

МГТУ ИМ. И. П. ДАВЫДОВА

**ХАРАКТЕРИСТИКА  
КЛАССА МАЛОЩЕТИНКОВЫЕ  
(OLIGOSCHAETA),  
ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
И ВОЗМОЖНОСТИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**



ISBN 978-985-477-886-0



9 789854 778860

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Мозырский государственный педагогический университет  
имени И. П. Шамякина»

ХАРАКТЕРИСТИКА КЛАССА  
МАЛОЩЕТИНКОВЫЕ (*OLIGOSCHAETA*),  
ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Справочник

Мозырь  
МГПУ им. И. П. Шамякина  
2023

УДК 630\*232.411.3  
ББК 34.751  
Х20

Составители:

**В. В. Копытков**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
профессор кафедры биологии и химии УО МГПУ им. И. П. Шамякина;  
**С. Л. Максимова**, кандидат биологических наук, доцент, заведующий  
сектором вермифтехнологий ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»;  
**О. П. Позывайло**, кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры  
экологической и профилактической медицины УО ВГМУ

Рецензенты:

доктор биологических наук, член-корреспондент НАН Беларуси,  
главный научный сотрудник лаборатории роста  
и развития растений ИЭБ НАН Беларуси

*В. Н. Прохоров;*

кандидат биологических наук, доцент,  
доцент кафедры экологии УО ГГУ им. Ф. Скорины

*А. Н. Кусенков*

Печатается по решению редакционно-издательского совета учреждения образования  
УО «Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина»

**Характеристика** класса Малощетинковые (*Oligochaeta*), их опреде-  
X20 ление и возможности использования в народном хозяйстве : справ. /  
сост.: В. В. Копытков, С. Л. Максимова, О. П. Позывайло. – Мозырь :  
МГПУ им. И. П. Шамякина, 2023. – 48 с.  
ISBN978-985-477-886-0.

В справочнике дается общая характеристика червей, излагается их морфология,  
анатомия, экология, биология и систематика.

Издание предназначено для студентов технолого-биологического факультета  
биологических специальностей (6-05-0511-01 «Биология», 6-05-0113-03 «Природо-  
ведческое образование (биология и химия)»), изучающих дисциплины «Основы  
общего земледения», «Зоология беспозвоночных» и «Зоология». Оно также  
может быть использовано для проведения полевых и лабораторных исследо-  
ваний с целью сбора материала для выполнения дипломной работы.

УДК 630\*232.411.3  
ББК 34.751

ISBN978-985-477-886-0

© Копытков В. В., Максимова С. Л.,  
Позывайло О. П., составление, 2023  
© УО МГПУ им. И. П. Шамякина, 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	4
Глава 1	
Класс Малощетинковые ( <i>Oligochaeta</i> ) .....	5
1.1 Внешнее строение олигохет .....	5
1.2 Внутреннее строение малощетинковых .....	7
1.3 Определительные таблицы родов и видов дождевых червей семейства <i>Lumbricidae claus</i> , 1876, обитающих на территории Беларуси .....	20
Глава 2	
Мониторинг численности дождевых червей при получении органоминеральных компостов с использованием отходов сельского и лесного хозяйства .....	23
Глава 3	
Технология переработки и утилизация органических отходов при помощи дождевых червей .....	28
3.1 Методические подходы получения субстратов на основе органических отходов сельскохозяйственного производства.....	28
3.2 Утилизация органических отходов при помощи дождевых червей .....	33
Список использованной и рекомендуемой литературы .....	46

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Дождевые черви играют важнейшую роль в почвообразовательных процессах. У них имеются особые известковые железы, которые служат для удаления карбонатов, накапливающихся в крови. Излишки извести поступают в пищевод и используются для нейтрализации гуминовых кислот, содержащихся в поедаемых червями листьев. Поэтому им также принадлежит важная роль в снижении кислотности почв, что сейчас имеет особое значение в связи с «кислотными дождями».

В издание включены основные сведения по общей характеристике, морфологии, анатомии, экологии, биологии и систематике червей. Черви являются группой животных, которая встречается практически во всех средах жизни (за исключением воздушной). Водные формы питаются водорослями, мелкими животными. Встречаются паразиты моллюсков, морских звезд, крабов. Обитающие в почве черви (например, дождевой червь) играют огромную роль в почвообразовательном процессе, обогащая почву перегноем, измельчают ее, перемешивают и рыхлят, что создает благоприятные условия для жизни растений, в то же время почвенные нематоды могут наносить существенный вред сельскому хозяйству. У червей впервые появляются как первичная, так и вторичная полость тела, кровеносная система, оформленные органы выделения. Кроме этого, черви служат пищей для многих позвоночных – рыб, земноводных, птиц, млекопитающих.

Основная задача справочных материалов – оказать помощь студентам в усвоении представлений о строении, характерных особенностях структурной организации и жизнедеятельности червей. В них содержится необходимый минимум знаний по изучаемой группе живых организмов, на основе которого можно организовать работу по самостоятельному и более глубокому их изучению. При подготовке руководства, кроме оригинальных, были использованы иллюстрации из следующих изданий: Билич, Г. Л. Биология. Полный курс : в 3-х т. Том 3. Зоология / Г. Л. Билич, В. А. Крыжановский. – М. : Оникс, 2005; Зеликман, А. Л. Практикум по зоологии беспозвоночных / А. Л. Зеликман. – М. : Высшая школа, 1969; Чекановская, О. В. Дождевые черви и почвообразование / О. В. Чекановская. – М. – Л. : АН СССР, 1960; Шалапенок, Е. С. Практикум по зоологии беспозвоночных / Е. С. Шалапенок, С. В. Буга. – Мн. : Новое знание, 2002.

## ГЛАВА 1

КЛАСС МАЛОЩЕТИНКОВЫЕ (*OLIGOSCHAETA*)

## 1.1 Внешнее строение олигохет

Этот класс насчитывает около 3400 видов. Обитают они в водоемах и в почве (рисунок 1). Строение малощетинковых в значительной степени отличается от такового полихет, и, прежде всего, у них отсутствуют пальпы и параподии. В то же время щетинки имеются, но их мало, а размеры их невелики. Обычно они имеют четыре пучка коротких щетинок – две боковых и два брюшных, выходящие наружу прямо из стенки тела.

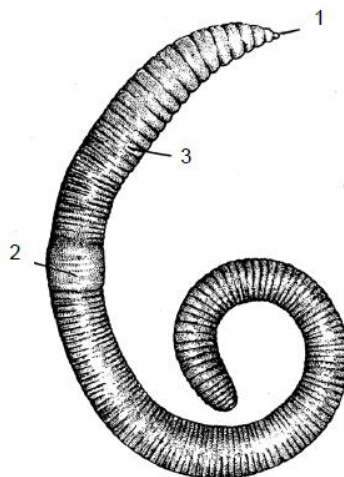
Размеры олигохет также варьируют. Так, некоторые почвенные формы (например, австралийский земляной червь) могут достигать длины 3 метров (рисунок 1, 1), а наиболее мелкие виды – не более 0,5 мм. Чаще всего встречается и широко распространен красный дождевой червь (*Lumbricus terrestris*), имеющий, как ясно из названия, красноватую окраску тела, и длиной 20–30 см (рисунок 1, 3).



1 – *Megascolides australis*; 2 – *Tubifex tubifex*; 3 – *Lumbricus terrestris*;  
4 – *Ainyntas cortices*; 5 – *Aeolosoma hemprichi*

Рисунок 1 – Представители олигохет

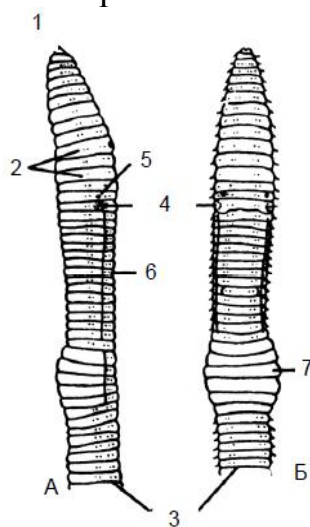
В теле дождевого червя (рисунок 2) различают более толстый, с более сильной мускулатурой, обычно темнее окрашенный передний (головной) конец тела и более тонкий и более бледный задний (или хвостовой). Задний конец червя к тому же довольно часто бывает плоским. На переднем конце тела червя начинается головной лопастью (простомиумом – рисунок 2, 1). За ним следуют сегменты туловища (110–180). Сегменты передней части тела заметно крупнее задних. Все сегменты, кроме первого, несущего ротовое отверстие, имеют щетинки, которые образуют четыре двойных ряда, тянущихся вдоль тела червя. Если внимательно присмотреться к поверхности тела, то можно увидеть, что каждый сегмент подразделен на три части двумя неглубокими бороздками (так называемая вторичная кольчатость). Она отражает некоторые черты внутренней организации каждого сегмента. Сегменты тела нумеруются, причем первым сегментом считается головной.



1 – головная лопасть; 2 – поясок; 3 – мужское половое отверстие

Рисунок 2 – Червь *Lumbricus terrestris* [8]

Хорошо отличаются друг от друга также более выпуклая и обычно более темная спинная (дорсальная) сторона, и более светлая и более плоская брюшная (вентральная); у червей, консервированных в спирте или формалине, брюшная сторона может быть вогнутой местами или по всей длине. В передней части тела у взрослых особей имеется так называемый поясок в виде утолщения, которое охватывает 5–12 сегментов, обычно иначе окрашенное по сравнению с остальной частью тела (рисунок 3, 7). Кожа в этой области содержит большое количество желез, выделяющих питательное вещество для яиц при откладке яйцевых коконов. Поэтому в период размножения поясок выглядит сильно набухшим, а в другое время область пояска отличается от соседних участков только цветом и иным характером поверхности тела. Форма пояска может быть кольцевой, если он развит одинаково сильно со всех сторон, или седлообразной, если с брюшной стороны он мало развит.



1 – простомуум; 2 – боковые щетинки; 3 – брюшные щетинки; 4 – мужское половое отверстие; 5 – женское половое отверстие; 6 – семяпроводящая бороздка; 7 – поясок

Рисунок 3 – Передний конец тела дождевого червя (*Lumbricus terrestris*): правая (А) и брюшная (В) стороны тела [2]

По всей длине тела червя находятся маленькие щетинки, которые хорошо видны в лупу (рисунок 3, 2, 3). Они находятся на всех сегментах тела, кроме 1-го. Щетинки, в значительной мере, способствуют передвижению червя, усиливая сцепление с субстратом, а также важны для роющих форм, поскольку они цепляются за стенки норки и мешают врагу вытащить оттуда червя. Некоторые щетинки крупнее остальных, это *половые щетинки*, которые способствуют спариванию червей.

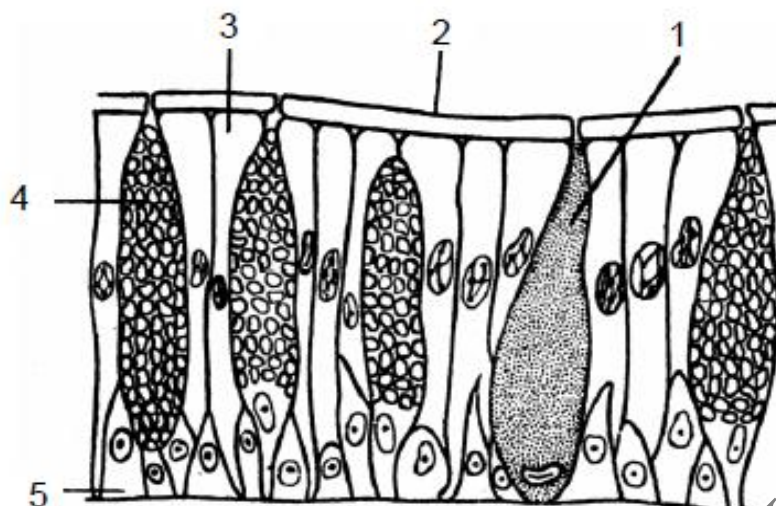
На брюшной стороне тела, впереди от пояска, помещаются половые отверстия: пара мужских (рисунок 3, 4), которые обычно находятся на возвышениях (железистых подушках), и пара женских (рисунок 3, 5), снаружи часто плохо различимых. Наряду с этим у большинства видов также имеется 2–3 пары пор семяприемников. При рассмотрении консервированных в формалине червей на их спинной стороне хорошо виден в межсегментных бороздах ряд спинных пор, имеющих значение при определении видов червей.

## 1.2 Внутреннее строение Малощетинковых

*Кожно-мышечный мешок.* Тело олигохет, в том числе и дождевых червей, покрыто однослойным эпителием, состоящим из поддерживающих, железистых и камбиальных клеток (рисунок 4). *Поддерживающие клетки* (рисунок 4, 3) выполняют защитную функцию – наружная часть этих клеток выделяет тонкую прозрачную пленку, которая покрывает эпителий. Кутикула (рисунок 4, 2) состоит из двух систем параллельных волокон, пересекающихся друг с другом под прямым углом. Кутикула в течение жизни все время снашивается и возобновляется деятельностью эпителия. У неживых червей (например, консервированных) кутикула может отставать, и тогда ее можно снять целиком.

