



## МАЙБУТНЄ НАСТАНЕ, НАВІТЬ ЯКЩО МИ НЕ ГОТОВІ ДО НЬОГО

Інтерв'ю з членом-кореспондентом  
НАН України В.А. Кордюмом

*Сьогодні у світі спостерігається бурхливий розвиток у галузі наук про життя, зокрема молекулярної біології та генетики. Про сучасну систему знань у цих науках, перспективи застосування нових підходів у медицині, про одвічні питання щодо сутності поняття «життя» ми говорили з відомим генетиком, завідувачем відділу регуляторних механізмів клітини Інституту молекулярної біології і генетики НАН України, доктором біологічних наук, професором, членом-кореспондентом НАН України, академіком НАМН України Віталієм Арнольдівичем Кордюмом.*

**— Віталію Арнольдівичу, Ви протягом кількох десятиліть могли спостерігати, так би мовити, зсередини розвиток генетики, та й взагалі наук про життя. Зараз у пресі багато уваги приділяють цій галузі знань, майже щодня з'являються повідомлення про отримані результати, які обіцяють людству все нові й нові можливості. Серед широкого загалу побутує навіть думка, що ми сьогодні переживаємо мало не революцію в науках про життя. Як би Ви оцінили сучасний стан біологічних наук?**

— Розумієте, зараз відбувається зовсім не революція, а тихе, повільне змінення фундаментальних уявлень про живе. Сьогоднішні уявлення вже абсолютно не відповідають тим основним базовим уявленням, які були раніше, однак робити, як ви кажете, революцію, різко змінюючи всю систему знань, ніхто не буде, оскільки це загрожує повним хаосом. Підірвати або зруйнувати легко, але запропонувати на заміну стійку цілісну конструкцію знання поки ми не можемо. Швидше за все, нові засади впроваджуватимуться поступово і непомітно, в міру відходу старшого покоління.

**— Тобто повільна, повзуча зміна парадигми?**

— Так, повзуча, без революційних потрясінь. Це та фундаментальна особливість, яку я насамперед відзначив би у сучасному розвитку біологічних наук. Розумні люди бачать і усвідомлю-

ють необхідність зміни світогляду, але сприйняти це неймовірно важко. Мислення мого покоління і тих дослідників, які молодші за мене на 10, 20 і навіть 30 років, але які становлять сьогодні кістяк фахової наукової спільноти, засноване на ще старих уявленнях, а молодші колеги мають вже інший базовий запас знань, на якому формується їхній кут зору.

**— Це можна порівняти з ситуацією, яка склалася у фізиці з появою теорії відносності Ейнштейна?**

— Річ у тім, що ньютонівську механіку ніхто і після Ейнштейна не відкидав. Класична механіка, як і раніше, прекрасно працює. А в біології зараз змінюються базові уявлення.

**— Ви не могли б пояснити на якомусь прикладі?**

— Ну, дивіться. Є класичні уявлення про природу злоякісних пухлин. Пухлина росте із себе, тобто в результаті певної мутації виникає ракова клітина, яка потім ділиться. Метастази — це її потомство. Однак сьогодні експериментально показано, що ракові клітини не тільки ростуть із себе, а ще й «роблять» з нормальних клітин пухлинні, перетворюючи їх. І поки що не зрозуміло, якими будуть нові базові уявлення про природу раку, але вже ясно, що класичні погляди не повною мірою описують цей процес. Що стосується метастазів, то останні роботи свідчать про те, що в організмі постійно утворюються і циркулюють так звані мікросфери, які складаються з декількох сотень клітин. Скажімо, у хворого виявили ракову пухлину, провели хімотерапію, вбили всі злоякісні клітини — начебто він тепер здоровий. А невдовзі в нього раптом виявляються метастази. Звідки вони взялися? Це лише один крихітний фрагмент, щоб проілюструвати вам, наскільки радикально зараз змінюються наші основні уявлення.

