца на поверхность зерен. Развивающаяся внутри зерна гусеница выедает три четверти эндосперма. Перед окукливанием она подготавливает для бабочки выход, надгрызая оболочку зерна с внутренней стороны.



1 – бабочка, 2 – гусеница, 3 – куколка, 4 – зерна, поврежденные и опутанные паутиной; 5 – бабочка, 6 – гусеница, 7 – куколка, 8 – зерна пшеницы до (а) и после (б) вылета моли

Рисунок 6.19 – Амбарная моль (1-4) и Зерновая моль (5-8)

Массовый вылет бабочек наблюдается обычно весной, с наступлением тепла; они размещаются в верхнем слое и на поверхности зерновой массы. При

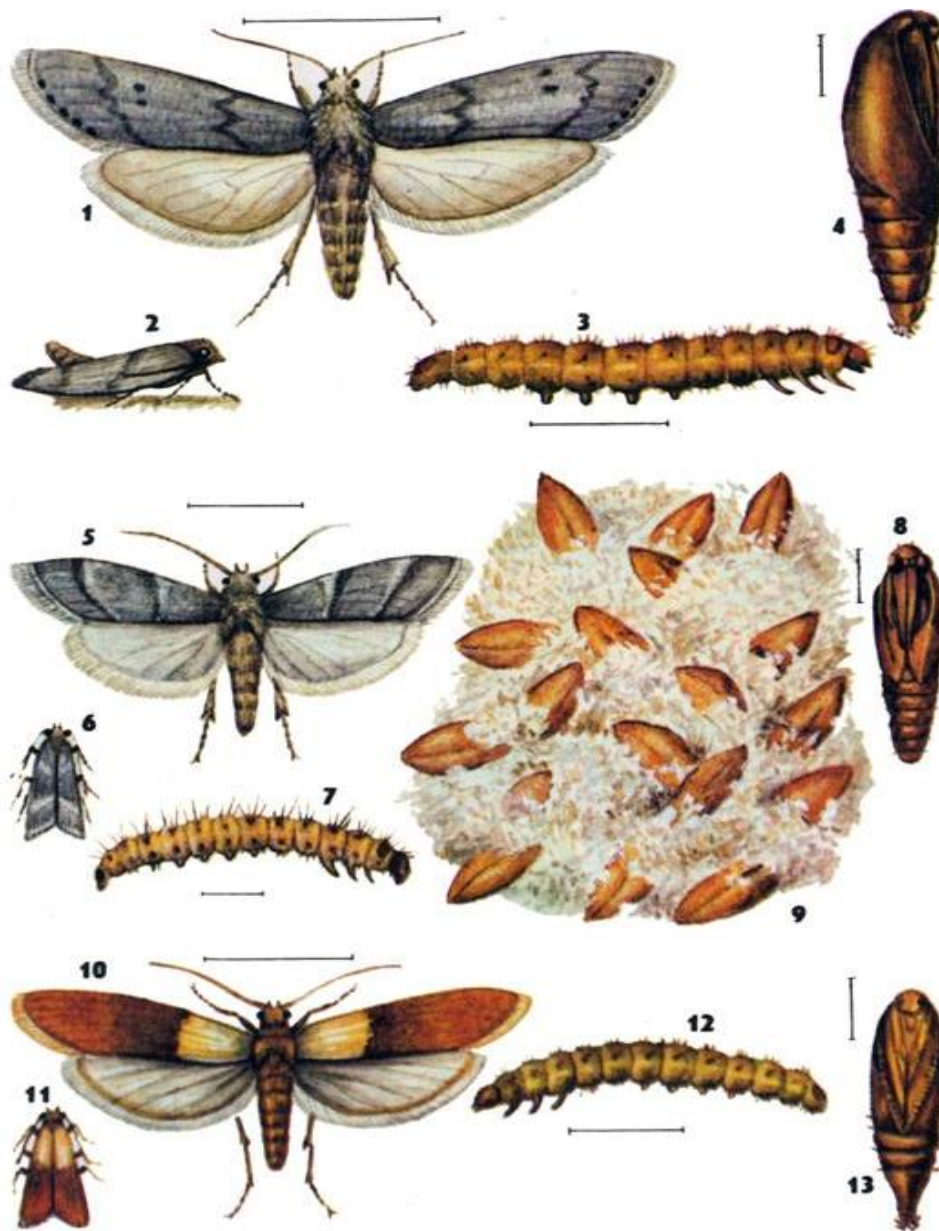
благоприятных температурных условиях весь цикл развития насекомого проходит в течение 25-35 дней. Зерновая моль – опасный вредитель, имеющий на земном шаре, подобно долгоносику, очень широкий ареал распространения. При массовом заражении ею теряется значительная часть урожая, снижаются масса и качество зерна. Зерно, зараженное зерновой молью, имеет более бледную окраску и морщинистую поверхность. Наличие пустых зерен с круглым отверстием на боку и выстланных внутри паутиной также свидетельствует о том, что партия зерна заражена или была заражена этим вредителем.

**Амбарная, или хлебная, моль (*Tinea granella* L.)** является вредителем зерна только в хранилищах (рисунок 6.19, 1-4). Эта бабочка имеет пеструю окраску крыльев (передние серебристо-серого цвета с темно-коричневыми поперечными полосками и темным пятном, задние бурой или сероватой окраски). Размах передних крыльев 9-14 мм. Бабочки размещаются в затемненных участках зернохранилища и заползают в щели. Ночью летают по хранилищу и откладывают яйца непосредственно на поверхность зерен. Отродившиеся из яиц гусеницы достигают 7-10 мм, окрашены в желто-белый цвет и покрыты короткими редкими волосками. Молодые гусеницы вгрызаются внутрь зерен, но с возрастом выходят на их поверхность и собираются в верхнем слое насыпи зерна. Выедая значительную часть эндосперма и обгрызая зерна, гусеницы при своем перемещении выделяют паутину, скрепляющую в комки нередко по несколько десятков зерен. Образование таких комков в верхнем слое зерновой массы является характерным признаком зараженности амбарной молью.

**Семейство-Огневок (*Pyralididae*).** К этому семейству относятся мельничная огневка (рисунок 6.20, 1-4), сухофруктовая огневка, мучная огневка, зерновая огневка (рисунок 6.20, 5-9), южная амбарная огневка (рисунок 6.20, 10-13).

**Мельничная огневка (*Ephestia kuchiella* Zell).** Эту бабочку легко отличить от других вредителей. Она имеет довольно крупное тело длиной 10-14 мм и крылья свинцово-серого цвета с небольшими точками и черными поперечными изломанными полосками. Размах передних крыльев – 20-25 мм. Сидя, бабочка закрывает своими крыльями почти все брюшко; виден лишь его конец,

торчащий вверх.



1 – бабочка, 2 – бабочка в сидячем положении, 3 – гусеница, 4 – куколка;  
5 – бабочка, 6 – бабочка в сидячем положении, 7 – гусеница, 8 – куколка,  
9 – поврежденное зерно; 10 – бабочка, 11 – бабочка в сидячем положении,  
12 – гусеница, 13 – куколка

Рисунок 6.20 – Мельничная огневка (1-4), Зерновая огневка (5-9) и  
Южная амбарная огневка (10-13)

Гусеница окрашена в желто-белый или розоватый цвет, а голова ее – в красно-бурый. Спина покрыта шестью продольными рядами буроватых точек, из которых торчат короткие волоски. Гусеницы мельничной огневки достигают

сравнительно больших размеров (20-35 мм), очень подвижны и прожорливы. Они могут питаться самыми различными продуктами: зернами злаковых культур, мукой, отрубями, крупой, сухарями, галетами, макаронами, семенами хлопчатника. Гусеницы живут или в специальных трубочках, сделанных из паутины и огрызков пищи, или в комьях продукта, густо пронизанных паутиной. Подобно гусеницам амбарной моли, они склеивают продукты паутиной в комки, масса которых может достигать нескольких килограммов.

За широкое распространение на мельницах бабочка получила свое название мельничной огневки. Наряду с малым мучным хрущакom она является основным вредителем, развивающимся в корпусе мельниц. Гусеницы хорошо приспособились к существованию в условиях мельницы. Они расселяются в вальцовых станках, самотечных и аспирационных трубах и тому подобное. Сквозняки и большие потоки воздуха не останавливают их развития. Живя сообществами и выделяя значительное количество паутины, гусеницы могут быть причиной закупорки самотечных труб. Попадая во временно неработающие рассевы, гусеницы прогрызают шелковые сита. Коконь и куколки мельничной огневки можно обнаружить как внутри машин, так и в щелях и углах деревянных частей здания, в комьях муки и отрубей.

На мельницах в зависимости от их географического местоположения и температуры внутри помещений бабочка дает от одного до нескольких поколений в год. Мельничная огневка хорошо размножается и в других помещениях, в которых содержатся зерновые и мучные продукты: зернохранилищах, складах муки и мучных изделий, в хлебопекарных предприятиях, на макаронных фабриках и так далее.

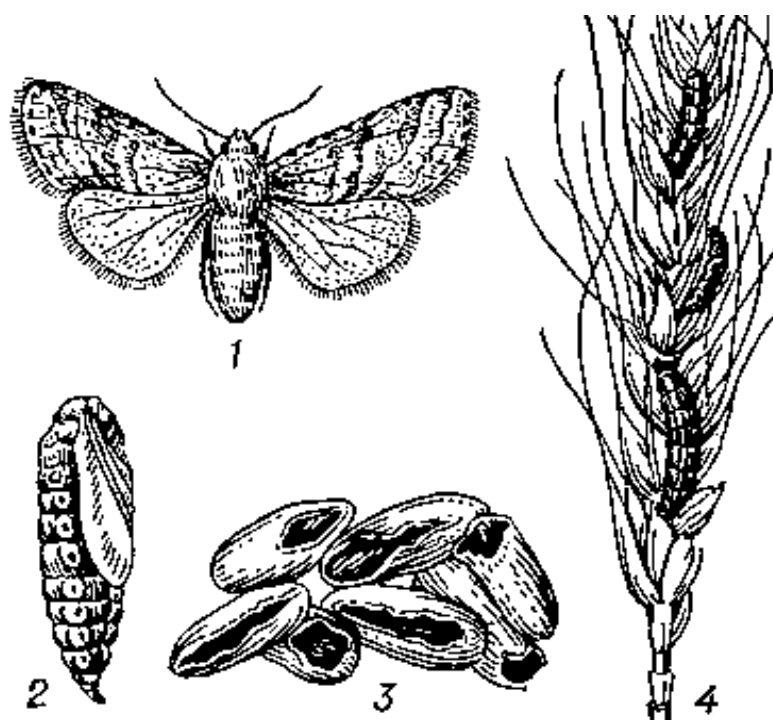
**Мучная огневка (*Pyralis farinalis* L.).** Эта бабочка, хотя и получила название мучной огневки, наряду с мукой хорошо развивается в зерновых массах и реже на мельницах, в мякине, соломе и сене; является также вредителем пробки. Бабочку хорошо отличают по специфической окраске передних крыльев, которые у основания и вершины имеют малиново-коричневый цвет (по некоторым источникам, шоколадный), а в средней части темно-желтый. На границе этих

двух тонов имеются белые полосы. Размах крыльев – 15-28 мм. Сидящая бабочка распахивает крылья в виде треугольника, а конец брюшка загибает кверху. Гусеницы сначала окрашены в коричневый цвет, а с возрастом становятся почти белыми, окрашенными остаются только концы тела. Живя большими сообществами, гусеницы образуют из населяемого ими продукта большие комки, соединенные густой сетью паутины.

**Семейство-Совки (Noctuidae).** Представителем этого семейства является **Зерновая совка (*Hadena basitinea* Schiff).** На территории России насчитывают примерно 3 тысячи видов совок, из которых наиболее опасной является зерновая. Будучи типичным полевым вредителем, эта бабочка в стадии гусеницы при уборке урожая может попадать в зерновую массу и портить зерно при хранении.

Зерновая совка – довольно крупная бабочка (рисунок 6.21) с толстым и мохнатым телом, длиной 17-20 мм; размах ее крыльев 38-40 мм. Как почти все совки, ведет ночной образ жизни. Гусеница буровато-серого цвета с резко выраженной на спине светлой полосой и двумя менее яркими полосами по бокам. Голова темно-окрашенная. Длина гусеницы 20-28 мм.