Огромное значение в жизни малощетинковых червей имеет деятельность *слизистых*, или *железистых клеток* (рисунок 4, 4). Они выделяют слизь, которой всегда смазана поверхность кутикулы. Это увеличивает легкость скольжения по субстрату и предохраняет тело от высыхания (если покровы тела червя высыхают, животное быстро погибает от удушья). При любом значительном раздражении слизь поступает на поверхность тела в огромных количествах и червь мгновенно окутывается толстым слоем густой клейкой слизи. Образование слизистого чехла на теле играет важное значение при спаривании (образование муфты и яйцевых коконов) и, кроме того, слизистые выделения покрывают стенки ходов червей внутри почвы для придания им прочности. Помимо обычных слизистых клеток, в кожном эпителии дождевых червей имеются на всей поверхности тела *белковые железистые клетки* (рисунок 4, 1).

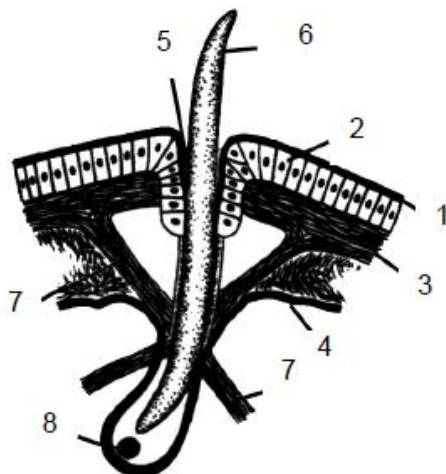




1 – белковые железистые клетки; 2 – кутикула; 3 – поддерживающие клетки;  
4 – слизистые клетки; 5 – камбиальные клетки

**Рисунок 4 – Внутреннее строение малощетинковых (*Oligochaeta*) [8]**

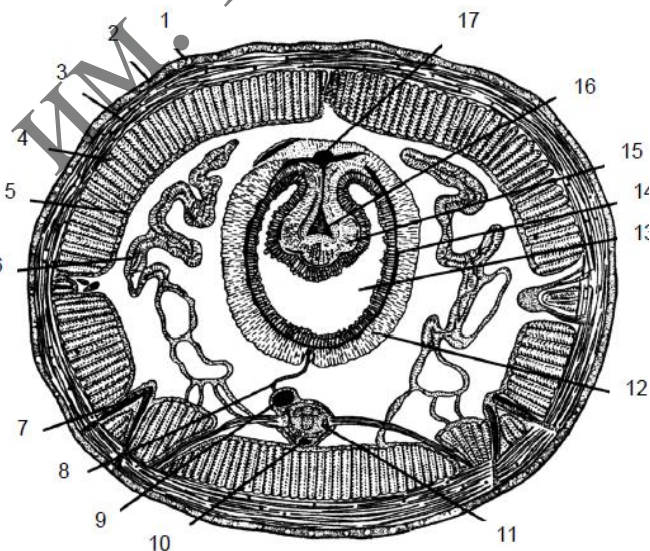
Важным компонентом кожного эпителия являются маленькие клетки, находящиеся в его самой глубокой части, на границе с подлежащей мускулатурой, и не соприкасающиеся с наружными частями поддерживающих и железистых клеток. Это – *камбиальные клетки*, которые являются резервом; за счет их возобновляются изношенные функционирующие клетки и происходит рост ткани у молодых животных (рисунок 4, 5). Эти клетки мобилизуются также при заживлении ран после ранений и иных повреждений. Из особых клеток кожного эпителия образуются также *щетинки*. На поверхности тела выступает лишь наружная часть щетинки, а своим внутренним концом она глубоко погружена в стенку тела и может пронизывать ее насквозь, почти достигая полости тела (рисунок 5). Щетинки помещаются в *щетинковых мешках*, представляющих собой вращающиеся внутрь тела кожного эпителия (рисунок 5, 5). Эти мешки состоят из вещества, сходного по строению с веществом кутикулы, но непрочны и быстро снашиваются. В связи с этим в течение всей жизни червя в глубине щетинковых мешков происходит образование новых щетинок – каждая щетинка образуется из одной клетки, входящей в состав дна щетинкового мешка (рисунок 5, 8). Щетинки олигохет и, в том числе, дождевых червей неодинаковы по форме. Наиболее часто – это палочки либо практически совсем прямые, либо с явно загнутыми концами. На некотором расстоянии от наружного конца щетинки находится небольшое утолщение – место, к которому прикрепляются мышцы *ретракторы*, втягивающие щетинку вглубь тела (рисунок 5, 7). Кроме них, в щетинковых мешках имеются также мышцы *протракторы* (при их сокращении щетинка выталкивается наружу и может совершать довольно разнообразные движения).



1 – кутикула; 2 – клетки покровного эпителия; 3 – кольцевые мышцы; 4 – соматоплевра;  
5–8 – щетинка (5 – стенка щетинконосного мешка; 6 – щетинка;  
7 – мускулатура щетинки; 8 – клетка-основательница)

**Рисунок 5 – Участок кожи со щетинкой [8]**

Под эпителием располагаются в 2 слоя мышечные волокна: наружный – кольцевой и внутренний – продольный, более мощный (рисунок 6, 3, 4). При помощи этих мышц червь может производить довольно сложные движения. При этом попеременно и согласованно работает мускулатура как мышечных слоев в целом, так и отдельных сегментов. В результате определенные участки тела червя то последовательно сужаются (при этом червь вытягивается вперед и раздвигает комочки почвы), проникая между ними, то расширяются (тело укорачивается и утолщается, уплотняя почву вокруг себя). Таким образом, червь проникает в почву.



1 – кутикула; 2 – эпидермис; 3 – слой кольцевой мускулатуры; 4 – слой продольной мускулатуры; 5 – целомический эпителий; 6 – метанефридий; 7 – щетинка;  
8 – мезентерий; 9 – брюшной сосуд; 10 – субневральный сосуд; 11 – брюшная нервная цепочка; 12 – хлорогеновые клетки; 13 – полость кишки; 14 – сосудистый плексус;  
15 – тифлозоль; 16 – сосуд тифлозоля; 17 – спинной сосуд

**Рисунок 6 – Поперечный разрез средней части тела червя (*Lumbricus terrestris*) [2]**

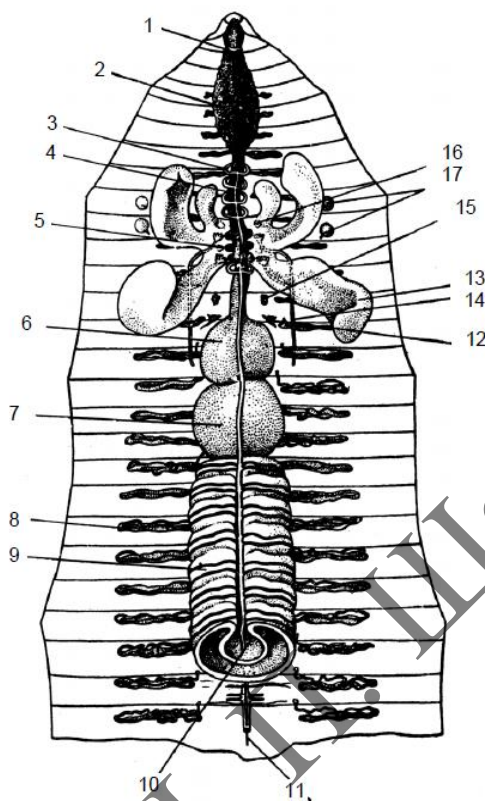
Вторичная полость тела обширна и на всем протяжении тела червя поделена тонкими поперечными перегородками – *диссепиментами* – на отдельные камеры в каждом сегменте тела. Целомические мешки соседних сегментов сообщаются между собой через отверстие в нижней части, где проходят брюшной кровеносный сосуд и брюшная нервная цепочка, в связи с чем целомическая жидкость сегментов перемешивается. В отличие от полихет, у олигохет сохраняется лишь брюшной мезентерий (брыжейка кишки), который соединяет кишечник с брюшным кровеносным сосудом и нервной цепочкой, а спинной отсутствует (рисунок 6). В целомической жидкости содержатся многочисленные фагоциты, имеющие амебоидную форму, они фагоцитируют чужеродные клетки и твердые частицы.

*Рот*, находящийся на переднем конце тела, ведет в небольшую ротовую полость со складчатыми стенками, за которой следует мускулистая *глотка* (рисунок 7, 2). В связи с тем, что глотка может не только совершать глотательные движения, но и выворачиваться наружу через широко открытый рот, это позволяет червя захватывать такие предметы, как листья, камешки и пр., употребляемые для питания или других целей. В толще глоточной стенки и за ее пределами находятся многочисленные глоточные железы, протоки которых открываются непосредственно в глотку или в особый карман в спинной утолщенной части стенки ее. Глоточные железы выделяют слизистую жидкость, обволакивающую заглатываемые пищевые частицы.

Но, кроме того, глоточные железы вырабатывают вещество, переваривающее белки. Глотка переходит в узкую цилиндрическую трубку с мускулистыми стенками – *пищевод* (рисунок 7, 4). По бокам пищевода находятся 1–3 пары боковых карманов (рисунок 7, 5) – *известковые железы* (они вырабатывают кристаллы углекислой извести). Основная функция этих желез состоит в нейтрализации кислот, содержащихся в заглатываемом грунте. Количество углекислой извести в содержимом кишечника может возрастать от 0,8 до 1,8 %.

За пищеводом следует значительное расширение кишечной трубки – *зоб* (рисунок 7, 6), выстланный изнутри кутикулярным эпителием и занимающий 2–3 сегмента. Зоб имеет довольно тонкие эластичные стенки, благодаря чему он хорошо растягивается. Основная его функция заключается в накоплении проглоченной пищи, поступающей не большими порциями из пищевода, а оттуда – далее в следующие отделы кишечника. В случае отсутствия зоба организм не успевал бы справиться с переработкой поступающего корма. Заканчивается передняя кишка широким мышечным *желудком*, который так же, как и зоб, является расширением кишечной трубки. Внутри желудок выстлан эпителием с толстой кутикулой, а его стенка состоит из кольцевого и продольного слоев мускулатуры, из которых наиболее развит внутренний (кольцевой) слой. Функция желудка – рас-

тирание пищи благодаря сокращениям мощной мускулатуры его стенок. Этому процессу способствуют песчинки, которые находятся в полости желудка.



1 – надглоточный ганглий; 2 – глотка; 3 – сократимый кольцевой сосуд; 4 – пищевод; 5 – известковые железы; 6 – зуб; 7 – мускулистый желудок; 8 – нефридий; 9 – средняя кишка; 10 – спинной кровеносный сосуд; 11 – брюшная нервная цепочка; 12 – яйцевая воронка; 13 – семяпровод; 14 – семенной мешок; 15 – яичник; 16 – семяприемники; 17 – семенник  
Рисунок 7 – Дождевой червь, вскрытый со спинной стороны [8]

Следующий отдел пищеварительного тракта – *средняя кишка*. Она энтодермального происхождения и выстлана высоким цилиндрическим мерцательным эпителием, богатым многочисленными одноклеточными железами. По всей длине средней кишки на дорсальной стороне тянется глубокая спинная складка – *тифлосоль* (рисунок 6, 15). Он необходим для увеличения переваривающей и всасывающей поверхности кишечника.

Стенка кишки имеет тонкую прослойку мускулатуры, состоящую из наружного продольного и внутреннего кольцевого слоев (расположение слоев здесь обратное таковому в стенке тела), которые обеспечивают перистальтику (продвижение пищи). Между базальной мембраной кишечного эпителия и мышечными волокнами имеется густая сеть кровеносных капилляров. Снаружи кишки находятся *хлорогогенные клетки* (рисунок 6, 12). Они выполняют выделительную функцию, накапливая в себе запасные вещества. В слизистой кишечника содержится большое количество желе-

зистых клеток, вырабатывающих собственно слизистый секрет и пищеварительные ферменты, расщепляющие белки, и, кроме того, ферменты, превращающие крахмал в сахара (мальтозу и глюкозу); в кишечнике происходит также расщепление жиров.

*Задняя кишка* имеет небольшую длину и расположена на последних 10–15 сегментах тела. Она лишена тифлозоля, а ее эпителий имеет реснички. В ней совершается только процесс формирования комочков экскрементов. На пигидии кишечник заканчивается анальным отверстием, имеющим вид вертикальной щели.

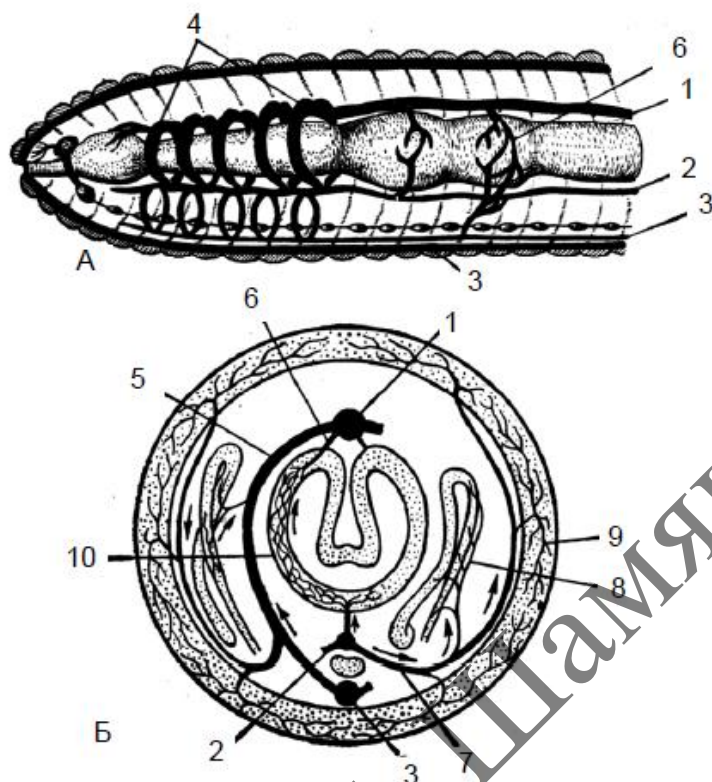
*Кровеносная система* олигохет, и общий план ее устройства мало чем отличается от ранее рассмотренной кровеносной системы и ее устройства полихет замкнутого типа.