**— А стовбурові клітини?**

— Так, можна для прикладу взяти і стовбурові клітини. Вже сто років тому всім було відомо про існування стовбурових клітин. Більше

того, 200 років тому біологи вже знали, що із зиготи розвивається організм, а це ж і є стовбурова клітина. Потім з'ясували, що стовбурові клітини бувають різні: плюрипотентні, мультипотентні тощо. Начебто відтоді все стало зрозуміло, ніби розібралися з цим питанням, почали навіть використовувати їх.

Але де ж в організмі містяться ці стовбурові клітини? Знайшли їх у кістковому мозку, в печінці, в інших органах, з'ясували, що так звані мезенхімальні стовбурові клітини є в жировій, хрящовій, м'язовій тканинах. А потім виявилось, що на внутрішніх стінках судин існують диференційовані клітини, які за необхідності можуть утворювати потрібну в певний момент кількість мезенхімальних стовбурових клітин. Проте й за нормальних умов деяка їх кількість постійно присутня, вони відіграють роль своєрідного патруля — стоять на варті на випадок, якщо в організмі трапиться щось непередбачуване.

Як може диференційована клітина, яка виконує строго визначену для неї функцію, утворювати стовбурові клітини?! Уявіть, є звичайна собі епітеліальна клітина зі своїми конкретними рядовими завданнями. Раптом їй надходить команда і вона або сама перетворюється, або ділиться несиметрично — ця клітина залишається, але від неї відгалужується зовсім інша клітина. Але ж такі клітини ще називають стромальними, від грецького слова *στρομα* — основа, тобто щось нерухоме, неперушне. Як ж це строма? Цілковите непорозуміння. Втім, незважаючи на це, такі стромальні стовбурові клітини найчастіше використовують у дослідках. Працюють, звичайно, з різними видами стовбурових клітин, але стромальні використовують найбільш широко.

Крім того, виявляється, що мезенхімальні стромальні стовбурові клітини і макрофаги, одні з основних клітин імунної системи, відрізняючись між собою зовні, мають настільки близькі структурно-функціональні характеристики, що просто диву даєшся. Крім виконання захисних «імунних» завдань макрофаги, так само як і мезенхімальні стовбурові клітини, відновлюють ушкоджені клітини та тканини.

Або інший приклад. Якщо розглянути загальну кількість клітин в організмі людини, то простий розрахунок свідчить про те, що кілька відсотків всіх клітин постійно рухаються. В принципі ми знаємо основні молекулярні механізми, які зумовлюють цей рух, знаємо, куди ці клітини прямують, що спонукає їх рухатися. Однак загалом, якщо вдуматися, те, що досить значна частина нерухомого організму перебуває в постійному русі, — деякою мірою нонсенс. Це все одно, що стоїть будинок, а кілька відсотків цеглинок, з яких він складений, постійно в ньому переміщуються. Або сад, у якому деякі дерева час від часу пересуваються з місця на місце. Це не дуже вкладається в голову, правда?

— *Так, збагнути це не дуже просто...*

— Або ось ще одна проблема, про яку з багатьох причин воліють не говорити. Ми всі складаємося з клітин не зовсім однакового походження. І ніхто й гадки не має, чому це так. Ну, ось як розвивається ембріон? Зигота починає ділитися, утворюється деяке скупчення клітин — морула, схожа на ягоду малини. Потім починається перша диференціація, з'являється бластула, з якої потім утворюється гастрюла. У гастрюлі вже з'являються зачатки зародка і жовтковий мішок, який її оточує.

