



Інститут біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України  
Силабус навчальної дисципліни

«Сигнальні механізми регулювання клітинних процесів»

<b>Спеціальність</b>	091 Біологія та біохімія
<b>Освітня програма</b>	«Біологія та біохімія»
<b>Освітні рівень</b>	Доктор філософії / PhD
<b>Статус дисципліни</b>	Обов'язкова/ <u>вибіркова</u>
<b>Мова викладання</b>	українська
<b>Курс/ семестр</b>	1 курс / 2 семестр
<b>Кількість кредитів ЄКТС</b>	4
<b>Розподіл за видами занять за годинами навчання</b>	Лекції 42 Лабораторні Практичні 8 Семінарські 4 Консультації Самостійна робота 66
<b>Форма підсумкового контролю</b>	залік
<b>Відповідальні відділи</b>	Відділ сигнальних механізмів клітини, 1 корпус, 2-12 кабінет, 8(044)234-39-22 <a href="https://biochemistry.org.ua/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=5773&amp;Itemid=574&amp;lang=uk">https://biochemistry.org.ua/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=5773&amp;Itemid=574&amp;lang=uk</a> Відділ біохімії м'язів, 1 корпус, 2-17 кабінет, 8(044)235-60-96, 3-13 кабінет, 8(044)234-92-68 <a href="https://biochemistry.org.ua/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=5525&amp;Itemid=300&amp;lang=uk">https://biochemistry.org.ua/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=5525&amp;Itemid=300&amp;lang=uk</a>
<b>Викладачі</b>	Дробот Людмила Борисівна – завідувач відділу сигнальних механізмів клітини, професор, доктор біологічних наук. Бабіч Лідія Григорівна – провідний науковий співробітник, старший науковий співробітник, доктор біологічних наук. Данилович Юрій Володимирович – провідний науковий співробітник, старший науковий співробітник, доктор біологічних наук.
<b>Контактна інформація викладачів</b>	Дробот Людмила Борисівна – drobot@biochem.kiev.ua Бабіч Лідія Григорівна - babich@biochem.kiev.ua Данилович Юрій Володимирович – danylovychy@biochem.kiev.ua
<b>Дні занять</b>	Відповідно діючого розкладу занять <a href="https://biochemistry.org.ua/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=6045:rozklad-na-2024-2025-n-r&amp;catid=963:rozklad-zaniat&amp;Itemid=1214&amp;lang=uk">https://biochemistry.org.ua/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=6045:rozklad-na-2024-2025-n-r&amp;catid=963:rozklad-zaniat&amp;Itemid=1214&amp;lang=uk</a>
<b>Передумови вивчення дисципліни</b>	Передумовами вивчення дисципліни «Сигнальні механізми регулювання клітинних процесів» є опанування аспірантами курсів «Кінетика та енергетика біохімічних процесів», «Біохімічні засади функціонування

живих систем».

**Мета.** Метою курсу «Сигнальні механізми регулювання клітинних процесів» є отримання аспірантами фундаментальних знань і сучасних уявлень про механізми керування клітинними функціями і окремими метаболічними процесами в клітині.

### **Змістовий модуль 1. Сигнальні механізми клітини**

Тема 1. Сучасні уявлення про механізми формування клітинної відповіді на зовнішні впливи, внесок Лауреатів Нобелівської премії з фізіології та медицини у формування нової парадигми клітинного сигналювання. Мережева організація сигнальних процесів у клітині.

Тема 2. Серпентинні рецептори, що опосередковують свою дію через GTP-зв'язувальні протеїни.

Тема 3. Надродина високоафінних GTPаз. Гетеротримерні GTP-зв'язувальні протеїни.

Тема 4. Аденилілциклаза – одна з основних ефекторних ланок для серпентинних рецепторів.

Тема 5. Рецепторні тирозинові протеїнкінази (РТК) та рецепторні фосфотирозинові протеїнфосфатази

Тема 6. Роль каскадних процесів фосфорилювання-дефосфорилювання сигнальних протеїнів у передачі сигналів всередині клітини, внесок Лауреатів Нобелівської премії з фізіології та медицини за 1992 р. Едмонда Фішера та Едвіна Кребса.

Тема 7. Інтегрини – рецептори молекул позаклітинного матриксу

### **Змістовий модуль 2. Внутрішньоклітинний Ca<sup>2+</sup>**

Тема 8. Загальні уявлення про роль іонів Ca як універсального вторинного посередника

Тема 9. Ca<sup>2+</sup> канали плазматичної мембрани, саркоплазматичного ретикулула, мітохондрій. Загальні властивості та регуляція активності цих систем.

