



МОЛЕКУЛЯРНА ГЕНЕТИКА — наука, що вивчає закономірності і механізми збереження, точного копіювання, мінливості та передачі генетичної інформації (спадкових ознак) у низки поколінь на молекулярному рівні. Як самост. наука М. г. виникла в 1950-і рр. на межі сучас. генетики і молекулярної біології; базується на поперед. розробленнях теорії гена та результатах дослідж. 3-х наук. напрямів: 1-й пов'язаний із вивченням нуклеїнових кислот (насамперед, ДНК); 2-й — зі встановленням елементар. структур. одиниць генет. матеріалу (нуклеотидні пари, здатні до незалеж. мутацій і рекомбінацій); 3-й — із доказом ролі генів у визначенні первин. структури та функцій білків (лінійна послідовність нуклеотидів ДНК кодує лінійну послідовність амінокислот. залишків у поліпептид. ланцюзі білка).

Поняття «М. г.» сформувалося на новому етапі розвитку біології, що називають першою революцією в галузі наук про життя. Цей етап став результатом колектив. зусиль фізиків, генетиків, хіміків, мікробіологів, математиків. Завдяки синтезу знань на молекуляр. рівні 1953 амер. молекуляр. біолог Дж. Вотсон і британ. молекуляр. біолог Ф. Крік розшифрували структуру подвій. спіралі ДНК, узагальнивши дані рентгеноструктур. аналізу, отримані британ. молекуляр. біологом М. Вілкінсоном і біофізиком Р. Франклін. Ця модель пояснювала всі відомі наук. факти щодо молекуляр. структури ДНК, пропонувала матрич. принцип її відновлення (реплікація), відкривала шляхи до розуміння таких фундам. генет. процесів, як транскрипція, трансляція, мутація, рекомбінація, репарація та ін. Наприкінці 1950 — на поч. 60-х рр. розпочався потік відкриттів. Так, 1956 амер.-євр. біохіміки Е. Волкін і Ф. Астачан незалежно один від одного відкрили матричну інформ. РНК (мРНК), що переносить інформацію від ДНК до рибосом, що синтезують білок. 1958 Ф. Крік сформулював осн. положення, на яких базується М. г.: матрич. принцип реплікації, транскрипції та трансляції, тобто принцип передачі потоку генет. інформації від ДНК до РНК і далі до білка, що назвав «центр. догмою молекуляр. біології». Однак 1971 амер. вірусологом Г. Темінім і амер. біологом Д. Балтимором доведено існування механізму зворот. транскрипції: передавання генет. інформації від мРНК до ДНК. Ще одну модифікацію «центр. догма» зазнала після відкриття амер. біохіміком С. Прузинером особливих білків (пріонів), що можуть бути цитоплазматич. спадк. детермінантами в дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* і сапрофіт. гриба *Podospora anserina*. Наступ. знач. успіхом стало встановлення 1961 франц. мікробіологом і генетиком Ф. Жакобом і франц.

біохіміком Ж. Моно оперон. принципу організації генів і механізму регуляції їхньої активності в бактерій. Принцип. схема регуляції дії генів виявилася універсальною для прокаріот. та еукаріот. організмів (в остан. система є значно складнішою, оскільки функціонує в комплексі з білками хроматину, гістонами, що залучені до регуляції). Наступ. важливий етап розвитку М. г. — розшифрування триплет. генет. коду (1965). Рад.-амер. фізик-теоретик Дж. Гамов поставив одне з гол. питань М. г.: яким чином 4 різні нуклеотиди ДНК можуть кодувати 20 амінокислот, що складають поліпептид. ланцюг. Експерим. відповідь отримали амер. біохімік і генетик М.-В. Ніренберг, амер. молекуляр. біолог Г.-Г. Хорана, іспан.-амер. біохімік С. Очоа, амер. біохімік Р. Голлі, афр. біолог С. Бреннер і Ф. Крік. 1969 Г.-Г. Хорана зі співроб. синтезували перший ген хім. шляхом. Вивчаючи структурну організацію генів еукаріот, британ. біохімік і молекуляр. біолог Р.-Дж. Робертс та амер. генетик і молекуляр. біолог Ф. Шарп 1977 встановили, що вони є значно складнішими, ніж у прокаріот, і містять кодуючі (екзони) та некодуючі (інтрони) нуклеотидні послідовності, у результаті — відкрили механізм специф. вирізання інтронів — сплайсинг.