Так, также, как и у полихет вдоль всего тела проходят спинной (над кишечником) и брюшной (под кишечником) сосуды (рисунок 8, 1, 2). Спинной сосуд снабжен мощной мускулатурой, которая волнообразными сокращениями гонит кровь от заднего конца тела к переднему. Кроме продольных у олигохет имеются и кольцевые сосуды, однако, в отличие от многощетинковых, у малощетинковых они соединяют продольные сосуды только в передней части тела. Эти сосуды снабжены особенно сильной мускулатурой и называются «сердцами» (рисунок 8, 4). Число их невелико. Так, у дождевого червя всего пять пар сосудов, расположенных в VII–XI сегментах, но именно они служат главным аппаратом, обеспечивающим кровообращение. Кровообращение у олигохет и, собственно у дождевого червя, происходит по следующей схеме. Непосредственно движение крови осуществляется за счет сократительной деятельности спинного продольного сосуда – в него поступает венозная кровь (обогащена питательными веществами из сосудистого сплетения кишечника) по дорсоинтестинальным сосудам и тифлозоля (рисунок 8, 6) и артериальная кровь от стенок тела по дорсосубневральным сосудам (рисунок 8, 5). Далее смешанная кровь течет по пульсирующему спинному сосуду к головному концу благодаря клапанам, которые не пропускают кровь обратно. У дождевого червя частота сокращения стенки сосуда составляет 15–20 в минуту.

Наряду со спинным сосудом сокращаться могут и кольцевые сосуды. Они направляют кровь в более тонкий, чем спинной, брюшной сосуд (рисунок 8, 2), который не способен сокращаться. Часть крови направляется в головной отдел червя, а другая оттекает назад. Из брюшного сосуда кровь поступает в сосудистые сплетения кишечника и кожи (рисунок 8, 7), где происходит газообмен и кровь насыщается кислородом. После этого кровь направляется в спинной сосуд, и цикл повторяется снова.

Кровь у дождевых червей красного цвета за счет пигмента *гемокруорина*, содержащегося в плазме крови. Среди клеток крови (кровяных телец) у дождевых червей имеются только бесцветные клетки нескольких типов, схожих по характеристикам с таковыми у позвоночных.





*А – вид сбоку; Б – поперечный разрез;*

*1–3 – продольные сосуды (1 – спинной; 2 – брюшной; 3 – субневральный),  
4 – «сердца»; 5 – спинно-невральный сосуд; 6 – спинно-кишечные сосуды;  
7 – сосуды стенки тела; 8 – сосуды метанефридиев;  
9–10 – сеть капилляров (9 – в стенке тела; 10 – в стенке кишечника)*

**Рисунок 8 – Кровеносная система дождевого червя [4]**

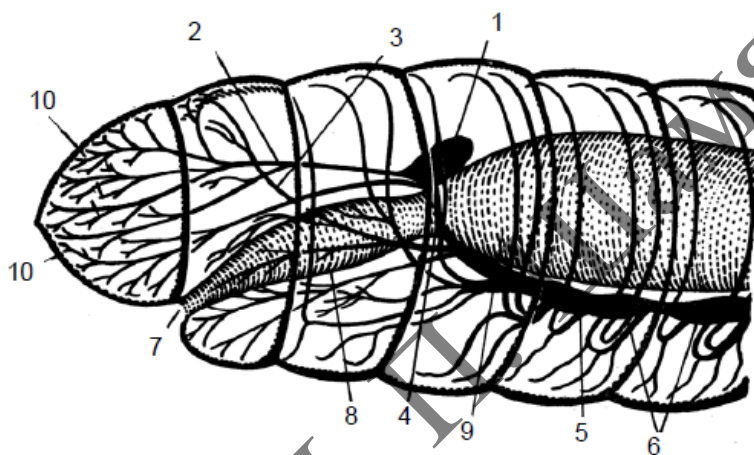
*Дыхательная система* в виде отдельных специальных органов или структур у малощетинковых отсутствует. В связи с этим газообмен осуществляется путем диффузии через всю поверхность кожи. Это происходит благодаря наличию в поверхностных слоях стенки тела густой сети кровеносных сосудов и тому, что кутикула дождевых червей хорошо смачивается водой. Это обстоятельство облегчает диффузию кислорода в стенки тела и, впоследствии, в кровь.

*Нервная система* олигохет имеет обычное для кольчатых червей строение и в целом представлена парным надглоточным ганглием, окологлоточными коннективами и брюшной нервной цепочкой. У наиболее примитивных олигохет брюшные стволы, образующие нервную цепочку, широко расставлены. У дождевого червя есть ряд особенностей, которые мы рассмотрим ниже.

Так, в каждом сегменте тела имеется нервный *ганглий*, представляющий собой скопление нервных клеток и от которого отходят 3 пары нервов. Ганглии соединены друг с другом поперечными перемычками (*коннективами*), которые, кроме волокон, также содержат и нервные клетки. В 3-м сегменте брюшная нервная цепочка разделяется на правую

и левую глоточные коннективы, образующие *окологлоточное нервное кольцо*, соединяющееся с *надглоточным*, или *головным ганглием* (рисунок 9). Надглоточный ганглий, как и большинство нервных узлов червя, парный и состоит из правой и левой половин, плотно соединенных друг с другом. Морфологически он сравним с головным мозгом более эволюционно продвинутых организмов (например, членистоногих).

От него идут вперед многочисленные нервные стволы, обильно разветвляющиеся в первых трех сегментах (рисунок 9; 2, 3). Под глоткой, в месте расхождения глоточных коннектив, лежит *подглоточный ганглий*, представляющий собой результат слияния нескольких ганглиев брюшной нервной цепочки.

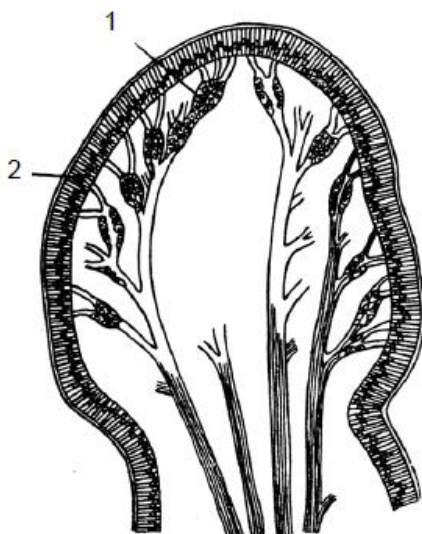


- 1 – парный надглоточный ганглий; 2–3 – нервы, отходящие к простомииуму и I сегменту (2 – ветвь простомииума; 3 – ветвь I сегмента);  
 4 – около-глоточная коннектива; 5 – брюшная нервная цепочка;  
 6 – ганглии, посегментно расположенные; 7 – рот; 8 – глотка;  
 9 – пищевод; 10 – простомииум

**Рисунок 9 – Нервная система переднего конца тела дождевого червя [8]**

Нервы, отходящие от ганглиев брюшной цепочки, содержат двигательные волокна, заканчивающиеся в мускулатуре, и чувствительные, по которым раздражения поступают в нервную систему с периферии. Тела чувствительных нервных клеток находятся на периферии, в том числе в наружном эпителии, где нервные клетки входят в состав эпителия. Причем чувствительные нервные клетки встречаются эпителии, как кожных покровов, так и кишечника. Чувствительные нервные клетки и их окончания имеются и в других частях тела: в нефридиях, щетинковых мешках и ряде других органов.

Органы чувств олигохет развиты значительно хуже, чем у многощетинковых, и представлены ранее рассмотренными чувствительными клетками или их скоплениями (*сенсиллами*) и многочисленными светочувствительными клетками, позволяющими дождевому червя реагировать на свет (рисунок 10).



1 – расширения нервов со светочувствительными клетками; 2 – кожный эпителий

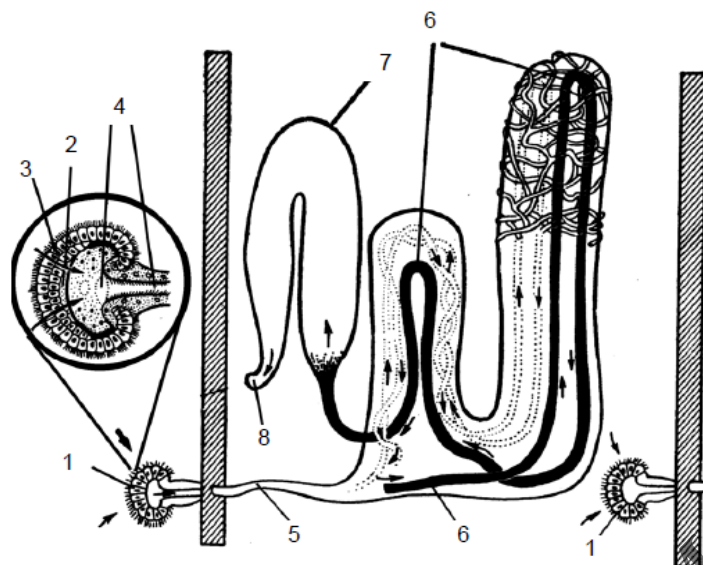
**Рисунок 10 – Разрез через головную лопасть дождевого червя со светочувствительными клетками [8]**

*Выделительная система* малощетинковых червей, в том числе и дождевого червя, представлена метанефридиями, которые попарно располагаются в каждом сегменте, кроме передних трех (рисунок 11). Каждый из них представляет собой извитую трубку, начинающуюся внутри тела отверстием в полость тела, расположенным на головчатом расширении, клетки которого снабжены ресничками (рисунок 11, 1). Это *воронка* метанефридия, или *нефростом*. Практически сразу за воронкой канал нефридия прободает межсегментную перегородку и проникает в следующий сегмент тела червя. Там он сначала образует сильно извитую тонкую трубку (рисунок 11, 5), которая переходит в более широкую среднюю часть нефридия, снабженную ресничками. Затем нефридий, делая несколько петель (рисунок 11, 6), переходит в *мочевой пузырь*, открывающийся на брюшной стороне тела *нефропорой* (рисунок 11, 8). Снаружи ее найти очень трудно, так как края ее всегда плотно сомкнуты.

Нефридии снабжены очень богатой сетью кровеносных сосудов. Кровь, выходящая из нефридия, поступает в поперечный, а из него в спинной сосуд.

Процесс работы метанефридия выглядит следующим образом. Клетки тонкой части нефридиальной трубки улавливают из крови, циркулирующей вне сети нефридиальных капилляров, продукты азотистого обмена, подлежащие выведению из организма. Эти вещества попадают в полость нефридиальной трубки и здесь смешиваются с полостной жидкостью, поступающей через воронку на внутреннем конце нефридия. Полостная жидкость также содержит продукты выделения, отмершие клетки, туда попадают изношенные щетинки и т. д. Жидкость нефридиальной трубки биением ресничек гонится по направлению к выводному концу, откуда периодически выбрасывается через наружную пору сокращением мускулатуры стенки тела.





*А – метанефридий; Б – нефростом:  
1–4 – воронка-нефростом (1 – внешний вид;  
2 – клетки мерцательного эпителия; 3 – реснички; 4 – входная щель);  
5–8 – выделительный канал (5 – начало канала идущего от воронки;  
6 – петли выделительного канала; 7 – мочевого пузыря; 8 – нефропора)*

**Рисунок 11 – Выделительная система дождевого червя [4]**

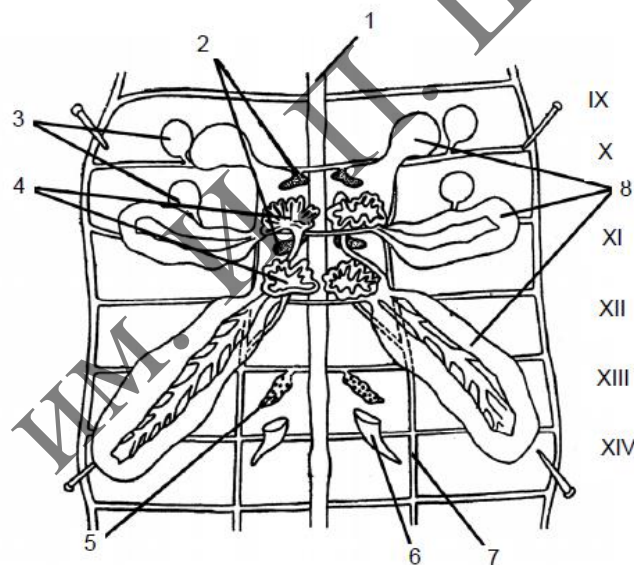
В целом работа метанефридиев весьма эффективна и за сутки дождевой червь весом в 1,2–1,8 г выделяет 0,82 см<sup>3</sup> экскрета по несколько раз в сутки. В экскрете, в основном, содержатся мочевины, аммиак, креатинин и соли. Отдельно необходимо сказать, что нормальный экскрет у дождевых червей содержит около 0,3 % белка, тогда как у высших животных, в частности у позвоночных, белок в продуктах выделения отсутствует.

