

Организация исследовательской работы учащихся: использование биохимических стандартных наборов при исследовании лёгочных моллюсков

Н. Ю. Полозова, стажёр младшего научного сотрудника НИЛ элементоорганического синтеза кафедры органической химии Белорусского государственного университета, магистрант кафедры химии Витебского государственного университета имени П. М. Машерова,

Е. И. Кацнельсон, преподаватель-стажёр кафедры химии Витебского государственного университета имени П. М. Машерова,

О. М. Балаева-Тихомирова, заведующий кафедрой химии Витебского государственного университета имени П. М. Машерова, кандидат биологических наук, доцент

Для достижения высокого уровня образования и самообразования большую роль играют выполнение творческих заданий, разработка научно-образовательных проектов, а также научно-исследовательская работа, что и формирует практическую направленность обучения и способствует активизации познавательной деятельности учащихся.

Владение учителем методикой организации научно-исследовательской деятельности учащихся является основным элементом совершенствования школьного образования [1].

Уровень научно-исследовательских работ учащихся на современном этапе развития образования требует глубоких, обоснованных и подтверждённых конкретными цифровыми данными результатов. Невозможно исследование веществ только качественными методами, которые констатируют наличие тех или иных соединений, они не дают информации об их количественном значении и не устанавливают причинно-следственные связи между содержанием вещества и процессом, протекающим в организме.

Учитель намеренно должен направлять свою деятельность на развитие и формирование исследовательских интересов учащихся на уроках химии и биологии, на создание общей системы учебной и воспитательной работы. Научно-исследовательская работа является одной из видов интеллектуальной деятельности учащихся, связанной с решением творческой и исследовательской задач с указанием основных этапов работы [2]. Модельный эксперимент включает в себя структуру

и последовательность выполнения действий для достижения цели эксперимента, материалы и методы исследования, в которых указан объект, предмет и определяемые показатели. Для построения структуры экспериментальных исследований необходимо сформулировать цель, задачи, гипотезу планируемого исследования. Биохимический эксперимент требует предварительной подготовки, которая включает анализ источников литературы по данной теме, подбор методик и оборудования, приготовление реактивов и химической посуды для проведения опыта, отбор проб и пробобготовку [3].

Данная статья показывает возможность использования простых капельных биохимических опытов при организации научно-исследовательской работы учащихся.

К основным причинам, по которым учителя отказываются от проведения опытов с использованием стандартных биохимических наборов, можно отнести: необходимость покупки таких наборов; применение приборов (спектрофотометр или фотоэлектрокалориметр); нежелание использовать в качестве объектов живые организмы, а также недостаточную квалификацию учителя. Однако следует отметить, что биохимические наборы имеют невысокую стоимость и их легко приобрести у белорусских фирм, специализирующихся на их продаже. Использование таких наборов имеет ряд преимуществ: это полная комплектация необходимыми реактивами для проведения эксперимента, наличие подробных методик проведения опытов, прописанное количество

реагентов с указанием последовательности их добавления, приведённая формула для расчёта содержания вещества в пробе.

Проведение опытов с использованием биохимических наборов и описание полученных результатов соответствуют квалификационным возможностям учителей, кроме того, всегда есть возможность получения учителем консультаций у преподавателей высших учебных заведений. Приборы, необходимые для проведения опытов, есть в некоторых школах, а также возможно проведение некоторых экспериментов на базе вузов. В качестве объектов исследования могут использоваться брюхоногие моллюски, отличающиеся высокой плотностью природных популяций, низкой подвижностью и простотой сбора особей.

С использованием этих простых и доступных организмов возможно изучение химических компонентов среды обитания, а также изменения структурно-молекулярных показателей под влиянием факторов окружающей среды, загрязнения природных экосистем, различных физических, химических и биологических факторов [4; 5].

Цель работы — продемонстрировать использование стандартных биохимических наборов при организации научно-исследовательской работы в школе на примере исследования биохимических показателей гемолимфы лёгочных пресноводных моллюсков.

При планировании эксперимента учитель вместе с учащимися может изменять цель и задачи своего исследования, сохраняя при этом основную структуру эксперимента и определяемые показатели. Такие манипуляции позволяют отработать методики экспериментальных исследований и проводить их на протяжении нескольких лет, накапливая данные для сравнения. При этом сохраняются актуальность, новизна, самостоятельность исследований и многообразие тем с использованием одного объекта исследований с одними и теми же определяемыми показателями. Примеры тем, в которых объектом исследования является гемолимфа, а определяемыми показателями — содержание общего белка, глюкозы, мочевой кислоты, триглицеридов, следующие:

1. Влияние антропогенных факторов на содержание биохимических показателей в тканях лёгочных моллюсков.

