



## Три кити академіка С. М. Гершензона (до 100-ліття від дня народження)

Серед українських генетиків однією з найвидатніших постатей був і залишається Сергій Михайлович Гершензон — непересічна особистість, видатний вчений і педагог. Писати про Сергія Михайловича Гершензона — справа не з простих, але автор знав і спілкувався з С. М. Гершензоном з 1963 р. до останніх днів його життя, і попри всі складнощі цього спілкування, ніколи не переставав вважати себе учнем, а Сергія Михайловича — Учителем.

С. М. Гершензон народився 11 лютого 1906 р. у Москві, в родині російського інтелігента, відомого вченого-культуролога, історика російської літератури, професора-пушкінознавця М. О. Гершензона. Дитинство і юнацькі роки його пройшли у частому спілкуванні із знайомими представниками російської літературної і філософської думки. Прекрасна освіта, спочатку у Пушкінській дослідній школі-колонії (яка не мала нічого спільного з колоніями, описаними у «Педагогічній поемі» А. С. Макаренка), а потім на біологічному відділенні фізико-математичного факультету Московського університету, одночасна робота в Інституті експериментальної біології, коли його вчителями були такі видатні вчені, як С. С. Четвериков і М. К. Кольцов, а соратниками — надалі визначні генетики Б. Л. Астауров, М. К. Беляєв, О. І. Балкашина, П. Х. Рокицький, безумовно, наклали свій відбиток на формування інтелекту і світогляду майбутнього академіка, становлення його як класика сучасної генетики, вченого з великими знаннями в різних галузях біології (і не лише), останнього із «могікан», котрого, без сумніву, можна назвати вченим-енциклопедистом.

Наукову діяльність С. М. Гершензон розпочав у 1925 р. під керівництвом С. С. Четверикова з вивчення генетичної структури природних популяцій одного із видів дрозофіли — *Dr. obscura*. Ці дослідження стали дипломною роботою С. М. Гершензона, яку він захистив у 1927 р. і результати якої опубліковано в «Журналі експериментальної біології» в 1927 р. та в журналі «Genetics» у 1928 р. Взагалі напрямок популяційно-генетичних досліджень був для С. М. Гершензона надзвичайно продуктивним у творчому відношенні. До найважливіших досягнень С. М. Гершензона в цей період слід віднести відкриття та детальне дослідження гена, який спричиняє втрату самцями дрозофіли Y-хромосоми, внаслідок чого потомство стає майже повністю жіночої статі. Після цієї роботи подібні спадкові зміни співвідношення чисельності осіб різної статі в популяціях знайдено у різних видів тварин, а також у людини. Ще одним важливим відкриттям С. М. Гершензона були докази насиченості природних популяцій дрозофіли не лише видимими морфологічними, але й летальними і напівлетальними мутаціями, а також мутаціями, які викликають стерильність. Ці результати стали підґрунтям для створення ним концепції, згідно з якою основну роль у мікроеволюції відіграють не рецесивні, а напівдомінантні і домінантні мутації, що можуть проявлятися і набувати еволюційного змісту уже в гетерозиготі. Ця концепція була розвинута при дослідженні генетичної будови популяції наїзників (*Mormoniella vitripennis*) з родини хальцидид ряду перетинчастокрилик. Особливістю цих комах є те, що у них самці — гаплоїдні, а тому всі мутації мають фенотипічний прояв і відразу піддаються дії природного добору. Якщо зважити

на те, що перетинчастокрилі комахи є однією з найшвидше еволюціонуючих груп, то стає очевидним, що «запас» мутацій у диплоїдних організмів не є обов'язковою умовою для еволюції на рівні виду або таксонів вищого порядку.

Третім важливим популяційно-генетичним дослідженням С. М. Гершензона стало вивчення природних популяцій хом'яків в Україні. На дуже великому матеріалі з різних регіонів України було показано, що меланізми у хом'яка (чорне забарвлення хутра), які виявляються в деяких місцевостях, мають аутосомно-домінантний характер успадкування і визначаються одним геном. Було виявлено існування центрів з підвищеною частотою трапляння меланістів та вивчено зміну частоти в різні роки та пори року, встановлено роль природного добору у зміні цієї частоти, постульовано адаптивне значення збалансованого диморфізму популяцій хом'яка за цією ознакою.