Друга революція в галузі наук про життя, що безпосередньо стосується М. г., розпочалася в 1970-х рр. і базувалася на поєднанні зусиль генетиків різних напрямів: молекуляр. і біохім. генетики, генетики бактерій, плазмід, дрозод, бактеріофагів, дріжджів, ссавців та людини. З використанням знань про організацію геному (спадк. апарат) різних модел. об'єктів ученим вдалося розробити методол. підходи (стосовно маніпулювання з генами), що утворили новий напрям під заг. назвою генетична інженерія. 1974 британ. генетики К. Маррей і Н. Маррей, вивчаючи рестрикц. сайти фага лямбда, створили його хромосому, здатну містити чужорідну ДНК. У дослідників з'явилася нелімітов. можливість переносити гени й фрагменти ДНК у складі цієї хромосоми з одного організму в інший, а фаг лямбда став першим вектором для клонування ДНК. 1975 запропоновані 3 найважливіші методи, що стали основою генет. інженерії: 1) розроблено швидкий метод пошуку пляшок із рекомбінант. фагами шляхом переносу їх ДНК на нітроцелюлозні фільтри та їхнього виявлення для подальшого клонування ДНК (У. Бентон і Р. Дейвіс); 2) румун.-амер. біохімік М. Гранштейн та амер. біохімік Д. Хогнесс розробили метод гібридизації з колоніями бактерій; це дозволило ізолювати бактеріал. клітини, що несуть клоновані гени або фрагменти ДНК; 3) британ. молекуляр. біолог Е. Саузерн запропонував метод переносу фрагментів ДНК з агароз. гелей на

нітроцелюлозні фільтри; гібридизував фільтри із радіоактив. ДНК, а гібриди виявляв методом авторадіографії. Остан. метод (саузерн-блот-гібридизація) дозволяє визначати представленість у геномі певних фракцій чужорід. ДНК, локалізувати хромосомні перебудови та клонувати гени. 1978 амер. молекуляр. біолог Т. Маніатис та ін. створили перші геномні б-ки — набори фрагментів ДНК, клоновані в той чи ін. вектор (фаг або плазмід), у сукупності представляючи весь геном конкрет. виду рослин чи тварин. 1979 розроблено метод «хромосом. ходьби», що дозволяв клонувати довгі (сотні тисяч пар нуклеотидів) фрагменти ДНК (В. Бендер, П. Спірер і Д. Хогнесс); за допомогою цього методу прокловано тисячі генів. Знач. подією 1983 стало відкриття амер. біохіміком К. Маллісом полімераза. ланцюг. реакції, яку 1985 разом із япон. дослідником Р. Саїкі запропонував використовувати як підхід до клонування, що дозволяє синтезувати необхідні фрагменти ДНК, а потім багаторазово підвищувати чисельність їхніх копій. Нині цей метод досить широко використовують не тільки в М. г., але й у біомедицині, історії, етнографії та криміналістиці. Наприкінці 1970-х рр. завершено історію відкриття й застосування мобіл. генет. елементів (МГЕ), що присутні в геномах різних видів у знач. кількості. МГЕ відкриті й досліджені амер. цитогенетиком Б. Мак-Клінток у кукурудзи в 1940-х рр., але лише 1976 МГЕ дрозофіли виділені, клоновані й досліджені Г. Георгієвим і В. Гвоздевим у Росії та Д. Хогнессом у США. Це відкриття, крім розуміння молекуляр. механізму переміщень або транспозицій МГЕ і генет. наслідків їх присутності в геномі, дало інструмент для розроблення методів трансформації спочатку в дрозофіли, а потім у ін. еукаріот. 1980 британ. біолог Дж. Гердон отримав перші трансгенні миші ін'єкцією клонов. ДНК у пронуклеус заплідненого яйця. У тому ж році запропоновано методику ефектив. трансформації клітин ссавців мікроін'єкцією ДНК безпосередньо в ядро клітини. 1982 амер. генетики А. Спрэдлінг і Дж. Рубін вбудували нормал. ген дрозофіли в мобіл. Р-елемент і ввели його в ембріон, що мав мутацію за цим геном; у результаті проведення першої операції з генної терапії в мух відновився нормал. фенотип. 1997 група вчених із Шотландії на чолі з Я. Вілмутом за допомогою нових методів отримала клоновану вівцю Доллі. 1999 у США клонували мишу й корову, а 2000 — поросят. Так поступово сформувався зоопарк клонов. тварин. У 1970–90-х рр. створилися передумови для реалізації грандіоз. геном. проектів — систем клонування всієї геном. ДНК того чи ін. виду з подальшим секвенуванням (прочитування) нуклеотид. послідовності. 1977 британ. біохімік Ф. Сенґер та його колеги повідомили про повне секвенування ДНК фага із застосуванням розробленого ними методу. Амер. біохіміки А. Максам і В. Гілберт запропонували ефективніший метод секвенування. Використовуючи ці методи, у 1990-х рр. великі групи вчених секвенували геноми понад 50 видів. Так, 1992