2. Содержание ключевых показателей метаболизма в гемолимфе брюхоногих гидробионтов в зависимости от сезона года.

3. Влияние токсикантов на биохимические показатели в тканях лёгочных моллюсков в зависимости от типа транспорта кислорода.

4. Сравнительная характеристика содержания показателей обмена веществ у моллюсков, обитающих в водоёмах Республики Беларусь.

5. Определение концентрации биохимических показателей в тканях лёгочных моллюсков в зависимости от типа транспорта кислорода.

6. Влияние солей тяжёлых металлов на показатели метаболизма в гемолимфе брюхоногих гидробионтов в зависимости от сезона года.

Методика определения концентрации мочевой кислоты в гемолимфе

Определение концентрации мочевой кислоты проводят ферментативным методом с использованием стандартных биохимических наборов, в состав которых входят буферный раствор, ферментный раствор, калибровочный раствор с концентрацией мочевой кислоты 357 мкмоль/л.

Материалы и оборудование: гемолимфа, буферный раствор, ферментный раствор, калибровочный раствор мочевой кислоты, дистиллированная вода, термостат, спектрофотометр (фотоэлектрокалориметр).

Методика проведения опыта:

1. Готовят рабочий реагент путём смешивания реагента 1 (буферный раствор) и реагента 2 (ферментный раствор) в соотношении 4 : 1.

2. В 3 пробирки для опытной, калибровочной и холостой проб отмеряют и добавляют по 0,02 мл гемолимфы, калибратора и дистиллированной воды соответственно, затем в каждую пробирку добавляют по 1 мл рабочего реагента.

3. Пробы перемешивают и инкубируют в течение 10 минут в термостате при температуре +37 °С.

4. Оптическую плотность калибровочной и опытных проб измеряют на спектрофотометре или фотокалориметре при длине волны 510 нм против холостой пробы.

5. Концентрацию мочевой кислоты рассчитывают по формуле:

$$C_{\text{оп.}} = (E_{\text{оп.}}/E_{\text{кал.}}) \cdot 357,$$

где $C_{\text{оп.}}$ — концентрация мочевой кислоты в исследуемой гемолимфе (мкмоль/л); $E_{\text{оп.}}$ — оптическая плотность раствора, содержащего исследуемую гемолимфу; $E_{\text{кал.}}$ — оптическая плотность раствора, содержащего калибровочный

раствор; 357 — концентрация мочево́й кислоты в калибровочном растворе (ммоль/л).

Методика определения концентрации общего белка в гемолимфе

Определение концентрации общего белка проводят биуретовым методом с использованием стандартных биохимических наборов, в состав которых входят монореагент, калибровочный раствор с концентрацией общего белка 83 мг/мл.

Материалы и оборудование: гемолимфа, монореагент, калибровочный раствор общего белка, дистиллированная вода, спектрофотометр (фотоэлектрокалориметр).

Методика проведения опыта:

1. В 3 пробирки для опытной, калибровочной и холостой проб отмеряют и добавляют по 0,02 мл гемолимфы, калибратора и дистиллированной воды соответственно, затем в каждую пробирку добавляют по 1 мл монореагента.

2. Пробы перемешивают и инкубируют в течение 30 минут при комнатной температуре.

3. Оптическую плотность калибровочной и опытных проб измеряют на спектрофотометре или фотокалориметре при длине волны 540 нм против холостой пробы.

4. Концентрацию общего белка рассчитывают по формуле:

$$C_{\text{оп.}} = (E_{\text{оп.}}/E_{\text{кал.}}) \cdot 83,$$

где $C_{\text{оп.}}$ — концентрация общего белка в исследуемой гемолимфе (г/л); $E_{\text{оп.}}$ — оптическая плотность раствора, содержащего исследуемую гемолимфу; $E_{\text{кал.}}$ — оптическая плотность раствора, содержащего калибровочный раствор; 83 — концентрация общего белка в калибровочном растворе (мг/мл).

Методика определения концентрации глюкозы в гемолимфе

Определение глюкозы в гемолимфе проводят глюкозооксидазным методом с использованием стандартных биохимических наборов, в состав которых входят ферментный реагент, калибровочный раствор с концентрацией глюкозы белка 5,55 ммоль/л.