Втім, клітини жовткового мішка — це вже не клітини зародка, це інша структура, хоча й походить вона з цієї самої зиготи. В якийсь момент, а точніше, на 20–21-й день розвитку зародка людини, в них щось відбувається. Це «щось» спричинює утворення так званого паростка з жовткового мішка, з якого первинні статеві клітини колонізують ембріон, визначаючи його жіноче або чоловіче начало. От і виходить, що наші діти — це не «плоть від плоті», а похідні клітин-«колонізаторів» паростка жовткового мішка, які мігрували в первинну плоть, і з часом з неї утворилися ті статеві клітини, з яких пішла вже плоть наших дітей.

Цей процес відомий вже протягом кількох десятиліть, але ніхто й досі не може, та й не сильно хоче, відповісти на питання, навіщо це потрібно. Адже напевно це не просто так, у цій

дії має бути глибокий біологічний сенс. Давно було відомо, що на певній стадії ембріогенезу в зародку утворюється прообраз майбутньої печінки, який на цьому етапі виконує роль депо для стовбурових клітин крові. Років 15 тому з'ясували, що це не зовсім так, а насправді з жовткового мішка утворюється ще один паросток, через який надходить нова хвиля клітин-колонізаторів і далі розвивається в цій самій протопечінці зародка, утворюючи згодом кістковий мозок і стовбурові клітини крові. А потім виявилось, що перед цим паростком є ще один паросток, який продукує групу тканинних макрофагів, заселяючи ними ембріон. І ці тканинні макрофаги не потребують участі стовбурових клітин крові, вони самі собі стовбурові клітини, самі себе диференціюють і самі себе відтворюють. Інша група макрофагів, що продукуються стовбуровими клітинами крові, більш-менш рівномірно розподілена по всьому організму, але практично всі імунні клітини головного мозку (глія) мають походження від клітин, які мігрували на ранній ембріональній стадії розвитку з цього паростка жовткового мішура. Тобто імунна система головного мозку, яка функціонує автономно, незалежно від решти організму, забезпечується клітинами, відмінними за походженням від макрофагів в інших частинах організму та похідних кровотворюючих стовбурових клітин кісткового мозку, — клітинами, які відтворюють самі себе. Проте зазвичай переважна більшість дослідників вважають за краще не акцентувати на цьому увагу.

Більш того, наш геном, який ми уявляли як непорушну основу, виявляється не таким уже й непорушним. ДНК, у якій зберігається наш генетичний код у вигляді 3,2 млрд пар нуклеотидів, звичайно, залишається в клітинному ядрі, однак у ньому може відбуватися часткова реплікація, продукти якої як частина геному виходять з ядра назовні.

Уперше таку фракцію ДНК, що не пов'язана безпосередньо з клітиною, існує окремо від неї, виявили наприкінці 1940-х років у плазмі крові. Навіщо це потрібно? Для чого це? На той час сприйняти інформацію про те, що геном

вільно «плаває» в організмі, було неможливо. Зараз уже відомо, що позаклітинна ДНК циркулює в рідких середовищах майже всіх типів організмів. Потім стався сплеск інтересу до мікровезикул — мембранних бульбашок, які подорожують по всьому організму. Раніше їх вважали побічним продуктом життєдіяльності клітин, потім визначили, що вони є засобом міжклітинної комунікації, а тепер виявили, що мікровезикули, крім іншого, переносять ДНК. А це означає, що між різними клітинами відбувається спрямований обмін генетичною інформацією. Але ж в кожній клітині організму геном один і той самий. Тоді навіщо це?

— *Віталію Арнольдовичу, я бачу, у Вас на столі лежить Ваша книжка «Інформаційні потоки в біосфері і не тільки». Ви в ній розглядаєте проблему перенесення генетичної інформації?*

— Так. Я спеціально приготував для вас у подарунок дві свої книги — цю, видану нещодавно, і більш ранню — «Наша «шагренава шкіра» — це наша проблема. Нам її і вирішувати». Я зараз навів вам лише окремі приклади того, як змінюються наші, ще донедавна, здавалося б, усталені, фундаментальні уявлення в біології. У цих своїх роботах я розмірковую і описую цю ситуацію набагато детальніше, до того ж ці книжки розраховані на широке коло читачів. Можливо, вам буде цікаво. Їх видано мізерним тиражем, і я писав це скоріше для себе, адже сам процес викладання думок на папері сприяє більш чіткому і логічному їх формулюванню.