Клетки средней части нефридиальной трубки обладают способностью к фагоцитозу нерастворимых в воде веществ (отмершие клетки, свернувшийся белок, бактерий и пр.). Эти вещества накапливаются там неопределенно долгое время. Эти клетки по своей сути являются своеобразными почками накопления. Подобную функцию выполняет и ряд других клеток организма: амебоидные клетки крови, клетки полости тела и клетки хлорагогенной ткани.

*Половая система* малощетинковых червей гермафродитного типа и половые железы в отличие от полихет расположены не во всех сегментах, а лишь в некоторых. У разных представителей класса расположение гонад может сильно отличаться, поэтому мы рассмотрим половую систему олигохет на примере дождевого червя. Яйца дождевых червей формируются в парных *яичниках*, которые расположены на перегородке между 12-м и 13-м сегментами с брюшной стороны (рисунок 12, 5). Яичники представляют собой комплексы развивающихся яиц, которые на ранней стадии созревания находятся в части, прилегающей к межсегментной перегородке, а позднее – на свободном заднем конце яичника, обращенном в полость тела. Здесь яйцеклетки практически дозревают, достигают своих размеров (около 0,1 мм)

и поступают в полость тела. Яйца дождевых червей сферические или слегка вытянутые, почти прозрачные в связи с малым количеством желтка. Окончательно созревают яйца в *яйцевых мешках*. Это – слепые мешковидные выступы межсегментных перегородок, в которые попадают яйца, оторвавшиеся от задней части яичника. Яйца выводятся наружу через короткие яйцеводы, которые начинаются яйцевыми воронками в 13-м сегменте, затем прободают перегородку между 13-м и 14-м сегментами и открываются на брюшной стороне 14-го сегмента (рисунок 12, 6). Яйцевые воронки имеют реснички, при помощи которых яйца улавливаются из яйцевых мешков и выводятся по яйцеводу наружу.

Мужские половые железы – *семенники*. Их две пары, и они размещаются на перегородках между 9-м и 10-м сегментами и между 10-м и 11-м (рисунок 12, 7). Сперматозоиды только начинают в них свое развитие. Комплексы будущих сперматозоидов в виде микроскопических комочков попадают в полость тела и оттуда – в *семенные мешки* (объемистые разрастания межсегментных перегородок). Количество, форма, расположение, и относительные размеры семенных мешков (рисунок 12, 8) варьируют в зависимости от вида и служат важным систематическим признаком.



1 – нервная система; 2 – семенники; 3 – семяприемники; 4 – передняя и задняя семенные воронки; 5 – яичник; 6 – яйцевая воронка и яйцевод; 7 – семяпровод, 8 – семенные мешки; IX–XIV – 9–14-й сегменты

Рисунок 12 – Схема строения половой системы дождевого червя [8]

Одной из особенностей половой системы дождевого червя *Lumbricus terrestris* является то, что брюшная часть полости тела возле семенников отгорожена особой стенкой от основной полости сегмента и образует своеобразные *семенниковые капсулы*. Благодаря им комочки сперматозоидов не распространяются по всей полости и проникают непосредственно в семенные мешки (рисунок 12, 8). Для выведения сперматозоидов наружу служат *семенные воронки* (рисунок 12, 4) и *семяпроводы* (рисунок 12, 7). Первые крупные, хорошо заметны у вскрытых червей. Вторые – это очень

тонкие цилиндрические трубки, направляющиеся по брюшной стенке тела кзади, в которые поступают сперматозоиды из семенных воронок. Семяпроводы от воронок X-го и XI-го сегментов в XII-м сегменте сливаются друг с другом в одну трубку, которая продолжается до XV-го сегмента, где прободает стенку тела и открывается наружу мужским половым отверстием в виде вертикальной щели.

Одним из важных элементов полового аппарата дождевых червей являются семяприемники (рисунок 12, 2), которые представляют собой полые мешочки, плотно прижатые к стенке полости тела. Протоки семяприемников проходят сквозь толщу стенки тела и открываются наружными порами, располагающимися в межсегментных бороздах. Стенки семяприемников, содержат мускулатуру, под действием которой семенная жидкость может либо всасываться в семяприемник, либо выбрызгиваться из него наружу. Семяприемников у дождевого червя обычно бывает 2 или 3 пары. В качестве дополнительных органов, обеспечивающих размножение, но не относящихся непосредственно к половой системе, является *поясок* и ряд брюшных желез. У червей, достигших половой зрелости, поясок всегда заметен и в периоды размножения сильно набухает. Его функция – формирование яйцевых коконов. Сам по себе поясок представляет собой видоизменение наружного эпителия. В области пояска наружный эпителий очень сильно утолщен, и все клетки приобретают железистый характер. Клетки эпителия, покрывающие поясок, можно разделить на 3 группы:

- слизистые клетки (относительно мелкие клетки, не содержащие зерен);
- клетки оболочки (средней величины, содержат крупные зернышки);
- клетки запасного вещества (огромные мелкозернистые клетки, составляют содержимое яйцевого кокона, служат питанием для развивающихся эмбрионов).

Помимо железистых клеток, в пояске имеется много кровеносных сосудов и нервных окончаний. Брюшные железы расположены между пояском и передним концом тела. Наиболее крупные из них находятся на X-м и XI-м сегментах, придающие половозрелым червям беловатый оттенок тела. Часто бывают изменены щетинки и превращены в своеобразные *половые щетинки*, функционирующие при спаривании для удерживания партнера и для раздвигания пор семяприемников.

Оплодотворение у дождевых червей перекрестное и включает ряд этапов:

1. Сначала партнеры являются «самцами» и тесно прикладываются друг к другу своими брюшными частями, при этом головные концы каждого из них обращены в разные стороны (рисунок 13), а поясок находится напротив IX–XI сегментов, где находятся отверстия семяприемников.

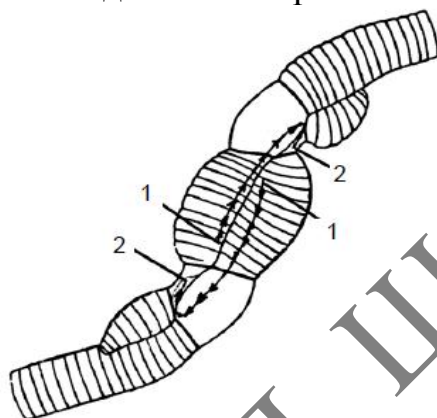
2. Кожные железы в области пояска каждого из червей выделяют клейкий секрет, образуя *муфту* (слизистый футляр) для более плотного контакта.

3. Каждый партнер выделяет из своих мужских половых отверстий по капельке семенной жидкости, которая по семенным бороздкам перетекает к отверстиям двух пар семяприемников и засасывается в них (рисунок 13).

4. После этого партнеры становятся «самками» и расходятся.

5. В муфту сначала откладываются 1–3 яйца, а затем выдавливается семя, полученное при копуляции от партнера. При этом происходит оплодотворение яиц.

6. Муфта постепенно сползает через головной конец тела, застывает и превращается в кокон, защищающий яйца. Кокон дождевого червя имеют размеры 6–8 мм и обычно находятся в поверхностных слоях почвы.



*1 – мужские половые отверстия;*

*2 – семяприемники. Стрелками указан путь семенной жидкости*

**Рисунок 13 – Копулирующие дождевые черви [3]**

Развитие у дождевых червей прямое, и из яйца выходит маленький молодой червь, по внешнему строению сходный со взрослой особью, и сразу же начинающий самостоятельную жизнь.

Кроме полового размножения, у малощетинковых кольцецов происходит и бесполое размножение путем аутогамии. При этом тело червя делится на две части, после чего у каждой из них достраиваются недостающие структуры. Все олигохеты обладают высокой способностью к регенерации, поэтому при механическом разделении особи из разрезанных частей образуются новые черви (рисунок 14). При этом следует учесть, что хвостовой конец достраивается намного чаще, чем головной.



**Рисунок 14 – Регенерация дождевого червя [2]**

**1.3 Определительные таблицы родов и видов дождевых червей семейства *Lumbricidae claus, 1876*, обитающих на территории Беларуси**

1 (6). Щетинки не сближены или слабо сближены попарно.

2 (3). Пубертатные валики занимают почти полностью боковые края пояска (иногда выходят и за его пределы и оканчиваются не ближе 33-го сегмента). ..... *Octolasion*

3 (2) Пубертатные валики, за редким исключением, занимают лишь часть поясковых сегментов или вообще отсутствуют. Если они полностью охватывают боковые края пояска, то оканчиваются не дальше 31-го или 1/2 32-го сегмента.

4 (5) Пубертатные валики, которые могут иметь форму бугорков, в большинстве случаев оканчиваются на 31-м сегменте или дальше кзади. .... *Dendrobaena*

5 (4). Пубертатные валики, если они имеются, занимают с 28-го по 30-й сегмент ..... *Dendrodrilus*

6 (1). Щетинки сильно сближены попарно.

7 (8). Головная лопасть танилобическая. Семенники и воронки семяпроводов заключены в субэзофагиальные капсулы. Пигментация покровов пурпуровая. .... *Lumbricus*

8 (7). Нефридиальные пузыри крючковидные или U-образные. Пигментация лишь у немногих видов пурпуровая. Семеприемники, за редким исключением, открываются не выше линии щетинок d.

9 (10). Пигментация, если она имеется, бурая (иногда красновато-бурая) или почти черная с зеленоватым оттенком. Пубертатные валики обычной формы, реже бисквитовидные, но при этом спинные поры начинаются не ближе межсегментной бороздки 8/9. .... *Aporrectodea*

10 (11). Известковые железы с хорошо дифференцированными дивертикулами в 10-м сегменте. Мускулистый желудок занимает один (17-й) сегмент. Мужские половые отверстия на 13-м, 14-м или 15-м сегменте. Поясок оканчивается на 27-м сегменте. Пигментация бурая. .... *Eiseniella*

11 (10). Известковые железы не образуют дивертикулы в 10-м сегменте. Мускулистый желудок обычно занимает 2 сегмента. Мужские половые отверстия расположены на 15-м сегменте. Поясок оканчивается не ближе 28-го сегмента. Пигментация у многих видов пурпуровая, реже бурая или отсутствует. .... *Eisenia*

**Определительные таблицы видов дождевых червей семейства  
*Lumbricidae claus, 1876, обитающих на территории Беларуси***

1(20). Щетинки сильно сближены попарно.

2(3). Пубертатные валики в виде трех пар присосок.

3(2). Пубертатные валики обычной формы или в виде соприкасающихся бугорков.

4(9). Головная лопасть танилобическая. Пубертатные валики занимают большую часть боковых краев пояска. Пигментация пурпуровая, однородная. Поясок не достигает 40-го сегмента.

5(6). Поясок заканчивается на 37-м сегменте. .... *Lumbricus terrestris*

6(5). Поясок оканчивается на 32-м или 33-м сегменте.

7(8). Поясок занимает с 27-го по 32-й сегмент. .... *Lumbricus rubellus*

8(7). Поясок с 28-го по 33-й сегмент. Пигментация в послепоясковой части тела более хорошо выражена. .... *Lumbricus castaneus*

9(4). Головная лопасть эпилобическая. Пубертатные валики, за редким исключением, занимают лишь часть боковых краев пояска. В противном случае, окраска в виде поперечных фиолетово-пурпурных полос или бурая (иногда желтовато-бурая).

10(11). Пубертатные валики начинаются не ближе 31-го сегмента. Пубертатные валики занимают с 31-го по 33-й сегмент и выглядят как соприкасающиеся бугорки. Окраска грязновато-серая. ... *Aporrectodea caliginosa*

11(10). Пубертатные валики прямые, ровные, с 32-го по 34-й сегмент. Спинные поры начинаются с межсегментной бороздки 12/13. Пигментация серовато-бурая, поясок начинается на 27-м или на 28-м сегменте. Хвостовой конец уплощен. .... *Aporrectodea longa*

12(10). Пубертатные валики начинаются не дальше 30-го сегмента.

13(15). Поясок оканчивается не дальше 30-го сегмента. Окраска бурая или желтовато-бурая.

14(15). Поясок с 22-го, 23-го по 26-й, 27-й сегмент. Мужские половые отверстия расположены на 13-м сегменте. .... *Eiseniella tetraedra*

15(13). Поясок оканчивается не ближе 31-го сегмента. Пигментация пурпуровая либо отсутствует.

16(17). Окраска белесовато-серая. Несколько передних сегментов могут иметь розоватый оттенок. Пубертатные валики занимают с 29-го по 31-й сегмент, редко – только 30-й и 31-й. Поясок начинается с 24-го или 25-го сегмента, реже – с 26-го. .... *Aporrectodea rosea*

17(16). Имеется хорошо выраженная пурпуровая пигментация.

18(19). Пигментация однородная, в послепоясковой части и на боковых поверхностях 9-11 сегментов ослаблена. Пубертатные валики с 29-го по 31-й сегмент (иногда только до его середины). .... *Eisenia nordenskioldi*

19(18). Окраска в виде фиолетово-красных поперечных полос. Пубертатные валики с 1/2 27-го, 28-го (редко с 29-го) по 30-й, 31-й сегмент. .... *Eisenia foetida*

20(1). Щетинки не сближены или слабо сближены попарно.

