

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донецкий государственный университет»

Химический факультет  
Кафедра физической химии



П.А. Машаров

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ФИЗИКО-ХИМИЯ ПРОЦЕССОВ С УЧАСТИЕМ**  
**АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА»**

Укрупненная группа направлений подготовки	04.00.00 Химия
Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	04.04.01 Химия
Магистерская программа	Химия
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная, очно-заочная

Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Физико-химия процессов с участием активных форм кислорода» для обучающихся по направлению подготовки 04.04.01 Химия (Магистерская программа: Химия), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 655 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

Доцент кафедры физической химии,  
канд. хим. наук, доцент

Н.А. Туровский

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры физической химии  
Протокол от 26.03.2024 г. № 14

Заведующий кафедрой

В.М. Михальчук

СОГЛАСОВАНО:

Декан химического факультета  
28.03.2024 г.

С.Г. Бахтин

Учебно-методическая комиссия химического факультета  
Протокол от 27.03.2024 г. № 2  
Председатель

Р.И. Лыга

Руководитель основной профессиональной  
образовательной программы,  
д-р хим. наук, проф.  
28.03.2024 г.

А.С. Алемасова

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: «физическая химия», «органическая химия», «квантовая химия», «строение вещества»/.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

ознакомительная практика, педагогическая практика, научно-исследовательская работа, преддипломная практика.

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	04.04.01 Химия (Магистерская программа: Химия)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.1 Физико-химия процессов с участием активных форм кислорода
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	2/72

### 2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы+контроль	всего	
Очная	1	1	11	11	-	50	72	экзамен
Очно-заочная	1	1	2	2	-	68	72	экзамен

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование у магистров методологической и научной культуры, системы знаний о механизме реакций образования и распада активных форм кислорода - первичных продуктов окисления пищевых продуктов, медицинских препаратов, процессов окисления, которые протекают в живых организмах.

## 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-1. Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические ис-	УК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	УК-1.1.1. Знает методы критического анализа и основы системного подхода как общенаучного метода. УК-1.1.2. Умеет критически оценивать надежность источников информации.

следования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения.		
--	--	--

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Концептуальные основы электронного строения молекулярного кислорода и его активных форм .	Строение и реакционная способность молекулярного кислорода в реакциях окисления. Роль спина в химических реакциях с участием кислорода. Активные формы кислорода. Электронные механизмы активации молекулярного кислорода. Биохимическая активация молекулярного кислорода. Активные формы связанного кислорода. Электронная структура и функции соединений содержащих пероксидную группу.
Раздел 2. Атмосферная химия активных форм кислорода.	Атмосфера - многокомпонентная химическая система. Фотохимический баланс $O_2$ , $RO^\bullet$ , $RO_2^\bullet$ и озона в стратосфере. Реакции $RO^\bullet$ и $RO_2^\bullet$ в тропосфере и окисление углеводородов. Тропосферный озон. Фотохимический смог; источники метана и оксидов азота в атмосфере. Фотохимический цикл реакций молекулярного кислорода в атмосфере. Образование и распад соединений связанного активного кислорода в атмосфере. Процессы образования пероксинитратов при смоговых ситуациях, их роль в химии атмосферы
Раздел 3. Ключевая роль соединений связанного активного кислорода в радикально-цепных процессах.	Молекулярная структура и реакции образования соединений связанного активного кислорода. Пероксид водорода: молекулярная структура и реакции образования. Гидропероксиды: молекулярная структура и реакции образования. Пероксикислоты: молекулярная структура и реакции образования. Сульфопероксикислоты: молекулярная структура и реакции образования. Пероксиды алкилов и аралкилов: молекулярная структура и реакции образования. Пероксиды эфиров: молекулярная структура и реакции образования. Пероксиды ацилов: молекулярная структура и реакции образования. Пероксидные производные карбонильных соединений: молекулярная структура и реакции образования. Пероксикетали: молекулярная структура и реакции об-