— *Дякую Вам за книги. Це дійсно чудовий подарунок. Але чи правильно я зрозуміла Вас, що для формування цілісної концепції в біології нам ще не вистачає певної суми знань?*

— Фактично розвиток біології сьогодні вийшов на деяке плато. Ні, нових результатів безліч, досить багато робиться відкриттів, але є центральна проблема, про яку вголос і не варто, напевно, говорити. Полягає вона в тому, що з точки зору нинішнього рівня наукових уявлень клітина не повинна і не може функціонувати. В об'ємі в кілька тисяч часток кубічного

міліметра знаходяться півтора метра ДНК, мільярди білків, безліч РНК та інших молекул, і все це працює злагоджено, синхронно, з фантастичною швидкістю. Найменше порушення цієї прецизійності призводить до зникнення клітини, але ж цього не відбувається. Чому? І всі відомі нам схеми метаболічних процесів, сигнальних ланцюжків тощо — це просто миттєвий зріз, а як це все в цілому взаємопов'язане і з якою разючою точністю взаємоузгоджується і керується в реальному часі і просторі клітин, ми не маємо ані найменшого уявлення.

— *І як це все примудрилося самоорганізуватися? Це питання риторичне.*

— Ви знаєте, сьогодні про проблему походження життя, як на мене, ще зарано говорити. Хоча вивчати її, звісно, потрібно, і в цій галузі працює достатня кількість дослідників, освоюються гранти. Проте з точки зору основних законів фізики життя концептуально виникнути не може. І справа не в часовому проміжку, і не в перебігу біохімічних процесів, а в тому, що біологічне життя — це система, яка забезпечує зберігання, передавання, зчитування, відтворення і матеріалізацію інформації. Без цього ДНК стає звичайним полімером. Без цього її можна використовувати тільки як будівельний матеріал або, скажімо, панчохи з неї робити, щоправда, погані панчохи вийдуть, міцними не будуть. Адаже в будь-якій замкнутій системі мимовільні процеси перебігають зі збільшенням ентропії, і неможливо зрозуміти, як досягти настільки високого, немислимо високого рівня організації.

Без спеціальної складної системи підтримання інформаційного змісту на ДНК він зникає внаслідок рандомізації, а сама ДНК стає носієм шуму. Причому цей зміст має «зчитуватися» з ДНК і матеріалізуватися в білки, зміст яких (за амінокислотою послідовністю та просторовою структурою) повинен бути прецизійним, інакше вони будуть «руйнувати, а не будувати». І так у всьому. А рандомізація послідовності весь цей чіткий зміст перетворюватиме на інформаційний хаос. Чим більше часу, тим більше хаосу. Може виникнути скільки за-

вгодно молекул ДНК, скільки завгодно білкових молекул, але це не приведе до виникнення життя. Зараз біологія уперлася в цю проблему, як у глуху стіну.