Консорціум із 146-ти учених із 35-ти європ. лаб. повідомив про секвенування ДНК 3-ї хромосоми дріжджів. 1995–97 декілька груп учених зробили заяву про розшифрування геномів декількох видів бактерій і дріжджів. У березні 2000 група із 200 учених (М. Адамс та ін.) повідомила про розшифрування геному дрозофіли. 2001 великою групою співробітників фірми «Celera Genomics» (США) розшифровано геном людини. Наприкінці століття із застосуванням молекулярно-генет. методів розшифровано геноми десятків видів бактерій, рослин, тварин і людини; сформувалася нова наука про структуру та функції геномів різних організмів — геноміка. Сучасна М. г. вивчає механізми утворення первинних пошкоджень ДНК та їх репарації, становлення мутацій різного типу і впливу останніх на сигнально-регуляторні шляхи та інші системи клітини. Ці фундаментальні дослідження мають велике значення для наук про життя та практичну біомедицину. Напр., 2015 ученим-біологам шведи Т. Линдалу, американцям П. Модричу та А. Санкару за дослідження механізмів репарації ДНК присуджено Нобелівську премію.

Досягнення М. г. пов'язані з вивченням епігенетичних явищ спадковості й мінливості (епігенетика), що визначаються регулятор. взаємодіями генів і мають опосередков. відношення до нуклеотид. послідовностей ДНК. При цьому регуляція експресії генів здійснюється на всіх рівнях (реплікація, транскрипція, трансляція та посттрансляц. зміни — визрівання та укладання поліпептидів). Епігенет. явища відіграють гол. роль у процесах індивідуал. розвитку: детермінації та диференціації тканин еукаріот. організмів, що вивчає генетика розвитку.

М. г. пройшла шлях від відкриття генів до створення нових живих організмів із застосуванням молекулярно-генетичних методів. Три найвидатніші фундаментальні відкриття біології 20 ст., що призвели до формування сучасних уявлень про спадковість та її реалізацію в процесі розвитку, значною мірою стосуються М. г.: встановлення структури подвійної спіралі ДНК, розшифрування геному людини й отримання плуріпотент. стовбурових клітин людини. Методи трансформації практично всіх біологічних об'єктів, клонування й спрямованої заміни генів стали основою для створення принципово нових біотехнологій. Методи й технології М. г. використовують у медицині для з'ясування молекулярної природи спадкових захворювань (ДНК-діагностика) та їх лікування (генотерапія). Нині працюють над створенням індивідуальної геноміки, що забезпечить ранню діагностику спадкових захворювань. Сучасне сільське господарство застосовує методи М. г. для штучного конструювання організмів із певними ознаками. Генно-модифіковані мікроорганізми, с.-г. рослини і тварини продукують білки (інсулін, інтерферон, противірусні антигени, ростові фактори та ін.) для мед. застосування. Методи М. г. забезпечили також розроблення високочутливих тест-систем для

генетичної токсикології — індикаторів генетично актив. сполук (мутагенів, канцерогенів) докіль та продуктів, що виробляються в суспільстві. Тож методи і ДНК-технології М. г. знаходять делалі ширше використання в різних галузях сучасної біомедицини, сільського господарства та інших напрямках. У результаті на основі М. г. виникли гена інженерія, геноміка та функціонал. геноміка, протеоміка, геносистематика, генетична токсикологія, молекулярна еволюція, ДНК-діагностика, генотерапія, біоінформатика та ін.

