

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова  
Российской академии наук  
(ИБХ РАН)**

**СОГЛАСОВАНО:**  
Ученый совет ИБХ РАН  
Протокол № 9 от «02» ноября 2022г.

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н. В.А.Олейников  
от «02» ноября 2022г.

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Директор ИБХ РАН

академик А.Г.Габибов  
от «02» ноября 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ БИОРЕГУЛЯТОРЫ»**

**Шифр и наименование  
группы научных специальностей:**

- 1.5. Биологические науки
- 1.4. Химические науки

**Уровень высшего образования:** подготовка научных  
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Форма обучения:** очная

Рабочая программа разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ в аспирантуре (Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951), утвержденным Учебным планом аспирантов на основании решения Учёного совета (Протокол № 9 от 02.11.2022 г.).

### **1. Краткая аннотация**

Разнообразные низкомолекулярные органические соединения являются регуляторами жизнедеятельности человека, животных, растений, грибов, микроорганизмов и вирусов. В процессах функциональной регуляции клеточной активности прокариотических и эукариотических организмов, значительное место занимают низкомолекулярные соединения. Большинство жизненно необходимых лекарств — это природные низкомолекулярные вещества, их синтетические и полусинтетические аналоги, а также новейшие соединения, для которых установлена физиологическая активность.

### **2. Объем программы и виды учебной работы**

Объём программы составляет 36 академических часов (1 зачётная единица). Лекционно/семинарские занятия могут проводиться в очной форме или в формате он-лайн на платформе Zoom.

### 3. Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы:

№	Наименование тем дисциплины	Количество аудиторных часов, в том числе:			Самостоятельная работа (час)	Контроль (час)
		лекции	практические занятия (семинары)	Лабораторные работы		
1	Низкомолекулярные биорегуляторы – введение. Низкомолекулярные биорегуляторы липидной природы, их биосинтез, физиологическая регуляторная роль. Флавоноиды.	2				
2	Биосинтез вторичных метаболитов. Шесть основных классов: алкалоиды, поликетиды, нерибосомные пептиды, терпеноиды, фенилпропаноиды, пурины и пиримидины,	2			4	
3	Терпеноиды. Важнейшие классы терпеноидов. Экологическая функция, практическое значение и медицинские применения.	2			4	
4	Антибиотики. Историческая справка. Основные классы. Механизмы действия и возникновения резистентности.	2			4	
5	Гормоны. Стероиды - половые гормоны и не только.	2			4	
6	Регулирующая роль витаминов. Основные группы. Витамины группы В как важнейшие коферменты.	2			4	
	<b>Всего часов</b>	<b>12</b>		-	<b>20</b>	<b>4</b>

#### 4. Итоговый контроль

Зачёт проводится в виде сданного реферата на тему, предложенную в программе. Реферат проверяется на оригинальность в системе «Антиплагиат». Оригинальность содержательной части должна составлять не менее 75%.

Форма контроля	Индикаторы	Итоговый результат
Зачёт	Реферат полно и исчерпывающе раскрывает тему. Аспирант демонстрирует уверенные знания теории. Реферат раскрывает тему, но есть незначительные замечания, несущественные неточности. Реферат не полной мере раскрывает тему, есть существенные замечания. Имеются существенные неточности.	зачет
	Реферат частично (в существенной его части) или полностью не раскрывает тему.	незачет