Тема 10. Ca<sup>2+</sup> помпи та обмінники плазматичної мембрани, Ca<sup>2+</sup> помпи саркоплазматичного ретикулула. Загальні властивості та регуляція активності цих систем.

Тема 11. Системи обміну Ca<sup>2+</sup> у мітохондріях. Кардіоліпін та його роль в регуляції активності систем обміну Ca<sup>2+</sup> у мітохондріях.

Тема 12. Іони Ca як регулятори скорочення скелетного, серцевого та гладенького м'язів.

Тема 13. Внутрішньоклітинний Ca<sup>2+</sup> та стрес ендоплазматичного ретикулула.

Тема 14. Методичні підходи до вивчення обміну Ca<sup>2+</sup> у клітинах та субклітинних компартментах.

### **Змістовий модуль 3. Активні форми азоту і кисню в організмі за норми та патології**

Тема 15. Загальні уявлення про роль активних форм азоту і кисню.

Тема 16. NO-синтазна реакція в тканинах ссавців. Регуляція синтезу та активності NO-синтаз.

Тема 17. Функціональна роль NO в клітинах і тканинах.

Тема 18. Синтез NO в умовах дефіциту кисню.

Тема 19. NO-синтаза у прокаріотів. Мітохондрії та оксид азоту.

Тема 20. Патогенез окремих захворювань людини у зв'язку із порушенням обміну NO. Оксид азоту і апоптоз.

Тема 21. Біохімічна характеристика активних форм кисню та їх функціональна роль в клітинах. Редокс-регуляція активності генів.

<b>Програмні результати навчання</b>	<p><b>РН01.</b> Мати концептуальні та методологічні знання з біології і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.</p> <p><b>РН02.</b> Критичний аналіз, оцінка і синтез нових та складних ідей. Знання фундаментальних праць провідних зарубіжних та вітчизняних вчених, наукових шкіл у галузі дослідження.</p> <p><b>РН03.</b> Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати аналізу джерел літератури, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, експерименту) і математичного та/або комп'ютерного моделювання.</p> <p><b>РН05</b> Знати праці провідних зарубіжних вчених, наукові школи та фундаментальні праці у галузі дослідження, формулювати мету власного наукового дослідження.</p> <p><b>РН06.</b> Вільно презентувати та обговорювати результати досліджень, наукові та прикладні проблеми біології державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у наукових виданнях.</p> <p><b>РН08.</b> Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з біології та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасного інструментарію, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті всього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.</p> <p><b>РН07.</b> Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі біологічних процесів і систем.</p> <p><b>РН09.</b> Знання методологічних принципів та методів біологічних досліджень.</p> <p><b>РН10.</b> Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу великого обсягу даних складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.</p> <p><b>РН11.</b> Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні проєкти, які дають можливість переосмислити наявне чи створити нове цілісне знання та/або професійну практику, а також розв'язувати важливі теоретичні та практичні проблеми біології з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.</p>
--------------------------------------	---

#### Система оцінювання

Оцінювання знань аспірантів здійснюється за накопичувальною 100-бальною шкалою. Контрольні заходи: поточний контроль, що здійснюється протягом семестру під час проведення лекційних занять, а також самостійної роботи й оцінюється сумою набраних балів (максимальна сума – 58 балів; мінімальна сума – 38 балів). підсумковий контроль у формі заліку (максимальна кількість балів - 42 балів; мінімальна - 22 балів). Більш детальна інформація щодо оцінювання наведена в таблиці розподілу балів.

Поточне тестування та самостійна робота																Підсумковий тест (залік)	Сума					
Змістовий модуль 1							Змістовий модуль 2							Змістовий модуль 3							42	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T14	T15	T17	T18	T19	T20	T21		
3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2		

