

Государственное бюджетное образовательное учреждение
«Центр дополнительного образования «Малая академия наук»
Центр выявления и поддержки одаренных детей
города Севастополя «Альтаир»

Номинация: «Зоология и экология
беспозвоночных животных»

**РЕАКЦИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЧЕРНОМОРСКИХ ДВУСТВОРЧАТЫХ
МОЛЛЮСКОВ НА СВЕТОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ**

Работу выполнила: Бебиашвили Анико,
учащаяся творческого объединения
«Творческая биология» ГБОУ «ЦДО
«Малая академия наук» ГБОУ СОШ
№57, 8 класс:

Научный руководитель: Баутина О.В.
Васильевна, педагог дополнительного
образования

ГБОУ ЦДО «Малая академия наук»,
учитель биологии ГБОУ СОШ №57,
Научный консультант: Кузнецов А. В.,
д.б.н. лаборатории БиФГМО ИнБЮМ,

г. Севастополь – 2022 год

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Раздел 1. Теоретический раздел	5
1.1 Общие сведения о двустворчатых моллюсках	5
1.2 Нервная система и органы чувств моллюсков	6
1.3 Фоторецепторные системы беспозвоночных животных	7
Раздел 2. Материалы и методы	8
2.1 Время и место сбора материала	8
2.2 Описание объекта исследований	8
2.3 Методы исследований	8
Раздел 3. Экспериментальная часть	9
3.1 Постановка экспериментов	9
3.2 Наблюдение над реакцией моллюсков на световое воздействие	10
Раздел 4. Результаты исследований, их обсуждение	11
4.1 Реакция моллюсков на воздействия разных лазерных лучей	11
4.2 Обсуждение результатов проведенных работ	11
Выводы	13
Список использованной литературы	14
Приложения	15

ВВЕДЕНИЕ

Жизнь в Чёрном море богата и разнообразна. Общее число выявленных здесь видов флоры и фауны приближается к 4 тысячам. Из них в Чёрном море обитает 1983 вида беспозвоночных животных. Заметную долю составляют обитатели бентоса, т.е. обитатели дна: моллюски, черви, ракообразные, полипы, губки, мшанки и др.

Многие ученые института Южных морей проводят исследования с целью изучения морских обитателей, их строения, пищевых связей. В ходе объяснения их многообразных взаимоотношений решается важная задача – сохранение биоразнообразия Черного моря.

Многочисленные экспедиции в акватории черноморского побережья вызвали у нас интерес к моллюскам и, в частности, к вопросу о работе фоторецепторов двустворок. Познакомившись с ранее проводимыми исследованиями, мы поняли, что не все данные по этому вопросу имеются. Было необходимо провести эксперименты.

Актуальность исследования:

Светочувствительные сенсорные системы морских организмов – предмет изучения многих ученых. Однако это свойство не у всех представителей типа Моллюски - *Mollusca*, класса Двустворчатые – *Bivalvia* были исследованы в лабораторных условиях. Актуальность исследования – дополнить недостающими сведениями данный вопрос на основе выполнения ряда экспериментов.

Цель исследования:

Изучение реакции некоторых видов двустворчатых моллюсков акватории Черного моря на световое воздействие.

Задачи:

Экспериментально определить светочувствительные реакции разных видов двустворчатых моллюсков.

1. Сопоставить полученные результаты с имеющимися сведениями о сенсорных системах морских организмов.
2. Установить зависимость световосприятия двустворчатых моллюсков от их среды обитания.
3. Предложить эффективные способы выращивания двустворчатых моллюсков на основании полученных результатов.

Гипотеза:

мидия средиземноморская *Mytilus galloprovincialis* и митилястер полосатый *Mytilaster lineatus* будут иметь похожие световые реакции с представителем двустворок: гребешок черноморский *Flexopecten ponticus*.

Объект исследования:

Двустворчатые моллюски венерка *Venus gallina*, митилястер полосатый *Mytilaster lineatus*, скафарка неравная *Scapharca inaequalis*, мидалия средиземноморская *Mytilus galloprovincialis*, гребешок черноморский *Flexopecten ponticus*.

Предмет исследования:

Сенсорные системы морских животных и их участие в физиологическом ответе на световое воздействие.

Практическая значимость работы заключается в том, что данные материалы позволят пополнить недостающие сведения о сенсорных системах некоторых моллюсков.

Личный вклад учащегося. Сбор материала проводился автором работы, Бебиашвили А.В. в июне-июле 2022 года в акваториях бухт. Соленая, м. Фиолент и на устричной ферме института Южных морей. Камеральные работы осуществлялись на базе лаборатории ИнБЮМ в июле и начале августа 2022 года под руководством Кузнецова А.В.