	<p>разования.</p> <p>Циклические пероксиды: молекулярная структура и реакции образования.</p> <p>Диоксираны: молекулярная структура и реакции образования.</p> <p>Диоксетаны: молекулярная структура и реакции образования.</p> <p>Элементорганические пероксиды: молекулярная структура и реакции образования.</p> <p>Триоксиды: молекулярная структура и реакции образования.</p> <p>Тетраоксиды: молекулярная структура и реакции образования. Окси- и пероксирадикалы.</p> <p>Ключевая роль пероксидов в радикально-цепных процессах окисления и полимеризации.</p> <p>Структурирование и вулканизация полимеров с помощью пероксидов,</p> <p>Пероксидный способ получения фенола и ацетона из кумола.</p> <p>Пероксиды как окислительные реагенты: эпоксидование олефинов гидропероксидами (халкон-процесс); эпоксидирование олефинов пероксикислотами</p>
Раздел 4. Пероксидная модификация макромолекул: биологических систем.	<p>Оксидативный стресс и его последствия.</p> <p>Пероксидное окисление липидов.</p> <p>Образование и распад пероксидных соединений в процессе оксидативной модификации ДНК супероксидным анион-радикалом.</p> <p>Образование и распад пероксидных соединений в процессе оксидативной модификации молекул протеина.</p> <p>Токсичность пероксидных соединений.</p> <p>Фитотоксичность органических пероксидов.</p> <p>Природные пероксидные соединения.</p> <p>**Медицинская химия артемизинина.</p> <p>Строение артемизинина.</p> <p>Генерирование радикалов реакцией артемизинина с соединениями железа (II).</p>
Раздел 5. Физико-химия процессов горения.	<p>Механизм реакции горения и окисления органических соединений.</p> <p>Пероксидные промоторы к топливу для авиационной и ракетно-космической техники.</p> <p>Пероксидное топливо для ракетно-космической техники.</p>

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 1 семестр –1

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Концептуальные основы электронного строения молекулярного кислорода и его активных форм .	2	2	-	10	14

Раздел 2. Атмосферная химия активных форм кислорода.	2	2	-	10	14
Раздел 3. Ключевая роль соединений связанного активного кислорода в радикально-цепных процессах.	2	2	-	10	14
Раздел 4. Пероксидная модификация макромолекул: биологических систем.	3	3	-	9	15
Раздел 5. Физико-химия процессов горения.	2	2	-	11	15
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	11	11	-	50	72

## 6.2. Форма обучения – очно-заочная, курс – 1, семестр – 1

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Концептуальные основы электронного строения молекулярного кислорода и его активных форм .	0.5	0.5	-	13	14
Раздел 2. Атмосферная химия активных форм кислорода.	0.5	0.5	-	13	14
Раздел 3. Ключевая роль соединений связанного активного кислорода в радикально-цепных процессах.	0.5	0.5	-	13	14
Раздел 4. Пероксидная модификация макромолекул: биологических систем.	0.5	0.5	-	13	15
Раздел 5. Физико-химия процессов горения.	-	-	-	15	15
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	2	2	-	68	72

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

#### Раздел 1

- 1 Строение и реакционная способность молекулярного кислорода в реакциях окисления.
  - 2 Роль спина в химических реакциях с участием кислорода.
  - 3 Активные формы кислорода.
  - 4 Электронные механизмы активации молекулярного кислорода.
  - 5 Биохимическая активация молекулярного кислорода.
  - 6 \*\*Активные формы связанного кислорода.
  - 7 Электронная структура и функции соединений содержащих пероксидную группу..
- #### Раздел 2.
- 8 Атмосфера - многокомпонентная химическая система.
  - 9 Фотохимический баланс  $O_2$ ,  $RO^*$ ,  $RO_2^*$  и озона в стратосфере.
  - 10 Реакции  $RO^*$  и  $RO_2^*$  в тропосфере и окисление углеводородов.
  - 11 Тропосферный озон. Фотохимический смог; источники метана и оксидов азота в атмосфере.
  - 12 Фотохимический цикл реакций молекулярного кислорода в атмосфере.
  - 13 Образование и распад соединений связанного активного кислорода в атмосфере.
  - 14 Процессы образования пероксинитратов при смоговых ситуациях, их роль в химии атмосферы.