Бабочки откладывают яйца в период налива хлебов на колосковые чешуйки, ножки колоса, верхушечные листья и стебли. Вышедшие через короткое время из яиц гусеницы прогрызают колосковые чешуйки, вгрызаются в зерно и находятся в нем, пока не перерастут его размеры. В более взрослой стадии гусеницы размещаются на колосках, оплетая их паутиной, или прячутся в листьях, а также под комочками и в трещинах почвы. Гусеницы питаются, главным образом, ночью (а в пасмурную погоду и днем), выгрызая в зерне широкие и глубокие полости.



1 – бабочка; 2 – куколка; 3 – зерна, поврежденные зерновой совкой,  
4 – гусеницы на колосе

Рисунок 6.21 – Зерновая совка

Растянутый срок лёта и кладки яиц у бабочек зерновой совки (более месяца) приводит к тому, что в период созревания и уборки урожая на полях имеются гусеницы всех возрастов. Часть из них в процессе уборки урожая попадает в зерновую массу, а другая остается в почве и питается падалицей и зернами оставшихся на поле колосьев.

Гусеницы, попавшие с зерновой массой на тока или в хранилища, питаются зерном и ко времени закукливания уходят в почву (близ токов) или в щели конструкций зернохранилищ.

Зерновая совка широко распространена и встречается везде, кроме тундры. Однако ее заметная вредоносность особенно проявляется в степной и лесостепной зонах земледелия. Установлено, что массовому размножению зерновой совки способствует затяжка уборочных работ, большие потери зерна (наличие падалицы и колосьев на почве), а также мелкая зяблевая обработка почвы.



При поступлении на хлебоприемные предприятия партий зерна, в которых обнаружены гусеницы зерновых совок, самой радикальной мерой является немедленная очистка зерновой массы. Удаление гусениц предотвратит дальнейшее обгрызание зерна и увеличение числа изъеденных и испорченных зерен.

**Тип членистоногие. Класс паукообразные. Отряд клещи (Acarina).** Отряд клещи насчитывает до 6 тысяч видов. Многие из них являются паразитами животных и растительных организмов. В зерновых продуктах и хранилищах встречается несколько видов клещей. Они имеют округлую или продолговатую форму тела и характеризуются малыми размерами – в пределах до 1 мм. Некоторые виды клещей и их личинки имеют размеры 0,25-0,30 мм, то есть находятся на границе видимости невооруженным глазом. При небольшом увеличении видно, что тело клещей состоит из двух частей: головы, переходящей в грудь (головогрудь), и брюшка.

По образу жизни и степени вредности всех клещей интересующих нас видов можно разделить на две группы.

Первые – питающиеся непосредственно зерновыми продуктами. У этих клещей хорошо развиты верхние челюсти, они могут грызть частички зерна, имеющиеся в зерновой массе, а иногда и целые зерна. Эта группа представлена двумя семействами «амбарных» клещей.

Вторые – питающиеся только жидкой пищей. Клещи этой группы имеют ротовой аппарат колюще-сосущего типа. Прокалывая оболочку растения или животного, они высасывают из него жидкое содержимое; находясь в зерновой массе, питаются своими сородичами, а также яйцами и куколками насекомых. К числу таких относятся клещи из семейства хищных и пузатых.

При хранении зерновых продуктов клещи могут причинять следующий вред:

- питаться зерном (амбарные клещи) только при наличии особо благоприятных условий для их развития; так, в очень влажном зерне они могут выедать часть зародыша и прилегающие к нему участки эндосперма;



- загрязнять зерновую массу, крупу и муку продуктами своей жизнедеятельности (шкурками от линьки, экскрементами и трупам);

- образовывать в зерновых продуктах специфические неприятные запахи, ухудшать их цвет и вкус (в результате выделения продуктов жизнедеятельности и разложения трупов клещей);

- выделять некоторое количество тепла и влаги и тем самым создавать дополнительные условия для увлажнения и самосогревания зерновых продуктов;

- создавать условия для развития микроорганизмов в результате повреждения оболочек зерна; понижать всхожесть семян, разрушая их зародыши.

Клещи как вредители зерновых продуктов известны во многих странах, особенно расположенных в зоне умеренного климата земного шара.

Высказываются также предположения, что скармливание животным продуктов, сильно зараженных клещами, вызывает нарушение деятельности пищеварительной системы.

По анатомическому строению и физиологии клещи во многом сходны с насекомыми, но устроены проще. Так, например, все растительноядные клещи лишены сердца и кровеносной системы. У интересующих нас видов клещей нет глаз и так далее.

Тело клещей, как и насекомых, имеет хитиновый покров. Поверхность тела клещей гладкая или с бороздками и выростами в виде шипиков, волосков, щетинок, которыми как отличительными признаками принято пользоваться при определении отдельных видов. Несмотря на отсутствие глаз, клещи неплохо ориентируются в окружающей их обстановке. В этом им помогают щупальца и волоски на теле, прикасаясь которыми к предметам клещи ориентируются в пространстве.

Растительноядные «амбарные» клещи дышат через покровы тела. Хищным и паразитическим клещам свойственно трахейное дыхание.

Клещи – раздельнополые животные. У всех видов клещей, кроме пузатого, самки откладывают яйца; самка пузатого клеща рождает живых клещей. Отложенные клещами яйца очень маленьких размеров (около 0,1 мм), круглой или

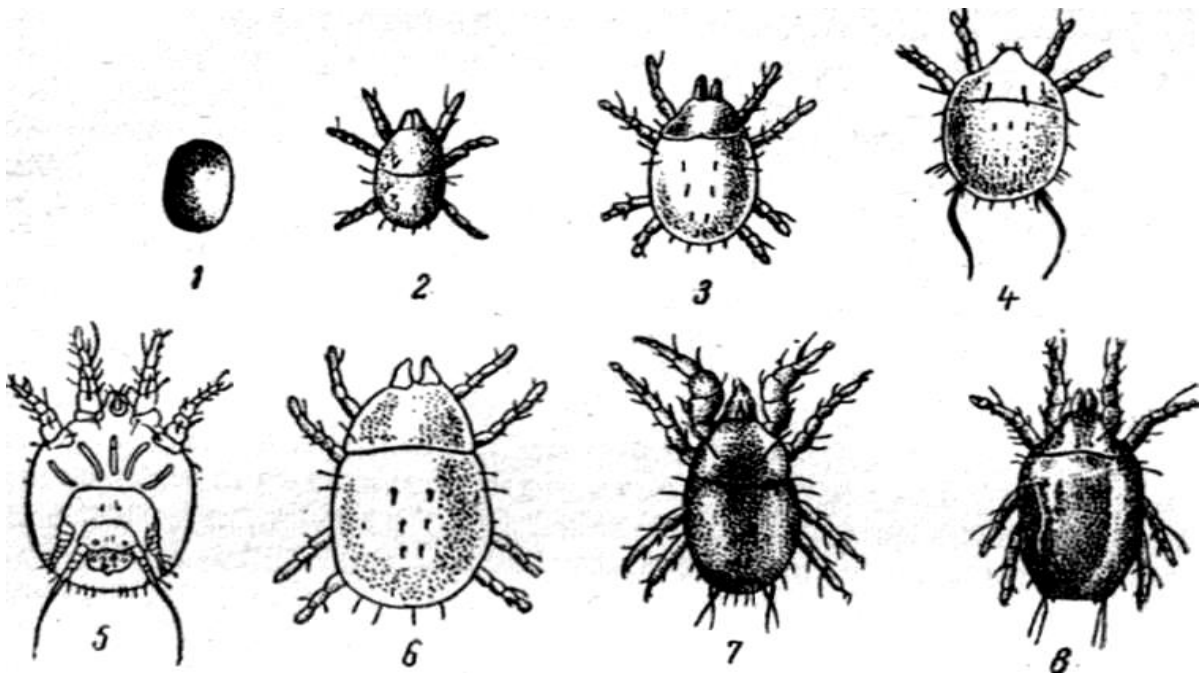
овальной формы.

При наличии благоприятных условий зародыш яйца развивается в личинку, которая несколько больше яйца. По форме тела она похожа на взрослого клеща, от последнего отличается числом ног: у личинки их три пары, а у взрослого клеща – четыре пары. Личинка усиленно питается и после известного срока жизни линяет, превращаясь в личинку второго возраста, так называемую **нимфу первую**. Нимфа имеет четыре пары ног и отличается от взрослого клеща меньшим размером тела. После некоторого периода роста нимфа первая линяет и переходит в стадию третьего возраста, называемую **нимфой второй**. Пройдя период роста, нимфа вторая после линьки превращается во взрослого клеща – самца или самку. Все стадии своего развития (цикл развития) клещи проходят в зависимости от окружающих условий от двух недель до нескольких месяцев.

При наступлении неблагоприятных условий для существования (сухость воздуха, пониженная температура и так далее) из нимфы первой образуется особая стадия развития клеща, так называемый **гипопус**.

Гипопус имеет уплотненный кожный покров, не питается, имеет замедленный газообмен и поэтому очень устойчив к фумигантам и неблагоприятным условиям (может переносить их месяцы и даже годы). Это весьма осложняет обеззараживание зерна и зернохранилищ. С наступлением благоприятных условий существования гипопус сбрасывает с себя шкурку и превращается в нимфу вторую, а далее цикл развития завершается обычным порядком, описанным выше.

У разных видов клещей гипопусы имеют свои особенности. Они могут быть неподвижными или подвижными (странствующие). На рисунке 6.22 показаны стадии развития мучного клеща. Необходимо отметить, что есть три степени заражения зерновой массы клещами. Заражение зерна нового урожая происходит также, когда оставляют обмолоченное зерно на стерне или на старом току, ранее зараженном вредителями.



I: 1 – яйцо; 2 – личинка; 3 – нимфа; II: 4 – подвижный гипопус;  
5 – гипопус (вид снизу); 6 – нимфа; 7 – взрослей клещ (самец); 8 – самка

Рисунок 6.22 – Стадии развития мучного клеща

Переносчиками клещей в зернохранилища, на зерно и зерновые продукты могут быть грызуны и птицы, несущие их на своих покровах – в шерсти и перьях. Насекомые (долгоносики, хрущаки и другие) также являются переносчиками клещей. На территории предприятия клещи могут распространяться вместе с пылью и отходами, разносимыми ветром. Выполняя элементарные правила обращения с зерном и борясь с переносчиками клещей, можно значительно сократить заражение зерновых масс и зернохранилищ или предотвратить его вовсе. Соблюдение профилактических мер при уборке урожая (обеззараживание токов выжигания прошлогодних органических остатков, быстрая перевозка зерна в хранилища с использованием незараженных транспортных средств и тому подобное) предохраняет зерно от заражения клещами. В зерновой массе встречаются следующие виды клещей.

**Семейство Амбарные (хлебные клещи) (*Tyroglyphidae*).** Из числа видов клещей этого семейства в зерновых массах и хранилищах для зерна, муки и

крупы имеют распространение следующие: мучной, клещ Родионова, темноногий, удлинённый, узкий и сырный. Клещи этого семейства имеют тело, подразделённое поперечной бороздой на два отдела – передний, несущий ротовые органы и две пары передних ног, и задний, несущий две пары задних ног.

**Мучной клещ (*Acarus siro* или *Tyroglyphus farinae* L.)** получил свое название в связи с тем, что он впервые был обнаружен в муке. Этот клещ часто развивается в зерне различных культур (пшеница, рожь), крупе, сушеных овощах, фруктах, хмеле, лекарственных растениях, коже, сыре, сушеном мясе и других продуктах, то есть является полифагом.

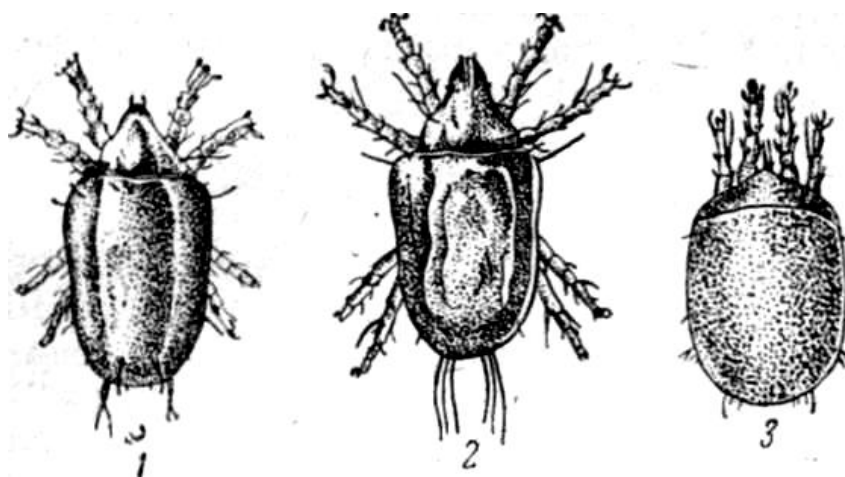
Длина клеща 0,35-0,70 мм. Передние ноги у самца утолщенные и изогнутые с шипообразным выростом посередине. Самка и самец имеют различные формы тела. Перемещается медленно.