#### 5. Темы рефератов:

1. Основные классы низкомолекулярных биорегуляторов.
2. Вклад открытия низкомолекулярных биорегуляторов в становление молекулярной биологии как самостоятельного направления в естествознании.
3. Новейшие методологии поиска и изучения низкомолекулярных биорегуляторов с применением масс-спектрометрии и метаболомики.
4. Основные группы алкалоидов.
5. Цитоскелетные алкалоиды.
6. Перспективные противоопухолевые алкалоиды.
7. Группа алкалоидов опия. Понятие об опиатных рецепторах и их эндогенных лигандах.
8. Морфин, кодеин, папаверин.
9. Героин, аналоги морфина (соединение Бентли), налорфин.
10. Рецепторы морфиновых алкалоидов и их природные лиганды.
11. Тропановые алкалоиды группы кокаина и атропина.
12. Алкалоиды группы резерпина.
13. Винбластин и винкристин - перспективные противоопухолевые алкалоиды группы резерпина.
14. Алкалоиды пуринового ряда.
15. Цитоскелетные алкалоиды колхицин, таксол, цитохалазин, латрункулин.
16. Антибиотики: история открытия, основные группы.
17. Пенициллины. Представления о механизме биосинтеза бактериальной клеточной стенки и механизме действия пенициллинов.
18. Молекулярные механизмы резистентности бактерий к пенициллинам и биоинженерные направления работ по ее преодолению.
19. Тетрациклины, стрептомицин, пурамицин.
20. Антибиотики, влияющие на биосинтез нуклеиновых кислот. Актиномицин D, антрациклины, оливо- и хромомицины и ансамакролиды.

21. Антибиотики как инструменты изучения биосинтеза белка в молекулярной биологии: основные этапы биосинтеза белка и связанные с ними антибиотики.
22. Проблемы и перспективы разработки новых антибиотиков.
23. Антибиотики как низкомолекулярные биорегуляторы.
24. Молекулярные механизмы действия антибиотиков как противоопухолевых агентов.
25. Антибиотики - инструменты изучения ионного транспорта через мембраны. Полиеновые макролиды, основные черты строения и образование пор в липидных бислоях с участием стерина.
26. Витамины и витаминоподобные вещества. Основные классы витаминов.
27. Открытие витаминов и их роль в функционировании организмов человека и животных.
28. Метаболизм витамина D и обмен стеролов.
29. Витамин F и биосинтез простагландинов, тромбоксанов, лейкотриенов.
30. Открытие витаминов и их роль в функционировании организмов человека и животных. Водорастворимые и жирорастворимые витамины. Витамины и коферменты.
31. Витамин A. Строение, биологическая роль и изомеризация в процессе функционирования. Каротиноиды как источники витамина A. Ретиноевая кислота и ее биологическая роль.
32. Витамин B<sub>1</sub>, тиаминмонофосфат и кокарбоксилаза; их роль в декарбоксилировании α-кетокислот и лечении болезни бери-бери.
33. Витамин B<sub>2</sub> (рибофлавин) и флавиновые коферменты, участие в системах оксидаз и дегидрогеназ.
34. Витамин B<sub>5</sub> (Пантотеновая кислота), кофермент A<sub>1</sub> и его биосинтетическая роль.
35. Витамин B<sub>3</sub> (Ниацин) и ниацинамид. Кофермент оксидоредуктаз, биосинтез ниацина.
36. Витамин B<sub>6</sub> (адермин), его формы - пиридоксин, пиридоксаль и пиридоксамин, и коферменты - пиридоксаль-5'-фосфат и пиридоксамин-5'-фосфат; участие в процессах биосинтеза аминокислот и липидов.
37. Витамин B<sub>9</sub> (Фолиевая кислота), его конъюгаты с глутаминовой кислотой; тетрагидрофолиевая кислота. Их роль в переносе одноуглеродных радикалов.
38. Витамин B<sub>12</sub> (оксикобаламин) и его кофермент - кобамамид, их биологическая роль и применение при заболеваниях кроветворной системы.
39. Витамин C (аскорбиновая кислота): строение, реакционная способность, таутомерия и биологическая роль.
40. Витамины D и их провитамины. Механизм биосинтеза.
41. Пути биосинтеза флавоноидов.
42. Ацетилоксогенсин А<sub>1</sub> и его роль в биосинтезе флавоноидов.
43. Физиологическая и защитная роль флавоноидов.
44. Монолигнолы и лигнин. Конденсированные и гидролизуемые танины.
45. Полиизопреноидная природа терпенов.
46. Пути синтеза терпенов из мевалоновой кислоты и гликолитических интермедиатов.
47. Циклизация терпенов — основа биосинтеза стеролов.
48. Пути синтеза терпенов из мевалоновой кислоты и гликолитических интермедиатов.
49. Стероиды как тетрациклические тритерпены. Основные этапы их биосинтеза.
50. Холестерин и растительные стерины: структура и биологическая функция.