Материалы и оборудование: гемолимфа, ферментный реагент, калибровочный раствор глюкозы, дистиллированная вода, спектрофотометр (фотоэлектрокалориметр).

Методика проведения опыта:

1. В 3 пробирки для опытной, калибровочной и холостой проб отмеривают и добавляют по 0,02 мл гемолимфы, калибратора и дистиллированной воды соответственно, затем в каждую пробирку добавляют по 1 мл ферментного реагента.

2. Пробы перемешивают и инкубируют 10 минут при температуре +37 °С.

3. Измеряют оптическую плотность опытных и калибровочной проб относительно холостой пробы на спектрофотометре или фотокалориметре при длине волны 540 нм против холостой пробы.

4. Концентрацию глюкозы в опытной пробе определяют по формуле:

$$C_{\text{проб.}} = 5,55 / A_{\text{калибр.}} \cdot A_{\text{проб.}}$$

где $C_{\text{проб.}}$ — концентрация глюкозы в исследуемой гемолимфе (ммоль/л), $A_{\text{проб.}}$ — оптическая плотность раствора, содержащего исследуемую гемолимфу, $A_{\text{калибр.}}$ — оптическая плотность раствора, содержащего калибровочный раствор, 5,55 — концентрация глюкозы в калибровочном растворе (ммоль/л).

Методика определения концентрации триглицеридов в гемолимфе

Определение триглицеридов в гемолимфе проводят ферментативным методом с использованием стандартных биохимических наборов, в состав которых входят монореагент, калибровочный раствор с концентрацией триглицеридов 2,5 ммоль/л.

Материалы и оборудование: монореагент, калибровочный раствор, дистиллированная вода, спектрофотометр (фотоэлектрокалориметр).

Методика проведения опыта:

1. В 3 пробирки для опытной, калибровочной и холостой проб отмеривают и добавляют по 0,01 мл гемолимфы, калибратора и дистиллированной воды соответственно, затем в каждую пробирку добавляют по 1 мл монореагента.

2. Пробы перемешивают и инкубируют 10 минут при температуре +37 °С.

3. Измеряют оптическую плотность опытных и калибровочной проб относительно холостой пробы на спектрофотометре или фотокалориметре при длине волны 500 нм против холостой пробы.

4. Концентрацию триглицеридов в опытной пробе определяют по формуле:

$$C_{\text{проб.}} = 2,5 / A_{\text{калибр.}} \cdot A_{\text{проб.}}$$

где $C_{\text{проб.}}$ — концентрация триглицеридов в исследуемой гемолимфе (ммоль/л), $A_{\text{проб.}}$ — оптическая плотность раствора, содержащего исследуемую гемолимфу, $A_{\text{калибр.}}$ — оптическая плотность раствора, содержащего калибровочный раствор, 2,5 — концентрация триглицеридов в калибровочном растворе (ммоль/л). От рассчитанной концентрации триглицеридов в пробе нужно вычесть 0,11 ммоль/л, что отвечает средней концентрации свободного глицерина в сыворотке.

Пример возможного модельного эксперимента по теме «Содержание ключевых показателей обмена веществ в тканях лёгочных пресноводных моллюсков, обитающих в водоёмах Республики Беларусь»

Для оценки состояния организма определяют ключевые показатели углеводного, азотного и липидного обменов и изучают скорость мо-

билизации и утилизации энергетических субстратов при воздействии различных антропогенных факторов.

Цель: определить содержание ключевых биохимических показателей в тканях лёгочных пресноводных моллюсков, обитающих в водоёмах Республики Беларусь.

Материал и методы. При проведении исследований использовались два вида лёгочных пресноводных моллюсков — прудовик обыкновенный (*Lymnaea stagnalis*) и катушка роговая (*Planorbarius corneus*). Исследования проводились на 756 лёгочных пресноводных моллюсках, разделённых на две группы: 378 особей *Lymnaea stagnalis* и 378 особей *Planorbarius corneus*. Моллюски собирались из водоёмов четырёх районов Витебской области и из трёх районов Гомельской области (таблица 1). В каждой исследовательской подгруппе содержалось по 9 моллюсков. Сбор осуществлялся в осенний (сентябрь–октябрь) и в весенний (апрель–май) периоды. Особи собирались вручную.