Мучной клещ проходит описанные ранее стадии развития и может образовывать как подвижную, так и неподвижную форму гипопуса.

При благоприятных условиях (температуре 20-25 °С и достаточной влажности продукта) весь цикл развития мучного клеща заканчивается в 14-16 дней. Самка откладывает до 200 яиц.

В муке и крупе клещ размножается лучше, чем в зерновой массе. Зерно пленчатых и семена бобовых и масличных культур в меньшей степени повреждаются клещом, чем рожь и пшеница. Мучной клещ широко распространен в природе. Из всех клещей, обитающих в зерновых продуктах, он встречается наиболее часто.

**Клещ Родионова (*Caloglyphus Rodionivi* A.Zachv).** Клещ имеет буроватую окраску, образует подвижную форму гипопуса. Длина клеща 0,6-1,2 мм (рисунок 6.23). Развивается клещ Родионова только при влажности продуктов не ниже 20 %, более теплолюбив и более плодовит, чем мучной клещ. Большая требовательность к теплу и влаге ограничивает его развитие в зерновых продуктах.



1 – самка; 2 – самец; 3 – гипопус

Рисунок 6.23 – Клещ Родионова

**Темноногий клещ (*Aleuroglyphus ovatus* Troup).** Теплолюбив и массами собирается в местах с температурой 35 °С. Длина клеща – от 0,5 до 0,7 мм. Имеет светлую окраску тела, ноги и челюсти окрашены в фиолетовый или темно-фиолетовый цвет (рисунок 6.24).

**Узкий клещ (*Thyrophagus entomophagus* Lab.).** Встречается в зерне, муке, в аптекарских товарах, в сене и в гниющих растительных остатках. Мука, поврежденная им, приобретает темный цвет. Длина клеща 0,3-0,5 мм. Цвет тела бледно-желтый или белый, ноги и ротовые части – темно-желтые или бурые. Свое название клещ получил за форму тела, которое в длину в 2,2-2,3 раза больше, чем в ширину (рисунок 6.25).

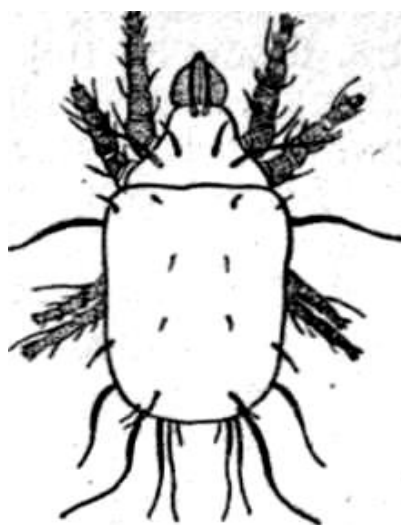


Рисунок 6.24 – Темноногий клещ

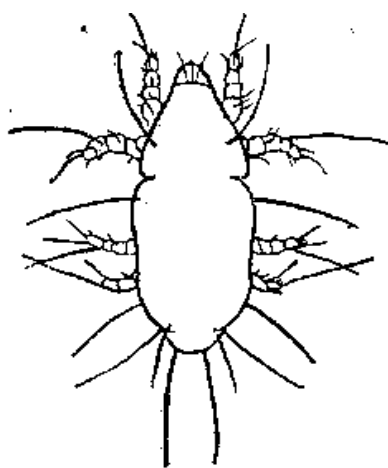


Рисунок 6.25 – Узкий клещ

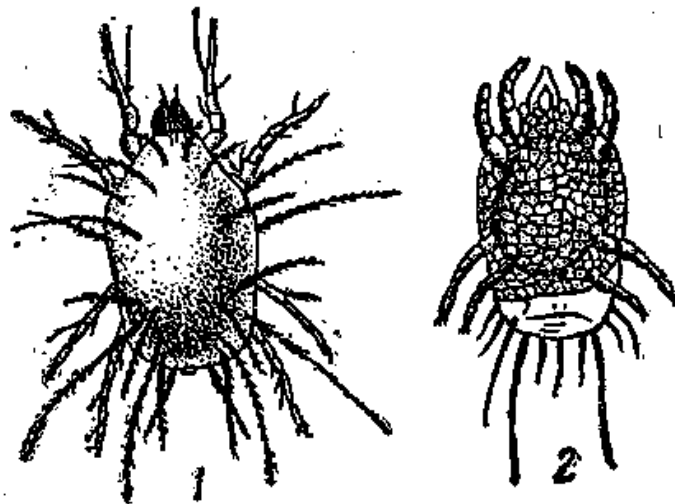
**Семейство Волосатые клещи (Glycyphagidae).** Волосатые клещи внешне во многом сходны с амбарными хлебными клещами. Из числа видов этого семейства наиболее распространен обыкновенный волосатый клещ, реже встречаются гладкий и бурый.

**Обыкновенный волосатый клещ (*Ulycygnagus aes-tructor* Ouds).** Клещ имеет светлую окраску, ноги у него с тонкими длинными лапками, несущими на себе обычные волоски; он быстро и суетливо перемещается. Длина тела клеща от 0,30 до 0,55 мм (рисунок 6.26). Оптимальной температурой для него считается 24-29 °С. Самка за всю жизнь откладывает до 100 яиц.

Волосатый клещ образует неподвижную форму гипопуса. Последний не выходит из шкурки, покрывающей нимфу, а лежит внутри нее, как в чехле. Образование гипопусов у волосатого клеща иногда принимает массовый характер. Они весьма устойчивы по отношению к неблагоприятным условиям окружающей среды. Так, сухость воздуха переносят месяцами; специально поставленными опытами доказано, что неподвижные гипопусы не погибали в парах синильной кислоты в течение 12 суток, тогда как подвижный гипопус мучного клеща погибал через 15 ч.

Волосатого клеща считают одним из наиболее распространенных видов клещей – вредителей зерна и зерновых продуктов. Он хорошо развивается в зер-

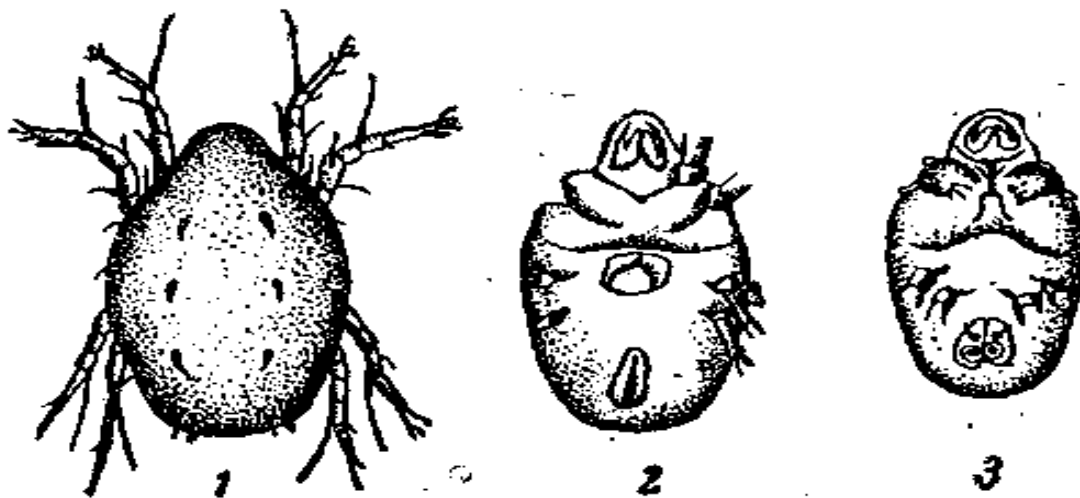
новых массах пленчатых культур (овес, ячмень), имеющих большую скважистость, которая обеспечивает ему свободное передвижение в разных направлениях. Для нормального развития этого клеща требуется влажность зерна не ниже 15 %.



1 – самка; 2 – неподвижный гипопус

Рисунок 6.26 – Обыкновенный волосатый клещ

**Гладкий клещ (*Chortoglyphus arcuatus* Troup).** Гладкий клещ теплолюбив, оптимальная температура его развития составляет 35 °С. Длина его от 0,3 до 0,45 мм, овальной формы (рисунок 6.27). Волоски на теле очень короткие, что создает впечатление совсем малой опушенности клеща. Ноги тонкие и длинные. Этот клещ повреждает муку, рис, фуражные культуры, семена клевера.



1 – самка; 2 – самка (со стороны брюшка), 3 – самец (со стороны брюшка)

Рисунок 6.27 – Гладкий клещ

**Бурый клещ (*Gohieria fusca* Ouds.)** отличается от других видов этого семейства бурой или коричневой окраской.

**Семейство Хищные клещи (*Cheyletidae*).** Нападая на других клещей или мелких насекомых, хищные клещи пользуются ногочелюстями для удержания добычи. Тело клещей этого семейства ясно разделено перетяжкой на голову-грудь и брюшко. Ротовой аппарат колюще-сосущего типа, приспособленный для питания жидкой пищей. Из особых придатков ротового аппарата следует отметить мощно развитые ногочелюсти с когтевидными выростами на концах (рисунок 6.28). Из представителей этого семейства в зерновых продуктах встречается обыкновенный хищный клещ, хищный клещ прожорливый, хищный клещ длинноногий.

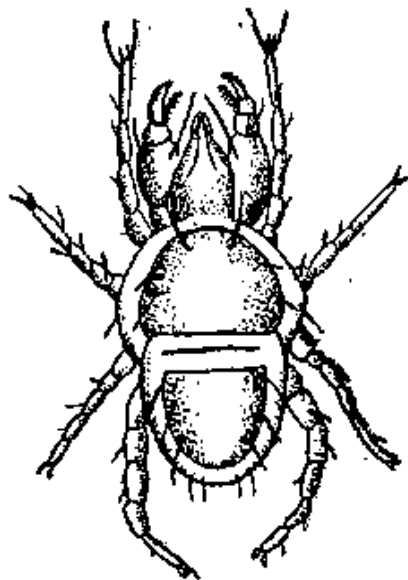
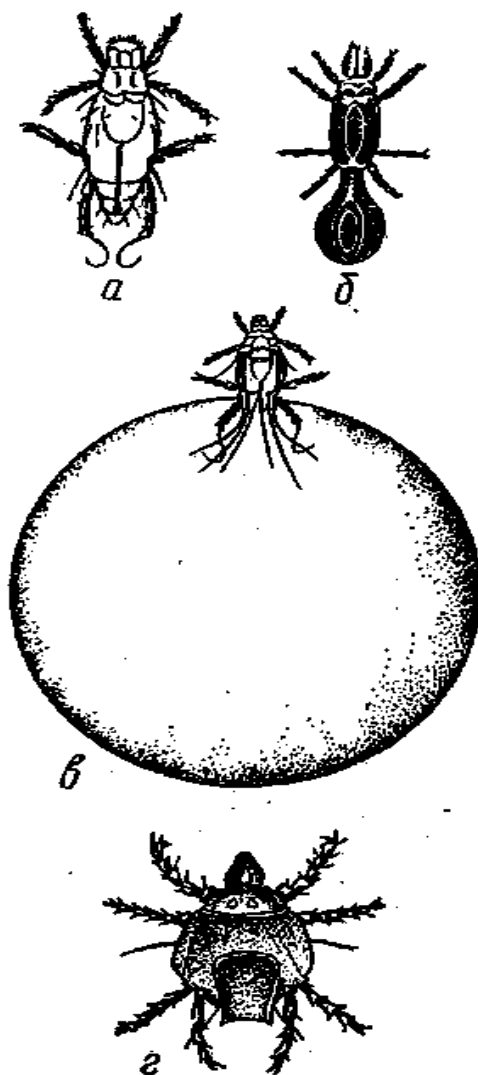


Рисунок 6.28 – Хищный амбарный клещ

**Обыкновенный хищный клещ (*Cheulctus eruditus* Schrk.).** Длина тела клеща от 0,5 до 0,8 мм. Оптимальной температурой для хищных клещей считают 20-22 °С. Самка откладывает периодически до 90 яиц небольшими кучками по 18-20 яиц. Обыкновенный хищный клещ более стоек воздействию окружающей среды, отсутствию пищи. Питается он хлебными клещами, мелкими насекомыми – вредителями зерна и зерновых продуктов. Размножаются хищные клещи медленнее хлебных клещей, поэтому не могут подавить их развитие.