51. Эстрогены и андрогены. Биосинтез и биологическая роль.
52. Желчные кислоты. Биосинтез в печени и биологическая роль. Использование в биоорганической химии.
53. Особенности структуры и биологической активности эстрогенов (эстрон, эстрадиол и эстриол), связь с активностью фолиевой кислоты и прогестерона. Синтетические андрогенные препараты, анаболики.
54. Сердечные гликозиды, стероидные сапонины и алкалоиды.
55. Особенности рецепции стероидных гормонов.
56. Стероидные гормоны насекомых и инсектициды.
57. Феромоны и половые аттрактанты насекомых.
58. Ювенильные гормоны насекомых и их роль в онтогенезе.
59. Низкомолекулярные биорегуляторы липидной природы.
60. Биосинтез, физиологическая регуляторная роль простагландинов, тромбоксанов и лейкотриенов.
61. Жасмоновая кислота – сигнальная молекула растений.
62. Основные фитогормоны.
63. Рецепторы фитогормонов.
64. Пептидные фитогормоны — новейший класс фитогормонов.
65. F-box белки и SCF-убиквитин-лиганзные комплексы.
66. Стриголактоны.
67. Яды и токсины как отдельные классы соединений.
68. Токсины земноводных и рыб.
69. Токсины высших растений и насекомых.
70. Использование токсинов в биохимии.

## **6. Литература.**

1. B. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, P. Walter. Molecular biology of the cell, 5th ed. Garland Science, 2007.
2. J.M. Berg, J.L. Tymoczko, L. Stryer. Biochemistry, In ed. W. H. Freeman and Company, 2002.
3. B. Buchanan, W. Gruissem and R. Jones. Biochemistry and molecular biology of plants. Wiley, 2002.
4. L. Taiz, E. Zeiger. Plant physiology, 5th ed. Sinauer Associates, Inc., 2010.
5. Benjamins R., Scheres B. Auxin: the looping star in plant development // Annual Review of Plant Biology. V. 2008. 59. P. 443-465.
6. Calderon-Villalobos L.I., Tan X., Zheng N., Estelle M. Auxin perception-structural insights // Cold Spring Harb Perspect Biol. V. 2010. 2. P. 5546.
7. Depuydt S., Hardtke C.S. Hormone signalling crosstalk in plant growth regulation // Current Biology: CB. V. 2011. 21. P. 365-73.
8. Ejim L., Farha M.A., Falconer S.B., Wildenhain J., Coombes B.K., Tyers M., Brown E.D. et al. Combinations of antibiotics and nonantibiotic drugs enhance antimicrobial efficacy // Nature Chemical Biology. V. 2011. 7. P. 348-350.
9. Fajardo A., Martínez J.L. Antibiotics as signals that trigger specific bacterial responses // Current Opinion in Microbiology. V. 2008. 11. P. 161-167.
10. Falconer S.B., Brown E.D. New screens and targets in antibacterial drug discovery // Current Opinion in Microbiology. V. 2009. 12. P. 497-504.
11. Fischbach M.A., Walsh C.T. Antibiotics for emerging pathogens // Science. V. 2009. 325. P. 1089 - 93.
12. Fukuyo Y., Hunt C.R., Horikoshi N. Geldanamycin and its anti-cancer activities // Cancer Letters. V. 2010. 290. P. 24-35.