<b>Шкала оцінювання: національна та ECTS</b>			
Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни
<b>Навчально-методичне забезпечення</b>	<p align="center"><b>Рекомендована література</b></p> <p align="center"><b>ЗМ1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Lim W, Mayer B, Pawson T. CELL SIGNALING principles and mechanisms. 2015, Taylor &amp; Francis Group, 417 p.</li> <li>Silva JV, Freitas MJ, Fardilha M. Tissue-Specific Cell Signaling 1st ed. Springer, 2020, 436 p.</li> <li>Reichrath J, Reichrath S. Notch Signaling in Embryology and Cancer: Notch Signaling in Cancer [1st ed.]. Springer, 2021, 228 p.</li> <li>Ed. by Hoppler S, Moon RT. Wnt Signaling in Development and Disease: Wnt Signaling in Development and Disease Molecular Mechanisms and Biological Functions. John Wiley &amp; Sons, Inc. 2014, 497 p.</li> <li>Ed. By Birbrair A. Tumor Microenvironment Signaling Pathways – Part B. Springer, 2021, 191 p.</li> <li>Plopper G, Ivankovic DB. Principles of Cell Biology [3 ed.]. Jones &amp; Bartlett Learning, 2021, 1748 p.</li> <li>Nelson DL and Cox MM. Lehninger principles of biochemistry. 8 th ed. 2008, W. H. Freeman, 1158 pp. Chapter 12. Biochemical Signaling.</li> </ol> <p align="center"><b>ЗМ2</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Костерін С.О., Бабіч Л.Г., Шликов С.Г., Данилович Ю.В., Векліч Т.О., Мазур Ю.Ю. Біохімічні властивості та регуляція Ca<sup>2+</sup>-транспортувальних систем гладеньком'язових клітин (Київ: Наукова думка, 2016. – 210 с. ISBN 978-966-00-1548-7)</li> <li>Campbell AK. Intracellular Calcium, 2015.– John Wiley &amp; Sons, Ltd. – 842 P.</li> <li>Kettel P, Karagöz GE. Endoplasmic reticulum: Monitoring and maintaining protein and membrane homeostasis in the endoplasmic reticulum by the unfolded protein response. Int J Biochem Cell Biol. 2024 Jul;172:106598. doi: 10.1016/j.biocel.2024.106598. Epub 2024 May 18. PMID: 38768891.</li> </ol>		

4. Bertero E, Popoiu TA, Maack C. Mitochondrial calcium in cardiac ischemia/reperfusion injury and cardioprotection. *Basic Res Cardiol*. 2024 Jun 19. doi: 10.1007/s00395-024-01060-2. Epub ahead of print. PMID: 38890208.
  5. Colussi DM, Stathopoulos PB. The mitochondrial calcium uniporter: Balancing tumorigenic and anti-tumorigenic responses. *J Physiol*. 2024 Jul;602(14):3315-3339. doi: 10.1113/JP285515. Epub 2024 Jun 10. PMID: 38857425.
  6. Behera R, Sharma V, Grewal AK, Kumar A, Arora B, Najda A, Albadrani GM, Altyar AE, Abdel-Daim MM, Singh TG. Mechanistic correlation between mitochondrial permeability transition pores and mitochondrial ATP dependent potassium channels in ischemia reperfusion. *Biomed Pharmacother*. 2023 Jun;162:114599. doi: 10.1016/j.biopha.2023.114599. Epub 2023 Mar 31. PMID: 37004326.
  7. Barna T, Szucs KF, Schaffer A, Mirdamadi M, Hajagos-Toth J, Gaspar R. Combined uterorelaxant effect of magnesium sulfate and terbutaline: Studies on late pregnant rat uteri in vitro and in vivo. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2023 Apr;102(4):457-464. doi: 10.1111/aogs.14532.
  8. Zhu Y, Chu Y, Wang S, Tang J, Li H, Feng L, Yu F, Ma X. Vascular Smooth Muscle TRPV4 (Transient Receptor Potential Vanilloid Family Member 4) Channels Regulate Vasoconstriction and Blood Pressure in Obesity. *Hypertension*. 2023 Apr;80(4):757-770. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.122.20109.
  9. Moreno-Domínguez A, Colinas O, Smani T, Ureña J, López-Barneo J. Acute oxygen sensing by vascular smooth muscle cells. *Front Physiol*. 2023 Mar 3;14:1142354. doi: 10.3389/fphys.2023.1142354.
  10. Masson B, Montani D, Humbert M, Capuano V, Antigny F. Role of Store-Operated Ca<sup>2+</sup> Entry in the Pulmonary Vascular Remodeling Occurring in Pulmonary Arterial Hypertension. *Biomolecules*. 2021 Nov 27;11(12):1781. doi: 10.3390/biom11121781.
  11. Maltan L, Najjar H, Tiffner A, Derler I. Deciphering Molecular Mechanisms and Intervening in Physiological and Pathophysiological Processes of Ca<sup>2+</sup> Signaling Mechanisms Using Optogenetic Tools. *Cells*. 2021 Nov 28;10(12):3340. doi: 10.3390/cells10123340.
  12. Wray S, Prendergast C, Arrowsmith S. Calcium-Activated Chloride Channels in Myometrial and Vascular Smooth Muscle. *Front Physiol*. 2021 Oct 15;12:751008. doi: 10.3389/fphys.2021.751008. eCollection 2021.
  13. Kobayashi T, Kurebayashi N, Murayama T. The Ryanodine Receptor as a Sensor for Intracellular Environments in Muscles. *Int J Mol Sci*. 2021 Oct 6;22(19):10795. doi: 10.3390/ijms221910795.
  14. Park JH, Kho C. MicroRNAs and Calcium Signaling in Heart Disease *Int J Mol Sci*. 2021 Sep 30;22(19):10582. doi: 10.3390/ijms221910582
- ЗМЗ**
1. [Gertz I. Lichtenstein. Nitroxides. Springer Series in Materials Science, Vol 292. Springer Nature Switzerland AG 2020. doi.org/10.1007/978-3-030-34822-9](#)
  2. Oxidative Stress. Eustress and Distress. Helmut Sies (Ed.) Elsevier, Academic Press. 2020.
  3. Danylovyh H.V., Danylovyh Yu.V. Biochemical and molecular-physiological aspects of the nitric oxide action in the utera. *Ukr. Biochem. J*. 2021, V. 93, N 6. P. 5-30.
  4. Данилович Ю.В., Данилович Г.В. Активні форми азоту і кисню в біохімічних процесах транспорту іонів кальцію та поляризації субклітинних структур гладенького м'язу / Ю.В. Данилович, Г.В. Данилович. - К.: Наук. думка. – 2019, 238 с.