21(22). Пубертатные валики занимают не более 3 сегментов или вообще не выражены. Поясок начинается на 29-м сегменте. Пигментация темно-пурпуровая с шиферным оттенком. .... *Dendrobaena octaedra*

22(23). Поясок оканчивается не дальше 32-го сегмента. Пубертатные валики имеют обычную форму и располагаются на 28–30-м сегментах. Поясок с 25–26-го по 31–32-й сегмент. .... *Dendrodrilus rubidus f. subrubicunda*

23(24). Пубертатные валики плохо выражены или вообще отсутствуют. Поясок с 25–27-го по 30–32-й сегмент. .... *Dendrodrilus rubidus f. tenuis*

24(21). Пубертатные валики занимают более 3 сегментов, вытянуты вдоль почти всего пояска. Поясок с 30-го по 35-й сегмент. Пубертатные валики никогда не выходят за пределы пояска. Пубертатные валики с 1/2 30-го, 31-го по 34-й, 1/2 35-го сегмента, узкие. Пигментация отсутствует, реже имеется слабый коричневатый налет на передних 10–15 сегментах.



## ГЛАВА 2

### МОНИТОРИНГ ЧИСЛЕННОСТИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Рациональное землепользование в лесопитомническом хозяйстве Беларуси невозможно без использования органоминеральных компостов. Применение различных компостов при выращивании стандартного посадочного материала способствует увеличению содержания элементов питания в верхнем слое почвы и оказывает положительное влияние на морфологические показатели семян. Обеспечить лесные питомники органоминеральными компостами можно двумя способами: траншейным или буртовым. Траншейный способ получения компостов требует значительных дополнительных финансовых затрат на изготовление траншей и увеличивает время получения готового продукта в 1,5–2,0 раза. Буртовой способ получения компоста не требует дополнительных затрат на сооружение траншей с использованием железобетонных плит и не оказывает отрицательного влияния на окружающую среду (письмо Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ от 29.07.2010 № 07.2-01/2347).

В настоящее время одной из важнейших экологических проблем в Республике Беларусь является разработка научно обоснованных мероприятий по рациональному и эффективному использованию отходов лесохозяйственного производства (древесная кора и опилки) и сельского хозяйства (куриный помет, отходы грибного производства).

Отходы лесного хозяйства в Беларуси в 2019 году в виде древесных опилок составили более 370 тыс. м<sup>3</sup>, а ежегодные отходы грибного производства только в СООО «Бонше» составляют более 17 тыс. тонн [11].

Использование различных отходов при компостировании позволяет получить принципиально новый продукт – органоминеральное удобрение или компост. Компостирование отходов сельского и лесного хозяйства буртовым способом является наиболее эффективным приемом их утилизации. В результате получаем совершенно новый продукт с определенными физико-химическими свойствами. Разработанный Институтом леса Национальной академии наук Беларуси компост «Агрополикор» представляет собой рассыпчатую массу темно-коричневого цвета с характерным почвенным запахом; влажность состава не более 75 %; кислотность солевой суспензии состава – 6,0–6,5; массовая доля азота – 1,0–1,2 %, величина соотношения углерода к азоту не более 40. Большое значение в получении компоста для выращивания лесного посадочного материала играет степень



готовности, которая определяется соотношением углерода к азоту. В соответствии с имеющимися нормативными данными при получении коровых компостов (основу которых составляют хвойная кора и опилки) степень их готовности составляет менее 40 [14], а при других ингредиентах – менее 25 [15]. Для ускорения готовности компостов и получения органоминеральных удобрений большое влияние оказывает влажность субстрата, температура воздуха, наличие дождевых червей и другие факторы. По данным С. Л. Максимовой и Г. М. Сафроновской, «в почве с обитающими червями обнаруживается в пять раз больше азота, в семь раз больше фосфора и в 11 раз больше углекислого калия по сравнению с почвой без дождевых червей» [16].

Исследования динамики численности дождевых червей при получении компостов с использованием различных отходов сельского и лесного хозяйства проведены в двух опытных лесных питомниках Беларуси. В Кобринском опытном лесхозе на постоянном лесном питомнике Засимовичского лесничества исследования проведены с использованием отходов лесного хозяйства (древесные опилки и кора) и отходов сельскохозяйственного производства (отходы грибного производства и куриный помет). В Слободском опытно-производственном лесничестве Мозырского опытного лесхоза исследования проведены с использованием отходов лесного хозяйства (древесные опилки и кора), а также куриного помета и макроудобрений.

Исследования по определению численности дождевых червей в компостах проведены в соответствии с научными работами А. Л. Тихомировой [17] и М. С. Гилярова [18]. Для определения численности дождевых червей брали 80 г порошка горчицы и растворяли в 8 л воды при комнатной температуре и равномерно выливали на поверхность субстрата площадью 1 м<sup>2</sup>. Водный раствор горчичного порошка раздражает кожу дождевых червей и они быстро выползают на поверхность почвы. В таблице 1 представлена динамика численности дождевых червей и показатель готовности компостов по вариантам опыта.

Таблица 1 – Динамика показателей соотношения углерода к азоту при получении компостов и численность дождевых червей

Состав компостов	Время исследований компостов после закладки опытных объектов, месяц				
	1	3	5	7	9
Древесные опилки + кора + куриный помет + отходы грибного производства вешенки обыкновенной (1:0,3:1:0,5)	<u>61,4</u> 46	<u>58,3</u> 49	<u>32,6</u> 38	<u>21,4</u> 21	<u>18,9</u> 34
Древесные опилки + кора + куриный помет + отходы грибного производства шампиньонов (1:0,3:1:0,5)	<u>57,6</u> 35	<u>51,1</u> 32	<u>21,0</u> 23	<u>20,0</u> 10	<u>20,2</u> 20

Продолжение таблицы 1

Древесные опилки + кора + куриный помет + макроудобрения (1:0,3:1:0,25)	$\frac{58,8}{11}$	$\frac{55,7}{9}$	$\frac{24,6}{5}$	$\frac{21,7}{6}$	$\frac{20,1}{8}$
Древесные опилки + кора + куриный помет + макроудобрения (1:0,3:1:0,5)	$\frac{57,3}{10}$	$\frac{54,4}{7}$	$\frac{22,4}{3}$	$\frac{19,6}{4}$	$\frac{18,4}{6}$
Примечание: в числителе – показатель соотношения углерода к азоту, в знаменателе – численность дождевых червей, шт./м <sup>2</sup>					

Анализ данной таблицы показывает, что на всех вариантах опыта соотношения углерода к азоту в течение 3-х месяцев меньше 40. Использование куриного помета и древесных опилок в соотношении 1:1 способствовало сокращению времени степени готовности коровых компостов. Без применения куриного помета и уменьшения дозы его использования степень готовности коровых компостов может составлять 7–12 месяцев [19].

Как видно из данной таблицы численность дождевых червей по вариантам опыта в течение периода исследований изменяется в значительной степени. Наибольшая численность дождевых червей зафиксировано на варианте с использованием отходов грибного производства вешенки обыкновенной, а наименьшее – с использованием наибольшей дозы макроудобрения (0,5). При сравнении двух вариантов опыта с использованием отходов грибного производства вешенки обыкновенной и шампиньонов можно отметить, что количество дождевых червей в первом варианте в 1,5–2,0 раза больше. Этот факт объясняется тем, что отходы грибного производства шампиньонов в своем составе имеют минеральные удобрения.

Из каждой тонны древесных опилок, внесенных в почву, образуется 60–90 кг/га гумуса, а при внесении компоста этот показатель увеличивается до 150–220 кг/га. Каждая тонна органических отходов способствует получению 550–600 кг высокоэффективного органического удобрения.

В результате проведенных исследований установлены количественные показатели вермикомпоста\* по вариантам опыта.

В таблице 2 представлено количество получаемого вермикомпоста.

Таблица 2 – Количественные показатели вермикомпоста по вариантам опыта, кг

Варианты опыта	Время исследований после закладки опытных объектов, месяц					Средние показатели вермикомпоста
	1	3	5	7	9	
Древесные опилки + кора + куриный помет + отходы грибного производства вешенки обыкновенной (1:0,3:1:0,5)	1533	1633	1267	700	1133	1253

\* Вермикомпост – органическое удобрение, продукт переработки органических отходов дождевыми червями и с участием других почвенных организмов.

Продолжение таблицы 2

Древесные опилки + кора + куриный помет + отходы грибного производства шампиньонов (1:0,3:1:0,5)	1167	1067	766	333	667	733
Древесные опилки + кора + куриный помет + макроудобрения (1:0,3:1:0,25)	367	300	167	200	267	260
Древесные опилки + кора + куриный помет + макроудобрения (1:0,3:1:0,5)	333	233	100	133	200	199

Наибольшее среднее количество вермикомпоста зафиксировано на 1-м варианте опыта (1253 кг), на 2-м варианте опыта на 42 % меньше по сравнению с 1-м. Наименьшее количество вермикомпоста соответственно получено на 3-м и 4-м вариантах опыта (260 и 199 кг). Стоимость 1 кг вермикомпоста составляет 50 долларов США.

В результате проведенных исследований установлена шкала степени обеспеченности компоста гумусом в зависимости от количественных показателей дождевых червей и вермикомпоста (таблица 3).

Таблица 3 – Степень обеспеченности компоста гумусом в зависимости от наличия вермикомпоста

Степень обеспеченности компоста гумусом	Отношение содержания углерода к азоту	Количество вермикомпоста, кг
Очень хорошая (I)	менее 25	более 1200
Хорошая (II)	25–35	800–1200
Недостаточная (III)	35–45	400–800
Плохая (IV)	более 45	менее 400

Таким образом, проведение мониторинга за численностью дождевых червей при использовании отходов сельского и лесного хозяйства для получения компостов позволяет наиболее эффективно и с минимальными финансовыми затратами получать качественные органические удобрения.

Включение отходов лесного и сельского хозяйства в биологический круговорот способствует повышению эффективности лесопитомнического хозяйства за счет увеличения содержания гумуса и макро- и микроэлементов питания в почве, а в конечном счете максимального получения стандартного посадочного материала для создания устойчивых лесных насаждений. При правильном использовании отходов сельского и лесного хозяйства можно организовать безотходное производство, при котором получаемые отходы в процессе производства вовлекаются в биологический круговорот и способствуют образованию компоста с заданными физико-химическими свойствами.

Повысить содержание гумуса в исследуемых компостах можно путем увеличения количества дождевых червей в исходных компонентах.



**Мониторинг численности дождевых червей  
при получении органоминеральных компостов  
с использованием отходов сельского и лесного хозяйства  
в Мозырском опытном лесхозе**

## ГЛАВА 3

### ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРИ ПОМОЩИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ

#### 3.1 Методические подходы получения субстратов на основе органических отходов сельскохозяйственного производства

Главной целью вермикомпостирования является экологически безопасная переработка различных органических отходов и получение массы экскрементов дождевых навозных червей – копролитов (синонимы: биогу-мус, вермигу-мус или вермикомпост) – высокоэффективного органического удобрения.

К органическим отходам сельскохозяйственного производства относятся навоз, навозная жижа, птичий помет и отходы растениеводства.

**Навоз крупно-рогатого скота (КРС)** состоит из твердых и жидких выделений животных, смешанных обычно с подстилочными материалами. Качество навоза зависит от содержащихся в нем элементов питания. Из потребляемого животными корма в навоз уходит около 40 % органического вещества, 50–70 % азота, 80 % фосфора и до 90 % калия. Качество навоза зависит от вида животного, корма, подстилки, а также способов и сроков его хранения (таблица 1). Чем питательнее корма, чем больше белка в них содержится, тем богаче навоз животных минеральными веществами. По мере постепенного разложения навоза количество питательных веществ в нем увеличивается. Следует учитывать, что один и тот же вид органических отходов, но полученный из разных источников (хозяйств, ферм) в той или иной степени будет отличаться друг от друга. Это обусловлено рационом питания животных, условиями их содержания, характером подстилки, способом и условиями его накопления в навозохранилищах, степенью ферментации и т. д.

Таблица 4 – Химический анализ навоза КРС (% на сырое вещество)

Вид навоза	Вода	Азот	Магний	Калий	Фосфор	Органическое вещество
КРС	77,7	0,42	0,40	0,47	0,21	20

Навоз телят по своим характеристикам подобен навозу КРС. Однако его необходимо подвергать химическому анализу на количество протеина, который не полностью усваивают животные. Если содержание протеина составляет или превышает 45 %, использование этого навоза КРС для под-

кормки может быть опасным для дождевых навозных червей. Если же количество протеина превышает допустимую норму незначительную, то в навоз можно добавить мелко нарезанную бумагу или солому, что будет снижать содержание протеина в единице объема.

Подготовка субстрата для навозных червей является одним из ключевых звеньев в вермифтехнологии. От характера субстрата, от сочетания составляющих его компонентов и ряда других факторов зависит общее состояние популяции червей, интенсивность размножения и накопления биомассы, свойства, характер и количество биогумуса. При этом субстрат готовят заранее. В условиях доступа воды и кислорода воздуха и под воздействием обитающих в навозе микроорганизмов и грибов (актиномицеты) происходит минерализация и гумификация органических отходов. Основой любого субстрата должен быть навоз как биологически активное вещество, к которому в различных пропорциях добавляют другие органические компоненты.

Субстрат имеет для червей двойное значение:

- во-первых, это их среда обитания;
- во-вторых, это корм, благодаря которому обеспечивается уровень их жизнедеятельности.