В Україні з метою розвитку наукових досліджень у молекулярній біології та М. г. 1973 створено провідний наук. центр — Інститут молекулярної біології і генетики АН УРСР (Київ, див. [Молекулярної біології і генетики Інститут НАНУ](#) ; від 1973 керівник відділу М. г. — С. Гершензон; 1-й директор — Г. Мацука) на базі Сектору молекулярної біології і генетики Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. Заболотного АН УРСР (Київ, див. [Мікробіології і вірусології Інститут ім. Д. Заболотного НАНУ](#)). Після відкриття експериментального мутагенезу (Г. Меллер, 1927) С. Гершензон зі співробітниками вперше виявили властивість екзогенної ДНК спричиняти вибіркові мутації в дрозофілі й протягом багатьох років вивчали особливості мутагенної дії нуклеїнових кислот різного, зокрема, вірусного походження. З'ясувалося, що віруси, крім інфекційних, мають і мутагенні властивості. Дослідження нового напрямку, біологічного мутагенезу, започаткованого С. Гершензоном, продовжували його учні на різних біооб'єктах.

Так, Т. Бужієвська і колеги показали мутагенний вплив вірусів та вірусних вакцин у клітинах ссавців і зробили висновок про необхідність створення немутагенних препаратів для профілактики вірусних інфекцій. Мутагенність рослинних вірусів і бактеріофагів показано в дослідках на культивованих клітинах рослин (В. Кунах і співроб.), а мутагенний вплив екзогенних ДНК різного походження — у клітинах бактерій сінної палички (І. Карпова). У 1970–80-х рр. у рамках Всесоюзної наук. програми «Онкогенетика» українські та рос. учені проводили дослідження із визначення ролі індукованих вірусами мутацій у процесі малігнізації соматичних клітин ссавців. У роботі Л. Лукаш та ін. уперше доведено, що саме онкоген аденовірусу є відповідальним за індукцію генних мутацій, тоді як вірусні гени, що не експресують у клітин. системі, не виявляють і мутаген. активності. Це дослідж. відзначено в амер. ж. «Trends in Genetics» як новий наук. напрям із вивчення мутаген. дії трансформуючих генів, що змінюють генет. програму клітини. Зазначене положення підтверджено з використанням рекомбінант. ДНК, окремих клонов. генів і білків, що використовують у генній терапії, генній інженерії, біотехнології. Встановлено, що нативні та алкіловані рекомбінантні ДНК, навіть окремі модифіков. основи (напр., O⁶-бензилгуанін, що інгібує репаратив. ензим MGMT) здатні підвищувати мутаген. ефект хім. канцерогенів. На основі отриманих

даних сформульовано й експериментально обґрунтовано концепцію регуляторно-інформ. впливу біол. чинників на спонтан. та індуков. мутац. процес у соматич. клітинах ссавців. У дослідках на рослин. об'єктах під керівництвом В. Кунаха досліджують причини, механізми та шляхи регуляції структурно-функціонал. мінливості геному в клітин. популяціях *in vitro* та *in vivo*, а також розробляють клітин. біо-технології.

Ще на поч. 1960-х рр. С. Гершензон висловив гіпотезу стосовно можливості зворот. транскрипції (синтез ДНК на матриці РНК) на основі одержаних експерим. даних. Відкриття зворот. транскриптази 1971 стало знач. поштовхом для розвитку генної інженерії, але поставило запитання: де взяти цей фермент у достат. кількості? В Інституті молекуляр. біології і генетики НАНУ створ. спец. лаб. під керівництвом В. Кавсана для виробництва зворот. транскриптази, одержаної з вірусу мієлобластозу. У 1970–80-х рр. ця лаб. постачала фермент майже в усі країни Сх. Європи, деякі країни Азії. Уперше синтезовано еукаріотич. ген за участі В. Кавсана і А. Риндич із використанням методу зворот. транскрипції. Проведено масштабні дослідж. експресії генів інсулін. родини риб та мор. безхребетних і організовано Всесоюзну програму «Трансгенні риби». Клонування кДНК препроінсуліну та інсуліноподіб. факторів росту кети дозволило виділити відповідні гени із геном. ДНК, вивчити їхню організацію та провести повне секвенування нуклеотид. послідовностей. В. Кавсан, К. Дмитренко і К. Шостак досліджували експресію маркер. генів у пухлинах голов. мозку людини та їх взаємодію з осн. сигнал.-регулятор. шляхами клітин. А. Риндич і співроб. проводять роботи з вивчення організації та функціонування низки геномів, при цьому виявлено нові форми ретровірусів і встановлено механізми їх утворення, а також відкрито гени, розташ. у ділянках пошкоджень 3-ї та 21-ї хромосом людини, що асоційовані з лейкозами. Під керівництвом академік НАНУ В. Кордюма створ. новий напрям — одержання лікар. препаратів на основі принципів фагозалеж. суперсинтезу з використанням генної технології; один з отриманих продуктів — інтерферон α2b (препарат «Лаферон») виробляють і широко використовують у медицині.