#### Раздел 3.

- 15 Молекулярная структура и реакции образования соединений связанного активного кислорода.
- 16 Пероксид водорода: молекулярная структура и реакции образования.
- 17 Гидропероксиды: молекулярная структура и реакции образования.
- 18 Пероксикислоты: молекулярная структура и реакции образования.
- 19 Сульфопероксикислоты: молекулярная структура и реакции образования.
- 20 Пероксиды алкилов и аралкилов: молекулярная структура и реакции образования.
- 21 Пероксиэфиры: молекулярная структура и реакции образования.
- 22 Пероксиды ацилов: молекулярная структура и реакции образования.
- 23 Пероксидные производные карбонильных соединений: молекулярная структура и реакции образования.
- 24 Пероксикетали: молекулярная структура и реакции образования.
- 25 Циклические пероксиды: молекулярная структура и реакции образования.
- 26 Диоксираны: молекулярная структура и реакции образования.
- 27 Диоксетаны: молекулярная структура и реакции образования.
- 28 Элементарноорганические пероксиды: молекулярная структура и реакции образования.
- 29 Триоксиды: молекулярная структура и реакции образования.
- 30 Тетраоксиды: молекулярная структура и реакции образования. Окси- и пероксирадикалы.
- 31 Ключевая роль пероксидов в радикально-цепных процессах окисления и полимеризации.
- 32 Структурирование и вулканизация полимеров с помощью пероксидов.
- 33 Пероксидный способ получения фенола и ацетона из кумола.

#### Раздел 4

- 34 Оксидативный стресс и его последствия.
- 35 Пероксидное окисление липидов.
- 36 Образование и распад пероксидных соединений в процессе оксидативной модификации ДНК супероксидным анион-радикалом.
- 37 Образование и распад пероксидных соединений в процессе оксидативной модификации молекул протеина.
- 38 Токсичность пероксидных соединений.
- 39 Фитотоксичность органических пероксидов.
- 40 Природные пероксидные соединения.
- 41 \*\*Медицинская химия артемизинина.
- 42 Строение артемизинина.
- 43 Генерирование радикалов реакцией артемизинина с соединениями железа (II).

#### Раздел 5

- 44 Механизм реакции горения и окисления органических соединений.
- 45 Пероксидные промоторы к топливу для авиационной и ракетно-космической техники.
- 46 Пероксидное топливо для ракетно-космической техники..

### 7.3. Вопросы письменной контрольной работы

- 1 Активные формы кислорода.
- 2 Источники активных форм кислорода
- 3 Процессы протекающие с участием активных форм кислорода..
- 4 Электронное состояние химических частиц вещества.
- 5 Методология определения полного спина и спиновой мультиплетности химических частиц вещества
- 6 Изотопный состав кислорода.

- 7 Электронная структура  $O_2$ .
- 8 Физико-химические свойства  $O_2$ .
- 9 Запрет по спине химических реакций.
- 10 Пероксидная активация молекулярного кислорода.
- 11 Электронная активация молекулярного кислорода.
- 12 Электронная структура, спин и спиновая мультиплетность анион-радикала молекулярного кислорода -  $O_2^{\cdot-}$ .
- 13 Реакции образования супероксид анион-радикала.
- 14 Реакции  $O_2^{\cdot-}$  с алкилгалогенидами.
- 15 Реакции  $O_2^{\cdot-}$  со спиртами.
- 16 Реакции супероксид анион-радикала с водой.
- 17 Реакции супероксид анион-радикала с хлороформом.
- 18 Реакции супероксид анион-радикала с пероксидом водорода.
- 19 Реакции супероксид анион-радикала с алкилсульфидами.
- 20 Реакции супероксид анион-радикала с гидропероксидами.
- 21 Влияние полярности апротонной среды на химизм реакций пероксида водорода с участием  $O_2^{\cdot-}$ .
- 22 Реакционная способность синглетного молекулярного кислорода.
- 23 Реакции 1,4-присоединение  $^1O_2$  к *цис*-диенам.
- 24 1,4-присоединение  $^1O_2$  к ароматическим углеводородам.
- 25 Реакции 1,2-присоединение  $^1O_2$  к олефинам.
- 26 Реакции  $^1O_2$  с олефинами с образованием гидропероксидов.
- 27 Реакции образования  $^1O_2$ .
- 28 Электронная структура атомарного кислорода.
- 29 Атмосфера - многокомпонентная химическая система.
- 30 Процесс образования АФК в атмосфере земли.
- 31 Атмосферная химия озона и АФК.
- 32 Атмосферная химия метана и АФК.
- 33 Процесс окисления формальдегида в атмосфере при участии АФК.
- 34 Процесс окисления СО в атмосфере при участии АФК.
- 35 Атмосферная химия фреонов и АФК.
- 36 Атмосферная химия оксидов азота и АФК.
- 37 Атмосферная химия углеводородов и АФК.
- 38 Атмосферная химия соединений связанного активного кислорода.
- 39 Соединения связанного активного кислорода.
- 40 Структурно-химические свойства пероксидной группы.
- 41 Пероксидные источники АФК: области применения.
- 42 Многотонажная химия пероксидных источников АФК.
- 43 Ключевая роль соединений связанного активного кислорода в радикально-цепных процессах полимеризации и окисления.
- 44 Пероксидная модификация биомолекул: польза, вред, защита
- 45 Образование активных форм кислорода в биологических объектах.
- 46 Пероксидная модификация н липидов при участии АФК.
- 47 Процесс пероксидной модификации липидов при участии АФК.
- 48 Механизм Рассела процесса пероксидной модификации липидов при участии АФК.
- 49 Ппероксидной модификации ДНК при участии АФК.
- 50 Пероксидная модификация молекул белка при участии АФК
- 51 Процесс модификации опухолевой клетки при участии АФК

7.4. Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)



## Билет 1

- 1 Атмосферная химия соединений связанного активного кислорода.
- 2 Соединения связанного активного кислорода.
- 3 Структурно-химические свойства пероксидной группы.

## 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

## 8.1. Семестр 1, очная форма обучения

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-5	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	20
	Контрольная работа	10
ИТОГО		50
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

## 8.2. Семестр 1, очно-заочная форма обучения

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-5	Организационно-учебная работа в аудитории	30
	Самостоятельная работа	20
	Контрольная работа	10
ИТОГО		50
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

## Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено

60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

## 9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
  - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере;
  - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в IX учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, ул. Щорса, 17а). Для проведения лекционных и практических занятий требуется аудитория, оборудо-

ванная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете Главного корпуса (ауд.405).

При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

## 11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 11.1. Основная литература

1. Non-Valency Interaction in Organic Peroxides Homolysis Reactions / A.A. Turovsky, L.I. Bazylyak, AR. Kytsya, N. A. Turovsky, G. E. Zaikov. – New York : Nova Science Publishers, Inc., 2012. – 250 p. <http://library.donnu.ru/catalog/>. Текст электронный.
2. Туровский Н.А. Практикум компьютерной структурной химии: учебное пособие / Н.А.Туровский. – Донецк: ГОУ ВПО «ДонНУ», 2018. – 145 с Текст электронный и непосредственный