РАЗДЕЛ 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Общие сведения о двустворчатых моллюсках

Двустворчатые моллюски — это донные малоподвижные животные, населяющие морские и пресные воды. Науке известно около 10 тыс. представителей этого класса, из них приблизительно 1 тыс. видов обитает на территории нашей страны [5].

Размеры этих моллюсков варьируются от нескольких миллиметров до 1,5 м. Могут образовывать нити для прикрепления к грунту — биссусы.



Рис. 1.1 Нити биссуса на раковине мидии, оставшиеся на месте прикрепления другого моллюска

Большинство двустворчатых — фильтраторы, питаются детритом. Они участвуют в очищении водоёмов от органических взвесей.

Толстый перламутровый слой раковин используется для изготовления пуговиц, ювелирных и декоративных изделий. Некоторые двустворчатые моллюски (жемчужница, перловица) образуют жемчуг [1].

Широко распространённые в пресных реках и морях моллюски рода Дрейссена образуют массовые поселения, в том числе на днищах кораблей, ухудшая их обтекаемость и снижая мореходные качества.

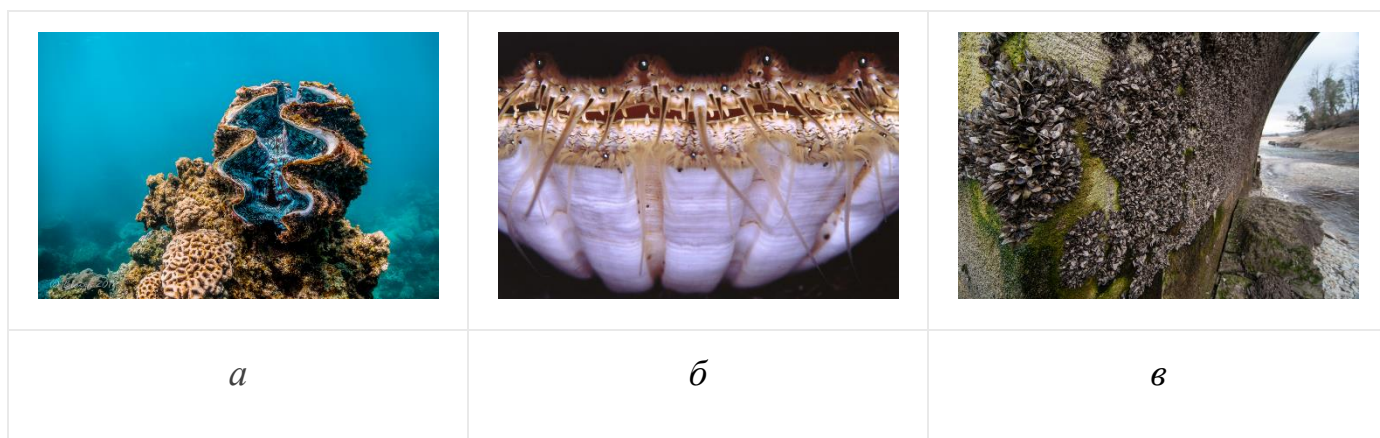


Рис.1.2. а — тридакна, крупнейший двустворчатый моллюск; б — гребешок, на мантии видны многочисленные органы зрения, способные различать свет и тьму; в — поселения дрейссены на корпусе корабля

1.2 Нервная система и органы чувств моллюсков

Как и у большинства других моллюсков, нервная система у двустворчатого разбросанно-узлового типа.

Органы чувств у двустворчатых по сравнению с другими классами моллюсков развиты довольно слабо. Однако эти органы разнообразны по своему строению и рассеяны в различных частях тела: вдоль наружных краев мантии, на концах сифонов, на первых жаберных нитях, около ротового отверстия на околототовых щупальцах, на краях заднего замыкательного мускула, в выдыхательной камере, около задней кишки. Эти органы чувств представляют собой как довольно сложные образования - глаза, или фоторецепторы, органы равновесия -статоцисты, или статорецепторы, так и более простые - осфрадии, различные чувствительные выросты, а иногда и просто скопления пигментированных чувствительных клеток [1].

Фоторецепторы у двустворчатых моллюсков могут быть устроены очень различно: от простых эпителиальных пигментных (оптических органелл) до довольно сложных глаз с хрусталиком и сетчаткой. Такие глаза могут быть очень многочисленными, особенно у свободноживущих форм, как например мантийные глаза у гребешков, у которых их насчитывается иногда до 100 на обоих краях мантии.