**Пузатые клещи (Pediculoidae).** Из паразитических клещей в зерновых продуктах встречается так называемый амбарный пузатый клещ (*Pediculoides ventricosus* Newp.). Как все представители семейства пузатых клещей, имеет ротовые органы сосущего типа. Пищей пузатому клещу служат личинки и куколки насекомых, клещи других видов, находящиеся в зерновой массе. Пузатые клещи, как и хищные, неспособны полностью истребить растительноядных клещей в зерновой массе.



а – самка до беременности; б – самка в начале беременности;  
в – самка в конце беременности; г – самец

Рисунок 6.29 – Пузатый клещ

По форме и размерам тела самец резко отличается от самки (рисунок 6.29).

У самца оно короткое (0,14-0,16 мм), а у молодой самки удлиненной веретенообразной формы (длина 0,20-0,26 мм), взрослой – с шарообразным брюшком, достигающим в период беременности 2 мм в диаметре. Самка не откладывает яиц, а рождает живых клещей.

**Тип хордовые. Класс млекопитающие. Отряд грызуны (Rodentia).** Грызуны обитают в природных условиях и в хранилищах, при этом они постоянно мигрируют, что является опасным для хранимых продуктов и создает сложности организации борьбы с ними. Грызуны способны прогрызать почти любые материалы в поисках пищи и убежища. Кроме того они должны постоянно стачивать резцы, которые растут очень быстро. Так у серой крысы резцы в среднем за год вырастают на 10 см (рисунок 6.30).

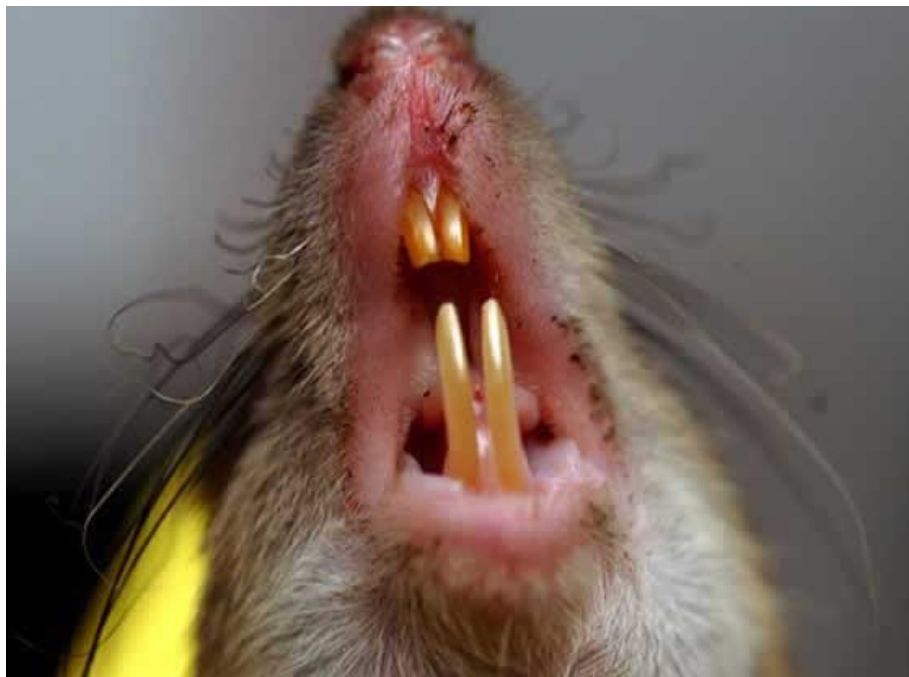


Рисунок 6.30 – Ротовой аппарат серой крысы

Крыса ежедневно поедает пищу, равную 10 % массы ее тела. Продовольственные склады заселяют грызуны, которые живут рядом с человеком (серая крыса, черная крыса, домовая мышь) и дикие грызуны (полевки, лесные крысы, суслики, бурундуки, хомяки), которые мигрируют из лесной и степной зоны.

**Семейство мышевидные грызуны (Muridae).** Представители этого семейства в процессе своей жизнедеятельности и развития наносят значительный

экономический ущерб, который, выражается в следующем: уничтожение значительного количества зерна и зерновых продуктов; загрязнение продуктов, тары и зернохранилищ экскрементами; перенос вредителей зерновых продуктов из мира насекомых и клещей; порча тары, брезента и различного инвентаря; разрушение деревянных и бетонных частей строений, порча деталей машин из пластмассы и резины (ленты транспортеров, рукавов и тому подобное), изоляции электрических проводов.

Также следует отметить, что грызуны являются переносчиками возбудителей многих заболеваний человека и животных: бубонной чумы, холеры, брюшного тифа, паратифов, дизентерии, туляремии, инфекционной желтухи, туберкулеза, ящура, бруцеллеза и многих других инфекций. Они являются также и распространителями паразитических червей и лямблиоза. Некоторые болезни грызунов передаются и человеку.

Из всех мышевидных грызунов наибольший экономический ущерб приносит серая крыса (пасюк) (*Rattus norvegicus* Berk) (рисунок 6.31), иначе называемая норвежской; она распространена почти по всему земному шару и тесно связана с хозяйственной деятельностью человека. Жилые дома, складские и производственные помещения, а также прилегающие к ним захламленные территории и близость кормовой базы обеспечивают благоприятные условия для гнездования. Интенсивность размножения и развитый инстинкт самосохранения у серой крысы приводят к необходимости постоянного проведения хорошо организованных мер борьбы с ней, в противном случае крысы размножаются очень быстро, что объясняется их плодовитостью и ранней половозрелостью, наступающей в возрасте 3-4 месяцев. Подсчитано, что одна пара крыс может дать потомство, составляющее в год до 800 особей. Понятно, что в результате инфекций и других неблагоприятных условий для существования крыс эта цифра сокращается во много раз, но все же может быть весьма значительной. При питании только зерновыми продуктами одна взрослая серая крыса уничтожает их за год в количестве до 22-23 кг.

По данным английских исследователей, при наблюдениях в условиях естественного обитания за одной группой крыс, состоявшей из особей всех возрастов, расход зерна составил 9 кг в год на одну крысу, не считая других продуктов, раздобытых этими грызунами.



Рисунок 6.31 – Серая крыса с потомством

На территории хлебоприемных предприятий, реализационных баз, мукомольных, крупяных и комбикормовых заводов крысы устраивают гнезда в подпольях складов, в грунте под складами и около них, между обшивками двойных стен, на участках, покрытых сорной растительностью или захламленных (рисунок 6.32).



Рисунок 6.32 – Крысиное гнездо

Второе место по распространенности и причиняемому ущербу занимает **домовая мышь (*Mus musculus L.*)**. Масса взрослой мыши составляет 15-25 г. Благодаря небольшому размеру, скрытому образу жизни, способности длительное время жить без воды домовая мышь быстро распространилась повсеместно. Мыши хорошо лазают, и поэтому заселяют этажи зданий. Взрослая мышь съедает около 3 г пищи в день, потребляя семена, зерно и пищевые продукты. Гнезда мыши чаще всего устраивают, используя материал, из которого сделана тара. Питаясь, мышь часто бросает только что начатую пищу и переходит к другой, поэтому портит много продуктов. Мыши наносят большой ущерб как в процессе выращивания зерна в поле, так и вовремя хранения.



Рисунок 6.33 – Повреждение зерна мышью в поле

Значительно меньшее распространение имеют другие мышевидные грызуны: **черная крыса (*Rattus rattus* L.)** и **туркестанская крыса (*Rattus turkestanicus* Sat.)**, а также **обыкновенная, или серая, полевка – (*Microtus arvalis* Pall.)** из подсемейства полевок.

Черная крыса (рисунок 6.34) типично лазающее животное. Способно взбираться по перпендикулярно установленным конструкциям, забираться в открытые окна, отдушины, дымоходы, вентиляции, сточные трубы и проникать по ним внутрь.



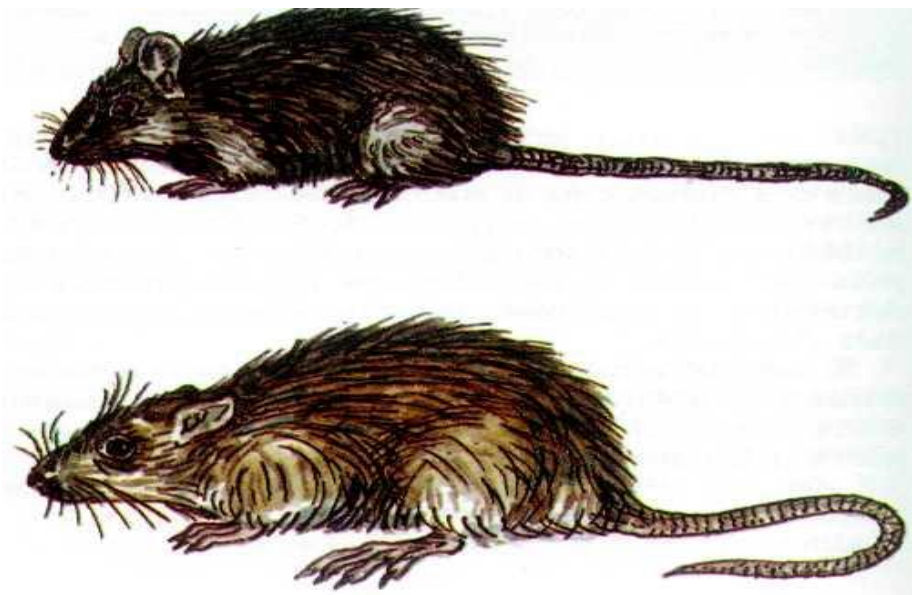


Рисунок 6.34 – Черная (сверху) и серая (снизу) крыса

Известно, что чёрные крысы были разносчиками бубонной чумы и брюшного тифа, которые в прошедшие столетия обезлюдили Европу.

**Тип хордовые. Класс Птицы (Aves). Отряд голубиные.** Воробьи, голуби и другие птицы, если они имеют доступ в хранилища или к зерновым массам, временно хранящимся на открытых площадках и в бунтах, уничтожают много зерна и засоряют зерновые массы своими экскрементами. Кроме того, птицы являются переносчиками клещей. Правильная организация хранения зерна должна исключать возможность уничтожения и загрязнения его птицами.

**Семейство настоящие голуби.** Представителем этого семейства является домашний голубь, средняя продолжительность жизни, которого составляет 12 лет. В среднем в сутки голубь съедает до 50 г. зерна, загрязняя его экскрементами и пером.

**Семейство воробьиных.** Представителями этого семейства являются воробей домовый, воробей обыкновенный, воробей красноголовый. Воробей потребляет в день 8-12 г зерна и является переносчиком клещей. Нередко воробьи нападают на посевы зерновых в период созревания и выклевают зерно из колосьев.

## **6.2 Факторы, влияющие на жизнедеятельность насекомых и клещей**

Изучение особенностей взаимоотношений, возникающих между организмами и средой их обитания, получило название **экологии**. Экология происходит от греческого слова «oikos», которое означает жилище или место пребывания. Местом пребывания или жилищем клещей и насекомых являются зерновые продукты и зернохранилища, поэтому их питание, дыхание и размножение, зависит от их состояния и экологических факторов.

Знание экологических факторов помогает организовать наиболее эффективные методы борьбы с насекомыми, добиться полного обеззараживания среды, в которой они находятся, или значительно сократить размеры причиняемого ими вреда. Экологических факторов очень много, мы рассмотрим основные.

По отношению к вредителям зерновых продуктов важнейшими из них являются: наличие пищи, ее химический состав и особо содержание в ней воды, влажности, температура воздуха в хранилищах, действие света, температура зерновых продуктов и состав воздуха в них. Из приведенной ранее характеристики отдельных видов насекомых и клещей следует, что требования к условиям окружающей среды у них несколько различны: одни виды предпочитают зерно, другие муку и крупу, а третьи могут успешно развиваться на многих пищевых продуктах. Также различны требования у разных видов к влажности среды, температуре и другим факторам. Известно также, что одни виды обладают способностью переносить более широкие колебания в пределах данного экологического фактора, другие же, наоборот, не выдерживают такого широкого диапазона. Таким образом, каждый вид насекомых и клещей по отношению к каждому фактору обладает определенной экологической пластичностью.