Таблица 1 — Места сбора моллюсков

Район сбора моллюсков	Место сбора	Название водоёма
Витебский район	г. Витебск	р. Витьба
Дубровенский район	д. Шеки	оз. Афанасьевское
Ушачский район	д. Дубровка	оз. Дубровское
Шумилинский район	а/г Башни	оз. Будовесть
Гомельский район	г. Гомель	оз. Любенское
Мозырский район	д. Красная Горка	р. Припять
Рогачёвский район	г. Рогачёв	р. Друть

После отлова в лабораторных условиях осуществлялся забор материала (гепатопанкреаса и гемолимфы) для дальнейшего исследования. Гемолимфу у моллюсков получали посредством раздражения ноги уколом иглы. Это стимулировало рефлекс втягивания ноги в раковину, в результате чего гемолимфа выделялась наружу. Пробы гемолимфы помещали в пробирки

Эппендорфа. Для произведения отбора гепатопанкреаса раковина моллюска разбивалась, и с помощью скальпеля и пинцета производилось отделение пищеварительной железы.

Результаты и их обсуждение. Моллюски из р. Витьба Витебского района характеризуются следующими показателями обмена веществ (таблица 2).

Таблица 2 — Показатели обмена веществ в гемолимфе *Planorbarius corneus* и *Lymnaea stagnalis* из р. Витьба Витебского района ($M \pm m$)

Показатели	Сезон сбора	
	Весна ($n = 9$)	Осень ($n = 9$)
<i>Planorbarius corneus</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	$37,04 \pm 0,52$	$33,31 \pm 0,46$
Мочевая кислота (мкмоль/л)	$137,99 \pm 5,23^1$	$92,14 \pm 2,02$

Показатели	Сезон сбора	
	Весна (n = 9)	Осень (n = 9)
Глюкоза (ммоль/л)	1,90 ± 0,072 ¹	0,73 ± 0,045
Триглицериды (ммоль/л)	0,222 ± 0,006	0,192 ± 0,008
<i>Lymnaea stagnalis</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	14,03 ± 0,22	15,87 ± 0,25
Мочевая кислота (мкмоль/л)	74,47 ± 1,48 ¹	25,46 ± 0,64
Глюкоза (ммоль/л)	0,93 ± 0,006 ¹	0,41 ± 0,037
Триглицериды (ммоль/л)	0,52 ± 0,009 ¹	0,298 ± 0,008

Примечание¹. $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Концентрация мочевой кислоты повышена в весенний период сбора у катушки роговой в 1,5 раза, у прудовика обыкновенного в 2,9 раза по сравнению с осенним периодом сбора. По сравнению с весенним периодом сбора понижено содержание глюкозы в осенний период сбора в 2,3 раза у *L. stagnalis* и в 2,6 раза у *Pl. corneus*. Содержание тригли-

церидов в гемолимфе *L. stagnalis* в 1,8 раза больше в весенний период, чем в осенний. Статистических отличий в содержании общего белка в гемолимфе у обоих видов моллюсков не выявлено.

Моллюски из оз. Афанасьевское Дубровенского района характеризуются следующими показателями обмена веществ (таблица 3).

Таблица 3 — Показатели обмена веществ в гемолимфе и гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* и *Lymnaea stagnalis* из оз. Афанасьевское Дубровенского района ($M \pm m$)

Показатели	Сезон сбора	
	Весна (n = 9)	Осень (n = 9)
<i>Planorbarius corneus</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	33,40 ± 0,63	31,24 ± 0,65
Мочевая кислота (мкмоль/л)	149,28 ± 1,68 ¹	82,46 ± 2,16
Глюкоза (ммоль/л)	1,33 ± 0,068 ¹	0,67 ± 0,069
Триглицериды (ммоль/л)	0,276 ± 0,006	0,324 ± 0,006
<i>Lymnaea stagnalis</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	13,14 ± 0,33	14,14 ± 0,17
Мочевая кислота (мкмоль/л)	77,61 ± 1,02 ¹	35,31 ± 0,49
Глюкоза (ммоль/л)	0,82 ± 0,012 ¹	0,36 ± 0,026
Триглицериды (ммоль/л)	0,327 ± 0,004	0,404 ± 0,006

Примечание¹. $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Уровень глюкозы в гемолимфе двух видов моллюсков понижается от весны к осени в 2 раза у *L. stagnalis* и в 2,3 раза у *Pl. corneus*. По сравнению с осенним периодом сбора у катушки роговой повышена концентрация мочевой кислоты в весенний период сбора в 1,8 раза, у прудовика обыкновенного —

в 2,2 раза. У *Pl. corneus* и *L. stagnalis* статистически значимых отличий в содержании общего белка не отмечено.