Различно устроенные глаза и глазки могут располагаться у двустворчатых также на первых жаберных нитях (жаберные глаза у арок, аномии), на коротких выростах вокруг отверстий сифонов (у некоторых сердцевидок).

У многих двустворчатых имеются так называемые оптические органеллы, сферические или удлинённые, концентрирующие свет на особом внутриклеточном иннервированном образовании. Такие фоторецепторы разбросаны на концах сифонов и в других частях тела моллюсков. Отдельные рецепторные клетки разбросаны на жабрах, ротовых лопастях, по краю мантии и на сифонах.

Осязательную функцию выполняют также щупальца, развивающиеся по краю мантии. У хищных двустворчатых из отряда *Anomalodesmata* сифоны окружены щупальцами, чувствительными к вибрациям; с их помощью моллюски обнаруживают добычу. У всех двустворчатых есть светочувствительные клетки, благодаря которым моллюск определяет, когда его полностью накроет тень [8].

1.2 Фоторецепторные системы беспозвоночных животных

Фоторецепторы – это один из видов сенсорных органов (систем), отвечающие за зрение. Именно возможностями фоторецепторов определяется *оптическая ориентация* животных в пространстве.

Фоторецепторы, например, изолированы от воздействия химических и механических стимулов прозрачными барьерами (свето-преломляющим аппаратом). Это рецепторы, которые представлены производными клетки со жгутиком и совокупностью миофибрилл [7].

Обычно у сенсорной клетки различают входное устройство, преобразователь и выходной механизм. На входе специализированный аппарат избирательно воспринимает стимулы извне; задача преобразователя, то есть цепочки биохимических процессов, - усиливать поступивший сигнал и переводить его на язык внутриклеточных сигналов. Закодированный внутриклеточный сигнал передается на выходе в нервную систему [8].

Основа фоторецепции - мембранный белок родопсин. Его белковый компонент - опсин - не поглощает свет. Эту способность и окраску он приобретает при взаимодействии со светочувствительным веществом (альдегидом витамина А - ретинола) - так получается родопсин. Максимумы спектров поглощения родопсина у разных животных различны и могут располагаться как в видимой, так и в невидимой (для нас!) ультрафиолетовой части спектра. В отдельных случаях молекулы родопсина ориентированы в фоторецепторной мембране в одном направлении; и тогда возникает различие в поглощении света в зависимости от направления его распространения. Опсины – это функционально разнообразная группа белков, обеспечивающих восприятие света в органах зрения у многоклеточных животных [8].

Входной сигнал на рецептор в клеточной мембране "усиливается": рецепторный белок при взаимодействии с сигнальной молекулой или квантом света изменяет свою конформацию и становится доступным для взаимодействия с так называемым G-белком. Каждая молекула из них в свою очередь успевает "возбудить" молекулу фермента. Таким образом, единичное микрособытие на входе сенсорного рецептора приводит к массовому изменению на выходе и регистрируется нервной системой в виде тоже единичного, но уже макрособытия - рецепторного сигнала [8].

РАЗДЕЛ 2

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1 Время и место сбора материала

V. gallina и *S. inaequalis* собирали на отмели в бухте Солёная (Казачья), особи *F. ponticus* получены с устричной фермы (ИнБИОМ), *M. galloprovincialis* и *M. lineatus* ловили на мелководной банке м. Фиолент (г. Севастополь). Пойманных особей доставляли в лабораторию, промывали свежей морской водой и помещали в аквариум объёмом 30 л. Давали животным адаптироваться в течение нескольких часов и направляли подвижный лазерный пучок между открытыми створками поочерёдно на каждое животное. Фиксировали реакцию животных на воздействие. Биоинформационный анализ проводили, как описано ранее [1].

2.2 Описание объекта исследования

Двустворчатые моллюски *Venus gallina* (Linnaeus, 1758) и *Scapharca inaequalis* (Bruguiere, 1789) являются типичными представителями песчаных пляжей черноморского побережья. *Flexopecten ponticus* (Bucquoy et al., 1889) встречается реже.

Mytilus galloprovincialis (Lamarck, 1819) и *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791) обитают на скалах, причём мидии встречаются также в иле на дне. В отличие от других моллюсков *F. ponticus* способен передвигаться за счёт реактивной силы, возникающей при резком схлопывании створок [5].

Известно, что у морского гребешка по краю мантии располагаются глазки, чувствительные к быстрому изменению освещённости, что позволяет моллюску реагировать на тень от приближающегося предмета, и захлопывать раковину. Медленное смыкание створок раковины наблюдается

и у митилид, хотя они ведут оседлый образ жизни. Для венерки и скафарки подобная реакция на свет не описана.

2.2 Методы исследований

Основным методом проводимых исследований можно считать экспериментальный. Статистический метод применялся для сравнительного анализа реакций на воздействие лазером на светочувствительные системы моллюсков.

РАЗДЕЛ 3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Постановка экспериментов

Проведенные ранее лабораторные эксперименты по воздействию светового лазерного излучения на светочувствительные системы моллюсков дали представление о реакциях на свет только трех представителей: венерки, скафарки и гребешка. Сведений о реакции мидий и митилястеров на начало экспериментов не было.

Цель экспериментов: доказать гипотезу о том, что мидия средиземноморская *Mytilus galloprovincialis* и митилястер полосатый *Mytilaster lineatus* будут иметь похожие световые реакции с представителем двустворок: гребешок черноморский *Flexopecten ponticus*.

Эксперименты по воздействию пучком света на биологический объект выполняли в следующей последовательности.

Пойманных особей доставляли в лабораторию, промывали свежей морской водой и помещали в аквариум объемом 30 л. Давали животным адаптироваться в течение нескольких часов и направляли подвижный лазерный пучок между открытыми створками поочередно на каждое животное.

Главным условием в описываемых экспериментах было дождаться, когда животные перейдут в состояние покоя в условиях лаборатории, т.е. перестанут двигаться в отведенном им объеме экспериментальной камеры, чтобы потом воздействовать лазерным светом и зафиксировать происходящие с организмом изменения и замерять время, когда животное покинет зону освещения. Поэтому, все опыты с лазерами проводили в затемнённых помещениях (Приложение б).

Затем фиксировали реакцию животных на воздействие.

3.2 Наблюдение над реакцией моллюсков на световое воздействие

Световое излучение использовали трех цветов: синий, красный и зеленый.

Наблюдая за реакцией разных видов на световое воздействие, можно было определить, что венерка *Venus gallina* и скафарка неравная *Scapharca inaequalis* не реагировали на все цвета лазерного излучения.

В отличие от этих двух представителей, гребешок черноморский *Flexopecten ponticus*, мидия средиземноморская *Mytilus galloprovincialis* и митилястер полосатый *Mytilaster lineatus* демонстрировали заметную реакцию на освещение, которая выражалась в смыкании створок.

При длительном воздействии лучом лазера моллюски сначала раскрывали створки, а затем их смыкали.

РАЗДЕЛ 4

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

4.1 Реакция моллюсков на воздействия разных лазерных лучей

В ходе проведенных исследований удалось установить, что светочувствительные реакции разных видов двустворчатых моллюсков отличаются. Так, моллюски венерка *Venus gallina* и скафарка неравная *Scapharca inaequalis*, обитающие на мелководье песчаных пляжей, не реагируют на монохроматические источники света, что позволяет предположить отсутствие у них реакций на световое воздействие.

Гребешок черноморский *Flexopecten ponticus*, имеющий глазки по краю мантии, *быстро* захлопывал створки. Мидия средиземноморская *Mytilus galloprovincialis* и митилястер полосатый *Mytilaster lineatus*, обитающие на скалах, *медленно* втягивали ногу и края мантии внутрь, а затем закрывали створки в ответ на интенсивный сине-фиолетовый свет, что указывает на присутствие светочувствительных рецепторов по отношению к данному типу воздействия (Таб. 1).

4.2 Обсуждение результатов проведенных работ

Все особенности ответных реакций на световое воздействие у разных видов моллюсков напрямую связаны с местом их обитания. В силу того, что мидии, гребешок и митилястер обитают на глубинах, они имеют более чувствительные рецепторы и поэтому демонстрируют ответную реакцию на интенсивный сине-фиолетовый свет. Отсутствие их реакции на красный и в подавляющем числе случаев на зелёный лазеры говорит о том, что у них нет рецепторов, отвечающих за реакцию на этот спектр лучей.