Знакомство с насекомыми показало, что они обладают развитой способностью воспринимать и различать многие воздействия внешней среды; насекомые отвечают на эти воздействия соответствующими полезными для себя реакциями. Примером подобных реакций может служить перемещение насекомых по отно-



шению к таким раздражителям, как пища, тепло, свет, различные химические вещества и так далее. Эти явления получили название **таксисов** (термотаксис, светотаксис и так далее). В связи с тем, что таксисы носят приспособительный характер, они могут быть положительными или отрицательными, в зависимости от условий окружающей среды и состояния организма. Так, например, источник тепла привлекает насекомое лишь до тех пор, пока температура благоприятна для данного организма (положительный термотаксис); если температура оказывается выше требуемой, насекомое отдаляется от этого источника тепла (отрицательный термотаксис) до зоны, имеющей оптимальную температуру. Мы остановились на этом вопросе потому, что при хранении зерновых продуктов и в самих помещениях хранилищ таксисы насекомых имеют широкое распространение и при известных условиях должны учитываться. Ниже рассматривается влияние различных экологических факторов на жизнедеятельность клещей и насекомых.

**Наличие пищи.** Описывая насекомых, мы отмечали, что основным потребителем пищи являются личинки и гусеницы. Некоторые насекомые, пройдя полный цикл развития и достигнув половой зрелости, не питаются, а используют отложения в теле, накопленные еще личинкой. Большинство насекомых и все клещи – вредители зерновых продуктов – нуждаются в пище, которой они пополняют и запас воды в организме. Вредители зерновых продуктов являются олигофагами или полифагами; первые из них питаются ограниченным ассортиментом продуктов, вторые же являются многоядными. Примером олигофагов могут служить амбарный долгоносик, зерновая моль и фасолевая зерновка, повреждающие растительные продукты одного семейства (долгоносик и зерновая моль – злаковые, фасолевая зерновка – некоторые бобовые). Такие вредители, как притворяшка-вор, хлебный точильщик, хрущаки и огневки, являются полифагами. Они обладают способностью питаться объектами различного происхождения (зерновые, сушеные овощи и фрукты и так далее). Продолжительность выживаемости насекомых и клещей без пищи зависит от вида этих вредителей и

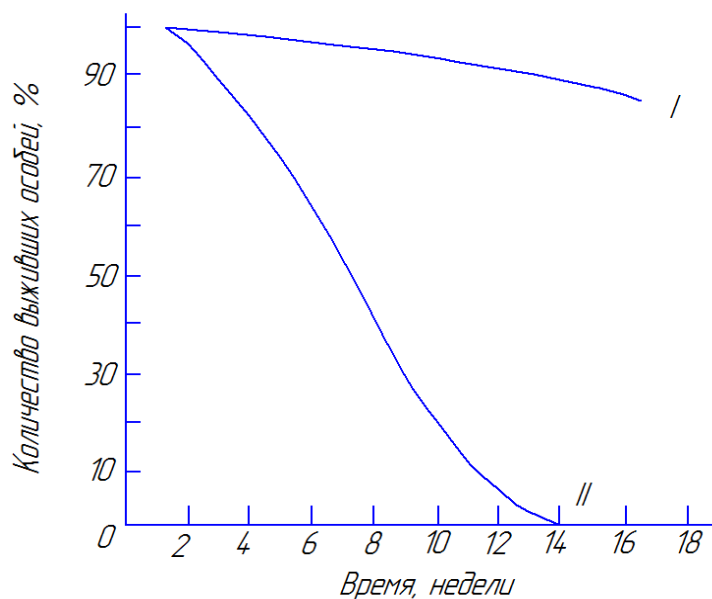
условий окружающей среды. Так, в достаточно сухом воздухе и при оптимальной температуре быстро погибают все виды. Интенсивный обмен веществ в организме приводит к интенсивному расходованию запасных веществ, а недостаток влаги в воздухе ускоряет процесс обезвоживания организма.

Повышенная влажность воздуха и пониженные против оптимальной температуры позволяют насекомым и клещам более длительное время существовать без пищи. Таким образом, в незаполненных зерном хранилищах насекомые и клещи при известных условиях (пониженной температуре и достаточной влажности воздуха) могут существовать длительное время без пищи. Поэтому даже в пустых хранилищах, зараженных вредителями, самообеззараживания не наблюдается. Перед размещением в них продуктов они должны быть подвергнуты дезинсекции. Очень важным источником пищи для многих вредителей является не добротное зерно («основное зерно» по товарной классификации), а различные примеси, находящиеся в зерновой массе.

Так, еще в конце тридцатых годов З. С. Родионов установил, что целые покровные ткани зерна в известной степени предохраняют его от разрушения и выедания некоторыми насекомыми и всеми клещами. Последние вообще способны использовать только битые и поврежденные зерна, а также находящуюся в зерновой массе органическую пыль. Значение зерновой пыли и вообще легкоотделимых примесей (докеджа) в жизни некоторых вредителей в зерновой массе с различной влажностью хорошо показали Коттон и Франкфельд. Результаты их исследований с очень сухой пшеницей (влажностью 8 %), зараженной малым мучным хрущакom представлены на рисунке 6.35.

**Влажность зерновых продуктов.** Согласно многочисленным исследованиям, в теле насекомых – вредителей хлебных запасов, содержится от 48 до 67 % воды. Несколько больше ее находится в личинках и гусеницах (63-70 %) и еще больше в теле клещей. Поэтому только при содержании в зерновых продуктах известного минимума влаги насекомые и клещи получают возможность для своего существования и размножения. Пополнение запасов воды в их организме совершенно необходимо, так как происходит потеря ее в процессе обмена веществ

(при дыхании, выделении вместе с экскрементами и так далее).



1 – с наличием докеджа; II – без докеджа

Рисунок 6.35 – Выживаемость взрослых особей малого мучного хрущака в массе пшеницы в зависимости от наличия примесей (докеджа)

В связи с обычно малой влажностью зерновых продуктов насекомые и клещи приспособились к экономному расходованию влаги, и применяют защитные меры для сохранения ее в организме. Многие виды клещей образуют при недостатке влаги стадию гипопуса, который отличается замедленным обменом веществ. Клещ в этом состоянии расходует крайне мало воды. Личинки большого мучного хрущака, обитая в очень сухой муке или какой-либо другой сухой среде, вырабатывают воскоподобную пленку, покрывающую их тело. Личинки притворяшки-вора и хлебного точильщика устройством колыбелек также сохраняют запас воды в организме.

Замечено, что при недостатке влаги в окружающей среде клещам и насекомым свойствен положительный гидротаксис. В хранилищах они размещаются в наиболее сырых и труднопроветриваемых местах: в подпольях, углах, щелях и тому подобное, а в зерновых продуктах перемещаются в более увлажненные участки их насыпей. Доказано также, что содержание влаги в теле вредителей зависит от влажности потребляемой пищи. Так, Р. С. Ушатинская установила,

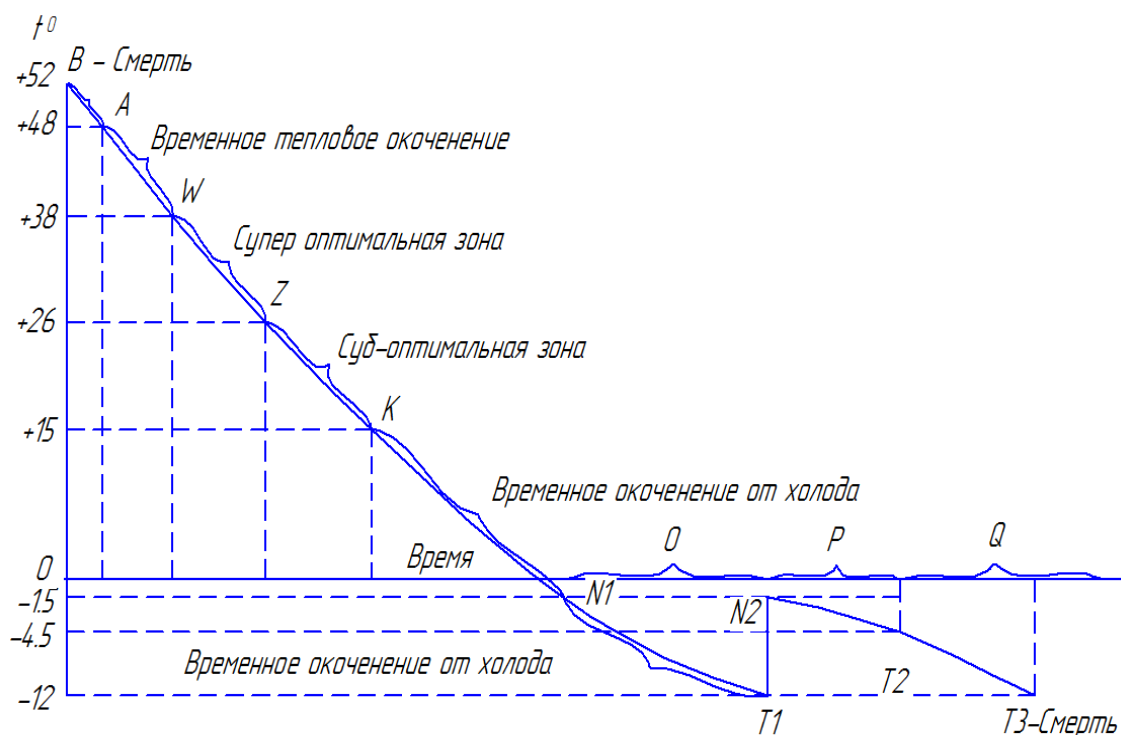
что содержание воды в теле жуков амбарного долгоносика менялось от 48,29 % до 53,16 % (при влажности зерна от 11 % до 18 %). Аналогичные данные были получены и по другим видам жуков. Потребность по влаге продуктов у разных вредителей неодинакова; она зависит также от вида пищи (род и вид зерна, мука, крупа, отруби и так далее), температурного режима и ряда других факторов. Поэтому в литературе мы встречаем несколько различные данные о нижнем пределе влажности продуктов, при которых возможно существование и развитие насекомых. Следует также иметь в виду, что для более или менее длительного существования насекомые нуждаются в меньшей влажности продукта, чем для завершения нормального цикла развития. В связи с этим даже различают понятия: выживаемость вида при данных условиях влажности и влажность, при которой насекомые и клещи нормально размножаются.

Более требовательными к влажности продуктов, чем насекомые, являются клещи. З. С. Родионов показал, что при 13-14 % влажности пшеницы мучные и другие хлебные клещи не имеют условий для питания и массового размножения; в зерновой массе с влажностью до 17-18 % они развиваются, питаясь только ее мелкими компонентами (органическими частицами), а при большей влажности могут воздействовать на зародыши, имеющие поврежденные оболочки.

Таким образом, если учесть, что влажность большинства хранимых зерновых масс и зерновых продуктов не менее 13-14 %, а часто и выше этого предела, то можно считать влажность фактором, лишь в некоторой степени ограничивающим развитие части видов насекомых и клещей в отдельных партиях зерна и зерновых продуктов.

**Температура зерновых продуктов и воздуха окружающей среды.** Как многие беспозвоночные клещи и насекомые не имеют постоянной температуры тела. Поэтому активность физиологических процессов у таких организмов не может быть постоянной и зависит от температуры окружающей среды. Известно также, что существование и развитие таких организмов протекает не при любых температурах, а только в пределах определенных температурных порогов. Ниж-

ний температурный порог активного существования интересующих нас вредителей находится на уровне 6-12 °С, а верхний – 36-42 °С. Между этими порогами лежат оптимальные температурные точки для развития каждого вида вредителей. За пределами же этих порогов как низких, так и высоких температур наступает депрессия: насекомые и клещи становятся почти совсем неподвижными. При низких температурах наступает холодное оцепенение, а при повышенных – состояние тепловой депрессии. Дальнейшее отклонение от температурных порогов приводит к смерти. Зависимость поведения насекомых и клещей от температуры окружающей среды (а, следовательно, и температуры их тела) хорошо изучена. Общая картина влияния температурного фактора на насекомых графически (рисунок 6.36) была представлена русским ученым П. Бахметьевым еще в начале двадцатого столетия.