Моллюски из оз. Дубровское Ушачского района характеризуются следующими показателями обмена веществ (таблица 4).

Таблица 4 — Показатели обмена веществ в гемолимфе и гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* и *Lymnaea stagnalis* из оз. Дубровское Ушачского района ($M \pm m$)

Показатели	Сезон сбора	
	Весна ($n = 9$)	Осень ($n = 9$)
<i>Planorbarius corneus</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	35,36 ± 0,95	35,14 ± 0,60
Мочевая кислота (мкмоль/л)	139,66 ± 4,55 ¹	96,36 ± 2,36
Глюкоза (ммоль/л)	1,10 ± 0,095 ¹	0,58 ± 0,055
Триглицериды (ммоль/л)	0,276 ± 0,006	0,232 ± 0,01
<i>Lymnaea stagnalis</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	13,59 ± 0,11	14,35 ± 0,19
Мочевая кислота (мкмоль/л)	72,58 ± 1,30 ¹	28,75 ± 0,57
Глюкоза (ммоль/л)	0,70 ± 0,056 ¹	0,37 ± 0,012
Триглицериды (ммоль/л)	0,261 ± 0,003 ¹	0,354 ± 0,008

Примечание¹. $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

У *Pl. corneus* повышено содержание мочевой кислоты в весенний период сбора в 1,5, а у *L. stagnalis* — в 2,5 раза по сравнению с осенним периодом. У двух видов моллюсков по сравнению с осенним периодом повышена концентрация глюкозы в весенний период сбора в 1,9 раза. В тканях *L. stagnalis* концентрация триглицеридов в 1,4 раза меньше

в весенний период, больше по сравнению с осенним периодом. Статистические отличия не обнаружены при сравнении двух сезонов года в показателях общего белка (гемолимфа) у *L. stagnalis* и *Pl. corneus*.

Моллюски из оз. Будовесть Шумилинского района характеризуются следующими показателями обмена веществ (таблица 5).

Таблица 5 — Показатели обмена веществ в гемолимфе и гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* и *Lymnaea stagnalis* из оз. Будовесть Шумилинского района ($M \pm m$)

Показатели	Сезон сбора	
	Весна ($n = 9$)	Осень ($n = 9$)
<i>Planorbarius corneus</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	39,34 ± 0,61	36,35 ± 1,62
Мочевая кислота (мкмоль/л)	157,82 ± 4,52 ¹	89,06 ± 2,00
Глюкоза (ммоль/л)	2,34 ± 0,252 ¹	1,15 ± 0,086
Триглицериды (ммоль/л)	0,283 ± 0,007	0,226 ± 0,011
<i>Lymnaea stagnalis</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	14,48 ± 0,28	14,93 ± 0,24
Мочевая кислота (мкмоль/л)	74,82 ± 1,34 ¹	30,36 ± 0,76
Глюкоза (ммоль/л)	1,05 ± 0,044 ¹	0,54 ± 0,045
Триглицериды (ммоль/л)	0,368 ± 0,008	0,347 ± 0,008

Примечание¹. $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

У *Pl. corneus* повышено содержание мочевой кислоты в весенний период сбора в 1,8,

а у *L. stagnalis* в 2,5 раза по сравнению с осенним периодом сбора. По сравнению с весенним

Даследчая дзейнасць навучэнцаў

периодом сбора понижен уровень глюкозы в осенний период сбора *Pl. corneus* и *L. stagnalis* в 2,0 и 1,9 раза соответственно. Не выявлены статистически значимые отличия в содержа-

нии общего белка и триглицеридов в гемолимфе у *Pl. corneus* и *L. stagnalis*.

Моллюски из оз. Любенское Гомельского района характеризуются следующими показателями обмена веществ (таблица 6).