6. Maria Clara Franco, Maria C. Carreras, Luciana Hannibal. Molecular Basis of Redox Signaling. *Oxid. Med. Cell Longev.* 2019. doi: [10.1155/2019/6414975](https://doi.org/10.1155/2019/6414975).

*Допоміжна*

1. Sambrook J., Russell D. W. *Molecular Cloning*. CSHL Press, 2001
2. Lanza R. et al. *Essentials of Stem Cell Biology*. Elsevier, 2006
3. Комісаренко, С. В. Під знаком Нобеля: лідери наукового прогресу або роздуми вченого - біохіміка й імунолога про розвиток і значення наук про життя : монографія / С. В. Комісаренко ; укладач В. М. Данилова. - К. : ФОП Мишалов Д.В., 2020. - 240 с.
4. Лідери наукового прогресу: під знаком Нобеля / С.В. Комісаренко, В.М. Данилова, Р.П. Виноградова, С.І. Романюк, О.П. Матишевська, М.В. Григор'єва, Т.В. Данилова. За ред. С.В. Комісаренка, укл. В.М. Данилова. Видання друге, доповнене. Київ: Наукова думка, 2023. —678 с.
5. Helmreich E.J.M. *The biochemistry of cell signalling*. – Oxford Univer. press, 2002. – 358 p.
6. 10. Levine A.B., Punihaole D., Levine T.B. Characterization of the role of nitric oxide and its clinical application // *Cardiology*. – 2012. – V. 122. – P. 55-68.
7. 11. Palm F., Onozata M.L., Luo Z., Wilcox C.S. Dimethylarginine dimethylaminohydrolase (DDAH): expression, regulation, and function in the cardiovascular and renal systems // *Am. J. Physiol.* – 2007. – V. 293. – P. H3227-H3245.
8. 12. Bryan N.S., Bian K., Murad F. Discovery of the nitric oxide signaling and targets for drug development // *Front. Biosci.* – 2009. – V. 14. – P. 1-18.
9. 13. Matoba T., Shimokawa H. Hydrogen peroxide is an endothelium-derived hyperpolarizing factor in animals and humans // *J. Pharmacol. Sci.* – 2003. – V. 92. – P. 1-6.
10. 14. Бурлака А.П., Сидорик Є.П. Радикальні форми кисню та оксиду азоту при пухлинному процесі. - К.: Наукова думка, 2006. – 227 с.

*Розгорнуту інформацію щодо компетентностей, результатів навчання, методів навчання, форм оцінювання, самостійної роботи наведено у Робочій програмі навчальної дисципліни:*

[https://biochemistry.org.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5948&Itemid=1408&lang=uk](https://biochemistry.org.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=5948&Itemid=1408&lang=uk)

Силабус затверджено на засіданні Вченої ради Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України.

Протокол № 8 від «29» листопада 2024 року

Гарант освітньо-наукової програми  
академік НАН України  
д.б.н., професор



Сергій КОМІСАРЕНКО