А – постоянное тепловое оцепенение; W – начало теплового оцепенения;  
 Z – оптимум; K – начало оцепенения от холода; O – переохлаждение соков;  
 P – замерзающие соки; P – замерзшие соки; T<sub>1</sub> – критическая точка;  
 T<sub>2</sub> – состояние анабиоза

Рисунок 6.36 – Состояние организма насекомых при различных  
 Температурах

При обилии пищи и обычно достаточной влажности зерновых продуктов развитие вредителей зерновых запасов из мира насекомых и клещей в хранилищах носило бы катастрофический характер, если бы оно не ограничилось температурным фактором. Чувствительность этих организмов к температуре позволяет человеку организовать хранение продуктов в условиях, ограничивающих развитие вредителей, или даже губительных для них. Так, только при оптимальных температурах в наиболее короткие сроки проходит весь цикл развития насекомых или клещей. При этом наблюдается высокая активность питания, передвижения и размножения, сочетающаяся с большой плодовитостью, хорошей выживаемостью потомства. Отклонение от этого оптимума в сторону повышенных или низких температур значительно удлиняет прохождение всех фаз развития или приостанавливает его совсем.

Действие повышенных (то есть выше оптимума) и низких температур на вредителей различно. Первые сначала угнетают вредителей, а при дальнейшем повышении приводят к тепловому ооченению и смерти в результате свертывания белков. За редким исключением, температуры выше 35 °С уже неблагоприятно отражаются на вредителях; при этих температурах прекращается кладка яиц. Температуры выше 38-40 °С вызывают тепловое ооченение, а более высокие гибель насекомых (при 48-55 °С).

К пониженным температурам насекомые и клещи во всех стадиях развития оказываются более устойчивыми. Небольшое понижение температуры удлиняет сроки развития вредителей в каждой фазе. Дальнейшее понижение приводит к прекращению кладки яиц, затем прекращению питания и способности двигаться. По мере приближения к 0 °С наступает ооченение. В одних случаях оно может носить временный характер, и тогда с потеплением организм отогревается и возвращается к нормальной жизнедеятельности. При понижении же температуры до так называемой критической точки, различной для каждого вида вредителей, замерзают соки тела. Это явление сопровождается выделением скрытой теплоты замерзания воды и приводит к кратковременному повышению температуры;

вслед за этим температура тела снова понижается, из клеток выделяется свободная вода и превращается в лед. Образование кристаллов льда в теле клещей и насекомых приводит к обезвоживанию содержимого клеток (протоплазмы) и заканчивается гибелью. Для практики хранения важно знать не только оптимальные температуры для каждого вида вредителей, но и температуры, приостанавливающие их активное развитие и губительно действующие на них. Установлено, что оптимальные температуры развития интересующей нас группы насекомых и клещей находятся в пределах 18-32°C. Уже этот диапазон показывает, что среди них есть более и менее теплолюбивые виды. Наиболее теплолюбивыми являются зерновой точильщик, рисовый долгоносик, южная амбарная огневка, амбарная моль, суринамский мукоед и клещ Родионова. Наиболее низкий температурный оптимум имеют притворяшка-вор и мучные клещи. Температуры 12-16 °C уже чрезвычайно задерживают размножение насекомых, особенно удлиняются сроки выхода из яиц личинок и сроки развития последних.

Температуры порядка 10-11 °C большинство насекомых переносят плохо. В таких условиях прекращается спаривание и кладка яиц, задерживается развитие всех стадий, насекомые становятся малоподвижными и вяло питаются. Длительное пребывание в среде, имеющей подобные температуры, приводит к медленному отмиранию всех стадий развития насекомых. При температурах, приближающихся к 0 °C и ниже, наступает окоченение и смерть. Более устойчивыми к пониженным температурам оказываются клещи. По данным Р. С. Ушатинской, мучной, удлиненный и волосатый клещи еще питаются, размножаются и передвигаются при температуре 10 °C; однако продолжительность их эмбрионального и личиночного развития возрастает в несколько раз больше, чем при оптимальных условиях. Клещи впадают в окоченение при температуре около 0 °C или даже несколько ниже.

Наряду с некоторым различием у разных видов вредителей в температурном оптимуме наблюдается также и неодинаковая экологическая пластичность. Так, например, амбарный долгоносик обладает способностью значительно более

длительное время выдерживать пониженные температуры, чем рисовый. По данным Р. С. Ушатинской, первый выдерживает минус 5 °С в течение 30 суток, а второй – всего четверо суток.

Отмечается также резко различная термоустойчивость (как к высоким, так и к низким температурам) разных стадий развития насекомых и клещей. У амбарного долгоносика наиболее устойчивыми являются жуки, а наиболее чувствительными – яйца. У рисового долгоносика самой холодостойкой фазой развития являются яйца и наименее холодостойкими – жуки. Для амбарных клещей, как это показала Р. С. Ушатинская, характерна очень высокая термоустойчивость гипопусов и значительно меньшая у яиц и подвижных стадий.

Установление границы низких и высоких температур, губельных для отдельных видов вредителей, показало, что эти температурные точки варьируют также в зависимости от влажности зерновых продуктов. Доказано, что в среде с большей влажностью вредители выдерживают пониженные температуры более продолжительное время, чем в сухом зерне. Было отмечено, что при температуре 5 °С и влажности зерновой массы 18 % гибель жуков наблюдалась через 60 дней, в то время как при влажности зерна 14 % гибель наступала через 45 дней, а в зерне с влажностью 11 % – через 20-35 дней.

Скорость изменения температуры зерна прямо пропорциональна скорости гибели вредителей. Доказано, что жуки амбарного долгоносика погибают значительно быстрее при резком охлаждении, чем при медленном до той же температуры.

Р. С. Ушатинская прямо указывает, что быстрое охлаждение насекомых или периодическая смена положительных или отрицательных температур способствует их замерзанию при более высоком пороге температуры; при этом насекомые погибают, как правило, в процессе охлаждения, а не согревания.

Учитывая, что сроки выживаемости различных фаз развития насекомых и клещей в зависимости от температурного фактора неодинаковы, важно знать границы температур, при которых наблюдается полная гибель вредителей.

Согласно исследованиям Е. А. Соленова, при минус 15 °С рыжий мукоед



погибает в течение суток, но при более высоких температурах он сохраняет жизнеспособность более длительное время (при минус 5 °С – 30 суток и при минус 10 °С – 20 суток). Весьма устойчивым к низким температурам показывает себя притворяшка-вор. Проведя исследования, Л. Гуревич установила, что это насекомое погибает только на 9-17-е сутки при температуре от минус 15 °С до минус 16 °С, а при минус 5 °С – на 40-160-е сутки, в зависимости от стадии развития.

Температура минус 15 °С губительна и для клещей. В течение суток при этих условиях погибают взрослые особи, личинки, нимфы и яйца. Очень устойчивыми оказываются гипопусы волосатых клещей (до 125 суток). В условиях же температуры, близкой к 0 °С, по данным Р. С. Ушатинской, особенно заметны различия у отдельных видов клещей; так, очень устойчивыми оказываются все стадии мучного клеща (до 486 дней), менее устойчивы – волосатые (50 дней) и еще менее – удлиненные (26-85 дней).

Таким образом, оптимальная температура и экологическая пластичность к этому фактору определяют географические районы распространения каждого вида вредителей на земном шаре.

При хранении зерновых продуктов, а также при осмотре пустых или заполненных продуктами хранилищ необходимо учитывать свойственное насекомым и клещам явление термотаксиса. В зерновой массе и хранилищах при недостатке тепла (то есть когда температуры в этих объектах ниже оптимальных для данного вида вредителей) наблюдается положительный термотаксис – перемещение вредителей в более теплые участки объектов. Такое перемещение вредителей происходит в зерновой массе при ее неравномерном охлаждении или нагревании, особенно осенью или весной. Это приводит иногда к массовому скоплению вредителей в определенных участках насыпи. Р. С. Ушатинская наблюдала такое скопление в центральной части насыпи в результате естественного охлаждения зерновой массы, которое всегда начинается с ее периферийных слоев. При неравномерном обогреве стен складов и силосов скопление вредителей всегда наблюдается на более теплых участках. Положительный термотаксис проявляется в

начальных стадиях самосогревания: вредители собираются к очагу этого процесса и тем самым форсируют его. С повышением температуры выше оптимальной наблюдается отрицательный термотаксис – расселение вредителей в периферийные очаги самосогревания. Явление термотаксиса у клещей хорошо было показано З. С. Родионовым в процессе изучения отношения их к температуре.

Оказалось, что наименьшую потребность в тепле испытывают мучные клещи; они разместились в диапазоне температур 6-33 °С. Клещи Родионова, разместившиеся в диапазоне температур 18-40 °С, проявили наибольшую потребность в тепле. Значительная часть их расположилась в зоне 32-34° С. Все изложенное о влиянии температуры на жизнедеятельность насекомых и клещей – вредителей хлебных запасов, показывает, что температурный фактор является важнейшим для их существования. Поэтому холод и тепло широко используются как средство борьбы с этой группой вредителей. Применяя высокие температуры в процессе тепловой сушки зерновых масс или для обеззараживания тары и инвентаря, можно избежать распространения и развития клещей и насекомых. Еще большее значение при хранении зерновых продуктов имеет использование низких или пониженных температур, задерживающих развитие вредителей или приводящих их к гибели.

**Содержание воздуха и газов.** Ввиду того, что клещи и насекомые являются аэробными организмами, они нуждаются в кислороде. Это важное обстоятельство часто влияет на их месторасположение в зерновой массе и зерновых продуктах. Связано это с тем, что при длительном хранении без перемещения или активного вентилирования внутренние участки зерновой массы могут быть заполнены воздухом, в котором много углекислого газа и мало кислорода. А это вынуждает вредителей перемещаться в участки зерновой массы, обеспеченные доступом свежего воздуха. Скопление клещей и насекомых в верхних слоях насыпи, на стенах хранилища, над насыпями зерна и у выходных отверстий силосов, наблюдаемое на практике, часто является следствием недостатка кислорода во внутренних участках зерновой массы. Потребность в кислороде у вредителей может быть весьма различной. Она зависит как от фазы развития, так и от

интенсивности газообмена. Наиболее интенсивный газообмен наблюдается в фазе личинки и взрослого насекомого, наименьший и часто весьма незначительный – у куколок. Ничтожный газообмен (а иногда и его отсутствие) свойствен гипопусам клещей. Важнейшим условием, определяющим интенсивность газообмена у насекомых и клещей, является температура. Газообмен достигает максимума в условиях оптимальных температур и благоприятной влажности. Представление о факторах, влияющих на интенсивность газообмена у насекомых и клещей, имеет большое практическое значение. Так как для их уничтожения часто применяют отравляющие вещества в виде паров и газов. Успех такой дезинсекции во многом зависит и от состояния вредителей. Если они подвижны, интенсивно дышат и питаются, то гибель их наступает при меньших концентрациях фумиганта и в более короткие сроки, поэтому газовая дезинсекция зернохранилищ дает наибольший эффект при температурах, позволяющих насекомым продолжать свою жизнедеятельность. Крайне незначительным газообменом объясняется и высокая устойчивость к парам различных фумигантов у гипопусов и особенно гипопусов волосатых клещей. Угнетающее действие углекислого газа и недостаток кислорода, в зерновой массе на вредителей насекомых и клещей хорошо изучены и используются в практике хранения. На этом основан режим хранения зерновых масс без доступа воздуха. Прекращение доступа воздуха в зерновую массу или введение в нее паров и газов, отравляющих веществ в определенной концентрации приводит к гибели насекомых и клещей. Неравномерность размещения вредителей в зерновой массе в связи с различными условиями аэрации ее отдельных участков, а также явлением термотаксиса приводит к необходимости тщательно проверять ее на зараженность по секциям и слоям. Это обстоятельство нашло отражение в инструкции по хранению зерна, и его необходимо строго соблюдать.

**Свет.** Установлено, что у большинства насекомых и клещей – вредителей зерновых продуктов, проявляется отрицательный светотаксис, так как они стремятся уйти от света. В зерновой массе, муке, крупе и так далее вредители размещаются во внутренних неосвещенных участках. В хранилищах они находятся в

затемненных местах: в щелях, подпольях, между мешками, сложенными в штабеля, и так далее. Летающие формы вредителей совершают свои перелеты, главным образом, в ночное время. Таким образом, ограниченный доступ света в зерновые продукты и хранилища способствует развитию вредителей. В некоторых случаях клещи и насекомые проявляют положительный светотаксис. Так, жуки большого мучного хрущака вылетают на яркий источник электрического света и могут быть на основе этого выловлены. Положительно реагируют на свет и клещи, если он является источником тепла, а в окружающей их среде его недостаточно. В этом случае клещи выползают на поверхность обогреваемого солнцем объекта (зерновой массы, стен, почвы и так далее). При сильной солнечной радиации наблюдается угнетение вредителей (перегрев и обезвоживание), во избежание этого они переползают в затененные участки. Изучение влияния солнечной сушки семян на содержащихся в их массе вредителей показало, что часть из них гибнет. В связи с этим частичное, а при известных условиях и полное обеззараживание зерновой массы методом солнечной сушки, может быть использовано в южных районах России.