У 1980-х рр. В. Кордюмом та ін. розроблено підходи до генної терапії деяких масових патологій та випробувано їх на модел. тваринах, завдяки чому Інститут молекуляр. біології і генетики НАНУ офіційно визнано гол. установою в СРСР у галузі генної терапії. У 1970–80 під керівництвом С. Малюти проведено досліді із транс-генозу, тобто перенесення бактеріал. генів у клітини вищих рослин, а також клоновано гени біосинтезу лізину сінної палички і отримано декілька нових регулятор. мутацій. Під керівництвом В. Моргуна проведено успішні досліді з генет. трансформації в кукурудзи, пшениці та ін. рослин. Оригін. молекулярно-

генет. технології й препарати на їхній основі розробляють А. Потопальський і співроб. У роботах О. Соломка та ін. розроблено методи керованого введення чужорід. генет. інформації в клітини ссавців з метою одержання тварин з новими ознаками, аналізу структури та стабільності трансгеному. На основі вірусу ядер. поліедрузу кільчастого шовкопряда та культури клітин комах створ. експресійну векторну систему, що забезпечує одержання білків у препаратив. кількостях. Від серед. 1980-х рр. під керівництвом Л. Лівшиць вивчають природу та походження мутацій генів, що асоційовані з розповсюдженими в Україні моноген. спадк. захворюваннями людини та хворобами зі спадк. схильністю. Також розробляють і впроваджують у практику охорони здоров'я методи ДНК-діагностики та вторин. профілактики тяжких спадк. захворювань з ранньою дит. смертністю і глибокою інвалідизацією. Під керівництвом Г. Телегєєва на моделі хроніч. мієлоїд. лейкемії (ХМЛ) вивчають механізми переходу хроніч. форми патології у стадію гострого лімфобласт. лейкозу, розробляють методологію комплекс. молекуляр. діагностики і проводять пошук засобів профілактики та терапії. 1991 зареєстровано відкриття Г. Мацуки і Г. Єльської, що стосується деяких особливостей біосинтезу білка («Властивість клітин, що продукують специфічні білки, змінювати в ході диференціювання швидкість синтезу окремих тРНК»), що стало стимулом для подальших дослідж. М. Тукало і співроб. проводять дослідж., спрямов. на визначення структур. основ декодування генет. інформації, що відбувається на початк. етапі біосинтезу білка. О. Корнелюк і співроб. здійснили порівнял. аналіз будови генів цитоплазматич. тирозил-тРНК-синтезів із 29-ти еукаріотич. організмів з метою передбачення їхньої екзонно-інтрон. структури та будови промоторів. Г. Єльська і Б. Негруцький зі співроб. досліджують фактори, що обумовлюють ефективність і точність трансляції генет. інформації. Під керівництвом В. Філоненка співроб. вивчають сигнал-регуляторні системи клітини, зокрема особливості функціонування P13/mTor/S6K-сигнал. шляху, що залучений до регуляції клітин. росту в нормі та при патології. Сигнал. молекули, особливо поверхневі рецептори клітини, є привабливими мішенями для імунотерапії онкол. захворювань.

З огляду на успіхи укр. учених 1989 ВАК СРСР затвердив нову спеціальність — «молекулярна генетика» і надав право захисту дис. в Інституті молекуляр. біології і генетики АН УРСР, що став провід. організацією в галузі підготовки кадрів з М. г. Нині десятки вчених, дипломов. за спеціальністю «М. г.», проводять дослідж. за напрямками: мутац. процес і репарація ДНК, структурна і функціонал. геноміка, протеоміка і білкова інженерія, молекулярна онкогенетика, генні та клітинні біотехнології, біоінформатика і комп'ютерне моделювання тощо. Декілька наук. шкіл із М. г. створ. в Інституті молекуляр.