Субстрат, как среда обитания, оказывает многостороннее воздействие на дождевых навозных червей. Большое значение имеет структура субстрата и его химические параметры. Субстрат, как корм, так же должен отвечать определенным требованиям.

Для создания рыхлой структуры субстрата к органическим отходам можно добавить в различных пропорциях твердые органические компоненты, называемые наполнителями. К ним относятся: солома, торф, опилки, кора деревьев лиственных пород, бумага, картон, листья и т.д.

При подготовке субстрата необходимо соблюдать некоторые требования:

- не допускать к закладке в ложе навоз, не прошедший до конца процесс ферментации;
- не использовать навоз, который пролежал в навозохранилище более 2-х лет после ферментации;
- не применять навоз, смешанный с мочой животных, из-за содержания в нем соединений аммиака, сероводорода, метана.

По степени разложения субстрат должен иметь полуперепревший или перепревший вид. В нем не должно быть остатков пестицидов, аммиака, патогенной микрофлоры, яиц гельминтов. Содержание протеина необходимо контролировать. Процесс нормализации условий в базовом субстрате после его закладки называется стратификацией. Рекомендуется в течение месяца выдерживать субстрат в ложах и только после этого производить заселение червей.

Готовый субстрат должен представлять собой однородный рассыпчатый материал темно-коричневого цвета. Основным критерием готовности субстрата – отсутствие в нем запаха аммиака. Примерный состав субстрата – 75–80 % навоза, прошедшего ферментацию (но не меньше 6 месяцев) +20–25 % дробленой соломы.

Состав субстрата на основе навоза КРС (ферментированный навоз – 60 %; солома – 20–25 %, почва (торф) – 15–20 %, т. е. 100 кг субстрата должен содержать 60 кг навоза, 20–25 кг соломы и 15–20 кг почвы (торфа) по нашим данным является оптимальным для заселения дождевыми навозными червями. Торф может быть верховым или низинным, в зависимости от pH навоза. Кроме того, при подстилочном содержании КРС, субстрат может быть представлен только навозом.

Для получения качественного субстрата следует предъявлять ряд определенных требований. Для успешного ведения культуры дождевых навозных червей необходимо, чтобы перерабатываемый субстрат отвечал условиям:

- влажность доводят до 70–75 %;
- в нем не должно быть твердых включений таких как камни, металл, дерево, стекло и пр.;
- кислотность должна быть приближена к нейтральной и составлять 6,5 – 7,2;
- содержание органического вещества составляет от 35 до 40 %;
- ПДК аммиака: 0,5 мг/кг;
- ПДК углекислоты: 6 %;
- кислорода: не менее 15 %;
- содержание оксидов железа – не более 10 %;
- соотношение углерода и азота – 20 : 1.

Если базовый субстрат не содержит достаточного количества целлюлозы, то можно в качестве наполнителя использовать дробленную и увлажненную солому или картон.

Гряды для закладки субстрата располагают так, чтобы вся лишняя вода вытекала из них. При наличии под грядой стоячей воды черви погибают. Если есть возможность выбора, то в зонах большой ветренности или в случае, когда наиболее сильные ветры дуют в некотором постоянном преобладающем направлении, гряды располагают в направлении по ветру. Дождевые черви очень боятся ветра. При устройстве гряд на сетку или бетонированную площадку укладывают солому слоем в 5 см, затем помещают базовый субстрат толщиной в 15–20 см и увлажняют.

Количество гряд зависит от площади помещения. Однако в любом помещении необходимо предусмотреть проходы между грядами и проходы от стен помещения. Ширина гряды 1–2 м, длина – в зависимости от площади помещения. После закладки базовый субстрат непрерывно увлажняют 1 раз в день в течение 5 дней (при сухой погоде 2 раза в день). После этого полив

производится еженедельно в течение месяца. В дождливую погоду полив прекращается. Таким образом, обеспечивается первая промывка субстрата с вымыванием остатков мочевины. Наряду с этим растворяется углекислый кальций и нейтрализуется избыточная кислотность, субстрат насыщается кислородом.

Одновременно с поливом в ложах измеряется температура и кислотность полученного субстрата. Оптимальной температурой считается температура 15–23 °С. Очень важно поддерживать и постоянный уровень рН – в пределах 6,5–7,2 и в случае повышения кислотности корректировать ее путем внесения мела (300 г/м<sup>2</sup>), после чего субстрат следует обильно полить, чтобы вода прошла через все слои ложа. Однако, по данным ряда авторов, возможно достижение верхнего значения рН до 8,0. В последующем продолжать измерять рН и температуру.

При температуре ниже 10 °С гряды желательно прикрывать мешковиной или соломенными матами. При температуре 5 °С черви перестают питаться, при 3 °С впадают в состояние анабиоза. Для червей необходима также хорошая аэрация субстрата. Если субстрат, в котором будут заселять червей, чрезмерно уплотнен, его необходимо слегка разрыхлять вилами с тупыми зубцами.

Для жизнедеятельности червей необходимо поддержание довольно высокой влажности субстрата (от 70 до 75 %). Влажность ниже 30–35 % тормозит развитие червей, а при влажности 22 % они погибают в течение недели. Хорошо увлажненным можно считать субстрат, с которого при сильном сжатии в кулаке вода не стекает. Если влажность низкая, гряды необходимо поливать. Температура воды, используемой для полива гряд, должна быть не ниже температуры в гряде. Полив лучше всего проводить в утренние или вечерние часы.

Черви нуждаются в кислороде, поэтому надо проводить регулярное прокалывание гряды, для чего используют деревянный кол диаметром 2–3 см или специальные вермикомпостные вилы. Прокалывание проводят 2 раза в неделю на глубину залегания червей и коконов без перемешивания слоев субстрата. Подготовленная таким образом гряда готова к заселению червями.

Сделанные гряды можно заселять дождевыми навозными червями через 15–30 дней после закладки базового субстрата. Перед заселением гряд необходимо провести тест для оценки выживания дождевых навозных червей в экспериментальном субстрате. Необходимо постоянно помнить, что какой бы корм не вносили, его необходимо проверять при помощи пробного заселения (теста).

Для кормления навозного червя можно использовать практически все органические отходы как сельскохозяйственного, так и промышленного производства. Наиболее пригодны: навоз сельскохозяйственных животных



и помет птиц, отходы переработки рыбы, мяса, овощей и фруктов, сахарного производства, торф, опилки хвойных пород, солома, ботва, картон, бумага и т. п. Основой рациона питания червей должен быть навоз, к которому добавляют другие органические компоненты. Первую подкормку проводят через 20–30 дней после заселения. Операция подкормки заключается в следующем: на одну четвертую поверхность гряды наслаивают корм толщиной 5–7 см и равномерно распределяют его по поверхности. Очередные подкормки проводят через 7–10 дней, стараясь кормить так, чтобы переработанные отходы не накапливались. Следует четко придерживаться графика кормления. При этом необходимо помнить, что червь потребляет в сутки количество корма, равное его собственной массе. Это и является исходной нормой для докорма культивируемой популяции червей. По мере переработки необходимо добавлять корм, наслаивая его и не забывая поддерживать субстрат в умеренно влажном состоянии. Периодичность подкормки зависит от количества червей в гряде и от температуры в помещении (или окружающей среды). При приближении к оптимальной температуре (20–23 °С) количество потребляемого корма возрастает. Процесс получения биогумуса заканчивается, когда питательный субстрат полностью переработан. Данный процесс составляет по времени 3–4 месяца от начала заселения.

### 3.2 Утилизация органических отходов при помощи дождевых червей

Постоянно надо следить за температурой и влажностью субстрата, а также за интенсивностью питания червей, так как при недостатке пищи они могут уползать, а при избытке будет затруднен газообмен в субстрате. Необходимо следить за ростом, размножением и численностью червей.

Подкормка червей – нанесение субстрата (компоста) на поверхность вермигряды. Первую подкормку проводят через 25 дней.

Очередную подкормку червей питательным субстратом осуществляют по мере поедания ее червями, что определяется визуально. Субстрат размещают слоем 5–7 см отдельными участками на вермигряде, а через день корм раскладывается на пустые участки. В дальнейшем корм, соответствующий требованиям по качеству, раскладывают сплошным слоем.

Аэрацию вермигряд осуществляют каждые три дня путем прокалывания вертикальных отверстий на всю глубину биогряды через каждые 30–50 см заостренным стержнем диаметром до 2 см. При достижении высоты вермигряды 40–50 см начинают наслаивание корма на ее поверхность только с какой-либо одной стороны. Увлажнение вермигряды осуществляется только со стороны, на которую наслаивают свежий компост. Популяция взрослых особей червей перемещается поперек вермигряды в зону свежей и влажной подкормки. В данной зоне, имеющей толщину около 20–30 см, концентрация червей, перерабатывающих органику, достигает максимально оптимального уровня для промышленной популяции червей (25–30 тысяч особей/м<sup>2</sup>).

Для создания оптимальных условий влажности, температуры рабочую сторону вермигряды укрывают нетканым материалом. Противоположная сторона вермигряды остается открытой, что способствует более быстрому подсушиванию переработанного субстрата. Роющая активность большой биомассы дождевых червей в месте их обитания способствует достаточно хорошей аэрации субстрата в этой активной зоне вермигряды. При данных условиях устраняются запахи.

Одновременно с подкормкой с противоположной стороны вермигряды удаляется слой переработанного субстрата, содержащего копролиты дождевых червей. Вследствие этого при постоянном наслаивании свежей подкормки на рабочую сторону вермигряды и одновременном срезании слоя биогумуса-сырца с противоположной стороны происходит перемещение самой вермигряды в одном направлении.

Частоту орошения вермигряд устанавливают по результатам замеров влажности субстрата. Оптимальная влажность субстрата – 60–70 %.

Частота кормления дождевых червей зависит от темпа потребления ими пищи и производства биогумуса. Недокармливание животных приводит к спаду их активности, а, следовательно, и плодовитости. Если же количество корма подается в избытке, от этого страдает качество биогумуса.

Весной, летом и осенью червей подкармливают регулярно через 7–10 дней, а зимой через 25–35 дней. Следует четко придерживаться графика кормления. Одновременно надо следить и за интенсивностью питания червей, так как недостаток приводит к выползанию их из гряд, а избыток корма затрудняет газообмен в субстрате и дыхание червей.

#### *Выборка биогумуса и червей*

Через 5–6 месяцев вермикультивирования биогумус готов, при этом количество червей увеличивается в 5–10 раз, в зависимости от поддержания условий жизнедеятельности. Полученный биогумус характеризуется однородным составом, рыхлостью, имеет черно-бурый цвет, без запаха. Его просеивают, если надо – подсушивают и укладывают в тару или выносят на грядки. При сжатии в кулаке биогумус должен рассыпаться, а не образовывать комок.

Отбор биогумуса-сырца из вермигряды осуществляют с помощью подручных средств и с помощью малой механизации.

Отделение червей от субстрата можно осуществлять тремя способами. Первый способ – перенесение червей с кормом на вновь сформированные гряды. Для этого кормление червей задерживают на два дня. Затем вносят корм, через 6–7 дней снимают 5-сантиметровый слой, переносят его на новую грядку и так повторяют несколько раз. При этом достигают почти полной выборки популяции. В этом случае черви не повреждаются и могут быть использованы для заселения новых порций субстрата. Второй способ – выгонка червей путем помещения субстрата в воронку из жести диаметром 60 см и высотой 25 см. Воронку опускают в емкость и ставят на солнце или под электрические лампы. Через 2–3 часа черви перемещаются на дно емкости. Если нет воронки, субстрат из гряды располагают на ровной площадке на полиэтиленовой пленке небольшими кучами, не более 1 м высотой. Биогумус снимают с поверхности по мере перемещения червей вглубь гряды. Третий способ – механический – просеивание с помощью сепаратора или механических вибросит с разным диаметром (в зависимости от сортности биогумуса). К недостаткам этого способа относится опасность повреждения червей.

После окончания процесса переработки отделенные дождевые навозные черви возвращаются в технологический цикл вермикомпостирования.

Полученный на производственном участке биогумус-сырец направляется на участок гумификации, где осуществляется его окончательное дозревание, подсушивание, сепарация и очистка от балластных включений.

Гумификация биогумуса-сырца, его созревание и подсушивание осуществляются одновременно в помещении с температурой воздуха 25–30 °С. Для ускорения сушки биогумуса-сырца возможно применение калориферных установок. Влажность в помещении поддерживают на уровне 40–50 %.

Влажность биогумуса-сырца определяют в начале и по окончании сушки. Стандартный биогумус должен иметь влажность 45–50 %. При сжатии в кулаке биогумус должен рассыпаться, а не образовывать комок.

Просушенный биогумус подвергается сепарированию при помощи вибросита или подручных средств.

Все частицы биогумуса крупнее 5 мм, а также растительные остатки и не переработанные органические отходы отсеивают и возвращают в вермигряды для дальнейшей переработки. Сепарированный биогумус фасуют и упаковывают.

Готовый биогумус поступает на производственный участок (готовой продукции), где тестируют его качество. На этом участке биогумус-сырец фасуют, складывают и отправляют к потребителю.