**Механические воздействия.** При перемещении зараженных партий зерна из силоса в силос, из склада в вагон и тому подобное находящиеся в них вредители становятся неподвижными, отцепляются от зерна или частиц продуктов, поджимают ноги, усики и хоботок. Такое поведение клещей и насекомых в зерновых массах обусловлено защитной реакцией, чтобы уцелеть во время нахождения зерновой массы в движении. Это отчасти предохраняет их от травм и гибели. Однако при сильных механических воздействиях (удары зерен о рабочие органы машины, трение всех частиц зерновой массы друг о друга и о поверхности, по которым ее перемещают, и так далее) происходит значительное, а иногда и почти полное уничтожение клещей. Даже при пропуске зерновых масс через транспортеры в результате трения зерна о зерно погибает от 20 % до 70 % клещей. Находясь в неподвижном состоянии, вредители легко высеиваются из зерновой массы. На этой особенности клещей и насекомых основан метод опреде-

ления зараженности просеиванием образца зараженного зерна через сита с отверстиями соответствующих диаметров. Способность клещей и насекомых впадать в неподвижное состояние при перемещениях и встряхиваниях зерновых продуктов используется в практике борьбы с этими вредителями сепарированием (просеиванием и действием воздушного потока). Так, очистка зерна на сепараторах освобождает зерновую массу от клещей на 50-95 % и от значительного количества содержащихся в ней жуков. Подобные же результаты получаются при пропуске зерновой массы через другие зерноочистительные машины. Зараженное клещами зерно, поступившее в переработку на мельницу, в значительной части очищается уже после прохода через машины зерноочистительного отделения. Механические воздействия на зерновую массу в размольном отделении приводят к полному уничтожению уцелевших единичных экземпляров клещей и насекомых на всех стадиях развития. Мука, поступающая на выбой, не имеет каких-либо признаков зараженности, если не произошло вторичного заражения в размольном отделении мельницы.

Применяя механические меры обеззараживания зерновых продуктов при приеме и хранении, следует помнить, что они не дают эффекта на длительное время. Если в зерновой массе, муке или крупе имеются условия для размножения вредителей, то зараженность этих продуктов снова будет увеличиваться. Кроме того, как мы уже отмечали ранее, травмы, нанесенные зерну при различных методах очистки, создают более благоприятные условия для питания вредителей.

### **6.3 Лабораторные работы**

#### **Лабораторная работа № 1. Изучение видов вредителей хлебных запасов**

**Цель работы.** Ознакомиться с различными видами вредителей хлебных запасов и приобрести навыки для распознавания наиболее опасных и распространенных.

**Общие положения.** Хранение зерна и продуктов его переработки неразрывно связано с защитой их от уничтожения и порчи разнообразными вредителями: насекомыми и клещами, мышевидными грызунами и птицами. Вред, причиняемый зерну и продуктам его переработки вредителями хлебных запасов, огромен. Зерновая масса, мука, крупа и комбикорма являются не только отличной пищей для вредителей, но и средой обитания. Поселяясь в местах хранения зерна и других хлебных запасов, вредители уничтожают большое количество продукции, ухудшают пищевые, товарные и семенные достоинства. Выделяя влагу и тепло в процессе своей жизнедеятельности, вредители создают предпосылки для возникновения самосогревания. Вредители загрязняют продукты экскрементами, личинными шкурками, трупами умерших животных и могут быть разносчиками многих инфекционных болезней.

Борьба с вредителями хлебных запасов на всех этапах хлебооборота является делом большой государственной важности. Успех борьбы и ее эффективность зависят от уровня квалификации специалистов в области хранения зерна, от их умения оценить конкретную обстановку, вовремя и правильно организовать мероприятия по защите зерна и продуктов его переработки от вредителей.

Бакалаврам по направлению подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья необходимо освоить материал, приведенный выше в данном учебном пособии о вредителях, для приобретения знаний по данной теме, в том числе классификацию вредителей, краткую характеристику наиболее опасных видов, вред, причиняемый ими, а также общие вопросы биологии, физиологии и экологии вредителей. Требуется также знать признаки сходства и отличия одних видов вредителей хлебных запасов от других и уметь распознавать виды вредителей.

**Порядок работы.** Для изучения клещей зараженное зерно просеять через сито с отверстиями диаметром 1,5 мм, рассмотреть отсев под лупой (4,5-кратное увеличение) или под бинокулярным микроскопом на черном фоне. Обнаруженных клещей при помощи препаровальной иглы извлечь из отсева на предметное стекло. Рассмотреть несколько видов клещей. При помощи небольшого комочка

ваты, сильно смоченного эфиром, усыпить клещей, вату с эфиром осторожно поднести к клещу, не дотрагиваясь до него, и держать ее до тех пор, пока клещ не перестанет двигаться. Усыпленных клещей на предметном стекле рассмотреть под микроскопом (объектив х 8) и установить вид клеща. Затем зарисовать клеща в журнале лабораторных работ.

Для изучения вредителей жуков и бабочек живые их экземпляры рассмотреть на анализной доске под лупой. Для более детального ознакомления мелких жуков усыпляют, помещая их в пробирку с ватой, смоченной эфиром. Усыпленных жуков рассмотреть под микроскопом по частям тела, установить характерные особенности устройства тела данного жука (голова, ноги, брюшко, крылья). Подробное рассмотрение устройства тела под микроскопом необходимо для правильного определения вида вредителя. Определить вид вредителя и зарисовать его с натуры в лабораторном журнале.

Бабочек усыпить в пробирке, затем наколоть их на бумагу при помощи препаровальных игл, рассмотреть и зарисовать.

Вид вредителей определяют также по живым экземплярам при помощи определительных таблиц, используя определитель ВХЗ.

**Задание.** Учитывая специфику данного материала и трудность его освоения студентами, рекомендуется следующий порядок работы:

1. Самостоятельное изучение студентами раздела 6 «Характеристика вредителей хлебных запасов» настоящего учебного пособия при подготовке к лабораторной работе.

2. Подготовка к устному опросу студентов во время выполнения работы для закрепления сведений о вредителях.

3. Рассмотреть коллекции и живые экземпляры вредителей под лупой, микроскопом или бинокулярным микроскопом (по указанию преподавателя) и сделать схематические рисунки основных вредителей.

4. Определить вид вредителя по живым экземплярам при помощи определительных таблиц.

**Материалы, приборы.** 1. Вредители хлебных запасов (живые экземпляры). 2. Коллекции вредителей. 3. Анализные доски, препаровальные иглы, предметные стекла, гигроскопическая вата. 4. Зерновые лупы (х 4,5). 5. Биологические и бинокулярные микроскопы. 6. Этиловый эфир. 7. Сито с отверстиями диаметром 1,5 мм. Справочник - Определитель ВХЗ.

## **Лабораторная работа № 2. Определение зараженности зерна и продуктов его переработки вредителями хлебных запасов**

**Цель работы.** Ознакомиться с методами определения зараженности зерна вредителями хлебных запасов.

**Общие положения.** Зараженность зерна вредителями хлебных запасов (клещами и насекомыми) определяют при приеме хлебных продуктов при хранении, обработке и отпуске.

При хранении сроки проверки зараженности установлены в зависимости от температуры зерна. Так, при температуре зерновой массы выше 15 °С проверяют состояние ее по зараженности не реже одного раза в 10 дней; при температуре от 15 °С до 5 °С – не реже одного раза в 15 дней; при температуре ниже 5 °С – один раз в месяц.

Зараженность зерна определяют просеиванием всего среднего образца в строгом соответствии с ГОСТ 13586.6-93. Образцы для определения зараженности зерна отбирают в строгом соответствии с ГОСТ 13586.3-83.

При хранении зерна в складах средние образцы отбирают отдельно от каждого слоя. Образцы берут от каждой секции 100 м<sup>2</sup>; при высоте насыпи 1,5 м – из трех слоев: верхнего (на глубине 10-15 см от поверхности зерна), среднего (из середины насыпи) и нижнего (у пола). При высоте насыпи ниже 1,5 м образцы отбирают из двух слоев – верхнего и нижнего. От каждого слоя берут выемки в пяти точках: в четырех углах на расстоянии примерно 1 м от границ секции и посередине насыпи. Из выемок составляют исходные, образцы, а из последних – средние образцы для определения зараженности.



Образцы из каждого слоя проверяют на зараженность отдельно, и степень зараженности зерна в складе устанавливают по наивысшей зараженности.

Зараженность зерна в силосах элеватора определяют по средним образцам, отбираемым сверху щупом на возможную глубину отдельно от каждого силоса и слоя насыпи зерна, подобно отбору образцов зерна в складах.

Зараженность зерна в вагоне или автомобиле определяют просеиванием всего среднего образца.

При отгрузке (выгрузке) зерна на водный транспорт зараженность определяют по средним образцам, отбираемым от каждого трюма в отдельности.

Установлены степени зараженности зерна клещами и долгоносиками при явной зараженности партий (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Степень явной зараженности зерна долгоносиком и клещами

Степень	Число вредителей в 1 кг зерна	
	долгоносики	клещи
1	от 1 до 5 вкл.	от 1 до 20 вкл.
2	от 6 до 10 вкл.	свыше 20, но свободно передвигаются и не образуют скоплений
3	свыше 10	клещи образуют войлочный слой

Для других вредителей хлебных запасов при определении зараженности устанавливают виды вредителей и количество живых экземпляров на 1 кг зерна.

**Определение явной формы зараженности зерна.** Для определения зараженности зерна вредителями хлебных запасов средний образец зерна просеивают через два сита с круглыми отверстиями: нижнее с отверстиями диаметром 1,5 мм, верхнее – диаметром 2,5 мм.

На сите с диаметром обечайки 30 см просеивают одновременно около 1 кг зерна.

Просеивание ведут вручную в течение 2 мин при 120 круговых движениях в минуту или механизированным способом на рассевке в течение 1 мин при

150 круговых движениях в минуту.

При температуре зерна в образце ниже 5 °С полученные при просеивании сход и проходы через сита отогревают при температуре 25-30 °С в течение 10-20 мин для устранения холодого оцепенения вредителей.

После просеивания и подогрева (если последнее необходимо) подсчитывают вредителей.

Мертвых вредителей, обнаруженных при подсчете, относят к сорной примеси и при определении зараженности не учитывают. Мертвые жуки отличаются от живых тем, что их ноги вытянуты и неподвижны. У живых жуков, находящихся в неподвижном состоянии, ноги плотно прижаты к телу.

Подсчет живых вредителей начинают с крупных видов насекомых (мавританская козявка, большой мучной и смоляно-бурый хрущаки, притворяшка-вор, их личинки и другие).

Для этого тщательно просматривают сход с сита с отверстиями диаметром 2,5 мм, разравнивают его тонким слоем на анализной доске и разбирают вручную.

Затем отдельно просматривают рассыпанные тонким слоем проходы через сита с отверстиями диаметром 2,5 мм (на белом стекле) и диаметром 1,5 мм (на черном стекле).

Проход через сито с отверстиями диаметром 1,5 мм рассматривают под конической лупой (4-4,5-кратное увеличение) для обнаружения и подсчета живых клещей.

При рассмотрении схода и проходов выбирают живые экземпляры и устанавливают виды вредителей и количество экземпляров на 1 кг зерна.

При обнаружении зараженности зерна долгоносиками и клещами устанавливают в зависимости от количества экземпляров вредителей в 1 кг зерна, степень зараженности по таблице 6.1.

Для просеивания образцов при определении зараженности вредителями используют прибор ПОЗ-1 или просеивают вручную.

**Определение скрытой формы зараженности зерна.** Скрытую форму зараженности зерна образуют долгоносики (амбарный, рисовый и другие), зерновой точильщик, зерновая моль, а также зерновки (гороховая, чечевичная, фасовая и другие).

Скрытую зараженность определяют в соответствии со стандартом двумя методами: метод раскалывания зерен и метод окрашивания пробочек  $\text{KMnCO}_4$ .

**Метод раскалывания зерен.** Заключается в том, что от среднего образца отбирают без выбора 50 целых зерен основной культуры и раскалывают их вдоль бороздки перочинным ножом или ланцетом. Расколотые зерна рассматривают под лупой для обнаружения куколок, личинок, молодых жуков. Количество зараженных зерен выражают в процентах по отношению к 50 зернам.