біології і генетики НАНУ (С. Гершензон, Г. Мацука, Г. Єльська, В. Кавсан, А. Риндич, В. Кордюм, С. Малюта, В. Кунах, Л. Лівшиць, Л. Лукаш, В. Філоненко), Інституті мікробіології і вірусології ім. Д. Заболотного НАНУ (Б. Мацелюх, Ф. Товкач), Біології клітини Інституті НАНУ (Львів; А. Сибірний, Р. Стойка), Клітинної біології та генетичної інженерії Інституті НАНУ (Київ; Ю. Глеба, Я. Блюм, М. Кучук), Медичній академії післядипломної освіти ім. П. Шупика Національній (Київ; Т. Бужієвська, Н. Горовенко), Фізіології рослин і генетики Інституті НАНУ (Київ; В. Моргун, В. Лобов), Пд. біотехнол. центрі в рослинництві НААНУ (Одеса; Ю. Сиволап) та ін. установах. З метою стимулювання наук. дослідж. НАНУ засн. 2003 премію ім. С. Гершензона (присуджують раз на 2 р.). Серед лауреатів — А. Риндич (2005, робота «Структура і експресія еукаріотичних і вірусних генів»), Л. Лівшиць і Л. Лукаш (2007, цикл праць «Мутаційний процес у популяціях клітин ссавців і природа генних мутацій, що спричиняють тяжкі спадкові захворювання людини»), Д. Говорун, Л. Горб і В. Данилов (2009, цикл праць «Квантово-хімічна природа спонтанних точкових мутацій ДНК, спричинених таутомерією її нуклеотидних основ»), М. Тукало і Г. Яремчук (2011, цикл праць «Молекулярні механізми впізнавання гомологічних тРНК та коригування помилок аміноацил-тРНК-синтезазами»). Дослідж. із використанням молекулярно-генет. методів і ДНК-технологій постійно поширюють і проводять також у Біоорганічній хімії та нафтохімії Інституті НАНУ, Біохімії Інституті ім. О. Палладіна НАНУ, Ботаніки Інституті ім. М. Холодного НАНУ (усі — Київ), ін. інститутах НАНУ, ВНЗ та установах ін. підпорядкування. 2008 створ. Харчової біотехнології та геноміки Інститут НАНУ (Київ), при якому функціонує спецрада із захисту дис. за напрямом «М. г.».

Досягнення укр. учених у галузі М. г. представлені у чотиритом. зібранні наук. праць «Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть» (К., 2001; гол. ред. — В. Моргун) та ж. «Біополімери і клітина», «Цитология и генетика», «Біотехнологія», «Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів», зб. «Фактори експериментальної еволюції організмів».

Рекомендована література

1. Гершензон С. М., Александров Ю. Н., Малюта С. С. Мутагенное действие ДНК и вирусов у дрозофилы. К., 1976;
2. Мутагенное действие природных и синтетических полинуклеотидов. К., 1990;
3. L. L. Lukash, J. Boldt, A. E. Pegg et al. Effect of O⁶-alkylguanine-DNA alkyltransferase on the frequency and spectrum of mutations induced by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine in the HPRT gene of diploid human fibroblasts // Mutation Research. 1991. Vol. 250, № 1-2;
4. Репин В. С., Сухих Г. Т. Медицинская клеточная

- биология. Москва, 1998;
5. Гершензон С. М., Александров Ю. Н., Малюта С. С. та ін. Мутагенна дія нуклеїнових кислот і вірусів. К., 1999;
6. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть: У 4 т. К., 2001;
7. Жимулев И. Ф. Общая и молекулярная генетика. Новосибирск, 2003;
8. G. S. Stent, R. Calendar. Molecular Genetics: An Introductory Narrative (Second Edition). New Delhi, 2004;
9. Глиомы головного мозга. Современное состояние, проблемы и пути дальнейших поисков. К., 2007;
10. Кунах В. А., Демидов С. В., Козерецька І. А., Топчій Н. М. Історія генетики в Україні. К., 2009;
11. Кунах В. А. Розвиток генетики в Національній академії наук України. К., 2009;
12. L. L. Lukash. Regulation of mutagenesis by exogenous biological factors in the eukaryotic cell systems // Biopolymers and Cell. 2013. Vol. 29, № 4;
13. G. S. Miglani. Developmental Genetics. New Delhi, 2013;
14. B. Lewin. Genes XI. Burlington, 2014.
- Л. Л. Лукаш*

Бібліографічний опис:

Молекулярна генетика / Л. Л. Лукаш // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. — К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2019. — Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-69310>

2001-2025 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України ([докладніше](#)).