

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Оценочные материалы по дисциплине

**Molecular basis of health and pathologies/
Молекулярные основы здоровья и патологии**

по направлению подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки
Physics Methods and Information Technologies in Biomedicine
«Физические методы и информационные технологии в биомедицине»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
В.П. Демкин

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- УК-1 – способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;
- УК-2 – способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла;
- УК-4 – способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (ых) языке (ах), для академического и профессионального взаимодействия.
- ПК-4 – способен демонстрировать знание фундаментальных и практических методов оценки состояния биосистем и их применение в биомедицинской диагностике.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

- ИУК-1.1. Выявляет проблемную ситуацию, на основе системного подхода осуществляет ее многофакторный анализ и диагностику.
- ИУК-1.2. Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации
- ИУК-1.3. Предлагает и обосновывает стратегию действий с учетом ограничений, рисков и возможных последствий.
- ИУК-2.1. Формулирует цель проекта, обосновывает его значимость и реализуемость.
- ИУК-2.2. Разрабатывает программу действий по решению задач проекта с учетом имеющихся ресурсов и ограничений.
- ИУК-2.3. Обеспечивает выполнение проекта в соответствии с установленными целями, сроками и затратами.
- ИУК-4.1. Обосновывает выбор актуальных коммуникативных технологий (информационные технологии, модерирование, медиация и др.) для обеспечения академического и профессионального взаимодействия.
- ИУК-4.2. Применяет современные средства коммуникации для повышения эффективности академического и профессионального взаимодействия, в том числе на иностранном (ых) языке (ах).
- ИУК-4.3. Оценивает эффективность применения современных коммуникативных технологий в академическом и профессиональном взаимодействиях.
- ИПК-4.1. Знает принципы и механизмы регуляции биологических процессов
- ИПК-4.2. Умеет ориентироваться в новейших достижениях в области биомедицинской диагностики.
- ИПК-4.3. Владеет методами и технологиями оценки состояния биосистемы.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- практические (семинарские) задания;
- проектная работа.

Примерные темы семинарских занятий:

1. Введение в молекулярную медицину: предмет, история развития, задачи и методы.
2. Строение нуклеиновых кислот. Роль ДНК в хранении и передаче генетической информации. Процесс репликации ДНК.
3. Транскрипция. Процессинг РНК. Регуляция активности генов.

4. Генетический код. Трансляция.
5. Современные молекулярные и экспериментальные методы исследований.
6. Врожденная и адаптивная иммунные системы. Роль иммунной системы в предотвращении болезней, прогрессировании и развития заболеваний.
7. Молекулярная основа и патофизиология моногенных и мультифакториальных заболеваний.
8. Канцерогенез. Молекулярная основа и патофизиология. Ранняя диагностика, применение генной терапии.
9. Использование методов РНК-интерференции при диагностике и лечении онкологических и сердечно-сосудистых, инфекционных заболеваний, поражений ЦНС.

Проверяемые индикаторы для оценки формирования компетенций: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3, ИУК-4.1, ИУК-4.2, ИУК-4.3, УПК-4.1, УПК-4.2, УПК-4.3.

Семинарское занятие № 1. Введение в молекулярную медицину: предмет, история развития, задачи методы.

Содержание раздела:

Этапы развития молекулярной медицины. Фундаментальные направления биологических исследований, молекулярные основы патогенеза болезней, способы выявления молекулярных дефектов.

1. Trent R.J. Molecular Medicine. Genomics to Personalized Healthcare [Electronic resource] / R.J. Trent // Elsevier, 2012. – 4th ed. – 346 p. The electronic version of the printing publication. - URL: <https://www.elsevier.com/books/molecular-medicine/trent/978-0-12-381451-7> (access date: 22.01.2025).

<https://superdrive.pw/download/-NzqteVOpPsVK6TUhgqS> (access date: 22.01.2025).

[https://www.translationalres.com/article/S1931-5244\(09\)00274-6/abstract](https://www.translationalres.com/article/S1931-5244(09)00274-6/abstract) (access date: 22.01.2025).

2. Boenink M. Molecular medicine and concepts of disease: the ethical value of a conceptual analysis of emerging biomedical technologies [Electronic resource] / M. Boenink // Med Health Care and Philos, 2010 – Vol. 13. – P. 11–23. – The electronic version of the printing publication. URL:

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2801843/pdf/11019_2009_Article_9223.pdf (access date: 22.01.2025).

3. Trent R.J. Molecular medicine [Electronic resource] / R.J. Trent // Elsevier, 2005. – 3th ed. – 320 p. The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.elsevier.com/books/molecular-medicine/trent/978-0-12-699057-7> (access date: 22.01.2025).

4. Clark D. Molecular Biology [Electronic resource] / D. Clark, N. Pazdernik // Elsevier, 2012. – 2nd ed. – 928 p. – The The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.elsevier.com/books/molecular-biology/clark/978-0-12-378594-7> (access date: 22.01.2025).

Семинарское занятие № 2. Строение нуклеиновых кислот: ДНК, РНК. Роль ДНК в хранении и передаче наследственной. Процесс репликации ДНК.

Содержание раздела:

1. Молекулярные основы наследственности. Доказательство ДНК в хранении и передаче генетической информации. Химия и строение нуклеиновых кислот. Нуклеотиды, их разновидности. Правила Чаргаффа. Модель ДНК Уотсона и Крика. Формы спирали ДНК. Химические связи, стабилизирующие цепи ДНК.

Консервативная, полуконсервативная и дисперсная модели репликации ДНК. Доказательство полуконсервативного способа репликации ДНК (опыты Мезельсона и Сталя) Различия в репликации у про- и эукариот. Общая характеристика процесса репликации ДНК: Ферменты репликации ДНК, их функции.

Этапы репликации ДНК. Характеристика отдельных этапов репликации: инициация, элонгация, терминация. Значение терминов: репликативная вилка, репликативный глазок, репликон, точка *ori*, праймеры, отстающая цепь, лидирующая цепь, фрагменты Оказаки.

1. Alberts B. Molecular biology of the Cell [Electronic resource] / Alberts B., Johnson A., Lewis J., et al. // Garland Science, 2002. – 4th ed. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26850/> (access date: 22.01.2025).

Vadim O. Chagin. Organization of DNA Replication [Electronic resource] / Vadim O. Chagin, Jeffrey H. Stear, M. Cristina Cardoso // Cold Spring Harb Perspect Biol., 2010 – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2845211/> (access date: 22.01.2025).

<https://rwu.pressbooks.pub/bio103/chapter/dna-replication/> (access date: 22.01.2025).

<https://www.sciencefacts.net/dna-replication.html> (access date: 22.01.2025).

https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/2/2_2016_12_29!05_05_54_PM.pdf (access date: 22.01.2025).

https://www.researchgate.net/publication/44583010_Organization_of_DNA_Replication (access date: 22.01.2025).

2. Cooper G. The Cell: A Molecular Approach [Electronic resource] / G. Cooper // Sinauer Associates, 2000. – 2nd ed. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9940/> (access date: 22.01.2025).

Семинарское занятие № 3. Транскрипция. Процессинг РНК Механизмы регуляции активности.

Содержание раздела:

Центральная догма молекулярной биологии и специальные способы передачи генетической информации в клетке. Строение РНК. Первичная, вторичная, третичная структура РНК. Виды РНК и их функции. Строение РНК-полимеразы. Основные процессы на различных этапах транскрипции. Варианты модификации первичного транскрипта.

Строение и функции сплайсосом. Понятия негативного и позитивного контроля генетической активности. Понятия анаболических и катаболических оперонов. Механизм регуляции экспрессии генов лактозного оперона по типу позитивной репрессии и негативной индукции. Механизм регуляции экспрессии генов по типу позитивной индукции. Механизм регуляции экспрессии генов по типу негативной репрессии.

Механизмы регуляции экспрессии генов у эукариот на уровне транскрипции. Что такое геномный импринтинг и каковы его механизмы. Иметь представление о болезнях геномного импринтинга.

1. Yilmaz A, Grotewold E. Components and mechanisms of regulation of gene expression [Electronic resource] / A. Yilmaz, E. Grotewold // Methods Mol Biol., 2010;674. – P. 23-32. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20827583> (access date: 22.01.2025).

<https://rwu.pressbooks.pub/bio103/chapter/regulation-of-gene-expression/> (access date: 22.01.2025).

https://www.researchgate.net/publication/46182057_Components_and_Mechanisms_of_Regulation_of_Gene_Expression (access date: 22.01.2025).

2. Clancy S. DNA Transcription [Electronic resource] / S. Clancy // Nature Education, 2008 – Vol. 1(1):41 – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.nature.com/scitable/topicpage/dna-transcription-426> (access date: 22.01.2025).

3. Kouzine F. DNA topology and transcription [Electronic resource] / F. Kouzine, D. Levens, L. Baranello // Nucleus, 2014. – Vol. 5:3, P. 195–202 – The electronic version of the

printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4133214/pdf/nucl-5-195.pdf> (access date: 22.01.2025).

4. Nestler E. J. Hyman S.E. Regulation of Gene Expression [Electronic resource] / E. J. Nestler, S. E. Hyman // Neuropsychopharmacology, 2002. – P. 217-228 The electronic version of the printing publication. – URL: https://acnp.org/wp-content/uploads/2017/11/CH17_217-228.pdf (access date: 22.01.2025).

5. Adams J. U. Essentials of Cell Biology [Electronic resource] / J. U. Adams // NPG Education, 2010. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.nature.com/scitable/ebooks/essentials-of-cell-biology-14749010/> (access date: 22.01.2025).

Семинарское занятие № 4. Генетический код. Трансляция

Содержание раздела:

Строение и функции белковых молекул. Строение пептидной связи и уровни пространственной организации белковых молекул. История открытия генетического кода. Понятие генетического кода и его свойства. Адаптерная теория трансляции. Строение и функции транспортной РНК. Строение и функции аминоацил-тРНК синтетазы.

Строение и функции рибосом. Характеристика этапов трансляции: инициация, элонгация, терминация. Варианты посттрансляционной модификации белков. Понятие фолдинга белков; роль шаперонов. Роль прионов в аномалиях фолдинга белков.

1. Clancy S. Translation: DNA to mRNA to Protein [Electronic resource] / S. Clancy // Nature Education, 2008. – Vol 1(1):101. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.nature.com/scitable/topicpage/translation-dna-to-mrna-to-protein-393> (access date: 22.01.2025).

2. Wong E.V. Cells: Molecules and Mechanisms. Translation: from RNA to Protein (Chapter 10) [Electronic resource] / E.V. Wong // Axolotl Academic Publishing, 2009. – P. 139-154. – The electronic version of the printing publication. – URL: http://www.axopub.com/Downloads/Cells/10_Translation.pdf (access date: 22.01.2025).

3. Budisa N. Engineering the Genetic Code: Expanding the Amino Acid Repertoire for the Design of Novel Proteins [Electronic resource] / N. Budisa // Willey, 2006. – 312 p. The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.wiley.com/en-us/Engineering+the+Genetic+Code%3A+Expanding+the+Amino+Acid+Repertoire+for+the+Design+of+Novel+Proteins-p-9783527607099> (access date: 22.01.2025).

3. Griffiths A. J. F. An Introduction to Genetic Analysis [Electronic resource] / A. J. F. Griffiths, J. H. Miller, D. T. Suzuki et al. // NY: W. H. Freeman, 2000 – 7 th ed. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1015187026471> (access date: 22.01.2025)
<https://drive.google.com/file/d/0Bw-yF35RJH5HMXVoVFd6RUdGQjA/view?resourcekey=0-EeaVtZ0ct1Oc0E7L53iX9w> (access date: 22.01.2025).

Семинарское занятие № 5. Современные молекулярные и экспериментальные методы исследований.

Содержание раздела:

Применение рестрикционных эндонуклеаз, ДНК-лигаз, основные принципы полимеразной цепной реакции (ПЦР). Применение электрофореза для разделения молекул ДНК, выявление определённой последовательности ДНК в реакционной смеси, Саузерн блоттинг, молекулярное клонирование, секвенирование ДНК, белковый иммуноблоттинг, изучение экспрессии генов: ДНК-микрочипирование, in vitro мутагенез.

1. Mohini J. POLYMERASE CHAIN REACTION: METHODS, PRINCIPLES AND APPLICATION [Electronic resource] / J. Mohini, J.D. Deshpande // IJBR, 2010. – Vol. 1(5). – P. 81-97. The electronic version of the printing publication. – URL:

<https://vulms.vu.edu.pk/Courses/ZOO731/Downloads/POLYMERASE%20CHAIN%20REACTION%20METHODS,%20PRINCIPLES%20AND.pdf> (access date: 22.01.2025).

2. Ishmael F. T. Principles and applications of polymerase chain reaction: basic science for the practicing physician [Electronic resource] / F. T. Ishmael, C. Stellato // *Ann allergy Asthma Immunol*, 2008 – Vol. 101(4). – p. 437-443. The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18939735> (access date: 22.01.2025) [https://www.sci-hub.ru/10.1016/s1081-1206\(10\)60323-7?ysclid=m67zzfbdvc679597036](https://www.sci-hub.ru/10.1016/s1081-1206(10)60323-7?ysclid=m67zzfbdvc679597036) (access date: 22.01.2025).

3. Munshi A. DNA SEQUENCING – METHODS AND APPLICATIONS [Electronic resource] / A. Munshi // *Intech*, 2014. – 184 p. The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.intechopen.com/books/mostdownloaded/dna-sequencing-methods-and-applications> (access date: 22.01.2025) <https://pdf4pro.com/view/dna-sequencing-methods-and-applications-3468d.html> (access date: 22.01.2025).

4. Bumgarner R. DNA microarrays: Types, Applications and their future [Electronic resource] / R. Bumgarner, 2013. – *Curr Protoc Mol Biol*. 0 22: Unit–22.1. The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4011503/pdf/nihms-563981.pdf> (access date: 22.01.2025).

5. Hoseini S.S. Molecular cloning using polymerase chain reaction, an educational guide for cellular engineering [Electronic resource] / S.S. Hoseini, M.G. Sauer // *Journal of Biological Engineering* 2015, 9:2. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186%2F1754-1611-9-2.pdf> (access date: 22.01.2025).

6. Eslami A. Western Blotting: Sample Preparation to Detection [Electronic resource] / A. Eslami, J. Lujan // *J Vis Exp*, 2010, (44): 2359. - The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3185633/> (access date: 22.01.2025).

7. Bass J. J. An overview of technical considerations for Western blotting applications to physiological research [Electronic resource] / J. J. Bass, D. J. Wilkinson, D. Rankin et al // *Scand. J Med Sci Sports*, 2017 – Vol. 27(1). – P. 4-25. - The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5138151/> (access date: 22.01.2025).

8. Brown T. A. Southern Blotting and Related DNA Detection Techniques [Electronic resource] / T. A. Brown // *Nature Publ. Group*, 2001 – P 1-6. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.alliot.fr/BIO/PDF/SouthernBlot-.pdf> (access date: 22.01.2025).

9. Ashwini M. Advances in molecular cloning [Electronic resource] / M. Ashwini et al // *Molecular Biology*, 2016 – Vol. 50. – Issue 1. – P. 1-6. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S0026893316010131> (access date: 22.01.2025).

10. Reeves A. In Vitro Mutagenesis [Electronic resource] / A. Reeves // *Springer*, 2017. – 511 p. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.springer.com/gp/book/9781493964703> (access date: 22.01.2025) https://www.researchgate.net/publication/319842552_In_Vitro_Mutagenesis (access date: 22.01.2025).

11. Pray L. A. Restriction Enzymes [Electronic resource] / L. A. Pray // *Nature Education*, 2008. – Vol. 1(1):38. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.nature.com/scitable/topicpage/restriction-enzymes-545/> (access date: 22.01.2025).

12. Shuman S. DNA Ligases: Progress and Prospects [Electronic resource] / S. Shuman // J Biol Chem, 2009. – Vol. 284(26). – P. 17365-17369. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2719376/> (access date: 22.01.2025).

Семинарское занятие № 6. Врожденная и адаптивная иммунные системы. Роль иммунной системы в предотвращении болезней, прогрессировании и развития заболеваний.

Содержание раздела:

Роль иммунной системы в организме человека. Иммунная система как совокупность органов, тканей и клеток, осуществляющих иммунологические функции. Понятие об антигенах. Свойства и виды антигенов. Неспецифические факторы защиты организма человека.

Адаптивный иммунный ответ по гуморальному и клеточному пути. Противοинфекционный иммунный ответ. Аллергические реакции. Клеточные и гуморальные факторы естественной резистентности. Цитокины.

1. Richard W. An introduction to immunology and immunopathology [Electronic resource] / W. Richard et al. // Allergy, Asthma & Clinical Immunology 2011, 7(Suppl 1): S1 – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3245432/pdf/1710-1492-7-S1-S1.pdf> (access date: 22.01.2025).

2. Burke-Smith A. Introduction to Immunology [Electronic resource] / A. Burke-Smith // MCD Immunology. – 47 p. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10502528/> (access date: 22.01.2025)
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1566249/pdf/envhper00522-0014.pdf> (access date: 22.01.2025).

3. Abbas A. Cellular and Molecular Immunology 9th Edition [Electronic resource] / A. Abbas, A. H. Lichtman, S. // Elsevier, 2017. – 608 p. – The electronic version of the printing publication. – URL : <https://booksmedicos.org/cellular-and-molecular-immunology-abul-k-abbas-9th-edition/> (access date: 22.01.2025).

4. Chaplin D. D. Overview of the Immune Response [Electronic resource] / D. D. Chaplin // J Allergy Clin Immunol, 2010. – Vol. 125(2). – P. 3-23. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2923430/> (access date: 22.01.2025).

5. Role of cytokines in allergic airway inflammation [Electronic resource] / H. Nakajima, K. Takatsu // Int Arch Allergy Immunol, 2007. – Vol. 142(4). – P. 265-273. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17124428> (access date: 22.01.2025).
<https://karger.com/iaa/article/142/4/265/165187/Role-of-Cytokines-in-Allergic-Airway-Inflammation> (access date: 22.01.2025).

Семинарское занятие № 7. Молекулярная основа и патофизиология моногенных и мультифакториальных заболеваний.

Содержание раздела:

Общая характеристика моногенной патологии. Понятие мультифакториальных заболеваний. Молекулярные нарушения и механизмы развития моногенных заболеваний. Основные свойства мультифакториального наследования.

Клиническая картина при отдельных формах болезней с разными типами наследования: атеросклероз, сахарный диабет 2 типа, болезнь Альцгеймера. Диагностика и общие принципы лечения. Мутации генов.

1. Richard I. The genetic and molecular bases of monogenic disorders affecting proteolytic systems [Electronic resource] / I. Richard // J Med Genet, 2005 – Vol. 42 – P. 529–539 – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1736095/pdf/v042p00529.pdf> (access date: 22.01.2025).
2. Cade W. Todd. Diabetes-Related Microvascular and Macrovascular Diseases in the Physical Therapy Setting [Electronic resource] / W. Todd Cade // Phys Ther, 2008. – Vol. 88(11). – P. 1322–1335. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2579903/> (access date: 22.01.2025).
3. Mahdieh N. An Overview of Mutation Detection Methods in Genetic Disorders [Electronic resource] / N. Mahdieh, B. Rabbani // Iran J Pediatr, 2013. – Vol. 23. – No 4. – P. 375–388. – The electronic version of the printing publication. – URL: https://www.researchgate.net/publication/259743823_An_Overview_of_Mutation_Detection_Methods_in_Genetic_Disorders (access date: 22.01.2025).
4. Ishak Gene Mutations, Genetic Disease and Pharmacogenetic Genes Disorder [Electronic resource] / Ishak et al. // IJRAP, 2010. – Vol. 1(2). – P. 273–286. – The electronic version of the printing publication. – URL: https://www.researchgate.net/publication/49592879_GENE_MUTATIONS_GENETIC_DISEASE_AND_PHARMACOGENETIC_GENES_DISORDER (access date: 22.01.2025).
5. Atherosclerosis: Molecular and Cellular Mechanisms [Electronic resource] / S. J. George, J. Johnson // Willey, 2010. – 398 p. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527629589> (access date: 22.01.2025)
<https://www.researchgate.net/profile/Luis-Del-Carpio-Orantes/post/Recommend-a-book-on-Artherosclerosis/attachment/59d656fb79197b80779ad863/AS%3A532568480784384%401503985628559/download/ateroesclerosis.pdf> (access date: 22.01.2025).
6. Cooper D. N. Genes, Mutations, and Human Inherited Disease at the Dawn of the Age of Personalized Genomics [Electronic resource] // D. N. Cooper et al. // Human Mutation, 2010 – Vol. 31, No 6, P. 631–655. – The electronic version of the printing publication. – URL: http://ibk.mf.uni-lj.si/teaching/objave/3Predavanje_1_genes_mutations_2010.pdf (access date: 22.01.2025).
7. Molecular Mechanisms of Insulin Resistance: An Update [Electronic resource] / C. Gutierrez-Rodelo et al. // Gaceta Medica de Mexico, 2017. – Vol. 153 – P. 197–209. – The electronic version of the printing publication. – URL: https://www.anmm.org.mx/GMM/2017/n2_english/3942AX171_153_2017_UK2_197-209.pdf (access date: 22.01.2025).
8. Saini V. Molecular mechanisms of insulin resistance in type 2 diabetes mellitus [Electronic resource] / V. Saini // World J Diabetes, 2010. – Vol. 1(30). – P. 68–75. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21537430> (access date: 22.01.2025)
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3083885/> (access date: 22.01.2025).
9. Bordon A. Molecular Mechanisms of Alzheimer's Disease [Electronic resource] / A. Bordon // The Science Journal of the Lander College of Arts and Sciences, 2017, - Vol. 10(2). – P. 5–15. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://touro scholar.touro.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=sjlcas> (access date: 22.01.2025).

Семинарское занятие № 8. Канцерогенез. Молекулярная основа и патофизиология.

Содержание раздела:

Определение понятия «опухоль». Специфические особенности опухолевых клеток и тканей (морфологический, метаболический и иммунологические атипизмы). Этиология

злокачественных опухолей (химический, физический, вирусный канцерогенез, «тканевая» теория).

Метастазирование злокачественных опухолей. Патогенез злокачественных опухолей. Клеточные и молекулярные механизмы канцерогенеза. Противоопухолевый иммунитет.

1. Bukhtoyarov O. V. Pathogenesis of Cancer: Cancer Reparative Trap [Electronic resource] / Oleg V. Bukhtoyarov, Denis M. Samarin. - Journal of Cancer Therapy, 2015 – Vol. 6 – P. 399-412 – The electronic version of the printing publication. – URL: https://file.scirp.org/pdf/JCT_2015050617383675.pdf (access date: 22.01.2025).

2. Michael Lam. Beating Cancer with Natural Medicine [Electronic resource] / M. Lam - 1stBooks, 2003. – 272 p. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.drlamcoaching.com/downloads/Beating-Cancer-with-Natural-Medicine.pdf> (access date: 22.01.2025).

3. Mendelsohn J. The Molecular Basis of Cancer [Electronic resource] / J. Mendelsohn, P. M. Howley, C. B. Thompson // Elsevier, 2014. – 888 p. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.sciencedirect.com/book/9781455740666/the-molecular-basis-of-cancer#book-info> (access date: 22.01.2025)
https://psv4.userapi.com/s/v1/d/hw4GMriD3gTw3ok-4kldyOdsMaHqDCAJxhWuaDJmZaX_YYEoQE3M6Sc6N72xQJvQ7hHYuWjZGeZ9yhL6Oi6lAXriDcadQRtI9N82uzx2ille7Plf/mendelsohn_j_gray_j_w_howley_p_m_israel_m_a_tho.pdf (access date: 22.01.2025).

4. Schulz W. A. Molecular Biology of Human Cancers [Electronic resource] / W. A. Schulz // Springer, 2007. – 508 p. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-3186-1#toc> (access date: 22.01.2025)
https://www.academia.edu/5090190/Molecular_Biology_of_Human_Cancers_An_Advanced_Students_Textbook_Wolfgang_A_Schulz (access date: 22.01.2025).

5. Fior R. Molecular and Cell Biology of Cancer [Electronic resource] / R. Fior, R. Zilhao // Springer, 2019. – 216 p. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-11812-9#toc> (access date: 22.01.2025)
https://psv4.userapi.com/s/v1/d/D819ogIpoBSJkLddtqFA8Ce3IPSYlarb-7SJ9Y-K00xBxuLWWx-rvkureEw6oVRFL-a6GSiZOfo_UOr_N76iTMbZI5Dd4gLN0255bgfeOIB-8Ok1/Molecular_and_Cell_Biology_of_Cancer_When_Cells_Break_the_Rules_and_Hijack_Their_Own_Planet_Fior_1_ed_2019.pdf (access date: 22.01.2025).

6. Pecorino L. Molecular Biology of Cancer 3th ed. [Electronic resource] / L. Pecorino // Oxford University Press, 2012. – 365 p. – The electronic version of the printing publication. – URL: https://www.academia.edu/42917354/Molecular_Biology_of_Cancer (access date: 22.01.2025).

Семинарское занятие № 9. Применение методов РНК-интерференции при диагностике и лечении онкологических и сердечно-сосудистых, инфекционных заболеваниях, поражениях ЦНС.

Содержание раздела:

Компоненты, механизмы и биологические функции системы РНК-интерференции, применение методов РНК-интерференции при диагностике, лечении онкологических и сердечно-сосудистых, инфекционных заболеваний, поражений ЦНС.

1. Zofia Szweykowska-Kulinska. RNA interference and its role in the regulation of eucaryotic gene expression [Electronic resource] / Zofia Szweykowska-Kulinska, Artur Jarmolowski, Marek Figlerowicz. – Acta Biochimica Polonica, № 1/2003. – Vol.50 – P. 217-229 – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12673363/> (access date: 22.01.2025)
https://www.researchgate.net/publication/7690331_RNA_interference_and_its_role_in_the_regulation_of_eucaryotic_gene_expression (access date: 22.01.2025).

2. Neema Agrawal. RNA Interference: Biology, Mechanism, and Applications [Electronic resource] / Neema Agrawal et al. – MICROBIOLOGY AND MOLECULAR BIOLOGY REVIEWS, 2003, p. 657–685 – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://journals.asm.org/doi/epub/10.1128/mmbr.67.4.657-685.2003> (access date: 22.01.2025).
3. S. Abdolhamid Angaj. Application of RNA interference in treating human diseases / S. Abdolhamid Angaj et al. – J. Genet., 2010 – Vol. 89(4) – P. 527–537 – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ias.ac.in/article/fulltext/jgen/089/04/0527-0537> (access date: 22.01.2025).
4. Xin Y. Nano-based deliver of RNAi in cancer therapy [Text] / Y. Xin, M. Huang, W. W. Guo et al // Mol Cancer, 2017 – Vol. 16. – No 134. – P. 1-9. – The electronic version of the printing publication. – URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5534073/pdf/12943_2017_Article_683.pdf (access date: 22.01.2025).
5. Maduri S. Applicability of RNA interference in cancer therapy: Current status [Text] / S. Maduri // Indian J Cancer, 2015. – Vol. 52. – No1. – P. 11-21. – The electronic version of the printing publication. – URL: https://journals.lww.com/indianjcancer/fulltext/2015/52010/applicability_of_rna_interference_in_cancer.3.aspx (access date: 22.01.2025).
6. Laina A. RNA Therapeutics in Cardiovascular Precision Medicine [Text] / A. Laina, A. Gatsiou et al // Frontiers in Physiology, 2018. – Vol. 9 – No 9523. – P. 1-18. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6068259/pdf/fphys-09-00953.pdf> (access date: 22.01.2025).
7. Poller W. Cardiovascular RNA Interference Therapy [Text] / W. Poller, J. Tank, C. Skurk et al // Circulation Research, 2013. – Vol. 113. – P. 588-602. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/circresaha.113.301056> (access date: 22.01.2025).
8. Bobbin M. L. RNA interference approaches for treatment of HIV-1infection [Text] / M. L. Bobbin, J. C. Burnett, J. J. Rossi // Genome Med, 2015. – Vol. 7(1) – No 50. – P. 1-16. – The electronic version of the printing publication. – URL: https://www.researchgate.net/publication/277340532_RNA_interference_approaches_for_treatment_of_HIV-1_infection (access date: 22.01.2025)
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4445287/> (access date: 22.01.2025).
9. Ramachandran P. S. Recent Advances in RNA Interference Therapeutics for CNS Diseases [Text] / P. S. Ramachandran, M. S. Keiser, B. L. Davidson // Neurotherapeutics, 2013. – Vol. 10. – No 3 – P. 473-485. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3701762/> (access date: 22.01.2025).

Примерная тематика заданий для выполнения проекта

1. Апоптоз: взаимодействие между различными факторами клеточной гибели.
2. Однонуклеотидные полиморфизмы: методы детекции SNP.
3. Редактирование генома с помощью технологии CRISPR/Cas9.
4. Особенности генно-инженерного конструирования и переноса ДНК-вакцин в клетки человека.
5. Секвенирование «нового поколения» (NGS): применение для молекулярно-генетических исследований в онкологии.
6. Генная терапия моногенных наследственных заболеваний.
7. Клетки как системы доставки терапевтических генных конструкций.
8. Перспективы технологий антисмысловой терапии.
9. Генная терапия при лечении ран.

10. Перспективы использования генной терапии в лечении сердечно-сосудистых заболеваний.

11. Роль транскрипционного ядерного фактора NF- κ B в патогенезе хронических воспалительных процессов при бронхиальной астме.

Проверяемые индикаторы для оценки формирования компетенций: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3, ИУК-2.1, ИУК-2.2, ИУК-2.3, ИУК-4.1, ИУК-4.2, ИУК-4.3, УПК-4.1, УПК-4.2, УПК-4.3

Содержание проекта:

Выполнение проекта направлено на актуализацию выбранных тем, обсуждение идей по решению проблемы, предоставление доказательств жизнеспособности предложенных решений.

Требования к оформлению проекта:

- Презентация в Power Point, не менее 10 слайдов, обязательно представление практической значимости результата. Возможно групповое выполнение проекта.
- Указать актуальность проектной идеи.
- Представить цель и задачи проекта.
- Описать методы и формы, ход работы, направленные на реализацию задач проекта.
- Представление ожидаемых или уже имеющихся результатов, выводов во время защиты проекта.

Характерными показателями развития самостоятельности у студента в результате освоения дисциплины являются: теоретическое осмысление изучаемого материала, накопление необходимых умений и навыков, интерес к процессу создания продукта собственной самостоятельной деятельности, умение провести презентацию созданного продукта, умение отстаивать собственную точку зрения или предложенный вариант решения проблемы, рефлексия своей деятельности и результата.

Критерии оценивания:

Балльная оценка текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине составляет максимум **60 баллов**.

Таблица 2.1

№ п/п	Вид контроля	Количество	Количество баллов за 1 ед. контроля	Сумма
1.	Посещение лекций	3	1	3
2.	Работа на семинарских занятиях	6	8	48
3.	Выполнение проекта	1	9	9
	ИТОГО			60

Основным критерием балльной оценки текущего контроля успеваемости является **оценка качества выполнения проектного задания** (содержание ответа, полнота ответа, владение профессиональным языком).

Индикаторы балльной оценки проекта:

- 8-9 баллов – ответ не содержит ошибочных элементов и утверждений, максимально полно раскрывает задачи проекта, подтверждает его актуальность, составлен профессиональным языком, содержит описание методов, хода работы, выводы;

- 6-7 баллов – в ответе допущены непринципиальные неточности, упущения, составлен профессиональным языком, содержит описание методов, хода работы, выводы;

- 3-5 баллов – ответ содержит ошибки, упущения, содержание ответов не полное; составлен профессиональным языком, содержит описание методов, хода работы, в выводах допущены неточности;

- 0-2 баллов – ответ содержит многочисленные ошибки, упущения, содержание ответов не полное; выводы отсутствуют.

Индикаторы балльной оценки семинарского занятия:

- 7-8 баллов – ответ имеет четкую, логическую последовательность, полностью раскрывает суть каждого вопроса, содержит выводы, грамотные ответы на вопросы участников семинара;

- 5-6 баллов – ответ имеет четкую, логическую последовательность, содержит упущения, отсутствует доказательность выводов, допущены неточности в ответах на вопросы участников семинара;

- 3-4 балла – отсутствует четкость, логическая последовательность мысли, в содержании ответов допущены неточности, отсутствует доказательность выводов, допущены неточности в ответах на вопросы участников семинара;

- 0-2 балла – содержание ответов не имеет отношения к поставленному вопросу; ответы на вопросы участников семинара содержат ошибки.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Промежуточная аттестация (экзамен) в третьем семестре проводится в устной форме по билетам. Каждый экзаменационный билет состоит из трех теоретических вопросов. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

К экзамену допускаются только те студенты, кто удовлетворительно выполнили все практические задания и защитили проект по тематике молекулярно-генетических исследований.

Перечень теоретических вопросов:

Первая часть содержит вопрос, проверяющий формирование общепрофессиональных компетенций: ИУК-4.1, ИУК-4.2, ИУК-4.3, УПК-4.1. Ответы на вопросы даются в развернутой форме.

1. Основные этапы в истории изучения нуклеиновых кислот. В каких экспериментах была доказана роль ДНК в хранении и передаче наследственной информации? Компактизация ДНК и структура хроматина.

2. Строение нуклеотидов; какие химические связи формируют и стабилизируют молекулы нуклеиновых кислот. Сформулируйте правила Чаргаффа. Опишите модель ДНК, предложенную Уотсоном и Криком. Какие существуют формы спирали ДНК?

3. Опишите три модели репликации ДНК? Каким способом происходит удвоение ДНК в живой клетке? Опишите эксперименты Мезельсона и Сталя по доказательству полуконсервативного способа репликации ДНК.

4. Дайте общую характеристику процесса репликации ДНК. Каковы основные различия в репликации ДНК у про- и эукариот? Перечислите ферменты репликации ДНК и их функции.

5. Изобразите схематично отдельные этапы репликации ДНК: инициация, элонгация, терминация. Определите термины: репликативная вилка, репликативный глазок, репликон, точка *ori*, праймеры, отстающая цепь, лидирующая цепь, фрагменты Оказаки.

6. Определите термины «экспрессия генов», понятия «ген» и «оперон». Каковы различия экспрессии генов у про- и эукариот? Сформулируйте центральную догму молекулярной биологии. Какие существуют специальные способы передачи генетической информации в клетке?

7. Перечислите виды РНК и их функции. Определите термины: транскрипция, единица транскрипции, цистрон. Опишите строение РНК-полимеразы.

8. Охарактеризуйте стадии транскрипции: инициация (связывание РНК-полимеразы с промотором), элонгация (матричная и кодирующая цепи ДНК), терминация транскрипции (ро-зависимая и ро-независимая).

9. Определите термин процессинг РНК? Перечислите и охарактеризуйте варианты модификации первичного транскрипта. Опишите строение и функции сплайсосомы.

Вторая часть содержит вопрос, проверяющий формирование общепрофессиональных компетенций: ИУК-2.1, ИУК-2.2, ИУК-2.3, УПК-4.2. Ответы на вопросы даются в развернутой форме.

1. Атеросклероз: молекулярные механизмы развития нарушений.

2. Сахарный диабет 2 типа: молекулярные механизмы развития нарушений.

3. Болезнь Альцгеймера: молекулярные механизмы развития нарушений.

4. Молекулярные механизмы развития опухолевого процесса. Автономный тип роста опухолевых клеток, генетические нарушения в опухолях. Способность к инвазии и метастазированию. Геномная нестабильность.

5. Сформулируйте гипотезу оперона Ф.Жакоба и Ж.Моно. Опишите общую схему строения и функционирования бактериального оперона.

6. Что означают термины «негативный и позитивный контроль генетической активности»? Опишите строение и принцип функционирования лактозного оперона кишечной палочки.

7. Опишите регуляцию экспрессии генов на примере арабинозного и триптофанового оперонов кишечной палочки.

8. Перечислите особенности регуляции экспрессии генов у эукариот. Перечислите и охарактеризуйте (с примерами) механизмы регуляции экспрессии генов у эукариот на уровне транскрипции.

9. Что такое геномный импринтинг? Каковы его механизмы? Приведите примеры болезней геномного импринтинга.

10. Перечислите и охарактеризуйте свойства генетического кода.

11. Охарактеризуйте адаптерную теорию трансляции. Какие молекулы являются адаптерами в процессе трансляции? Опишите строение и функции транспортной РНК (тРНК). Опишите строение и функции аминоксил-тРНК-синтетазы (АРС-азы).

12. Опишите строение и функции рибосом у прокариот и эукариот. Какие функциональные центры рибосом существуют? Что такое полирибосомы и их функции? Роль рибосомальной РНК (рРНК).

13. Охарактеризуйте и изобразите схематично этапы трансляции. Строение и функции белковых молекул. Пептидная связь, уровни пространственной организации белковых молекул.

Третья часть содержит вопрос, проверяющий формирование универсальных компетенций: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3, УПК-4.3. Ответы на вопросы даются в развернутой форме.

1. Какие варианты посттрансляционной модификации белков существуют? Перечислите функции белков-шаперонов; приведите примеры болезней, связанных с аномалиями фолдинга.

2. Типы мутаций. Нарушение структуры и синтеза белка.

3. Роль иммунной системы (врожденная и адаптивная) в предотвращении болезней: строение, функции.

4. Этапы и применение белкового (Вестерн) иммуноблотинга.

5. Основы молекулярного клонирования и его применение.

6. Этапы и применение ДНК-микрочипирования.

7. Основные принципы полимеразной цепной реакции (ПЦР). Компоненты и этапы ПЦР. Применение метода ПЦР.

8. Методы секвенирования: секвенирование ДНК по Максому и Гилберту (метод химической дегградации); секвенирование ДНК по Сэнгеру, современные методы секвенирования.

9. Анализ экспрессии генов: *in vitro* мутагенез

10. Применение ферментов: ДНК-лигаз и рестрикционных эндонуклеаз

11. РНК-интерференция: компоненты, механизм действия, применение при диагностике и лечении различных заболеваний.

Балльная оценка промежуточной аттестации (в форме устного экзамена) составляет максимум **40 баллов**.

Индикаторы балльной оценки ответа на экзамене:

– 31-40 баллов – ответы на вопросы билета не содержат ошибочных элементов и утверждений, ответы на дополнительные устные вопросы экзаменатора содержательны и убедительны;

– 21-30 баллов – в ответах на вопросы билета допущены не принципиальные ошибки и неточности, ответы на дополнительные устные вопросы экзаменатора содержат упущения;

– 11-20 баллов – в ответах на вопросы билета допущены несколько принципиальных ошибок, ответы на дополнительные устные вопросы экзаменатора содержат упущения;

– 0-10 баллов – ответы на вопросы билета имеют многочисленные ошибки, упущения или содержание ответов не имеет отношения к поставленному вопросу; ответы на дополнительные устные вопросы экзаменатора содержат ошибки.

Баллы, полученные на экзамене, суммируются с баллами, полученными по итогам текущего контроля. На основе итогового количества баллов выставляется оценка.

Соответствие 100-балльной шкалы оценок 4-альтернативной шкале оценок:

- 0-30 баллов – «неудовлетворительно»,
- 30-50 баллов – «удовлетворительно»,
- 50-70 баллов – «хорошо»,
- 70-100 баллов – «отлично».

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Тест

- 1) В каком направлении идет репликация ДНК (ИУК-1.1)?
 - а) 5'-3'
 - б) 3'-5'
 - в) 3'-3'
 - г) 5'-5'
 - д) нет верного ответа
- 2) Фрагменты Оказаки образуются при синтезе (ИУК-1.2):
 - а) отстающей цепи ДНК
 - б) лидирующей цепи ДНК
 - в) матричной цепи ДНК
 - г) нет верного ответа
- 3) Фермент, обеспечивающий одноцепочечные разрезы и локальное расплетение ДНК в процессе репликации, называется (ИУК-4.2):
 - а) ДНК-топоизомераза
 - б) РНК-праймаза
 - в) лигаза
 - г) нет верного ответа
- 4) Процесс синтеза ДНК по матрице ДНК называется (ИУК-1.3):
 - а) трансляция
 - б) репликация
 - в) регуляция
 - г) транскрипция
 - д) обратная транскрипция
 - е) нет верного ответа
- 5) Процесс синтеза ДНК по матрице РНК называется (ИУК-4.1):
 - а) трансляция
 - б) репликация
 - в) регуляция
 - г) транскрипция
 - д) обратная транскрипция
 - е) нет верного ответа
- 6) Фермент, участвующий в сшивании фрагментов ДНК в процессе репликации, называется (УПК-4.2):
 - а) РНК-праймаза
 - б) топоизомераза
 - в) геликаза
 - г) лигаза
- 7) В состав молекулы РНК не входит (УПК-4.1):
 - а) цитозин
 - б) урацил

- в) гуанин
 - г) аденин
 - д) тимин
- 8) Структуры РНК в виде шпилек образуются в местах, содержащих (ИУК-1.3):
- а) палиндромы
 - б) промоторы
 - в) рибозимы
 - г) интроны
- 9) Структура т-РНК в форме «клеверного листа» является примером (ИУК-4.1):
- а) первичной структуры РНК
 - б) вторичной структуры РНК
 - в) третичной структуры РНК
- 10) Виды РНК, которые участвуют в процессах вырезания интронов при созревании и-РНК (ИУК-1.1):
- а) транспортные РНК
 - б) малые ядерные РНК
 - в) рибосомальные РНК
 - г) матричные РНК
- 11) Перенос информации от ядерной ДНК к рибосомам о последовательности аминокислот в молекуле белка осуществляют (УПК-4.2):
- а) транспортные РНК
 - б) малые ядерные РНК
 - в) рибосомальные РНК
 - г) матричные РНК
- 12) Центральная молекулярная догма была впервые представлена (ИУК-4.3):
- а) Джеймсом Уотсоном
 - б) Френсисом Криком
 - в) Грегором Менделем
 - г) Альбертом Косселем
- 13) Выберите правильную формулировку центральной догмы молекулярной биологии (ИУК-1.2):
- а) Генетическая информация передаётся от нуклеиновых кислот к белку, но не в обратном направлении
 - б) Генетическая информация передаётся от белка к нуклеиновым кислотам, но не в обратном направлении
- 14) Процесс синтеза РНК на матрице ДНК называется (ИУК-1.3):
- а) Транскрипция
 - б) Обратная транскрипция
 - в) Процессинг
 - г) Трансляция
- 15) Единицей транскрипции у эукариот является (ИУК-1.1):
- а) Оперон
 - б) Ген
 - в) Белок
 - г) Промотор
- 16) Что из перечисленного не является необходимым компонентом трансляции (ИУК-4.2)?
- а) Антикодон
 - б) мРНК
 - в) Лигаза
 - г) Аминокислота
- 17) Аминокислоты соединяются вместе в белковую цепь, с помощью чего это происходит (ИУК-4.1)?

- а) водородные связи
 - б) ДНК-полимераза
 - в) пептидные связи
 - г) матричную РНК
- 18) Белки содержат ____ различных аминокислот, тогда как ДНК и РНК состоят из различных нуклеотидов ____ (ИУК-4.3):
- а) 20, 64
 - б) 3, 20
 - в) 4, 20
 - г) 20, 4
- 19) После процесса транскрипции, какой из следующих компонентов не является необходимым для синтеза белка (УПК-4.3)?
- а) тРНК
 - б) рибосомы
 - в) мРНК
 - г) ДНК
- 20) Какой сайт молекулы тРНК связывается с молекулой мРНК (УПК-4.1)?
- а) антикодон
 - б) кодон
 - в) аминокислота
 - г) 5'-конец
- 21) Сколько возможно различных число кодонов (ИУК-1.2)?
- а) 3
 - б) 20
 - в) 64
 - г) бесконечное число
- 22) Тринуклеотидная последовательность на РНК называется (ИУК-4.2):
- а) тРНК
 - б) кодон
 - в) антикодон
 - г) ген
- 23) Код из трех нуклеотидов необходим для (УПК-4.3):
- а) 1 аминокислота
 - б) 3 аминокислот
 - в) 1 белок
 - г) 3 белка

Ключи: 1 а), 2 а), 3 а), 4 б), 5 д), 6 г), 7 д), 8 а), 9 б), 10 б), 11 а), 12 б), 13 а), 14 а), 15 б), 16 в), 17 в), 18 г), 19 г), 20 а), 21 в), 22 в), 23 а).

5. Информация о разработчиках

Осихов Иван Анатольевич, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры биологии и генетики Сибирского государственного медицинского университета.