

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОГЛАСОВАНО**

Заведующий кафедрой

**Кафедра биофизики**  
\_\_\_\_\_  
**(БиоФиз\_ИФББ)**  
\_\_\_\_\_

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

**Кафедра биофизики**  
\_\_\_\_\_  
**(БиоФиз\_ИФББ)**  
\_\_\_\_\_

наименование кафедры

**В.А. Кратасюк**  
\_\_\_\_\_

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФИЗИКА И ХИМИЯ**  
**БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ**

Дисциплина Б1.В.ДВ.09.01 Физика и химия биоллюминесценции

Направление подготовки / 03.03.02 Физика Профиль 03.03.02.07  
специальность Биохимическая физика

Направленность  
(профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2018

Красноярск 2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по укрупненной группе

030000 «ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ»

---

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 03.03.02 Физика Профиль 03.03.02.07 Биохимическая физика

---

Программу  
составили

д.-р. биол. наук, Доцент, Коленчукова О.А.

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

### **1.1 Цель преподавания дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Физика и химия биолюминесценции» является расширение знаний студентов о многообразии светящихся организмов и функций биолюминесценции, а также физико-химических механизмах биолюминесценции

### **1.2 Задачи изучения дисциплины**

В задачи изучения дисциплины входит:

- освоение основных закономерностей и механизмов превращения энергии химической связи в световую;
- знакомство с методами биолюминесцентного анализа и биолюминесцентного биотестирования.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<b>ОПК-1: способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук</b>
--

<b>ОПК-3: способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</b>
---

<b>ПК-2: способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</b>
---

<b>ПК-6: способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований</b>
---

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина по выбору

Для успешного освоения предлагаемого курса в полном объеме необходимо предварительное изучение курсов «Химия», «Биология», «Физика».

Дисциплина «Физика и химия биолюминесценции» служит

основой для освоения студентами таких дисциплин, как «Современные проблемы биофизики», «Избранные главы биофизики» и др., а также в подготовке бакалаврских квалификационных работ, тематика которых связана с темами люминесценции биологических молекул, биолюминесценции, биолюминесцентного анализа.

Изучение модулей курса «Физика и химия биолюминесценции» также будет способствовать формированию у студентов-бакалавров целостного естественнонаучного мировоззрения, темы курса дополнят изучение базовых дисциплин профессионального цикла.

#### 1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины .

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	Семестр
		8
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3 (108)</b>	<b>3 (108)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,78 (64)</b>	<b>1,78 (64)</b>
занятия лекционного типа	0,89 (32)	0,89 (32)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	0,44 (16)	0,44 (16)
практикумы		
лабораторные работы	0,44 (16)	0,44 (16)
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1,22 (44)</b>	<b>1,22 (44)</b>
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение в биолюминесценцию	11	0	0	4	
2	Физико-химические основы биолюминесценции организмов	3	2	0	4	
3	Биолюминесценция морских организмов	5	2	0	8	
4	Биолюминесценция наземных организмов	5	2	0	15	
5	Биолюминесцентный анализ и биолюминесцентное биотестирование	8	10	16	13	
Всего		32	16	16	44	

#### 3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	1	Тема 1.1. Цели и задачи курса «Физика и химия биолюминесценции». Введение в люминесценцию Тема 1.2. Основы хемилюминесценции Тема 1.3. Краткая история изучения биолюминесценции	11	0	0
2	2	Тема 2.1. Многообразие светящихся организмов и функций биолюминесценции. Тема 2.2 Общий механизм биолюминесценции. Тема 2.3. Люциферины и люциферазы – субстраты и ферменты биолюминесцентных реакций. Тема 2.4. Кинетика биолюминесцентной реакции. Кинетические характеристики биолюминесценции.	3	0	0
3	3	Тема 3.1. Физико-химические основы биолюминесценции бактерий. Тема 3.2. Биолюминесценция кишечнорастворимых. Тема 3.3. Фотопротейны. Тема 3.4. Зеленый флуоресцентный белок. Тема 3.5. Особенности биолюминесцентных систем динофлагеллят. Тема 3.6. Биолюминесценция других морских организмов.	5	0	0

4	4	Тема 4.1. Билюминесцентная реакция светляков Тема 4.2. Структура люциферазы светляков. Формирование цвета светляковой билюминесценции. Тема 4.3. Особенности билюминесцентных систем грибов. Тема 4.4. Особенности билюминесцентных систем червей.	5	0	0
5	5	Тема 4.1. Применение билюминесцентных организмов Тема 4.2. Применение выделенных из билюминесцентного организма люминесцентных систем Тема 4.3. Физико-химические механизмы воздействия разных классов химических соединений на билюминесцентные реакции	8	0	0
Всего			22	0	0

### 3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме



1	2	Многообразие светящихся организмов и функций биолюминесценции. Общий механизм биолюминесценции. Люциферины и люциферазы – субстраты и ферменты биолюминесцентных реакций. Кинетика биолюминесцентной реакции	2	0	0
2	3	Биолюминесценция кишечнорастворимых. Фотопротеины. Механизм Ca <sup>2+</sup> -индуцированной биолюминесцентной реакции Зеленый флуоресцентный белок. Особенности биолюминесцентных систем динофлагеллят	2	0	0
3	4	Биолюминесцентная реакция светляков. Структура и Формирование цвета светляковой биолюминесценции. Особенности биолюминесцентных систем грибов и червей.	2	0	0
4	5	Применение биолюминесцентных организмов и люминесцентных систем Физико-химические механизмы воздействия разных классов химических соединений на биолюминесцентные реакции	10	0	0
Итого			16	0	0

### 3.4 Лабораторные занятия

№	№	Наименование занятий	Объем в акад. часах
---	---	----------------------	---------------------

п/п	раздела дисциплины		Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	5	<p>Применение биолюминесцентных организмов и люминесцентных систем</p> <p>Физико-химические механизмы воздействия разных классов химических соединений на биолюминесцентные реакции</p> <p>Применение биолюминесцентных организмов и люминесцентных систем</p> <p>Физико-химические механизмы воздействия разных классов химических соединений на биолюминесцентные реакции</p> <p>Применение биолюминесцентных организмов и люминесцентных систем</p> <p>Физико-химические механизмы воздействия разных классов химических соединений на биолюминесцентные реакции</p>	16	0	0
Всего			16	0	0

#### 4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Суковатая И. Е., Кратасюк В. А., Франк Л. А.	Физика и химия биолюминесценции: метод. указ. к самостоят. работе для студентов спец. 01120.62 "Физика", 010200.62 "Биохимическая физика", 02400.62 "Биология"	Красноярск: СФУ, 2012

Л1.2	Бондарь В. С., Высоцкий Е. С., Есимбекова Е. Н., Кратасюк В. А., Кудряшева Н. С., Маркова С. В., Медведева С. Е., Немцева Е. В., Петушков В. Н., Родионова Н. С., Суковатая И. Е., Франк Л. А., Гительзон И. И.	Физика и химия биолюминесценции: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Биология"	Красноярск: СФУ, 2015
------	---	--	--------------------------

## 5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

## 6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Бондарь В. С., Высоцкий Е. С., Есимбекова Е. Н., Кратасюк В. А., Кудряшева Н. С., Маркова С. В., Медведева С. Е., Немцева Е. В., Петушков В. Н., Родионова Н. С., Суковатая И. Е., Франк Л.А., Шимомура О., Гительзон И. И.	Физика и химия биолюминесценции: учеб. пособие для подготовки бакалавров по спец. 01120.62 "Физика", 010200.62 "Биохимическая физика", 02400.62 "Биология"	Красноярск: СФУ, 2012
Л1.2	Сарафанов А. В., Торопов М. М.	Каталог лицензионных программных продуктов, используемых в СФУ: Вып. 1	Красноярск: СФУ, 2007
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Суковатая И. Е., Кратасюк В. А., Франк Л. А.	Физика и химия биолюминесценции: организационно-методические указания по освоению дисциплины	Красноярск: СФУ, 2012

Л2.2	Чумакова Р. И., Гительзон И. И., Кондратьева Е. Н.	Светящиеся бактерии: монография	Москва: Наука, 1975
<b>6.3. Методические разработки</b>			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Суковатая И. Е., Кратасюк В. А., Франк Л. А.	Физика и химия биолюминесценции: метод. указ. к самостоят. работе для студентов спец. 01120.62 "Физика", 010200.62 "Биохимическая физика", 02400.62 "Биология"	Красноярск: СФУ, 2012
Л3.2	Бондарь В. С., Высоцкий Е. С., Есимбекова Е. Н., Кратасюк В. А., Кудряшева Н. С., Маркова С. В., Медведева С. Е., Немцева Е. В., Петушков В. Н., Родионова Н. С., Суковатая И. Е., Франк Л. А., Гительзон И. И.	Физика и химия биолюминесценции: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Биология"	Красноярск: СФУ, 2015

### **7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Э1	Специализированный научный поисковый сервер Google	<a href="http://scholar.google.com">http://scholar.google.com</a>
Э2	Концентратор SciVerse	<a href="http://www.info.sciverse.com/">http://www.info.sciverse.com/</a>

### **8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

8.1. Самостоятельное изучение теоретического материала по темам:

Тема 1.1. Введение в люминесценцию. Аппаратура в люминесцентном анализе.

Химические свойства электронно-возбужденных молекулярных состояний. Квантовый выход и скорость фотохимической реакций.

Физические процессы, протекающие в возбужденных молекулах при фотохимических превращениях. Виды люминесценции

Систематика молекул по спектрально-люминесцентным свойствам.

Тема 1.2. Основы хемилюминесценции. Пути усиления

интенсивности хемилюминесценции. классификация явлений хемилюминесценции в биологических системах.

Тема 1.3. Краткая история изучения билюминесценции.

Эволюция и свечение организмов. Как возникли билюминесцентные системы? Несколько эволюционных версий. Ч. Дарвин «Происхождение видов», глава «Частные трудности теории естественного отбора»: возникновение органов свечения у разных организмов и электрических органов у рыб. Билюминесцентные виды, роды. Фоточиты, фотофоры. Импульсное и непрерывное свечение. Приспособительный смысл свечения.

Тема 2.1. Многообразие светящихся организмов и функций билюминесценции.

Тема 2.2. Общий механизм билюминесценции.

Тема 2.3. Люциферины и люциферазы – субстраты и ферменты билюминесцентных реакций. Источники люциферинов.

Тема 2.4. Кинетика билюминесцентной реакции. Кинетические характеристики билюминесценции.

Тема 3.1. Физико-химические основы билюминесценции бактерий.

Тема 3.2. Билюминесценция кишечнорастворимых.

Тема 3.3. Фотопротеины.

Тема 3.4. Зеленый флуоресцентный белок.

Тема 3.5. Особенности билюминесцентных систем динофлагеллят.

Тема 3.6. Билюминесценция других морских организмов.

Тема 4.1. Билюминесцентная реакция светляков

Тема 4.2. Структура люциферазы светляков. Формирование цвета светляковой билюминесценции.

Тема 4.3. Особенности билюминесцентных систем грибов.

Тема 4.4. Особенности билюминесцентных систем червей.

5 Тема 5.1. Применение билюминесцентных организмов

Тема 5.2. Применение выделенных из билюминесцентных организмов люминесцентных систем

Тема 5.3. Физико-химические механизмы воздействия разных классов химических соединений на билюминесцентные реакции

При самостоятельной работе над теоретическим курсом студент пользуется методическими материалами из списка основной и дополнительной литературы, электронных методических изданий, перечня программного обеспечения, методических указаний

используемых в учебном процессе.

## 8.2. Написание и защита итогового проекта/реферата.

Основной целью выполнения данной работы является развитие мышления и творческих способностей студента.

В процессе выполнения итогового проекта/реферата у студента должны сформироваться следующие навыки:

- применения методов научного познания;
- анализа различных фотобиологических явлений и процессов в биологических системах различной сложности;
- владения методологией обучения, постановки и разрешения проблем;
- способности к самоорганизации, организации и планированию;
- работы с компьютером, умения использовать современные информационные технологии (справочные системы, Интернет и др.) для получения доступа к источникам информации, хранения и обработки данных;
- управления информацией и приемов информационно-описательной деятельности;
- грамотной письменной и устной речи.

Написание реферативного исследования требует самостоятельности и творческого подхода. Основной целью работы является раскрытие одной из тем, предложенных преподавателем или выбранных самим студентом, по согласованию с преподавателем. Основа реферата выполняется с использованием учебной и научной литературы и обязательно подкрепляется материалами из научных статей журналов, которые доступны на сайтах научных баз данных, поисковых систем, издательств, перечень некоторых из них представлен в разделе 7 настоящей рабочей программы.

Тему итогового проекта/реферата студент выбирает самостоятельно из представленных ниже (или предлагает свою) и утверждает у преподавателя в течение первых двух недель обучения.

1. История изучения билюминесценции
2. Эволюция и свечение организмов.
3. Как возникли билюминесцентные системы?  
Билюминесцентные виды, роды.
4. Фотоциты, фотофоры.
5. Импульсное и непрерывное свечение живых организмов.
6. Приспособительный смысл свечения живых организмов
7. Флуоресцентные метки и зонды.
8. Зеленый флуоресцентный белок (GFP).

9. Анизотропия флуоресценции.
10. Резонансный перенос энергии в биологических системах.
11. Флуоресцентные белки.
12. Билюминесцентная визуализация (bioluminescence imaging).
13. Анализ белок-белковых взаимодействий используя билюминесцентный резонансный перенос энергии.
14. Светящиеся бактерии
15. Систематика светящихся бактерий. Характеристика отдельных видов светящихся бактерий.
16. Распространение светящихся бактерий.
17. Симбиотические и патогенные светящиеся бактерии.
18. Морфология и ультраструктура светящихся бактерий.
19. Рост и люминесценция светящихся бактерий.
20. Светящиеся бактерии в экологическом мониторинге.
21. Глубоководные светящиеся рыбы
22. Почему светятся грибы?
23. Источники люциферин
24. Свечение моря
25. Основные источники билюминесценции планктона
26. Субстраты бактериальных люцифераз.
27. NADH:FMN-оксидоредуктаза
28. Почему светятся светляки?
29. Щелкун из рода *Rugophorus*
30. Светящиеся бактерии-симбионты
31. Билюминесцентная реакция земляного червя *Diplocardia*
32. Причины свечения живых организмов
33. Возникновение билюминесцентных систем
34. Почему свечение бывает разным?
35. Систематика светящихся бактерий

Реферат включает следующие структурные элементы: Титульный лист, Содержание, Введение, Обзор литературы, Заключение, Библиографический список, Приложения. Подробное описание структуры реферата по дисциплине «Физика и химия билюминесценции» представлены в методических указаниях по самостоятельной работе.

Проект должен быть оформлен в соответствии с требованиями оформления студенческих текстовых документов, объемом не менее 20 машинописных страниц, должен сопровождаться библиографическим списком, который составлен в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание».

Для защиты реферата студент готовит презентационные материалы, оформленные в виде последовательности слайдов, демонстрируемых на экранах для аудитории слушателей. Электронные презентационные материалы (ЭПМ) разрабатываются как средство сопровождения общения докладчика с аудиторией, при этом современные ЭПМ должны предоставлять докладчику возможность произвольно регулировать темп изложения материала, частоту смены слайдов, а также дополнять письменно или в устной форме сведения, представленные на слайдах. ЭПМ являются средством, предоставляющим возможность наглядного сопровождения образовательного и научных процесса с применением мультимедийных технологий, в том числе с использованием графических образов, что особенно важно при изучении дисциплины «Физика и химия биолюминесценции», поскольку появляется возможность понять на молекулярном уровне, например, с помощью специальных мультимедийных элементов, основные механизмы, лежащие в основе фотобиологических процессов.

## **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **9.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

9.1.1	Работа осуществляется при помощи широкого спектра лицензионных программных продуктов, закупленных по программе развития СФУ: MicrosoftOffice, Adobe Photoshop, CorelDRAW, Adobe Illustrator и др., а так же современных информационных технологий (электронные базы данных, Internet).
-------	--

### **9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

9.2.1	В рамках освоения дисциплины используется одна из крупнейших информационных систем в области биологии медицины, биофизики Национального центра биотехнологической информации (NationalCenterforBiotechnologyInformation(NCBI)), США (www.NCBI.nlm.nih.gov).
9.2.2	БД NCBI являются достаточно сложным инструментарием с разнообразным функционалом. Ниже приведено краткое описание основных БД NCBI, которые могут быть полезны при прохождении практики и подготовке отчета.
9.2.3	БД Nucleotide ( <a href="http://www.NCBI.nlm.nih.gov/sites/Entrez?db=nucleotide">http://www.NCBI.nlm.nih.gov/sites/Entrez?db=nucleotide</a> ) объединяет данные последовательностей нуклеиновых кислот из нескольких исходных БД, в том числе GenBank, RefSeq и др. Данные могут быть найдены по регистрационному номеру, имени автора, наименованию организма, генома/белка, а также ряду других параметров.



9.2.4	БД Protein ( <a href="http://www.NCBI.nlm.nih.gov/sites/Entrez?db=protein">http://www.NCBI.nlm.nih.gov/sites/Entrez?db=protein</a> ) является коллекцией аминокислотных последовательностей из нескольких источников, в том числе из GenBank, RefSeq и TPA, а также SwissProt, PIR, PRF и PDB.
9.2.5	БД Structure ( <a href="http://www.NCBI.nlm.nih.gov/Structure/index.shtml">http://www.NCBI.nlm.nih.gov/Structure/index.shtml</a> ) организуют доступ к результатам молекулярного моделирования макромолекул и связанным с ними БД: трехмерных биомолекулярных структур полученных с помощью рентгеновской кристаллографии и ЯМР-спектроскопии; БД химических структур небольших органических молекул; к информации об их биологической активности и т. д.
9.2.6	БД Gene ( <a href="http://www.NCBI.nlm.nih.gov/sites/Entrez?db=gene">http://www.NCBI.nlm.nih.gov/sites/Entrez?db=gene</a> ) представляет собой инструмент для просмотра данных из широкого спектра геномов. Каждая запись – это один из генов определенного организма. Минимальный набор данных в гене запись включает уникальный идентификатор, т. н. Gene-ID.
9.2.7	БД dbMHC ( <a href="http://www.NCBI.nlm.nih.gov/gv/mhc/main.cgi?cmd=init">http://www.NCBI.nlm.nih.gov/gv/mhc/main.cgi?cmd=init</a> ) предоставляет открытую платформу, где научное сообщество может размещать, просматривать и редактировать данные MajorHistocompatibilityComplex (МНС) для человека. БД dbMHC полностью интегрирована с другими ресурсами NCBI, а также с Международной рабочей группой гистосовместимости (IHWG).
9.2.8	DbSNP ( <a href="http://www.NCBI.nlm.nih.gov/SNP/">http://www.NCBI.nlm.nih.gov/SNP/</a> ) – БД одиночных нуклеотидных полиморфизмов, полиморфных повторяющихся элементов, включающая как гибридные данные, так и полученные только экспериментальным путем.
9.2.9	БД ReferenceSequence (RefSeq) ( <a href="http://www.NCBI.nlm.nih.gov/RefSeq/">http://www.NCBI.nlm.nih.gov/RefSeq/</a> ), содержащая последовательности, в том числе геномных ДНК, белков и т. д., является основой для проведения функциональных исследований, геной идентификации, сравнительного анализа и т. п. В частности, релиз от 11.07.2012 включал в себя описания 16 393 342 белков и 17 605 организмов.
9.2.1 0	БД GenomicBiology представляет собой объединение нескольких ресурсов и инструментов геномной биологии, в том числе геномных карт для Fruitfly, Human, Malariaparasite, Mouse, Rat, Retroviruses, Zebrafishi т. д., которые дополнительно содержат ссылки на интернет-ресурсы и БД, касающиеся рассматриваемых видов.
9.2.1 1	В БД UniGene ( <a href="http://www.NCBI.nlm.nih.gov/unigene/">http://www.NCBI.nlm.nih.gov/unigene/</a> ) полноразмерные mRNA последовательности организованы в уникальные кластеры, представляющие известные или предполагаемые гены. Для кластеров доступна информация по картированию, экспрессии и другие ресурсы.
9.2.1 2	HomoloGene ( <a href="http://www.NCBI.nlm.nih.gov/homologene">http://www.NCBI.nlm.nih.gov/homologene</a> ) – инструмент для автоматизированного выявления гомологов среди аннотированных генов, который сравнивает нуклеотидные последовательности между парами организмов в целях выявления предполагаемых ортологов.
9.2.1 3	GenBank( <a href="http://www.NCBI.nlm.nih.gov/genbank/index.html">http://www.NCBI.nlm.nih.gov/genbank/index.html</a> ) – БД, содержащая доступные последовательности нуклеотидов для более чем 260 000 организмов, вся информация в генетическом банке данных сопровождается библиографическими ссылками и биологическими аннотациями. GenBank автоматически интегрирует информацию о геноме и БД белковых последовательностей для изучения, учитывая таксономию, геном, белковую структуру и другую информацию.

## **10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Необходимое для реализации дисциплины «Физика и химия биолюминесценции» материально-техническое обеспечение включает в себя:

- учебные аудитории, оборудованные аппаратно-программными комплексами «Малый презентационный комплекс», «Доска обратной проекции», «Средний презентационный комплекс»;
- компьютерный класс, укомплектованные современными компьютерами, классы на 15 рабочих мест с выходом в Интернет.

Помимо вышеперечисленного оборудования, обучающие по направлению подготовки 03.03.02 ФИЗИКА, профилю 03.03.02.31 Биохимическая физика, имеют доступ к научному оборудованию лаборатории «Биолюминесцентные биотехнологии», созданной под руководством лауреата Нобелевской премии, профессора Осаму Шимомура по гранту, выделенному Сибирскому федеральному университету Правительством РФ в рамках постановления № 220 от 9 апреля 2010 г. «О мерах по привлечению ведущих ученых в российские образовательные учреждения высшего профессионального образования».