### 11.2. Дополнительная литература

3. Supramolecular reaction of lauroyl peroxide with tetraalkylammonium bromides / N.A. Turovskij et al. // Oxidation Communications. – 2010. – Vol. 33, № 3. – P. 485-501. Электронный ресурс. <http://repo.donnu.ru:8080/jspui/handle/123456789/4318>.
4. Molecular Design and Reactivity of the 1-Hydroxycyclohexyl Hydroperoxide – Alk<sub>4</sub>NBr Complexes / N.A. Turovskij et al. // Handbook of Chemistry, Biochemistry and Biology: New Frontiers / ed.: Shishkina L.N. et al. – New York, 2010. – Chap. 21. – P. 225-233. Текст электронный. <http://repo.donnu.ru:8080/jspui/handle/123456789/4319>.
5. Квантовохимическое исследование механизмов окисления диметилсульфида пероксидом водорода и пероксодоборами / С.Л. Литвиненко, В.Л. Лобачев, Л.М. Дятленко, Н.А. Туровский // Теоретическая и экспериментальная химия. – 2011. – Т. 47, № 1. – С. 1-7. Текст электронный. <http://repo.donnu.ru:8080/jspui/handle/123456789/4319>
6. Кузнецова А.А. Окисление ДНК и ее компонентов активными формами кислорода [Текст] / А.А. Кузнецова, Д.Г. Кнорре, О.С. Федорова // Успехи химии. – 2009. – Т. 78, № 7. – С. 714-734. Текст электронный.
7. Денисов Е.Т. Радикальная химия артемизинина [Текст] / Е.Т. Денисов, С.Л. Солодова, Т.Г. Денисова // Успехи химии. – 2010. – Т. 79, № 11. – С. 1065 – 1088. Текст электронный
8. Колупаев Ю. Е. Активные формы кислорода и стрессовый сигналинг у растений [Текст] / Ю. Е. Колупаев, Ю. В. Карпец // *Ukrainian biochemical journal*. – 2014. – Vol. 86, № 4. – С. 18-35. Режим доступа: Текст электронный.
9. Логинова А.Ю. Роль активных форм кислорода в процессах самоочищения природных водных экосистем [Текст] / А.Ю. Логинова, Н.А. Силаева // [Журнал актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук](#). – 2015. – № 4-1. – С. 48-51. Текст электронный.

## 12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. Информиио : электрон. справочник / ООО «РИНФИЦ». – Москва : Издат. дом «Информиио», [2018?– ]. – URL: <https://www.informio.ru> (дата обращения: 19.05.2023). – Текст : электронный.
2. IPR SMART : весь контент ЭБС Ipr books : цифровой образоват. ресурс / ООО «Ай Пи Эр Медиа». – [Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2022]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru> (дата обращения: 19.05.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст. Аудио. Изображения : электронные.
3. Лань : электрон.-библ. система. – Санкт-Петербург : Лань, сор. 2011–2021. – URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 19.05.2023). – Текст : электронный. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
4. СЭБ : Консорциум сетевых электрон. б-к / Электрон.-библ. система «Лань» при поддержке Агентства стратег. инициатив. – Санкт-Петербург : Лань, сор. 2011–2021. – URL: <https://seb.e.lanbook.com/> (дата обращения: 19.05.2023). – Режим доступа : для пользователей организаций – участников, подписчиков ЭБС «Лань».
5. Book on lime : дистанц. образование / изд-во КДУ МГУ им. М. В. Ломоносова. – Москва : КДУ, сор. 2017. – URL: <https://bookonlime.ru> (дата обращения: 19.05.2023) – Текст. Изображение. Устная речь : электронные.
6. Научная электронная библиотека elibrary.ru : информ.-аналит. портал / ООО Научная электронная библиотека. – Москва : ООО Науч. электрон. б-ка, сор. 2000–2022. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 19.05.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
7. Cyberleninka : науч. электрон. б-ка «КиберЛенинка» / [Е. Кисляк, Д. Семячкин, М. Сергеев ; ООО «Итеос»]. – Москва : КиберЛенинка, 2012. – URL: <http://cyberleninka.ru> (дата обращения: 19.05.2023). – Текст : электронный.
8. Электронный каталог Научной библиотеки Донецкого государственного университета. – Донецк : НБ ДонГУ, 1999– . – URL: <http://catalog.donnu.education> (дата обращения: 01.01.2023). – Текст : электронный.

## 12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).