13. Hardtke C.S., Dorcey E., Osmont K.S., Sibout R. Phytohormone collaboration: zooming in on Auxin brassinosteroid interactions // *Trends in Cell Biology*. V. 2007. 17. P. 485-492.
14. Javitt N.B. Oxysterols: novel biologic roles for the 21st century // *Steroids*. V. 2008. 73. P. 149-157.
15. Kamada-Nobusada T., Sakakibara H. Molecular basis for cytokinin biosynthesis // *Phytochemistry*. V. 2009. 70. P. 444-449.
16. Kim T., Guan S., Sun Y., Deng Z., Tang W., Shang J., Sun Y. et al. Brassinosteroid signal transduction from cell-surface receptor kinases to nuclear transcription factors // *Nature Cell Biology*. V. 2009. 11. P. 1254-1260.
17. Kirby J., Keasling J.D. Biosynthesis of plant isoprenoids: perspectives for microbial engineering // *Annual Review of Plant Biology*. V. 2009. 60. P. 335-355.
18. Liscombe D.K., Facchini P.J. Evolutionary and cellular webs in benzylisoquinoline alkaloid biosynthesis // *Current Opinion in Biotechnology*. V. 2008. 19. P. 173-180.
19. Martens S., Mithöfer A. Flavones and flavone synthases // *Phytochemistry*. V. 2005. 66. P. 2399-2407.
20. Martinez J.L., Fajardo A., Garmendia L., Hernandez A., Linares J.F., Martínez-Solano L., Sánchez M.B. A global view of antibiotic resistance // *FEMS Microbiology Reviews*. V. 2009. 33. P. 44-65.
21. Martinez J.L., Sánchez M.B., Martínez-Solano L., Hernandez A., Garmendia L., Fajardo A., Alvarez-Ortega C. Functional role of bacterial multidrug efflux pumps in microbial natural ecosystems // *FEMS Microbiology Reviews*. V. 2009. 33. P. 430-449.
22. Proust H., Hoffmann B., Xie X., Yoneyama K., Schaefer D.G., Yoneyama K., Nogué F. et al. Strigolactones regulate protonema branching and act as a quorum sensing-like signal in the moss *Physcomitrella patens* // *Development (Cambridge, England)*. V. 2011. 138. P. 1531-1539.
23. Rameau C. Strigolactones, a novel class of plant hormone controlling shoot branching // *Comptes Rendus Biologies*. V. 2010. 333. P. 344-349.
24. Simons K., Ikonen E. How cells handle cholesterol // *Science*. V. 2000. 290. P. 1721-1726.
25. Tanaka Y., Ohmiya A. Seeing is believing: engineering anthocyanin and carotenoid biosynthetic pathways // *Current Opinion in Biotechnology*. V. 2008. 19. P. 190-197.
26. Tromas A., Paponov I., Perrot-Rechenmann C. Auxin binding protein 1: functional and evolutionary aspects // *Trends in Plant Science*. V. 2010. 15. P. 436-446.
27. Tromas A., Perrot-Rechenmann C. Recent progress in auxin biology // *Comptes Rendus Biologies*. V. 2010. 333. P. 297-306.
28. Tyurin V.A., Tyurina Y.Y., Kochanek P.M., Hamilton R., DeKosky S.T., Greenberger J.S., Bayir H. et al. Oxidative lipidomics of programmed cell death // *Methods in Enzymology*. V. 2008. 442. P. 375-393.
29. Wilke M.S., Lovering A.L., Strynadka N.C.J. Beta-lactam antibiotic resistance: a current structural perspective // *Current Opinion in Microbiology*. V. 2005. 8. P. 525-533.
30. Wollam J., Antebi A. Sterol Regulation of Metabolism, Homeostasis, and Development // *Annual Review of Biochemistry*. V. 2010.

31. Yim G., Wang H.H., Davies J. Antibiotics as signalling molecules // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences. V. 2007. 362. P. 1195-1200.
32. Yoneyama K., Xie X., Yoneyama K., Takeuchi Y. Strigolactones: structures and biological activities // Pest Management Science. V. 2009. 65. P. 467-470.
33. Ziegler J., Facchini P.J. Alkaloid biosynthesis: metabolism and trafficking // Annual Review of Plant Biology. V. 2008. 59. P. 735-769.

#### **7. Программное обеспечение**

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети ИБХ РАН
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети ИБХ РАН
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

#### **8. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

- Consultant Plus
- Garant system
- Библиотека ИБХ РАН

#### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины - типы аудиторий, оснащение аудиторий**

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, доску, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель
- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi