

**НАЗВА ДИСЦИПЛІНИ: РЕГУЛЯЦІЯ ЕКСПРЕСІЇ ГЕНІВ НА РІВНІ ТРАНСЛЯЦІЇ.
ДВА.3.01.04**

ВИКЛАДАЧ:

Шалак В.Ф., доктор біологічних наук, провідний науковий співробітник,
e-mail: shalak@imbg.org.ua

ЗАГАЛЬНЕ НАВАНТАЖЕННЯ: 3 кредити ECTS

Заняття в аудиторії: 30 годин (12 годин лекцій, 10 годин семінарських занять, 1 консультація по 2 академічні години, 3 модульні контрольні роботи по 2 академічні години).

Самостійна робота слухачів курсу: 60 годин.

Підсумковий контроль дисципліни – іспит.

АНОТАЦІЯ.

Програма з курсу «Регуляція експресії генів на рівні трансляції» створена відповідно до вимог підготовки докторів філософії у вищих навчальних закладах та наукових установах і відповідає навчальному плану підготовки докторів філософії за спеціальністю «Е1-біологія та біохімія» кафедри біології Інституту молекулярної біології і генетики НАН України. Програма курсу спрямована на узагальнення знань здобувачів в області сигнальних систем клітини і їх зв'язку з процесом білкового синтезу.

Курс «Регуляція експресії генів на рівні трансляції» розрахований на здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії 1-го року навчання програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії кафедри біології Інституту молекулярної біології і генетики НАН України за спеціальністю «Е1-біологія та біохімія».

В курсі висвітлюються сучасні уявлення про механізми регуляції трансляції матричної РНК рибосомами на етапах ініціації та елонгації, участь структурних елементів 5' і 3'-нетрансльованих ділянок матричної РНК в регуляції її трансляції, а також внесок мікро-РНК у регуляцію трансляції певних матриць. Останній розділ про загальну і специфічну регуляцію трансляції узагальнює знання здобувачів щодо специфічного трансляційного контролю експресії певних матричних РНК на різних стадіях розвитку організму в тому числі ембріонального і при диференціації клітин.

При підготовці методичних матеріалів враховувалося, що здобувачі, які опановують зазначений курс, вже отримали знання з базових дисциплін таких як загальний курс біохімії, молекулярної біології, генетики, а також усвідомлюють, що матеріал цього курсу буде необхідним для них у подальшій роботі.

МЕТА І ЗАВДАННЯ КУРСУ:

Метою курсу є формування в здобувачів сучасних уявлень про механізми регуляції трансляції матричних РНК як в прокаріот так і в еукаріот. Інтегрування цієї інформації в масив знань здобувача по сигнальних системах клітини. Систематизація наявних знань здобувача і узагальнення їх у вигляді картини причинно-наслідкових зв'язків між дією певного сигналу (стимулу) і клітинною відповіддю на нього на рівні біосинтезу білка.

До завдань курсу входить ознайомлення здобувачів з різними аспектами регуляції трансляції матричної РНК рибосомами, зокрема за участі білових факторів трансляції, структурних елементів 5' і 3'-нетрансльованих ділянок самої матричної РНК, мікро-РНК. Формування уявлень у здобувачів про взаємозв'язок сигнальних шляхів клітини з процесом білкового синтезу, механізми, які регулюють трансляцію певних матричних РНК в процесі диференціації клітин і індивідуального розвитку організму.

РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ, МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ І ФОРМИ ОЦІНЮВАННЯ.

Результати навчання	Методи викладання і навчання	Форми оцінювання
У результаті вивчення курсу аспірант повинен: знати: - особливості структурної будови рибосоми, локалізацію функціональних центрів рибосоми, взаємодію рибосоми з лігандами, які беруть участь у процесі синтезу білка; - хронологічні події, які відбуваються під час трансляції матричної РНК, функцію білкових факторів трансляції, які забезпечують ефективність і точність цього процесу; - механізми регуляції білкового синтезу на різних етапах трансляції, а саме на етапі ініціації і елонгації; - роль білкових факторів у регуляції трансляції; - роль нетрансльованих ділянок матричної РНК у регуляції трансляції; - про специфічний трансляційний контроль експресії певних мРНК в індивідуальному розвитку організму, канцерогензі, метаболічних захворюваннях; - зв'язок сигнальних шляхів і трансляційного апарату. вміти: - застосовувати отримані знання з курсу «Регуляція експресії генів на рівні трансляції» під час вивчення інших дисциплін професійно-фахової підготовки; - здійснювати пошук та використовувати довідникову літературу та бази даних, що стосуються основних методів досліджень у сучасній молекулярній біології; - критично аналізувати експериментальні результати оприлюднені в міжнародних фахових журналах; - шукати нову інформацію щодо останніх досягнень в області регуляції експресії генів на рівні трансляції.	Лекції. Семінарські заняття.	Модульна контрольна робота. Індивідуальна доповідь з комп'ютерною презентацією. Іспит

ЗМІСТ КУРСУ

Вступне слово.

Дисципліна відповідає навчальному плану підготовки докторів філософії за спеціальністю «091-біологія» кафедри біології Інституту молекулярної біології і генетики НАН України. В логіко-структурній схемі освіти спирається на курси, що вивчалися в магістратурі за цією спеціальністю, такі як «Молекулярні механізми трансляції генетичної

інформації», «Структура рибосом і регуляція трансляції» та інші. В курсі детально розглядаються різні способи і шляхи регуляції білкового синтезу в клітині: I модуль (1 кредит) – регуляція трансляції на етапі ініціації та елонгації; II модуль (1 кредит) – регуляція трансляції через структурні елементи 5' і 3'-нетрансльованих ділянок матричної РНК; мікро-РНК і їх внесок в регуляцію трансляції мРНК; III модуль (1 кредит) – загальна і специфічна регуляції трансляції.

№ з/п	Теми занять	Кількість годин
Лекції 1, 2. Семінарські заняття 1, 2.	Змістовний модуль 1: Регуляція трансляції на етапі ініціації та елонгації (1 кредит). Ініціація та елонгація трансляції у прокаріот і еукаріот. Структура рибосом: морфологія рибосомних субодиниць, структура рибосом на атомарному рівні. Функціональні центри рибосом. Сайти зв'язування лігандів на рибосомі: А-, Р-, Е-сайти. Подібність та відмінність механізмів ініціації трансляції у про- і еукаріот. Білкові фактори ініціації у про- і еукаріот. Цикл елонгації трансляції. Білкові фактори елонгації трансляції у про- і еукаріот. Регуляції ініціації трансляції в прокаріот. Фактор модуляції рибосом (ribosome modulation factor, RMF). Фактор, що викликає інактивацію рибосом (hibernation promotion factor, HPF). Фактор, який блокує асоціацію малої і великої субодиниць, RsfS (попередня назва RsfA або YbeB). Особливості регуляції ініціації трансляції в еукаріот. Типи регуляції ініціації трансляції в еукаріот. Фактори ініціації, які регулюють вибір стартового кодону. Фактори, які регулюють приєднання 43S пре-ініціаторного комплексу з мРНК. Фактори, які регулюють з'єднання рибосомних субодиниць. Регуляції елонгації трансляції в про- та еукаріот. Роль транспортної матричної РНК (tmRNA) у бактерій. Оборотно та необоротно модифікація білкових факторів елонгації трансляції. Фосфорилювання факторів елонгації трансляції. АДФ-рибозилування фактора eEF2. Ініціація трансляції на внутрішніх сайтах рибосоми (IRES). Випадки ініціації трансляції на внутрішніх сайтах рибосоми. Типи IRES. Антибіотики – інгібітори трансляції. Семінар. Трансляція в мітохондріях і хлоропластах. Рибосоми і фактори трансляції мітохондрій. Семінар. Ініціація трансляції на внутрішніх сайтах рибосоми (IRES). Випадки ініціації трансляції на внутрішніх сайтах рибосоми. Типи IRES.	8 год.
Семінар 3	Модульний контроль №1	2 год.
Лекції 3, 4. Семінарські заняття 4,5.	Змістовний модуль 2: Регуляція трансляції через структурні елементи 5' і 3'-нетрансльованих ділянок матричної РНК; мікро-РНК і їх внесок у регуляцію трансляції мРНК (1 кредит). Контроль трансляції в процесі розпізнавання структури «кепу». Білки комплексу eIF4F, які піддаються регуляції. Регуляція білків, які зв'язуються з eEF4E (4E-BPs) через mTOR	8 год.

	сигнальний шлях. Контроль трансляції маленькими відкритими рамками зчитування (uORFs) на мРНК. Регуляція трансляції транскрипційного активатора GCN4 у дріжджів. Зупинка сканування 5'-нетрансльованої ділянки мРНК пре-ініціаторним комплексом під дією пептиду, синтезованого з uORF. Мікро-РНК (miRNA), структура, місця зв'язування з мРНК. Загальні відомості про мікро-РНК. Транскрипція, дозрівання, зв'язування з комплексом RISC. Механізми контролю трансляції за допомогою мікро-РНК. Сучасні експериментальні дані щодо механізму дії мікро-РНК на трансляцію певної матриці. Експериментальні дані, які свідчать на користь пригнічення процесу трансляції на етапі елонгації або на користь дестабілізації самої мРНК, або обох процесів одночасно. Сигнальний шлях Ras-MAPK і його вплив на трансляцію білків. Згортання (фолдинг) білків. Шаперони. Семінарське заняття. Білок-супресор пухлин p53, функція і вплив на сигнальні шляхи клітини. Семінарське заняття. Сигнальний шлях Ras-MAPK і його вплив на трансляцію білків.	
Семінар 6	Модульний контроль №2	2 год.
Лекції 5, 6. Семінарське заняття 7.	Змістовний модуль 3: Загальна і специфічна регуляції трансляції (1 кредит). Трансляційний контроль в нейронах. Загальна регуляція білкового синтезу через PI3K/Akt/mTOR та MAPK/Erk сигнальні шляхи, що впливає на довгострокову потенціацію нейронів, навчання та пам'ять. Регуляція трансляції на стадії розвитку організму і при диференціації клітин. Специфічний трансляційний контроль експресії певних мРНК на ранніх стадіях ембріогенезу у дріжджів. Механізм регуляції трансляції мРНК за допомогою морфогенів Bicoid і Nanos. Трансляційна репресія фактора росту ендотеліальних клітин судин (VEGF) і цитоплазматичного інтерферону-γ (IFNγ) через 3'-нетрансльовану область мРНК. Регуляція трансляції при розвитку метаболічних захворювань, таких як ожиріння. Мутації фактора ініціації eIF2, які призводять до появи фенотипу подібного до фенотипу діабету 2 типу. Контроль трансляції в етіології ракових захворювань. Трансляційний апарат при канцерогенезі: фактори ініціації трансляції. Онкогенні сигнальні шляхи які здійснюють пертурбацію специфічних трансляційних компонентів. Чому саме регуляція експресії специфічних мРНК лежить в основі розвитку ракового фенотипу? Сучасні уявлення про механізми впливу трансляційного апарату на багатостадійний процес трансформації клітини та розвитку пухлини. Пертурбація специфічними онкогенними сигнальними шляхами компонентів апарату трансляції. Семінар. Сучасні уявлення про механізми впливу трансляційного апарату на багатостадійний процес трансформації клітини та розвитку пухлини.	6 год.
Семінар 8	Модульний контроль №3	2 год.

УМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО РЕЙТИНГУ.

Контроль знань аспірантів здійснюється за модульно-рейтинговою системою. Підсумкова оцінка розраховується за **накопичувальною системою**. При цьому максимальна кількість балів встановлюється наступним чином:

Курс	Змістовний модуль 1	Змістовний модуль 2	Змістовний модуль 3	Комплексний підсумковий модуль (іспит)	Підсумкова оцінка за повний курс
Максимальна кількість балів	25	25	25	25	100

На курс заплановано певну кількість контрольних та самостійних робіт, а саме:
3 контрольних та 3 самостійних робіт:

За 1 контрольну роботу здобувач може отримати - максимум 20 балів.
За самостійне завдання в першому модулі – максимум 5.
За перший змістовний модуль – максимум 25 балів.

За 2 контрольну роботу здобувач може отримати - максимум 20 балів.
За самостійне завдання в другому модулі – максимум 5.
За другий змістовний модуль – максимум 25 балів.

За 3 контрольну роботу здобувач може отримати - максимум 20 балів.
За самостійне завдання в третьому модулі – максимум 5.
За третій змістовний модуль – максимум 25 балів.

ВИМОГИ І КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ.

Оцінювання успішності аспіранта за кожним із запланованих видів робіт здійснюється у відповідності до таких критеріїв:

Види робіт	Кількість балів за один вид робіт	Критерії оцінювання
Індивідуальна доповідь з комп'ютерною презентацією.	5	Доповідь структурована, логічна, послідовна. Доповідач демонструє володіння матеріалом і здатність відповісти на запитання аудиторії.
	4-3	Доповідь містить незначні помилки і неточності, а доповідач в цілому задовільно відповідає на запитання аудиторії.
	1-2	Доповідь містить прогалини та значні помилкові твердження. Доповідач не демонструє належної

		підготовки і не готовий відповідати на змістовні запитання.
Модульна контрольна робота (письмова)	18-20	Роботу виконано вчасно і грамотно оформлено. Автор демонструє високий рівень знань і розуміння теми, виявляє аналітичні здібності, відповідає на всі запитання правильно, логічно і послідовно.
	14-17	Роботу виконано вчасно і грамотно оформлено. Присутні лише незначні помилки чи неточності у відповідях на питання. Автор демонструє достатню обізнаність і розуміння матеріалу.
	10-13	Роботу виконано вчасно, але оформлено з помилками. Автор демонструє посередню обізнаність і розуміння матеріалу, допускає певну кількість грубих помилок чи неточностей.
	5-9	Завдання не виконане у визначений викладачем термін або якість оформлення є незадовільною. Автор демонструє погану обізнаність і розуміння матеріалу, допускає велику кількість грубих помилок. Відповіді не повні, або на певні запитання взагалі відсутні.

Порядок перерахунку рейтингових показників нормованої 100-бальної університетської шкали оцінювання в національну шкалу та шкалу ECTS

За 100-бальною шкалою	За національною шкалою		За шкалою ECTS
	Екзамен	Залік	
91 – 100	Відмінно	Зараховано	A (відмінно)
81 – 90	Добре		B (дуже добре)
71 – 80			C (добре)
66 – 70	Задовільно		D (задовільно)
60 – 65			E (достатньо)
40 – 59	Незадовільно	Не зараховано	FX (незадовільно – з можливістю повторного складання)
1 – 39			F (неприйнятно – з обов’язковим повторним курсом)

Якщо за результатами модульно-рейтингового контролю аспірант отримав сумарну оцінку за три змістовні модуля, яка менше ніж 40 балів, то він/вона не допускається до екзамену і вважається таким, що не виконав усі види робіт, які передбачаються навчальним планом на семестр з дисципліни «Регуляція експресії генів на рівні трансляції».

ПОЛІТИКА ДОБРОЧЕСНОСТІ

Виконання навчальних завдань і робота в курсі має відповідати вимогам «Кодексу академічної доброчесності ІМБГ НАНУ», затвердженого Вченою радою ІМБГ НАН України 10 вересня 2019 року, http://imbg.org.ua/docs/education/IMBG_academic_integrity_code.pdf та вимогам «Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Інституті молекулярної біології і генетики Національної академії наук України від 23 червня 2026 року»: <https://www.imbg.org.ua/docs/education/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%20%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%83%20%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D0%86%D0%9C%D0%91%D0%93%20%D0%9D%D0%90%D0%9D%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%96%CC%88%D0%BD%D0%B8%202026..pdf>

ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ

Загальні компетентності

- ЗК-1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
- ЗК-2 Здатність використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій
- ЗК-3. Здатність самостійно проводити на сучасному рівні актуальні наукові дослідження
- ЗК-4. Здатність до пошуку, оброблення на аналізу інформації з різних джерел
- ЗК-5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність)
- ЗК-6. Здатність працювати в міжнародному науковому просторі
- ЗК-7. Здатність до розробки та управління науковими проектами
- ЗК-8. Здатність розвиватися, вчитися і самовдосконалюватись
- ЗК-9. Здатність до окреслення та розв'язання на сучасному рівні наукових проблем
- ЗК-10. Здатність діяти з соціальною відповідальністю та громадянською свідомістю

Спеціальні (фахові) компетентності

- СК-1 Здатність застосовувати отримані знання та уміння для вирішення проблем сучасної біології та біохімії
- СК-2 Здатність формулювати наукову проблему та знаходити шляхи її розв'язання, формуючи робочі гіпотези, переосмислювати наявні та створювати нові знання
- СК-3 Здатність визначати завдання біологічного дослідження та обирати адекватні методи для ефективного розв'язання конкретних науково-практичних задач у галузі біології та біохімії
- СК-4 Здатність самостійно проводити наукові дослідження, що ведуть до отримання нових цілісних знань
- СК-5 Здатність до адекватної інтерпретації даних, отриманих в результаті наукового дослідження, та порівняння фактів, виявлених у власних наукових дослідженнях, з сучасними концепціями, гіпотезами та теоріями
- СК-6 Поглиблене знання і розуміння у конкретній галузі біології
- СК-7 Здатність ефективно спілкуватися з широкою науковою спільнотою
- СК-8 Розуміння етичних аспектів наукової діяльності
- СК-9 Здатність розвивати особисте відчуття відповідальності за отримані в ході наукової діяльності результати
- СК-10 Здатність представляти результати власного дослідження широкому загалу фахівців та нефаківців; здатність працювати у команді

ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

ПР1. Мати сучасні знання в біології: новітні концепції біології, знати сучасне методологічне та інструментальне забезпечення молекулярної біології, молекулярної генетики та біотехнології, інших суміжних предметних галузей знань

ПР2. Вільно спілкуватися з науковою спільнотою та громадськістю в певній галузі наукової та/або професійної діяльності; представляти результати наукових досліджень у наукових публікаціях у фахових вітчизняних та міжнародних виданнях та на конференціях як державною, так і іноземною мовою

ПР3. Знати сучасну фахову літературу у галузі дослідження: фундаментальні зарубіжні та вітчизняні праці, представників наукових шкіл

ПР4. Критично аналізувати наукову літературу та вміти визначати мало досліджені та суперечливі питання; формулювати ідеї та гіпотези, спрямовані на розв'язання досліджуваної проблеми; визначати актуальність власного наукового дослідження, обирати адекватні методи та підходи до його виконання, ініціювати, організовувати та проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької діяльності

ПР5. Вміти творчо застосовувати фундаментальні біологічні знання для адекватної оцінки та розв'язання прикладних задач у галузі біотехнології, молекулярної біології, молекулярної генетики

ПР6. Уміння ініціювати наукові та інноваційні проекти в галузі біології та у суміжних галузях науки, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання і розв'язувати важливі теоретичні та практичні проблеми біології з дотриманням норм академічної доброчесності з урахуванням соціальних, економічних, та правових аспектів; ініціативність та відповідальність під час їх реалізації

ПР7. Формування системного наукового світогляду, методологічної культури науковця, креативного мислення, філософського осмислення шляхів формулювання нових ідей, історичного досвіду розв'язання проблем в галузі дослідницько-інноваційної діяльності, професійної наукової етики

ПР8. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу великого обсягу інформації, використовувати спеціалізовані бази даних та інформаційні системи

ПР9. Підходити до постановки та виконання експериментального завдання з огляду на сучасні уявлення про молекулярні механізми біологічних процесів

ПР10. Вміти залучати в науково-дослідну роботу як традиційні, так і новітні біотехнологічні методи

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА.

Основні:

1. Сиволоб, А.В. Молекулярна біологія : підручник / А.В. Сиволоб. – К. : Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2008.
2. Сиволоб А.В., Афанасьєва К.С. Молекулярна організація хромосом, Посібник для студентів біологічних факультетів університетів. 2008.
3. Альбертс Б. Молекулярна біологія клітини. 2003.
<https://sirptsciencecollege.org/pdfs/microbiology/Alberts-Molecular-Biology-of-the-Cell.pdf>
4. Watson J. et al. - Molecular Biology of the Gene (7th ed.) /
5. https://openlibrary.org/books/OL25771741M/Molecular_biology_of_the_gene
6. Verma SC, Qian Z, Adhya SL (2019) Architecture of the Escherichia coli nucleoid. PLoS
7. Genet 15(12): e1008456. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1008456>
8. Iyer BV, Kenward M, Arya G. Hierarchies in eukaryotic genome organization: Insights from