ВЫВОДЫ

Исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Светочувствительные реакции разных видов двустворчатых моллюсков отличаются.
2. Двустворчатые моллюски венерка *Venus gallina* и скафарка неравная *Scapharca inaequalis*, обитающие на мелководье песчаных пляжей, не реагируют на монохроматические источники света, что позволяет предположить отсутствие у них реакций на воздействие.
3. Гребешок черноморский *Flexopecten ponticus*, имеющий глазки по краю мантии, а также мидия средиземноморская *Mytilus galloprovincialis* и митилястер полосатый *Mytilaster lineatus*, обитающие на скалах, закрывали створки раковин при облучении синим лазером, что указывает на присутствие светочувствительных рецепторов.
4. Установлена зависимость световосприятия двустворчатых моллюсков от их среды обитания. Глубоководные обитатели моря гребешок черноморский *Flexopecten ponticus*, *Mytilus galloprovincialis* и митилястер полосатый *Mytilaster lineatus* демонстрировали сенсорный ответ на световые воздействия. Двустворчатые моллюски венерка *Venus gallina* и скафарка неравная *Scapharca inaequalis*, обитающие на мелководных частях акватории, не реагируют на световое раздражение.
4. Гипотеза, указанная в начале исследований, подтвердилась.

Благодарности

Выражаем искреннюю благодарность Кузнецову Андрею Вадимовичу, д.б.н. лаборатории БиФГМО ИнБЮМ, за организацию экспедиций, за оказанную помощь в сборе материала, проведении экспериментов и осмыслении работы. Баутиной О.В, педагогу дополнительного образования «Малой академии наук», за помощь в оформлении исследовательской работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боголюбов А.С. Класс двустворчатые. Москва, «Экосистема», 2018.
2. Боголюбов А.С., Кравченко М.В., Компьютерный определитель пресноводных беспозвоночных России. Москва, "Экосистема", 2018.
3. Вершинин А.О. Жизнь Черного моря. Издательство ОАО «АРТИ», 2007.
4. Грибакин Ф.Г. Биосенсоры органов чувств // Наука и жизнь // №4, 2012. Спб.
5. Зацепин В.И., Филатова З.А. Класс двустворчатые моллюски. Жизнь животных. Беспозвоночные. Издательство «Просвещение», 1968. Т.2. с.606
6. Зейналов А. И., Савицкий М. А., Бебиашвили А. В., Кузнецов А. В. Реакция некоторых представителей двустворчатых моллюсков Чёрного моря на свет: структурная модель чувствительного к голубому свету опсина *Mytilus galloprovincialis* // Актуальные вопросы биологической физики и химии. БФФХ-2022 : материалы XVII Междунар. науч. конф., г. Севастополь, 19–23 сентября 2022 г. Севастополь, 2022. С. 197-199.
7. Мышкин И.Ю. Физиология сенсорных систем и высшей нервной деятельности: учебное пособие/И.Ю. Мышкин; Яросл. гос. ун-т.- Ярославль : ЯрГУ, 2008. – 168 с.
8. Шарова И.Х. Зоология беспозвоночных: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2002. — 592 с
9. Хавронюк и др. Присваивание функций опсином трихоплаксов *Trichoplax adhaerens* и *Trichoplax* sp. H2. Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2021. Т. 6, № 4. С. 686-694.
10. <https://www.nkj.ru/archive/articles/8765/> [Грибакин Ф.Г. Спектральная чувствительность глаза моллюсков в ультрафиолетовой и видимой области спектра]

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 Морские двустворчатые моллюски



Рис.1.1 Представители моллюсков 1 - *Yoldia (Cnesterium) scissurata*; 2 - *Astarte (Nicania) montagui striata*; 3 - *Clinocardium californiense*; 4 - *Lithophaga lithophaga*; 5 - *Astarte (Tridonta) rollandi*; 6 - *Chlamys farreri nipponensis*; 7 - *Trachycardium flavum*; 8 - *Cyclocardia paucicostata*; 9 - *Corculum cardissa*; 10 - *Hemicardia hemicardium*; 11 - *Venus (Circomphalus) casina*; 12 - *Chamelea (Clausinella) fasciata*; 13 - *Ensis ensis*; 14 - *Propeamussium (Cyclopecten) imbriferum major*; 15 - *Papyridea spinosa*; 16 - *Glycymeris glycymeris*; 17 - *Mya truncata*; 18 - *Chlamys (Palliolum) tigerina*

Приложение 2 Объект исследования. Краткая характеристика видов

Таблица 2.11

Фотографии видов	Описание видов
	<p>Венерка <i>Venus gallina</i> - до 4 см, морской вид двустворчатых моллюсков-фильтраторов из семейства Veneridae, имеющий средиземноморское происхождение, но считающийся аборигеном Черного моря, обитает на илисто-песчаных грунтах крымского побережья.</p>
	<p>Мидия средиземноморская <i>Mytilus galloprovincialis</i> – до 12 см, крепится к прибрежным камням пучками очень крепких нитей – биссусом. Глубже живет на илах, сцепляясь с друг другом, или запуская биссус, как корни, глубоко в ил.</p>
	<p>Скафарка неравная <i>Scapharca inaequivalis</i> – до 8 см. Очень древний моллюск. Родина – моря Индокитая. В Черном море с 1960-х годов. Съедобна и вкусна. В настоящее время вытесняет из донных прибрежных сообществ песка венерку.</p>
	<p>Гребешок черноморский <i>Flexorpecten ponticus</i>- до 7 см, вероятно вымер, съеден рапаном. Умеют перелетать над дном, хлопая створками.</p>
	<p>Митилястер полосатый <i>Mytilaster lineatus</i> – до 3 см, крепится к любой твердой поверхности – камням, причалам, стволикам водорослей. Очень вынослив – может нормально жить в прибойной зоне. На раковинах митилястера поселились известковые красные водоросли – литотамнион и кораллина</p>

Приложение 3 Место исследования и сбора материала

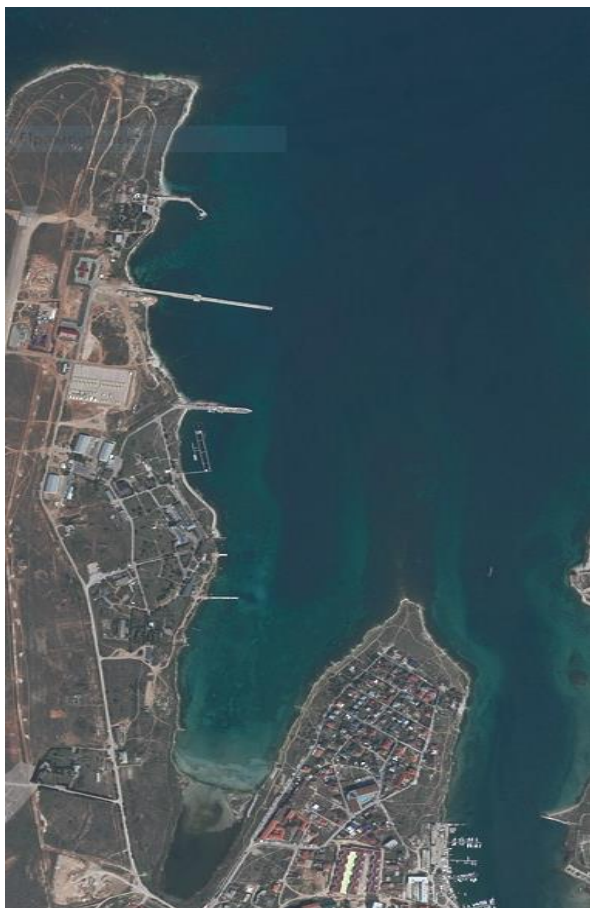


Рис.3.1 бухта Солёная (Казачья)

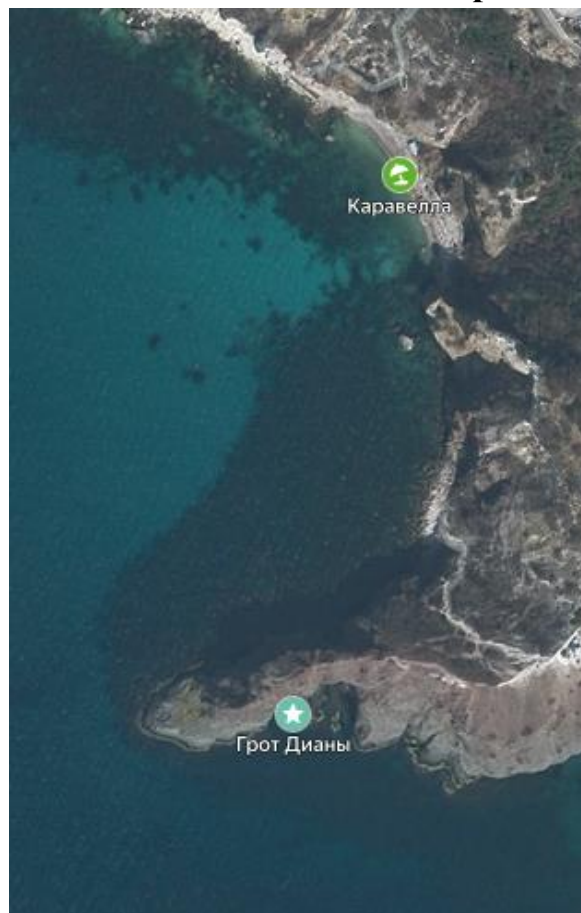


Рис.3.2 м. Фиолент



Рис. 3. 3 Сбор материала



Рис.3.4 Устричная ферма

Приложение 4 Реакция некоторых представителей двустворчатых моллюсков Чёрного моря на монохроматическое лазерное излучение

Таблица 4.1 Качественные результаты экспериментов по воздействию света на пять видов черноморских двустворчатых моллюсков. Начало эксперимента.

Объект исследования	Цвет светового источника		
	красный	зелёный	голубой
Венерка <i>Venus gallina</i>	-	-	-
Скафарка неравная <i>Scapharca inaequivalis</i>	-	-	-
Гребешок черноморский <i>Flexopecten ponticus</i>	-	-	+
Мидия средиземноморская <i>Mytilus galloprovincialis</i>	?	?	?
Митилястер полосатый <i>Mytilaster lineatus</i>	?	?	?

Примечание: «-» - отсутствие двигательной реакции, «+» - заметная реакция на освещение, выраженная в смыкании створок

Приложение 5 Подготовка к проведению экспериментов



Рис. 5.1 Ход эксперимента



5.2 Помещение животных в аквариум объёмом 30 л.

Приложение 6 Воздействие лазерным светом красного спектра

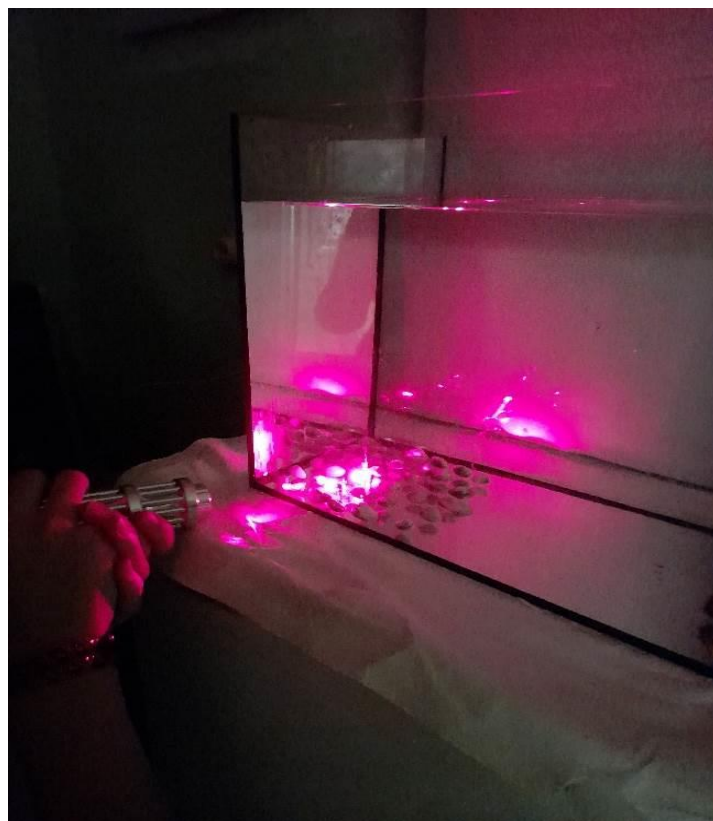
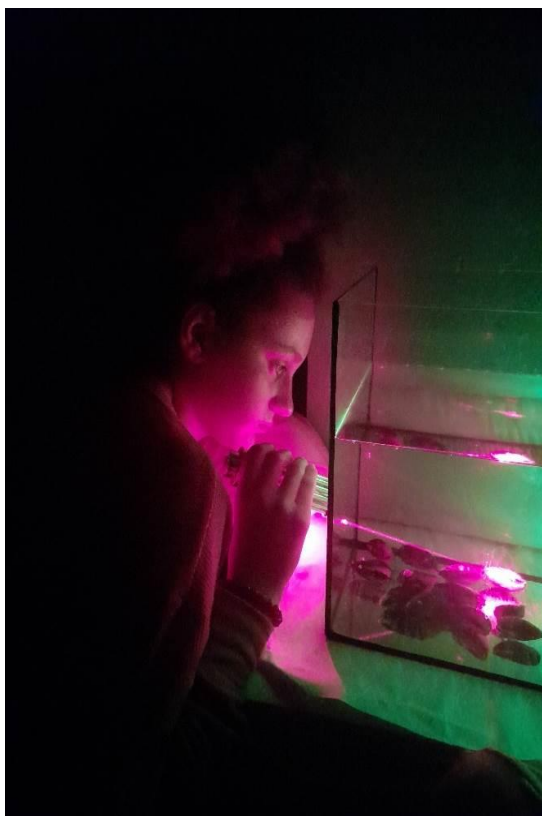


Рис. 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 Воздействие лазером красного и синего спектра

Приложение 7 Воздействие лазерным светом зеленого спектра

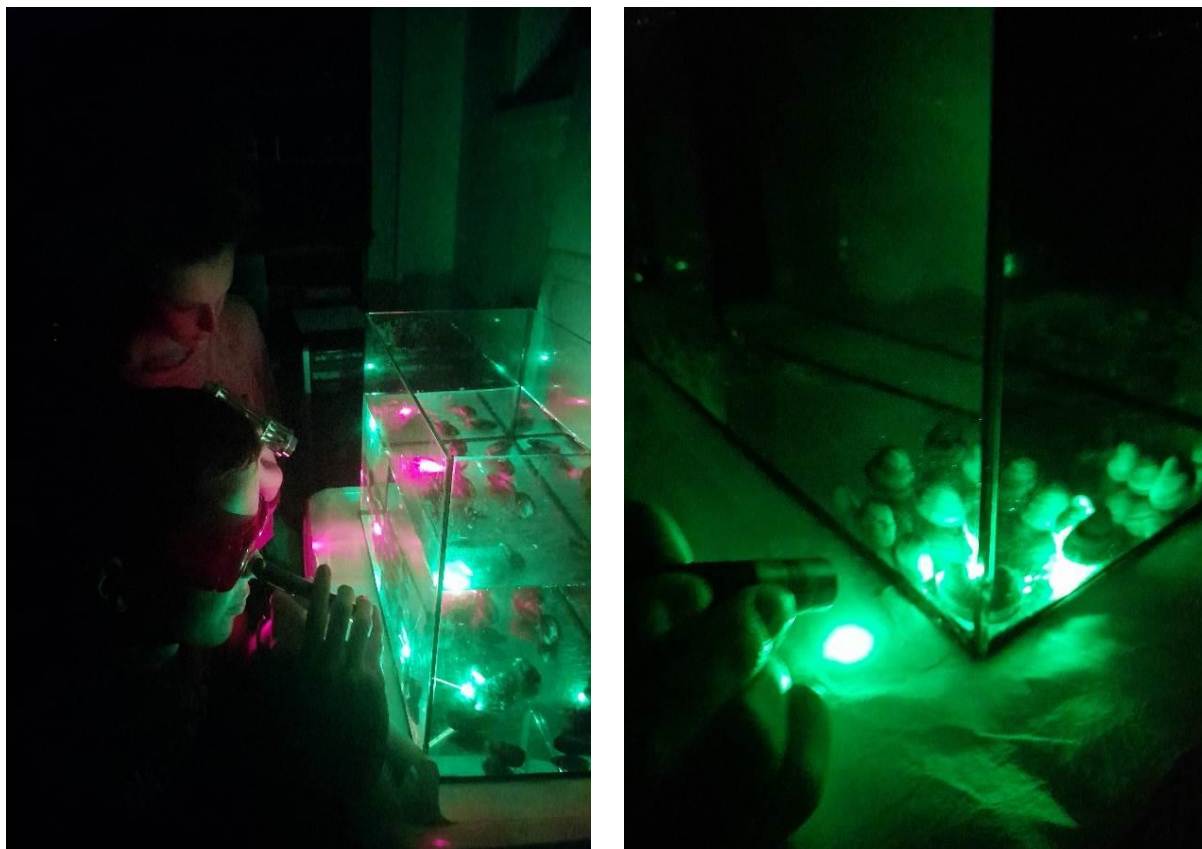


Рис. 7.1, 7.2 Ход эксперимента: воздействие лазером зеленого спектра

Приложение 8 Качественные результаты экспериментов

Таблица 8.1

Объект исследования	Цвет светового источника		
	красный	зелёный	синий
Венерка <i>Venus gallina</i>	-	-	-
Скафарка неравная <i>Scapharca inaequivalis</i>	-	-	-
Гребешок черноморский <i>Flexopecten ponticus</i>	-	-	+
Мидия средиземноморская <i>Mytilus galloprovincialis</i>	-	-	+
Митилястер полосатый <i>Mytilaster lineatus</i>	-	-	+

Примечание: «-» - отсутствие двигательной реакции, «+» - заметная реакция на освещение, выраженная в смыкании створок

Приложение №9 Рекомендации по выращиванию марикультуры

1. Выращивать мидий на глубине, что убережёт их от шторма и раздражающего действия света, но где присутствует питательный планктон и мал расход верёвок (до 18 метров от поверхности воды).
2. Использовать при продаже изредка мигающую гирлянду из синих светодиодов, активирующих мидий и гребешков, и привлекающих покупателей.