Природний талант, висока ерудованість не дали С. М. Гершензону зупинитися на одному популяційно-генетичному напрямку. Уже після переїзду його в 1937 році на запрошення Президії АН України до Києва, де після арешту І. Й. Агола він очолив відділ генетики Інституту зоології та кафедру генетики і дарвінізму в Київському університеті, паралельно з уже згадуваними дослідженнями на наїзнику і хом'яку він розпочинає абсолютно новий напрям роботи в рамках започаткованої ще І. Й. Аголом теми «Роль біохімічних факторів у процесах спадковості». Вже перші досліди, результати яких було опубліковано в 1939 р. (С. М. Гершензон «Вызывание направленных мутаций у *Drosophila melanogaster*» — ДАН СССР, т. 25, № 3, с. 224—227), показали, що вчений стикнувся з абсолютно неординарним явищем. Основні результати, отримані С. М. Гершензоном та його співробітниками при вивченні дії ДНК на дрозофілу, можна сформулювати таким чином: ДНК є сильним мутагеном; спектр індукованих за допомогою ДНК мутацій радикально відрізняється від спектра спонтанних мутацій або від спектра мутацій, індукованих фізичними чи хімічними мутагенами; ДНК викликає точкові мутації, тобто генні мутації і мікрodelеції, але не призводить до великих хромосомних перебудов; ДНК притаманна продовжена мутагенна дія — спричинення мутацій не лише в статевих і соматичних клітинах, наявних у момент введення ДНК, але й у багатьох наступних поколіннях; у соматичних клітинах мутагенез зу-

мовлює появу чисельних мозаїків мутантних тканин; коли мутують ранні генеративні клітини, то з'являються «пучки» мутантних особин серед нащадків мух, на яких впливали мутагеном; деякі індуковані генні мутації виявляються нестабільними — вони часто ревертують до норми або переходять до іншого алельного стану.

Ці відкриття виявилися настільки незвичними, що окремі генетики поставилися до них скептично, з недовірою. Надто вже по-новому сприймалися такі дані у той час, коли ще ніхто не знав про хоч якусь причетність ДНК до спадковості. Виходячи з цих результатів ще на зорі розвитку досліджень в царині хімічного мутагенезу С. М. Гершензоном було зроблено пророчий висновок: «Особливо часте мутування деяких генів під впливом препарату ДНК призводить до уявлень стосовно різної хімічної будови ДНК різних генних молекул» (переклад з російської мій — С. М.) (Журнал общей биологии, 1948, т. 9, № 2). Далі автор припускає, що «дія ДНК втручається в процес репродукції генів і, як наслідок, деякі заново утворені гени відрізняються за структурою від батьківських генів. Якщо таке пояснення вірне, то це означає, що тимонуклеїнова кислота відіграє важливу роль у репродукції генів». Проте продовжити роботу та підтвердити ці пророчі ідеї не судилося.

Після серпневої сесії ВАСГНІЛ 1948 р. керований С. М. Гершензоном відділ генетики в Інституті зоології АН УРСР було розпущено, дослідження з генетики припинено. С. М. Гершензона звільнили з посади завідувача кафедри дарвінізму і генетики Київського університету ім. Т. Г. Шевченка.

Наукові експерименти на дрозофілі поновилися аж із середини 60-х років. Роботи автора цих рядків, Ю. М. Александрова та ін., виконані під керівництвом С. М. Гершензона, показали, що високополімерна чужорідна ДНК, виділена з різних про- і еукаріотів, ДНК і РНК різних неінфекційних для дрозофіли вірусів, самі віруси, а також синтетичні полінуклеотиди здатні проникати у соматичні і статеві клітини та викликати мутації. Вивчення мутагенної дії вірусів і їхніх нуклеїнових кислот, синтетичних полінуклеотидів повністю підтвердило висновки, зроблені С. М. Гершензоном стосовно того, що спадкові зміни внаслідок їхнього впливу виникають переважно в обмеженому числі локусів, специфічних для кожного з мутагенних чинників, що такі мутаційні зміни часто спричинюють спадкову дестабілізацію певних генів, яка

має множинний характер, тобто охоплює відразу низку локусів досліджуваної хромосоми.

Вивчення мутагенної дії вірусів дозволило С. М. Гершензону та автору цих рядків сформулювати новий погляд на еволюційно-генетичну роль вірусів, розглядаючи їх не лише як збудників тих чи інших хвороб (інфекційні агенти — регулятори чисельності), але і як сильні мутагенні чинники, що відіграють важливу роль в еволюції інших форм живого (Цитологія и генетика, 1967, № 1).