Недостатком этого метода является невозможность обнаружения вредителей в стадии яйца. Указанный недостаток отсутствует при определении скрытой зараженности методом окрашивания пробочек.

**Метод окрашивания пробочек марганцовокислым калием.** Цикл развития долгоносиков от яйца до взрослого жука протекает внутри зерна, поэтому вредители заражают зерно в скрытой форме. При этой форме зараженности внутри зерна могут находиться долгоносики во всех стадиях развития (яйцо, личинка, куколка, молодые жуки).

Долгоносики откладывают яйца в просверленную ими в зерне ямочку и закупоривают ее пробочкой, состоящей из выделяемой ими слизи и частиц выгрызенного зерна. Такая пробочка невидима без увеличения. На зернах пшеницы и ржи пробочки расположены обычно вблизи бороздки или у зародыша. Ячмень повреждается на линии соединения цветочных пленок.

Принципом метода является искусственное увеличение пробочек и их окрашивание, после чего они становятся заметными.

Для определения скрытой зараженности зерна долгоносиками по этому методу из исследуемого среднего образца берут навеску массой 15 г и освобождают ее от примесей (сорной и зерновой), а также от битых и изъеденных зерен. Зерно высыпают на частую сетку в жестяной оправе. Затем сетку с зерном опускают на

1 мин в чашку с водой температурой 30 °С. В теплой воде зерна набухают и увеличивают пробочки. Из воды сетку с исследуемым зерном переносят на 20-30 секунд в 1%-ный свежеприготовленный раствор марганцовокислого калия (на 1 л воды 10 г  $\text{KMnCO}_4$ ). В этом растворе пробочки и зерна в местах повреждения оболочек окрашиваются в черный цвет.

Излишек краски с поверхности оболочки зерна удаляют погружением сетки с зерном в холодную воду, но лучше это достигается применением серной кислоты с перекисью водорода (на 100 мл 1%-ного раствора серной кислоты берут 1 мл 3%-ной перекиси водорода). Пребывание в указанном растворе в течение 20-30 секунд возвращает зерну нормальный цвет при сохранении черного цвета пробочек.

Пробочки имеют размер не более 0,5 мм, форма их выпуклая, круглая.

Подсчет зерен с пробочками может быть затруднен наличием на зерне темных пятен неправильной формы, образовавшихся в местах повреждения оболочек и не имеющих отношения к зараженности.

Круглые темные пятна могут быть следующие: окрашенные пятна на зерне пшеницы и ржи, которые долгоносик просверлил во время еды; такие пятна имеют интенсивно окрашенные края и светлую середину; пробочки темного цвета, которые имеются в местах, где долгоносики отложили яйца.

После удаления излишка краски навеску зерна переносят на фильтровальную бумагу, отделяют и подсчитывают зараженные зерна с черными пробочками. Зараженные зерна необходимо подсчитать немедленно после обработки их раствором серной кислоты с перекисью водорода, не давая им подсохнуть, иначе окраска пробочек может исчезнуть.

Скрытая зараженность зерна по этому методу характеризуется количеством зараженных зерен с пробочками на 1 кг зерна, для этого количество их в навеске массой 15 г делят на 3 и умножают на 200.

Приведенный метод определения скрытой зараженности зерна пригоден только для определения скрытой зараженности долгоносиками. Метод не может обнаружить живых насекомых внутри зерна.

**Определение зараженности муки, крупы, отрубей и комбикормов.** Зараженность муки и отрубей определяют в пробе массой 1 кг, выделенной из объединенной пробы. Точечные пробы муки отбирают из мешков мучным щупом. Из партии до пяти мешков пробы берут из каждого мешка, из партии от 6-100 мешков – не менее чем от пяти мешков и из партии более 100 мешков точечные пробы берут не менее чем от 5 % мешков в партии.

От насыпи отрубей точечные пробы отбирают щупом из середины каждого квадрата поверхности насыпи площадью 4-5 м<sup>2</sup> из верхнего и нижнего слоев при высоте насыпи до 0,75 м и из трех слоев при более высокой насыпи.

Из струи перемещаемых муки и отрубей точечные пробы отбирают пробоотборниками через равные промежутки времени.

Пробы муки, крупы, отрубей и комбикорма просеивают вручную или механизированным способом при тех же режимах, что и для зерна, используя различные сита (таблица 6.2).

Пробы продукции с температурой ниже 15-18 °С перед определением зараженности подогревают до комнатной температуры (18-20 °С). Сход и проход каждого сита рассыпают тонким слоем на белом стекле с подложенной под него белой бумагой и тщательно рассматривают, устанавливая виды насекомых (жуки, бабочки, личинки, куколки). Проход нижнего сита после просеивания проб муки, отрубей, комбикормов рассыпают тонким изреженным слоем на стекле с подложенной под него черной бумагой, разравнивают и слегка уплотняют с помощью листа бумаги или сухого чистого стекла.

Таблица 6.2 – Виды сит, используемые для анализа проб

Вид продукции	Сита
Мука сортовая	Проволочные % 056
Мука обойная	Проволочные % 067 и 056
Отруби	Проволочные % 08 и 056
Ядрица гречневая, овсяная недробленая, овсяные хлопья «Геркулес», рис, крупа перловая № 1 и 2, крупа пшеничная Полтавская № 1 и 2, крупа кукурузная, горох лущеный целый и колотый	Пробивные с отверстиями Ø2,5...1,5 мм
Крупа перловая № 3 и 4, крупа пшеничная № 3 и 4, пшено, крупа ячневая № 1 и 2, крупа кукурузная № 1 и 2, крупа овсяная дробленая, рис дробленый, пшено дробленое, продел, горох лущеный дробленый	Пробивные с продолговатыми отверстиями размером 1,2x20 мм и с отверстиями Ø1 мм
Крупа перловая № 5, крупа пшеничная «Артек», крупа ячневая № 3, крупа кукурузная № 3, 4, 5 и мелкая, крупа, манная, крупа пшеничная дробленая	Проволочные №08 и 063
Комбикорм	Пробивные с отверстиями 0,2 мм и проволочные №08

Поверхность полученного слоя с ровной поверхностью толщиной около 1-2 мм тщательно просматривают.

При наличии в массе исследуемой пробы клещей на поверхности продукта появляются вздутия, бороздки или извилистые линии.

Порядок определения зараженности крупы клещами аналогичен с применяемым для зерна. Зараженность продуктов переработки зерна вредителями хлебных запасов выражают числом экземпляров на 1 кг продукции.

**Задание.** Определить явную и скрытую зараженность зерна и продуктов

его переработки вредителями хлебных запасов (вариант выдает преподаватель).

**Приборы, материалы.** Для определения зараженности и поврежденности зерна в явной форме необходимы: 1. Весы технические с разновесами. 2. Лупа зерновая (х4,5). 3. Комплект лабораторных сит из решетного полотна с круглыми отверстиями диаметрами Ø1,5 и 2,5 мм и диаметром обечаек Ø30 см. 4. Рассевок ПОЗ-1. 5. Анализная доска, шпатель, совочек. 6. Песочные часы на 1 или 2 мин. 7. Термометр. 8. Зараженное зерно, мука, крупа.

Для определения зараженности и поврежденности в скрытой форме необходимы: 1. Металлическая или капроновая сетка. 2. Фильтровальная бумага. 3. Скальпель или лезвие. 4. Секундомер. 5. Колба на 500 см<sup>3</sup>. 6. Чашки и стаканы на 200 и 500 см<sup>3</sup>. 7. Весы технические с разновесами. 8. Калий йодистый (1%-ный раствор). 9. Йод кристаллический. 10. Натр едкий или калий едкий (0,5%-ный раствор). 11. Калий марганцовокислый (1%-ный раствор).

#### **6.4 Контрольные вопросы**

1. Классифицируйте основных вредителей хлебных запасов.
2. Чем этапы развития насекомых отличаются от этапов развития клещей?
3. Что означает полное и неполное развитие насекомого?
4. Назовите основные части тела насекомого.
5. Охарактеризуйте представителей семейств отряда жесткокрылых.
6. Каких представителей семейства чешуекрылых вы знаете?
7. Какие этапы развития выделяют у бабочек?
8. Какой вред наносят насекомые при развитии в зерновых продуктах?
9. Какие этапы развития выделяют у клещей?
10. Какой вред наносят клещи при развитии в зерновых продуктах?
11. Чем опасно развитие грызунов в зерновых продуктах?
12. Какой вред наносят птицы зерну при хранении?
13. Какие условия оказывают влияние на жизнедеятельность насекомых и

клещей в зерновой массе?

14. Как влияет температура на развитие насекомых в зерновой массе?

15. Как реагируют насекомые и клещи при механическом воздействии на зерновую массу?

16. Что такое светотаксис?

17. Влияние влажности зерновых продуктов на жизнедеятельность насекомых и клещей.

18. Понятие экологии и экологических факторов, оказывающих влияние на развитие вредителей хлебных запасов.

19. Какие вредители хлебных запасов являются олигофагами и полигофагами?

20. Почему некоторые взрослые насекомые, пройдя весь цикл развития, не питаются зерновыми продуктами?

21. Какие клещи не питаются зерновыми продуктами и почему?

22. Куда перемещаются насекомые и клещи при недостатке воздуха в зерновой массе?



## Список использованных источников

1. Ваншин, В. В. Практикум по хранению зерна: методические указания / В. В. Ваншин. – Оренбург: ОГУ, 2009. – 47 с.
2. Зайнуллин, Р. А. Проблема обеспечения качества зерна и зернопродуктов для бродильных производств / Р. А. Зайнуллин, Р. В. Кунакова. – Уфа: Гилем, 2006. – 218 с.
3. Закладной, Г. А. Защита зерна и продуктов переработки от вредителей / Г.А. Закладной. – М.: Колос, 1983. – 215 с.
4. Нилова, Л. П. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров: учебник / Л. П. Нилова. 2-е изд. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 448 с. – (Высшее образование).
5. Пилипюк, В. Л. Технология хранения зерна и семян: учебное пособие / В.Л. Пилипюк. – Москва: Вузовский учебник, 2009. – 457 с. – ISBN 978-5-9558-0119-3
6. Пунков, С. П. Хранение зерна, элеваторно-складское хозяйство и зерносушение / С. П. Пунков, А. И. Стародубцева. 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1990. – 367 с.
7. Рукоусев, А. Н. Товароведение зерномучных и хлебных товаров: учебник для товаровед. фак. торг. вузов / А.Н. Рукоусев. – Москва: «Экономика», 1973. – 319 с.
8. Стародубцева, А. И. Практикум по хранению зерна / А. И. Стародубцева, В. С. Сергунов. 3-е изд, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 192 с.
9. Технология переработки растительной продукции / Н. М. Личко [и др.]; под. ред. Н. М. Личко. – М.: Колос, 2008. – 538 с.
10. Трисвятский, Л. А. Хранение зерна / Л. А. Трисвятский. 4-е, перераб. и доп. изд. – М.: Агропромиздат, 1986. – 351 с.
11. Хранение зерна и зерновых продуктов / Пер в англ. В.И. Дашевского, Г.А. Закладного. – М.: Колос, 1978. – 472 с.

12. Стародубцева, А.И. Практикум по хранению зерна / А.И. Стародубцева, Н.И. Паньшина. – 2-е. изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1976. – 256 с.
13. Стародубцева, А.И. Практикум по хранению зерна / А.И. Стародубцева, В.С. Сергунов. – 3-е. изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 192 с.
14. Карпов, Б.А. Технология послеуборочной обработки и хранения зерна / Б.А. Карпов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 288 с.
15. Инструкция по борьбе с вредителями хлебных запасов. В 2 ч. Часть 1. – М.: ВНПО «Зернопродукт», 1992. – 119 с.
16. Инструкция по борьбе с вредителями хлебных запасов. В 2 ч. Часть 2. – М.: ВНПО «Зернопродукт», 1992. – 128 с.
17. Устименко, Т.В. Практикум оценки качества зерна и зернопродуктов: методические указания / Т.В. Устименко, В.М. Филин, И.В. Авдеев. – М.: ДеЛи принт, 2007.
18. Определитель Вредных и полезных насекомых и клещей зерновых культур в СССР/ В.С. Великань, [и др.]; сост. Л.М. Копанева. – Л.: Колос, Ленингр. отд-ние, 1980. – 335 с., ил

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

В. В. Ваншин

**ХРАНЕНИЕ ЗЕРНА И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

ISBN 978-5-7410-1622-0



9 785741 016220