Таблица 5 – Физико-химические характеристики биогумуса

Наименование показателя	Норма
1. Массовая доля влаги (на момент фасовки), %	45–50 %
2. Массовая доля органического вещества на сухой продукт, %, не менее	50 %
3. Показатель активности водородных ионов солевой суспензии, $pH_{KCl}$	6,5–7,2
4. Насыпная плотность, г/л	500–600
5. Массовая доля питательных элементов (в пересчете на 100 г абс. сухого вещества), мг, не менее:	
– азота общего	800
– фосфора общего, в пересчете на $P_2O_5$	900
– калия общего, в пересчете на $K_2O$	800
6. Массовая доля примесей токсичных элементов (валовое содержание), в том числе отдельных элементов, мг/кг сухого вещества, не более:	
– кадмий	0,5
– свинец	32
– цинк	55
– медь	33
– никель	20
– ртуть	2,1
– свинец + ртуть	20,0+1,0
– мышьяк	2,0
7. Массовая доля примесей токсичных элементов (подвижные формы), в том числе отдельных элементов, мг/кг сухого вещества, не более:	
– цинк	23
– медь	3,0
– никель	4,0
– хром	6,0
8. Эффективная удельная активность естественных радионуклидов, Бк/кг сухого вещества, не более	300

Продолжение таблицы 5

9. Удельная активность техногенных радионуклидов (согласно $A_{Cs}/45 + A_{Sr}/30$ ), не более	1 относит. ед.
10. Массовая концентрация бенз(а)пирена, мг/кг сухого вещества, не более	0,02
11. Массовая концентрация остаточных количеств пестицидов в сухом веществе; в том числе отдельных их видов, мг/кг сухого вещества, не более: хлорорганических пестицидов –Гептахлор –ГХГЦ (сумма изомеров) –ДДТ и его метаболиты (суммарные количества) –Кельтан	0,05 0,1 0,1 1,0
12. Цисты кишечных патогенных простейших, экз./100г	отсутствует
13. Наличие патогенных и болезнетворных микроорганизмов, экз./г, в том числе сальмонеллы	отсутствует
14. Наличие жизнеспособных яиц и личинок гельминтов, экз./1000 г	отсутствует
15. Наличие личинок и куколок синантропных мух	отсутствует

Конечный продукт представляет собой сыпучую массу коричнево-черного цвета, не имеющую запаха, которая не слеживается и обогащена питательными веществами. Биогумус, как правило, разделяется на три фракции по величине гранул: мельчайшая – 0,1 мм, мелкая – 0,3–0,6 мм и крупная 0,7–1 мм. Мельчайшая фракция при внесении в почву сразу же растворяется и усваивается растениями. Мелкая фракция используется для подкормки парниковых и тепличных культур. Третья фракция пригодна для применения в растениеводстве, садоводстве и огородничестве.

Для изготовления субстрата нами были взяты композиционные составляющие, представленные отходами БУ, соломой и низовым торфом. Пшеничная солома использовалась в качестве источника клетчатки. Торф использовался в качестве наполнителя и для понижения кислотности отходов БУ. Торф может быть заменен плодородной землей или легко-суглинистой почвой. Согласно стандарту по изготовлению субстратов для заселения дождевых червей, процентное соотношение клетчатки не должно превышать 25 %. В соответствии с этим положением и был проведен эксперимент по изготовлению субстрата.

Подготовка субстрата для дождевых навозных червей является одним из ключевых звеньев в вермитехнологии. От характера субстрата, от сочетания составляющих его компонентов и ряда других факторов зависит общее состояние популяции червей, интенсивность размножения и накопления зоомассы, свойства, характер и количество биогумуса. При этом субстрат готовят заранее. В условиях доступа воды и кислорода воздуха и под воздействием обитающих в отходах микроорганизмов и грибов

(актиномицеты) происходит минерализация и гумификация органических отходов.

Субстрат имеет для червей двойное значение:

- во-первых, это их среда обитания;
- во-вторых, это корм, благодаря которому обеспечивается уровень их жизнедеятельности.

Субстрат, как среда обитания, оказывает многостороннее воздействие на дождевых навозных червей. Большое значение имеет структура субстрата и его химические параметры. Субстрат, как корм, также должен отвечать определенным требованиям.

Основой для приготовления субстрата являются отходы биогазовых установок как биологически активное вещество, к которому в различных пропорциях будут добавлены другие органические компоненты. Проведенный физико-химический анализ (рН, влажность, зольность) каждого варианта изготовленного субстрата показал, что ближе всех по параметрам к стандарту субстрата вариант № 6 (60 % – отходы биогазовой установки; 25 % – солома; 15 % – торф).

Это подтвердили и проведенные тестовые испытания. Тестовые испытания представляли собой пробное заселение каждого варианта субстрата дождевыми навозными червями в количестве 5 штук. Через сутки проводили подсчет дождевых навозных червей. Отсутствие гибели дождевых навозных червей через сутки свидетельствовало о возможности заселения субстрата дождевыми навозными червями.

Нами были проведены исследования по изготовлению субстрата, пригодного для вселения дождевых навозных червей. Были взяты композиционные составляющие в различных процентных соотношениях. Для выбора оптимального субстрата было проведен физико-химический анализ (таблицы 6–13).

Таблица 6 – Физико-химический анализ экспериментального субстрата № 1

Наименование показателей	Фактическое значение показателей
	Фактически
W, % (влажность)	65.0
pH сол.	4.4
A, % (зольность)	19.0
Общие формы питательных элементов, % на естественную влажность	
N (азот) общ.	0.99
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (фосфор)	0.78
K <sub>2</sub> O (калий)	0.50
Удельная активность радионуклидов (цезий 137), Бк/кг	Ниже ПДК Не более 30

В пробе не обнаружены личинки синантропных мух и яйца гельминтов.

Таблица 7 – Физико-химической анализ экспериментального субстрата № 2

Наименование показателей	Значение показателей
	Фактически
W, % (влажность)	60.0
pH сол.	7.2
A, % (зольность)	21.0
Общие формы питательных элементов, % на естественную влажность	
N (азот) общ.	0.89
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (фосфор)	0.72
K <sub>2</sub> O (калий)	0.46
Удельная активность радионуклидов (цезий 137), Бк/кг	Ниже ПДК Не более 30

В пробе не обнаружены личинки синантропных мух и яйца гельминтов.

Таблица 8 – Физико-химической анализ экспериментального субстрата № 3

Наименование показателей	Значение показателей
	Фактически
W, % (влажность)	69.0
pH сол.	7.5
A, % (зольность)	15.0
Общие формы питательных элементов, % на естественную влажность	
N (азот) общ.	1.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (фосфор)	0.69
K <sub>2</sub> O (калий)	0.55
Удельная активность радионуклидов (цезий 137), Бк/кг	Ниже ПДК Не более 30

В пробе не обнаружены личинки синантропных мух и яйца гельминтов.

Таблица 9 – Физико-химической анализ экспериментального субстрата № 4

Наименование показателей	Значение показателей
	Фактически
W, % (влажность)	50.0
pH сол.	7.6
A, % (зольность)	19.0
Общие формы питательных элементов, % на естественную влажность	
N (азот) общ.	0.85
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (фосфор)	0.79
K <sub>2</sub> O (калий)	0.49
Удельная активность радионуклидов (цезий 137), Бк/кг	Ниже ПДК Не более 30

В пробе не обнаружены личинки синантропных мух и яйца гельминтов.

Таблица 10 – Физико-химической анализ экспериментального субстрата № 5

Наименование показателей	Значение показателей
	Фактически
W, % (влажность)	64.0
pH сол.	7.8
A, % (зольность)	29.0
Общие формы питательных элементов, % на естественную влажность	
N (азот) общ.	0.93
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (фосфор)	0.72
K <sub>2</sub> O (калий)	0.51
Удельная активность радионуклидов (цезий 137), Бк/кг	Ниже ПДК Не более 30

В пробе не обнаружены личинки синантропных мух и яйца гельминтов.

Таблица 11 – Физико-химической анализ экспериментального субстрата № 6

Наименование показателей	Значение показателей
	Фактически
W, % (влажность)	72.0
pH сол.	7.1
A, % (зольность)	18.0
Общие формы питательных элементов, % на естественную влажность	
N (азот) общ.	1.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (фосфор)	0.99
K <sub>2</sub> O (калий)	0.81
Удельная активность радионуклидов (цезий 137), Бк/кг	Ниже ПДК Не более 30

В пробе не обнаружены личинки синантропных мух и яйца гельминтов.

Таблица 12 – Физико-химической анализ экспериментального субстрата № 7

Наименование показателей	Значение показателей
	Фактически
W, % (влажность)	58.0
pH сол.	6.9
A, % (зольность)	24.0
Общие формы питательных элементов, % на естественную влажность	
N (азот) общ.	0.93
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (фосфор)	0.81
K <sub>2</sub> O (калий)	0.59
Удельная активность радионуклидов (цезий 137), Бк/кг	Ниже ПДК Не более 30

В пробе не обнаружены личинки синантропных мух и яйца гельминтов.



Таблица 13 – Физико-химический анализ экспериментального субстрата № 2

Наименование показателей	Значение показателей
	Фактически
W, % (влажность)	60.0
pH сол.	7.2
A, % (зольность)	21.0
Общие формы питательных элементов, % на естественную влажность	
N (азот) общ.	0.89
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (фосфор)	0.72
K <sub>2</sub> O (калий)	0.46
Удельная активность радионуклидов (цезий 137), Бк/кг	Ниже ПДК Не более 30

В пробе не обнаружены личинки синантропных мух и яйца гельминтов.

Исходя из проведенных исследований, наиболее пригодным по физико-химическим показателям является субстрат № 6.

Для выявления пригодности субстрата для жизнедеятельности дождевых навозных червей проведено пробное заселение по 5 особей дождевых навозных червей по все субстраты. В результате проведения исследований оказалось, что все особи дождевых навозных червей выжили в субстрате № 6, содержащем отходы БУ – 60 %, соломы – 20–25 %, торфа (почвы) – 15–20 %, т. е. такой композиционный состав на базе отходов БУ является оптимальным для заселения популяцией дождевых навозных червей.

При изготовлении субстрата мы учитывали, чтобы субстрат не был слишком плотным и переувлажненным, а также слишком рыхлым и сухим. Кроме того, следует учитывать и характер питания дождевых червей и каждый компонент корма следует подвергать дроблению, помолу, размачиванию.

При подготовке субстрата необходимо соблюдать некоторые требования:

– не допускать к закладке в ложе субстрат, не прошедший до конца процесс ферментации.

По степени разложения субстрат должен иметь полуперепревший или перепревший вид. В нем не должно быть остатков пестицидов, аммиака, патогенной микрофлоры, яиц гельминтов. Содержание протеина необходимо контролировать.

Готовый субстрат должен представлять собой однородный рассыпчатый материал темно-коричневого цвета. Основным критерий готовности субстрата – отсутствие в нем запаха аммиака.

Если базовый субстрат не содержит достаточного количества целлюлозы, то можно в качестве наполнителя использовать дробленную и увлажненную солому или картон (содержание целлюлозы в субстрате должно быть не ниже 25 %).

Для получения качественного субстрата следует предъявлять ряд определенных требований:

- влажность доводят до 70–80 %;
- в нем не должно быть твердых включений, таких как камни, металл, дерево, стекло и др.;
- кислотность должны быть приближена к нейтральной и составлять 6,5–7,2;
- содержание органического веществ должно составлять от 35 до 40 %;
- ПДК аммиака – 0,5 мг/кг;
- ПДК углекислоты – 6 %;
- содержание кислорода – не менее 15 %;
- обогащенность азотом (C/N) – не менее 1/20;
- массовая доля клетчатки – не менее 20 % сухой массы;
- содержание тяжелых металлов не должно превышать значений ПДК для почв;
- наличие патогенной микрофлоры и жизнеспособных яиц гельминтов не допускается;
- субстрат должен быть достаточно измельченным для быстрого поедания его червями, рыхлым для свободного перемещения в нем червей и обеспечивающего возможность поддержания оптимальных условий по аэрации и температурному режиму.

Для проведения исследований нами заложены гряды с субстратом на территории ООО «Белгрунт» (Узденский район) и на территории ООО «ГумусАгро» (Червенский район). Помещение представляет собой бывшую конюшню с цементным полом. Заложены гряды в количестве 6 штук. Длина гряды 2 м, ширина – 1 м, высота – 0,7 м. Под гряды была уложена солома слоем до 5 см, затем помещали базовый субстрат. Гряды были расположены так, чтобы вся лишняя вода вытекала из них. Помещение утеплено. Заложены щели и отремонтирована крыша.

После закладки субстрат непрерывно увлажняли 1 раз в течение 5 дней. Влажность должна быть не ниже 70 % (при сжимании субстрата в кулак, субстрат остается в сжатом виде). После этого полив производился еженедельно в течение месяца. Таким образом обеспечивается первичная промывка субстрата. Наряду с этим растворяется углекислый кальций и нейтрализуется избыточная кислотность, субстрат насыщается кислородом.

Одновременно с поливом в грядах измерялась температура и кислотность полученного субстрата. Температура в грядах была от 10 до 12 °С. При понижении температуры окружающей среды гряды укрывались навозом и полиэтиленовой пленкой.

Сделанные гряды заселили дождевыми навозными червями через 25 дней после закладки базового субстрата. Перед заселением гряд был проведен тест для оценки выживания дождевых навозных червей в эксперимен-

тальном субстрате. Для этого в небольшую емкость помещали субстрат из гряды и запускали 20 червей. Через сутки червей пересчитывали, выживаемость 90–100 % свидетельствовала о возможности заселения гряд популяцией дождевых червей. В грядах на территории ООО «Белгрунт» выживаемость составила 95 %. В грядах на территории ООО «ГумусАгро» выживаемость составила 97 %.