Таблица 6 — Показатели обмена веществ в гемолимфе и гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* и *Lymnaea stagnalis* из оз. Любенское Гомельского района ($M \pm m$)

Показатели	Сезон сбора	
	Весна (n = 9)	Осень (n = 9)
<i>Planorbarius corneus</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	22,66 ± 0,48	23,21 ± 0,35
Мочевая кислота (мкмоль/л)	129,36 ± 1,11	121,2 ± 1,97
Глюкоза (ммоль/л)	1,28 ± 0,02 ¹	0,89 ± 0,02
Триглицериды (ммоль/л)	0,258 ± 0,004	0,23 ± 0,02
<i>Lymnaea stagnalis</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	8,71 ± 0,16 ¹	13,78 ± 0,16
Мочевая кислота (мкмоль/л)	67,01 ± 1,49	60,49 ± 1,23
Глюкоза (ммоль/л)	1,13 ± 0,046 ¹	0,61 ± 0,02
Триглицериды (ммоль/л)	0,328 ± 0,005	0,29 ± 0,01

Примечание¹. $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Содержание общего белка в гемолимфе повышено в осенний период у *L. stagnalis* в 1,6 раза. По сравнению с весенним периодом сбора понижено содержание глюкозы в осенний период сбора в 1,9 раза у *L. stagnalis* и в 1,4 раза у *Pl. corneus*. Статистические от-

личия не выявлены в содержании мочевой кислоты, триглицеридов у обоих видов моллюсков, а у *Pl. corneus* в содержании общего белка в гемолимфе.

Моллюски из р. Припять Мозырского района характеризуются следующими показателями обмена веществ (таблица 7).

Таблица 7 — Показатели обмена веществ в гемолимфе и гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* и *Lymnaea stagnalis* из р. Припять Мозырского района ($M \pm m$)

Показатели	Сезон сбора	
	Весна (n = 9)	Осень (n = 9)
<i>Planorbarius corneus</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	25,45 ± 0,35	26,06 ± 0,43
Мочевая кислота (мкмоль/л)	148,29 ± 2,77	126,93 ± 3,85
Глюкоза (ммоль/л)	1,26 ± 0,04 ¹	0,75 ± 0,02
Триглицериды (ммоль/л)	0,24 ± 0,008	0,24 ± 0,01
<i>Lymnaea stagnalis</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	8,89 ± 0,13 ¹	11,66 ± 0,29
Мочевая кислота (мкмоль/л)	78,36 ± 1,47 ¹	62,14 ± 1,15
Глюкоза (ммоль/л)	1,11 ± 0,028 ¹	0,62 ± 0,02
Триглицериды (ммоль/л)	0,366 ± 0,007	0,34 ± 0,02

Примечание¹. $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Содержание общего белка в гемолимфе повышено в осенний период у *L. stagnalis* в 1,3 раза. По сравнению с осенним периодом сбора у прудовика обыкновенного повышена концентрация мочевой кислоты в весенний период сбора в 1,3 раза. У *Pl. corneus* и *L. stagnalis* повышено содержание глюкозы в весенний период сбора в 1,7 и 1,8 раза соответственно. У катушки

роговой и прудовика обыкновенного между сезонами года не обнаружены отличия в содержании триглицеридов, у катушки роговой они не найдены в содержании мочевой кислоты и общего белка в гемолимфе.

Моллюски из р. Друть Рогачёвского района характеризуются следующими показателями обмена веществ (таблица 8).

Таблица 8 — Показатели обмена веществ в гемолимфе и гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* и *Lymnaea stagnalis* из р. Друть Рогачёвского района ($M \pm m$)

Показатели	Сезон сбора	
	Весна (n = 9)	Осень (n = 9)
<i>Planorbarius corneus</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	24,20 ± 0,55	25,05 ± 0,29
Мочевая кислота (мкмоль/л)	162,57 ± 9,07 ¹	115,93 ± 1,71
Глюкоза (ммоль/л)	1,12 ± 0,04 ¹	0,66 ± 0,01
Триглицериды (ммоль/л)	0,323 ± 0,005	0,31 ± 0,03
<i>Lymnaea stagnalis</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	8,76 ± 0,26	10,89 ± 0,22
Мочевая кислота (мкмоль/л)	67,28 ± 0,66 ¹	58,09 ± 1,07
Глюкоза (ммоль/л)	1,01 ± 0,05 ¹	0,54 ± 0,01
Триглицериды (ммоль/л)	0,319 ± 0,01	0,36 ± 0,01

Примечание¹. $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

У *Pl. corneus* повышено содержание мочевой кислоты в весенний период сбора в 1,4, а у *L. stagnalis* — в 1,2 раза по сравнению с осенним периодом. Концентрация глюкозы в весенний период сбора повышена у *Pl. corneus* в 1,7 раза, у *L. stagnalis* в 1,9 раза по сравнению с осенним периодом. Статистические отличия не выявлены в содержании общего белка, триглицеридов у обоих видов моллюсков.

Заключение. Результаты исследования позволили сделать следующие выводы:

1) изменения показателей метаболизма в тканях лёгочных пресноводных моллюсков Витебской области характеризуются следующими закономерностями: содержание показателей метаболизма выше в весенний сезон сбора моллюсков, статистически значимые отличия зафиксированы в содержании мочевой кислоты и глюкозы; характер изменения у моллюсков сохраняется во всех исследуемых местах сбора, местообитание в пределах области не влияет на показатели метаболизма,

что может быть связано с высокой устойчивостью моллюсков к внешним неблагоприятным факторам воздействия; значения показателей метаболизма выше у *Planorbarius corneus* по сравнению с *Lymnaea stagnalis*;

2) изменения показателей метаболизма в тканях моллюсков Гомельской области характеризуются сходными закономерностями, что и в Витебской области: значение показателей метаболизма выше в весенний период, характер изменения сохраняется у моллюсков из всех исследуемых водоёмов, значения показателей метаболизма выше у *Planorbarius corneus* по сравнению с *Lymnaea stagnalis*;

3) при сравнении показателей метаболизма моллюсков Витебской и Гомельской областей выявлены следующие статистически значимые отличия: у моллюсков Гомельской области повышено содержание мочевой кислоты, глюкозы, снижено содержание общего белка по сравнению с моллюсками Витебской области, все остальные показатели метаболизма у моллюсков, обитающих в водоёмах двух

Содержание общего белка в гемолимфе повышено в осенний период у *L. stagnalis* в 1,3 раза. По сравнению с осенним периодом сбора у прудовика обыкновенного повышена концентрация мочевой кислоты в весенний период сбора в 1,3 раза. У *Pl. corneus* и *L. stagnalis* повышено содержание глюкозы в весенний период сбора в 1,7 и 1,8 раза соответственно. У катушки

роговой и прудовика обыкновенного между сезонами года не обнаружены отличия в содержании триглицеридов, у катушки роговой они не найдены в содержании мочевой кислоты и общего белка в гемолимфе.

Моллюски из р. Друть Рогачёвского района характеризуются следующими показателями обмена веществ (таблица 8).

Таблица 8 — Показатели обмена веществ в гемолимфе и гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* и *Lymnaea stagnalis* из р. Друть Рогачёвского района ($M \pm m$)

Показатели	Сезон сбора	
	Весна (n = 9)	Осень (n = 9)
<i>Planorbarius corneus</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	24,20 ± 0,55	25,05 ± 0,29
Мочевая кислота (мкмоль/л)	162,57 ± 9,07 ¹	115,93 ± 1,71
Глюкоза (ммоль/л)	1,12 ± 0,04 ¹	0,66 ± 0,01
Триглицериды (ммоль/л)	0,323 ± 0,005	0,31 ± 0,03
<i>Lymnaea stagnalis</i>		
Общий белок (гемолимфа) (мг/мл)	8,76 ± 0,26	10,89 ± 0,22
Мочевая кислота (мкмоль/л)	67,28 ± 0,66 ¹	58,09 ± 1,07
Глюкоза (ммоль/л)	1,01 ± 0,05 ¹	0,54 ± 0,01
Триглицериды (ммоль/л)	0,319 ± 0,01	0,36 ± 0,01

Примечание¹. $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

У *Pl. corneus* повышено содержание мочевой кислоты в весенний период сбора в 1,4, а у *L. stagnalis* — в 1,2 раза по сравнению с осенним периодом. Концентрация глюкозы в весенний период сбора повышена у *Pl. corneus* в 1,7 раза, у *L. stagnalis* в 1,9 раза по сравнению с осенним периодом. Статистические отличия не выявлены в содержании общего белка, триглицеридов у обоих видов моллюсков.