С. М. Гершензон справді був «ненаситним» у своїх наукових пошуках. У період гонінь на генетику після сумнозвісної сесії ВАСГНІЛ 1948 р. протягом 20 років він працював у галузі вірусології, спочатку в Інституті зоології, а потім в Інституті мікробіології і вірусології АН УРСР. Цей період вимушеної «бездіяльності» у генетиці С. М. Гершензон плідно використав і зробив кілька цікавих наукових знахідок у сфері вірусології, генетики вірусів тварин та молекулярної біології. Йому вдалося довести, що вірусосійство у комах (дубового, тутового шовкопрядів, інших лускокрилих) за своєю природою подібне до латентного стану у профагів, тобто зумовлене інтеграцією геному вірусів у геном комах, а спалахи жовтяниці, пов'язані з вірусами ядерного поліедрозу, пояснювалися не екзогенними інфекційними агентами, а активацією латентних вірусів. С. М. Гершензон показав, що активація латентного вірусу ядерного поліедрозу відбувається при сильних стресових змінах екологічних чинників: голодуванні, холодових затримках розвитку, змінах водного режиму, режиму харчування тощо. Ці висновки дали можливість реорганізувати систему захисту від епізоотій і істотно знизити втрати і вартість при промисловому вирощуванні шовкопрядів.

Вивчаючи жовтяницю тутового шовкопрядя, С. М. Гершензон розробив простий і надійний метод фарбування ребер і кутів кристалів поліедрів — білкових включень, які формуються в клітинах, уражених відповідним вірусом. Це дало йому можливість, по-перше, здійснити порівняльне дослідження кристалів — поліедрів різної природи та встановити номогенетичні принципи їхньої симетрії. З'ясувалося, що в усіх лускокрилих комах кристали належали тільки до одного класу симетрії — кубічної сингонії, а конкретніше, до гексатетраедричного. Це — «в нормі». По-друге, поряд із звичайною формою С. М. Гершензон спостерігав і «аномальні» мутантні форми: гекса- і тетраед-

ричні. Заражаючи гусінь сумішшю різних за формою поліедрів або моноформними суспензіями, він виявив, що відмінності у формі кристалів є спадковими і визначаються мутаціями білків оболонки, а не зумовлені умовами кристалізації.

У процесі вивчення епізоотії жовтяниці шовковичного і дубового шовкопрядів С. М. Гершензон провів широкомасштабні дослідження з перехресного зараження одним і тим же вірусом понад 50 видів лускокрилих і, навпаки, із зараження одного виду різними вірусами та показав, що низка вірусів може уражувати різні в систематичному відношенні види. Фактично, це були перші досліді з біоценотичної вірусології.

Але чи не найінтригуючим з наукових досягнень С. М. Гершензона було передбачення ним зворотної транскрипції — РНК-залежного синтезу ДНК у вірусу ядерного поліедрозу. В дослідях, які проводили у відділі, здорову гусінь «заражали» шляхом ін'єкцій РНК, виділеною з хворої гусені. Ставили низку контролів, у тому числі обробку РНКазою і ДНКазою, використання для зараження гусені — донора РНК штамів вірусів, що відрізнялися за формою поліедрів, — в усіх випадках результат був однозначним: все вказувало на те, що, справді, на матриці РНК мала синтезуватися ДНК. Публікації С. М. Гершензона і його співробітників викликали масу заперечень, сумнівів і навіть ... підозр. Дійсно, в період неподільного панування центральної догми молекулярної біології не можна було відступати від канонів. І сьогодні важко собі уявити, як із десятків кДНК (а геном вірусу ядерного поліедрозу має молекулярну масу понад 100 МДа, складається з десятків генів, які транскрибуються у відповідні іРНК), які мали б за допомогою зворотної транскрипції некомпартменталізовано синтезуватися в клітині, могла самозібратися повноцінна молекула вірусного геному і дати старт інфекційному процесу. І це зараз, через 35 років після відкриття у 1970 р. Д. Балтімором і Г. Тьоміним ферменту зворотної транскрипції, за допомогою якого синтезовано тисячі і тисячі генів та який був одним із ключових у розшифруванні геному людини і решти уже розшифрованих на сьогодні геномів. На жаль, геніальну ідею на моделі вірусу ядерного поліедрозу так і не було підтверджено, хоча її з цікавістю сприйняла наукова спільнота. Для прикладу можна навести дві оцінки. Відомий вірусолог К. Сміт у 1967 р., аналізуючи досліді С. М. Гершензона і співробітників, писав:

«Якщо ця робота підтвердиться, стане очевидним, що генетична інформація може передаватися не тільки від ДНК до РНК, але і в зворотному напрямку». Уже після отримання Нобелівської премії видатний молекулярний біолог С. Спігелмен у 1971 р. зазначав: «історичне уявлення про перевертання синтезу від РНК до ДНК існувало у вигляді невеликої ереси ще до того, як онкогенні віруси (йдеться про мишачі лейкемогенні віруси Гросса і Малоні, з яких вперше виділено зворотну транскриптазу — С. М.) висунулися на перший план ... Воно було чітко висловлене для пояснення чудової серії експериментів, у яких, як повідомлялося, передача інформації ДНК-вмісного вірусу поліедру була здійснена за допомогою РНК, виділеної із заражених комах. Незалежне підтвердження цих фактів становило б непересічний інтерес».

Чого було більше у С. М. Гершензона? Великого осяяння чи не менш великого передбачення, невдало вибраної моделі чи помилок в експериментах? Відповісти важко, бо ніхто після 1971 р. результати дослідів С. М. Гершензона і співробітників не перевіряв.

С. М. Гершензон був неординарним вченим і неординарною людиною. Багато хто звинувачував його у «запозиченні» чужих ідей. І справді, молодий Гершензон перше завдання отримав від свого вчителя С. С. Четверикова, але він так експериментально і теоретично опрацював його, що серед генетиків-популяціоністів і еволюціоністів його ім'я стало поряд з іменем Учителя. Поняття стосовно того, що ДНК може відігравати значну роль у генетичних процесах, виникло у нього, за його ж словами, під впливом поглядів ще двох його вчителів: професора Московського університету А. Р. Кізеля та М. К. Кольцова (подібне припущення приблизно в той же час зробили й І. Й. Агол з М. Д. Тарнавським). Існує твердження, що насправді думка про те, що ДНК і віруси можуть бути мутагенними чинниками, запозичена С. М. Гершензоном у відомого письменника С. Льюїса. Може й так, але багато хто й до нього читав «Ероусміт» (саме в цьому романі є натяк на те, що патогени здатні викликати спадкові зміни в ураженому ними організмі), але хто ще зробив те, що вдалося С. М. Гершензону? Кажуть, що ідею про

зворотну транскрипцію С. М. Гершензон вичитав у знаного мікробіолога і молекулярного генетика Г. Стента. Може й так (я особисто у Г. Стента подібних стверджень не знайшов), але хто, як не він, підняв цю проблему, надав їй розголосу та зробив усе доступне, щоб дослідити її?

Насінина проростає тільки на підготовленому ґрунті!

Сергій Михайлович Гершензон був непересічним педагогом і учителем. Усім відомі два видання його блискучого підручника «Основы современной генетики». Після відлучення від кафедри у 60—70-ті роки він організував кілька курсів лекцій з генетики для наукової молоді (якою тоді були люди мого покоління). Він любив молодь, допомагав їй зростати (але часто лише до якогось рівня, і «виживав» той, хто був бійцем, умів протистояти навіть Учителю) і сам знаходив у ній опору. Він знав мистецтво і літературу, зокрема, поезію. Мені доводилося чути кілька його власних прекрасних перекладів сонетів Вільяма Шекспіра.

С. М. Гершензон повністю сприйняв систему, створену більшовиками, і саме це примусило його каятися у 1948 р. в «усіх смертних гріхах», своїх і «менделізму-морганізму», але в остаточному підсумку він не зрадив науку, якій служив усе життя.

Академік Гершензон мав неабиякий організаторський хист: протягом тривалого часу він керував відділом, був керівником сектора вірусології і заступником директора Інституту мікробіології і вірусології АН України, організатором Інституту молекулярної біології і генетики АН України і першим виконуючим обов'язки його директора. Але Сергій Михайлович був ліпше вченим, аніж адміністратором, бійцівськи риси не були в його характері. І коли виникли труднощі у створеному ним інституті, він віддав його в інші руки.

Цю меморіальну статтю названо: «Три кити академіка С. М. Гершензона». Зрозуміло, що мова йде про три найважливіших його наукових досягнення: генетико-популяційні дослідження, ДНК- і вірусіндукований мутагенез та зворотну транскрипцію. Насправді «китів» значно більше, але саме ці три створили йому ім'я, точніше, він на них стояв. А ім'я він створив собі сам.

Назавжди!

Доктор біологічних наук, професор,  
член-кореспондент НАН України  
С. Малюта