После проведения тестовых испытаний начали заселение гряд дождевыми навозными червями: как имаго, так и ювенильными особями и коконами.

Черви закладывались в базовый субстрат вместе с компостом, в котором они находились. Их равномерно рассеивали по поверхности ложа вручную с помощью вил с тупыми концами. Закладывали червей в дневные часы, поскольку подвижность особей и стремление уйти от света свидетельствует о жизнеспособности популяции. Плотность заселения составила 1 кг на 1 кв. м или исходя из теоретических расчетов – 5 тыс. штук на 1 кв. м. После углубления червей в субстрат поверхность ложа увлажняли.

После формирования первых лож и заселения в них маточного поголовья червей, постоянно проводился мониторинг физико-химических условий в грядах и состояния популяции дождевых навозных червей в грядах, т. е. отслеживалось, как они приживаются в новой среде. Особое внимание было уделено влажности, температуре и рН среды. Кроме того, еженедельно проводилась аэрация гряд с помощью вил с тупыми концами.

Через 30 дней после заселения приступили к подкормке вермикультуры. При этом перед каждым кормлением были проведены тестовые испытания качества корма.

Вместе с наблюдениями за физико-химическими условиями среды нами оценивалась структура популяции дождевых навозных червей в грядах. Динамику развития популяции определяли еженедельно в течение 1.5 месяцев, учитывая количество коконов, молоди, имаго. Динамику возрастной структуры определяли в процентах от общего количества особей. Продуктивность популяции оценивали по следующим показателям:

- 1) число коконов, отложенных одним экземпляром дождевого навозного червя за неделю (кок./нед.);
- 2) число особей, вылупившихся из одного кокона (ос./нед.);
- 3) время инкубации коконов (сут.);
- 4) коллумелярный вес – средняя масса взрослой особи (г/экз.);
- 5) срок наступления половой зрелости (сут.);
- 6) выход копролита от одной особи в сутки (г).

Время инкубации и число червей, вылупившихся из одного кокона, определяли при комнатной температуре в чашках Петри, куда выкладывали на увлажненную фильтровальную бумагу по 5 коконов одного срока кладки и выдерживали в течение всего срока инкубации.

Среднюю массу взрослой особи определяли в каждой повторности опыта в пробах, составленных из 10 особей, групповым взвешиванием.

Срок наступления половой зрелости определяли по контрольной группе, которую помещали в отдельные сосуды и выдерживали до наступления половой зрелости, которую устанавливали по появлению клителлюма.

Количество взрослых особей определяли путем подсчета. Устанавливали выход копролита от одной особи в сутки, а также его качество.

Коконь откладывались особями в течение всего опыта. Коконь представляли собой овальную упругую капсулу. Светло-желтая окраска наблюдалась у только что отложенных коконов, коричневая – перед вылупливанием. Черная окраска коконов свидетельствовала об их гибели. Диаметр коконов – от 2 до 4 мм. В каждом коконе нами выявлено от 2 до 3 особей. Вылупившиеся особи имели длину около 2 мм, а к 7-дневному возрасту их длина достигала 7–8 мм. После выхода из кокона особи начинали питаться. Исследованная нами популяция была разновозрастной, т. е. состояла из особей всех возрастных групп (имаго, ювенильные особи, коконь). При этом нами выявлено наличие небольшого числа ювенильных особей (около 20 %). Такое количество молодых особей в популяции указывает на ее замедленный рост в грядах. В таблице 14 показаны выявленные нами продукционные показатели дождевых навозных червей в субстрате, изготовленном на базе отходов биогазовых установок.

Таблица 14 – Продукционные характеристики популяции дождевых навозных червей

№	Продукционные характеристики	Значения
1.	Число коконов, кок./нед.	0,7 ± 0,1
2.	Инкубационный период, сут.	27,4 ± 2,3
3.	Вылупливаемость, особ./кок.	2,5 ± 0,8
4.	Срок наступления половой зрелости, сут.	71,3 ± 5,6
5.	Средняя масса имаго, г/экз.	0,6 ± 0,1
6.	Количество имаго за период эксперимента, шт.	110,0
7.	Выход копролита от одного червя в сутки, г	0,4 ± 0,08
8.	Выход копролита в течение эксперимента, г	1037,0

Ниже приведена краткая характеристика дождевого навозного *EISENIA FOETIDA* (SAVIGNY, 1826) и отличительные особенности его технологической линии:

#### 1. Общие положения.

Дождевой навозный червь вида *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) является представителем одного из десяти родов семейства люмбрицид (Lumbricidae) и относится к типу кольчатые черви (*Annelida*) и к классу малощетинковые (*Oligochaeta*). Обитает чаще всего в навозе, парниках, на свалках и т. д.

## *2. Морфологические особенности.*

Данному виду дождевого червя присущи отличительные признаки формы, строения их тела и размеры. Длина – 40–130 мм, ширина – 2–4 мм. Число сегментов – 80–120. Окраска красновато-фиолетовая или коричнево-красная в виде поперечных полос. Головная лопасть эпилобическая. Спинные поры начинаются с межсегментной бороздки 4/5. Щетинки сильно сближены попарно. Щетинки ab 12-го сегмента, а также поясковых сегментов на папиллах. Мужские половые отверстия на 15-м сегменте окружены хорошо развитыми железистыми полями. Поясок с 26–27-го по 31–32-й сегмент. Пубертатные валики с 28-го (реже – с 29-го) по 30–31-й сегмент, отчасти могут заходить и на 27-й. Семенных пузырьков 4 пары, в 9–12-м сегментах. Две пары семяприемников открываются в межсегментные бороздки 9/10, 10/11 у линии спинных пор. Известковые железы слабо развиты, не имеют дивертикулов. Продольная мускулатура переходного типа.

## *3. Физиология дождевого навозного червя.*

**Размножение.** Дождевые черви обоеполые (гермафродиты). Оплодотворение у червей обычно перекрестное. Дождевой червь размножается только путем откладки яиц, заключенных в особые яйцевые коконы, которые при оптимальных условиях откладываются один раз в 5–7 дней. Кокон представляет собой овальную упругую капсулу и напоминает по форме лимон. Окраска от светло-коричневой и коричневой до бурой. Размеры коконов в длину колеблются от 2 до 6 мм. В каждом коконе содержится от 2 до 20 яиц, но обычно развиваются далеко не все из них. Вылупившиеся особи имеют длину 10–15 мм. Они обычно лишены пигмента. Почти сразу после выхода из кокона они начинают заглатывать землю и отыскивают пищу. Половой зрелости дождевой червь достигает через 2–3 месяца после выхода из кокона.

**Движение.** Дождевые черви передвигаются перистальтическими движениями тела, то вытягивая его, то сокращая. Сокращения продольного и кольцевого мышечных слоев кожно-мускульного мешка происходят попеременно.

**Пищеварение.** Пищеварительная система из ряда хорошо дифференцированных отделов – глотки, пищевода, мускульного желудка, средней и задней кишки. В пищевод впадают три пары особых известковых желез. Они густо пронизаны кровеносными сосудами и служат для удаления карбонатов, накапливающихся в крови. Излишки известки поступают из желез в пищевод и служат для нейтрализации гуминовых кислот, содержащихся в поедаемых червями гниющих листьях. Остатки переработанной пищи выбрасываются через задний проход в виде экскрементов (копролиты).

**Нервная система.** Вдоль средней линии брюшной стороны тела у дождевых червей под мускулатурой тянется нервный ствол, называемый брюш-

ной нервной цепочкой. В каждом сегменте тела имеется нервный узел, или ганглий, представляющий собой скопление нервных клеток и отдающий от себя пары нервов. Ганглии соединены друг с другом перемычками, которые, кроме нервных волокон, также содержат нервные клетки. В переднем конце тела, в 3-м сегменте, брюшная нервная цепочка разделяется на правую и левую глоточные коннективы, образующие окологлоточное нервное кольцо, соединяющееся с надглоточным, или головным ганглием.

Органы дыхания отсутствуют. Газообмен происходит через кожу посредством густой сети капиллярных сосудов, залегающих в поверхностных слоях стенки тела.

Тело червя при нормальных условиях содержит около 84 % воды, поэтому наличие достаточного количества воды в окружающей среде является главным источником их жизнедеятельности. Вода в тело червей непрерывно поступает и выводится обратно всей поверхностью тела. Обмен веществ совершается при условии циркуляции воды через тело.

МГТУ ИМ. И. П. ШАВАРКИНА

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспозвоночные: новый обобщенный подход / Р. Барнс [и др.]. – М. : Мир, 1992. – 583 с.
2. Билич, Г. Л. Биология. Полный курс : в 3 т. / Г. Л. Билич, В. А. Крыжановский. – М. : Оникс, 2005. – Т. 3 : Зоология – 544 с.
3. Догель, В. А. Зоология беспозвоночных / В. А. Догель. – М. : Высш. шк., 1981. – 606 с.
4. Зеликман, А. Л. Практикум по зоологии беспозвоночных / А. Л. Зеликман. – М. : Высш. шк., 1969. – 332 с.
5. Лопатин, И. К. Общая зоология / И. К. Лопатин. – Минск : Высш. шк., 1983. – 256 с.
6. Лопатин, И. К. Функциональная зоология : учеб. пособие / И. К. Лопатин. – Минск : Высш. шк., 2002. – 150 с.
7. Зоология беспозвоночных животных : пособие для студентов биологического фак. / И. К. Лопатин [и др.]. – Минск : БГУ, 2000. – 62 с.
8. Чекановская, О. В. Дождевые черви и почвообразование / О. В. Чекановская. – М. – Л. : АН СССР, 1960. – 207 с.
9. Шалапенок, Е. С. Практикум по зоологии беспозвоночных / Е. С. Шалапенок, С. В. Буга. – Минск : Новое знание, 2002. – 272 с.
10. Шарова, И. Х. Зоология беспозвоночных / И. Х. Шарова. – М. : Владос, 2004. – 592 с.
11. Проблемы и перспективы получения различных компостов для выращивания стандартных семян лесных пород / В. В. Копытков [и др.] // Весн. Мазыр. дзярж. пед. ун-та імя І. П. Шамякіна. – 2020. – № 2 (56). – С. 26–31.
12. Копытков, В. В. Рекомендации по выращиванию микоризных семян хвойных пород на субстрате из органоминеральной смеси и целевых добавок / В. В. Копытков, Н. П. Охлопкова. – Внесены в реестр технических нормативных правовых актов 14.10.2010 г. за № 000184.
13. Состав «Агрополикор» для повышения почвенного плодородия питомников. Технические условия: ТУ ВУ 400070994.008–2010. – Внесены в реестр гос. регистрации 14.12.2010 г. – Минск : ГУ «БелИСА», 2012. – 184 с.
14. Компосты из коры. Технические условия: ГОСТ 56-56-83. – Введ. 08.12.1983. – М. : Гос. ком. СССР по лесн. хоз-ву : Архангельский ин-т леса и лесохимии, 1983. – 12 с.
15. Субстраты торфяно-перлитные. Технические условия: ТУ ВУ 100061961.002.2015. – Внесены в реестр госуд. регистрации 24.04.2015 г.
16. Максимова, С. Л. Дождевые черви. Возвращение создателя плодородия в поле / С. Л. Максимова, Г. М. Сафроновская // Наше сельское хозяйство. Агрономия. – 2020. – № 15. – С. 97–99.



17. Максимова, С. Л. Методические рекомендации по вермикомпостированию и вермикультивированию / С. Л. Максимова. – Минск, 2014. – 23 с.

18. Тихомирова, А. Л. Учет напочвенных беспозвоночных / А. Л. Тихомирова // Методы почвенно-зоологических исследований : сб. ст. / отв. ред. М. С. Гиляров. – М. : Наука, 1975. – С. 73–80.

19. Гиляров, М. С. Учет крупных почвенных беспозвоночных (мезофауны) / М. С. Гиляров // Методы почвенно-зоологических исследований : сб. ст. / отв. ред. М. С. Гиляров. – М. : Наука, 1975. – С. 12–30.

20. Барышников, Г. Я. Выращивание сеянцев хвойных пород с высокой степенью микоризности корней / Г. Я. Барышников, В. В. Копытков // Вестн. Алтай. гос. аграрного ун-та. – 2015. – № 5 (127). – С. 76–80.

МГТУ ИМ. И. П. ШАМЯКИНА

Справочное издание

**ХАРАКТЕРИСТИКА КЛАССА МАЛОЦЕТИНКОВЫЕ (*OLIGOSCHAETA*),  
ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Справочник •

Составители:

**Копытков** Владимир Васильевич,  
**Максимова** Светлана Леонидовна,  
**Позывайло** Оксана Петровна

Корректор *А. В. Солохов*  
Оригинал-макет *М. В. Бобкова*  
Дизайн обложки *Л. В. Клочкова*

Иллюстративный материал на первой странице обложки заимствован из общедоступных Интернет-ресурсов, не содержащих ссылок на авторов этих материалов и ограничения на их заимствование.

Подписано в печать 27.12.2023. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Цифровая печать. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 3,26.

Тираж 30 экз. Заказ 39.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Мозырский государственный  
педагогический университет имени И. П. Шамякина».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий N 1/306 от 22 апреля 2014 г.

Ул. Студенческая, 28, 247777, Мозырь, Гомельская обл.

Тел. (0236) 24-61-29.