Заключение. Результаты исследования позволили сделать следующие выводы:

1) изменения показателей метаболизма в тканях лёгочных пресноводных моллюсков Витебской области характеризуются следующими закономерностями: содержание показателей метаболизма выше в весенний сезон сбора моллюсков, статистически значимые отличия зафиксированы в содержании мочевой кислоты и глюкозы; характер изменения у моллюсков сохраняется во всех исследуемых местах сбора, местообитание в пределах области не влияет на показатели метаболизма,

что может быть связано с высокой устойчивостью моллюсков к внешним неблагоприятным факторам воздействия; значения показателей метаболизма выше у *Planorbarius corneus* по сравнению с *Lymnaea stagnalis*;

2) изменения показателей метаболизма в тканях моллюсков Гомельской области характеризуются сходными закономерностями, что и в Витебской области: значение показателей метаболизма выше в весенний период, характер изменения сохраняется у моллюсков из всех исследуемых водоёмов, значения показателей метаболизма выше у *Planorbarius corneus* по сравнению с *Lymnaea stagnalis*;

3) при сравнении показателей метаболизма моллюсков Витебской и Гомельской областей выявлены следующие статистически значимые отличия: у моллюсков Гомельской области повышено содержание мочевой кислоты, глюкозы, снижено содержание общего белка по сравнению с моллюсками Витебской области, все остальные показатели метаболизма у моллюсков, обитающих в водоёмах двух

областей, находятся примерно на одинаковом уровне.

Изменения в содержании ключевых показателей метаболизма у моллюсков в весенний и осенний периоды сбора могут быть связаны с изменением состава кормовой базы, физической и физиологической активности организмов и внешнего воздействия факторов окружающей среды. Так, показатели в осенний период сбора выше, чем в весенний, вследствие того, что осенью моллюски готовятся впасть в анабиоз и организм активно накапливает питательные вещества. Низкие значения исследуемых показателей весной объясняются выходом моллюсков из анабиоза, в течение которого гидробионты расходовали запасённые питательные вещества.

На основании полученных данных может быть создан алгоритм установления экологического состояния воды посредством анализа простых и доступных методик исследования общего белка, мочевины и мочевой кислоты по трём параметрам — сезону анализа, местообитанию и типу транспорта кислорода с использованием двух модельных организмов *Lymnaea stagnalis* и *Planorbarius corneus*.

Проведённые исследования показали, что содержание общего белка, мочевины и мочевой кислоты в гемолимфе двух видов лёгочных пресноводных моллюсков, отличающихся по типу транспорта кислорода, закономерно зависит от сезона и может отличаться в связи с особенностями химического состава водной среды обитания.

Таким образом, лёгочные моллюски являются удобными и наиболее широко используемыми объектами для мониторинга биологического состояния водных экосистем. Кроме их чувствительности к действиям различных физических (температура, ультрафиолетовое излучение, ионизирующее излучение и др.), химических (свободно-радикальные процессы) и биологических (бактериальные инфекции, паразитирование личинок трематод) факторов, следует учитывать также влияние на исследуемые показатели сезона года и местообитания. Изменения в метаболизме лёгочных пресноводных моллюсков связаны с тем, что они подстраиваются под изменяющиеся условия среды.

Предложенная экспериментальная модель способствует формированию у учащихся осмысленного понимания сущности опытов, последовательности выполнения работ, схемы проведения опытов и соблюдению правил безопасного проведения, прогнозированию возможных результатов, доказательству или опровержению гипотез, формированию умений делать выводы и обобщать полученный материал. Использование модельного эксперимента помогает развивать умения наблюдать факты и явления и объяснять их сущность с помощью теорий и законов, формирует и совершенствует экспериментальные умения и навыки, прививает навыки планировать свою работу и осуществлять самоконтроль, способствует общему воспитанию, всестороннему развитию личности.

Список использованных источников

1. Ахметов, М. А. К методике применения средств наглядности при формировании химических понятий / М. А. Ахметов, О. Н. Исаева, Н. Н. Пильникова // Химия в школе. — 2010. — № 4. — С. 28–31.
2. Леонтович, А. В. Модель научной школы и практика организации исследовательской деятельности учащихся / А. В. Леонтович // Школ. технологии. — 2001. — № 5. — С. 146–149.
3. Борздун, В. Н. Исследовательская деятельность в школе: критерии оценки / В. Н. Борздун, Л. А. Борздун // Методист. — 2003. — № 6. — С. 48–51.
4. Полосин, В. С. Некоторые примеры развития познавательного интереса учащихся / В. С. Полосин // Химия в школе. — 1992. — № 3. — С. 18–19.
5. Рассказова, Ж. В. Исследовательская деятельность учащихся в условиях общеобразовательной школы: функция и виды / Ж. В. Рассказова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2012. — № 6. — С. 246–247.