- polymer theory and simulations. BMC Biophys. 2011. doi: 10.1186/2046-1682-4-8.
9. Michael O'Donnell, Lance Langston, and Bruce Stillman. Principles and Concepts of DNA Replication in Bacteria, Archaea, and Eukarya. Cold Spring Harb Perspect Biol 2013.
 10. Tom Misteli. The self-organizing genome: Principles of genome architecture and function. Cell. 202; 183(1): 28–45. doi:10.1016/j.cell.2020.09.014.
 11. Peter Burgers and Thomas Kunkel. Eukaryotic DNA Replication Fork. Annu Rev Biochem. 2017; 86: 417–438. doi:10.1146/annurev-biochem-061516-04470
 12. Francis J. O'Reilly et al. Science 369, 554–557 (2020). In-cell architecture of an actively transcribing-translating expressome. DOI: 10.1126/science.abb3758
 13. Roeder R.G. 50+ years of eukaryotic transcription: an expanding universe of factors and mechanisms. Nat Struct Mol Biol 26, 783–791 (2019). <https://doi.org/10.1038>.
 14. Richter, W.F., Nayak, S., Iwasa, J. et al. The Mediator complex as a master regulator of transcription by RNA polymerase II. Nat Rev Mol Cell Biol 23, 732–749 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41580-022-00498-3>
 15. Marina V. Rodnina. Translation in Prokaryotes. Cold Spring Harb Perspect Biol 2018; doi: 10.1101/cshperspect.a032664
 16. Thomas E. Dever, Jonathan D. Dinman, and Rachel Green. Translation Elongation and Recoding in Eukaryotes Cold Spring Harb Perspect Biol 2018; doi: 10.1101/cshperspect.a032649.
 17. Christopher Hellen. Translation Termination and Ribosome Recycling in Eukaryotes. Cold Spring Harb Perspect Biol 2018; doi: 10.1101/cshperspect.a032656.
 18. Sonenberg N, Hinnebusch AG. Regulation of Translation Initiation in Eukaryotes: Mechanisms and Biological Targets Cell. 2009; 136(4):731-745. doi:10.1016/j.cell.2009.01.042.
 19. Kotb Abdelmohsen. Modulation of Gene Expression by RNA Binding Proteins: mRNA Stability and Translation, Binding Protein. Kotb Abdelmohsen (Ed.), 2012, InTech, DOI: 10.5772/48485. Available from: <http://www.intechopen.com/books/binding-protein/modulation-of-gene-expression-by-rna-binding-proteins-mrna-stability-and-translation>.
 20. Brito Querido, J., Díaz-López, I. & Ramakrishnan, V. The molecular basis of translation initiation and its regulation in eukaryotes. Nat Rev Mol Cell Biol 25, 168–186 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41580-023-00624-9>.
 21. Zhang, M., Chen, T., Lu, X. et al. G protein-coupled receptors (GPCRs): advances in structures, mechanisms and drug discovery. Sig Transduct Target Ther 9, 88 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41392-024-01803-6>.
 22. Philippe Roux and Ivan Topisirovic. Regulation of mRNA Translation by Signaling Pathways. Cold Spring Harb Perspect Biol 2012; 10.1101/cshperspect.a012252

Додаткові:

1. Бенджамин Льюїс, Гени, 12 видання/ <https://www.scribd.com/document/1029706773/Lewin-s-GENES-XII-12th-Edition-PDF>
2. Davide Ruggero. Translational Control in Cancer Etiology. Editors: John W.B. Hershey, Nahum Sonenberg, and Michael B. Mathews Additional Perspectives on Protein Synthesis and Translational Control available at www.cshperspectives.org. Cold Spring Harb Perspect Biol 2013;5:a012336.
3. Rebecca M. Voorhees and V. Ramakrishnan. Structural Basis of the Translational Elongation Cycle. Annual Review of Biochemistry, Vol. 82: 203 -236 (Volume publication date June 2013)

Періодична література (фахові журнали):

1. Nature.
2. Science.

3. Cell.
4. Journal of Biological Chemistry.
5. Journal of Molecular Biology.
6. Journal of Cell and Molecular Biology.
7. Biochemistry.
8. Biopolymers and Cell.