Однак не варто зневірятися. Слід просто почекати, доки ми не піднінемося на іншій, більш високий, рівень знань. Свого часу було запропоновано такий уявний експеримент. Відомо, що Архімед був одним з найвидатніших математиків, фізиків, інженерів в історії людства, але він, очевидно, оперував сумою знань і технологій, якої людство досягло в ту епоху. Так от, уявіть собі, що з майбутнього якимось чином до Архімеда потрапив вертоліт. Будучи геніальним механіком, але нічого не знаючи про сучасне матеріалознавство і теорію аеронавтики, він, швидше за все, зрозумів би врешті-решт основний принцип його роботи. А тепер уявіть, що перед Архімедом поставили б комп'ютер. У нього не виникло б навіть жодної ідеї, для чого цей пристрій, не кажучи вже про принцип роботи. Запитайте сучасних людей на вулиці, як працює комп'ютер. Не впевнений, що з тисячі хоча б один зможе чітко пояснити принцип його роботи. Або візьміть електрику. Ще мавпи були знайомі з нею: вони бачили блискавки, помічали, що, якщо потерти шерсть, вона стає дибки. І тільки 150 років тому людство розібралося з природою електрики і почало її використовувати. Це свідчить про те, що для міркувань про виникнення життя нам спочатку необхідно перейти на вищий рівень знань. Проте на відміну від фізики, яка, об'єднавшись з математикою, розвивається послідовно, від етапу до етапу, біологи зараз навіть не уявляють, у якому напрямі їм потрібно рухатися, щоб досягти цього вищого рівня розуміння.

*— Добре, я зрозуміла, що порівняння нинішнього стану біології з періодом, коли в фізиці з'явилася теорія відносності, не є коректним. Тоді, може, точнішою є аналогія з періодом переходу від алхімії, від розрізненного накопичення знань і перших, не надто вдалих спроб його теоретичного осмислення до становлення хімії як науки?*

— Річ у тім, що хімія як наука виникла близько 250, максимум 300 років тому, і це був період вражаючого сплеску всіх природничих наук. Однак людина як істота розумна, здатна мислити абстрактно, аналізувати, — і ці властивості можна приблизно датувати за появою перших зразків наскельного живопису — з'явилася близько 70 тис. років тому. Дозвольте я запитаю вас, чому природничі науки за кілька десятків тисяч років не змогли сформуватися, а за трохи більше, ніж 200 років зробили неймовірний стрибок від примітивних гармат до посадки космічного зонда на астероїд?

*— Перехід кількості в якість? Поступове накопичення знань і розвиток технологічної бази?*

— Знання не накопичувалися постійно. Людство регулярно втрачало набуті знання. Проте все ж таки база знань була. Стародавні греки використовували примітивні парові машини, грецький вогонь та інші винаходи. Я наведу вам приклад. У ранній юності мені потрапила до рук книжка, видана десь у 1950-х роках, — «Матеріалісти Стародавньої Греції». І тоді мене до глибини душі вразили ідеї Демокріта. До нас не дійшли його роботи, але безліч авторів, які жили пізніше, цитували фрагменти з них (щоправда, переважно з метою критики), і таким чином ми можемо скласти уявлення про його погляди. Прочитавши ці фрагменти, я взагалі перестав будь-що розуміти і тепер не розумію, хоча багато разів упродовж свого життя повертався до цієї книги. Я зараз процитую кілька уривків з пам'яті. Ви, напевно, хоча б у загальних рисах знайомі з сучасним вченням про тепло. Так ось, Демокріт з великого (в лапках) міста Абдери в V ст. до н.е. пише: «Немає теплого або холодного, є тільки атоми, які рухаються з різною швидкістю і створюють в нас відчуття теплого або холодного». Або про хвороби: «Хвороби спричиняються дрібними істотами, яких ми не бачимо оком, але які входять в нас і викликають недугу». Або про богів: «Боги — це розумна основа нашого Всесвіту». Або ось таке. Коли я вперше прочитав визначення смаку за Демокрітом: «Немає ні

солодкого чи гіркого, ні кислого або солоного, є тільки атоми різної форми, які входять в нас і створюють відчуття солодкого, гіркого, кислого або солоного», воно виглядало досить наївним. Однак у 1980-х роках уперше було розроблено теорію, яка пояснює фізіологію смаку, — на язичку розташовані смакові сосочки, які закінчуються порожнинками. Причому кожна порожнинка має свою особливу просторову молекулярну конфігурацію. Увійти в неї може тільки молекула відповідної форми, що й викликає подразнення закінчення відповідального нерва, який передає в мозок сигнал. І цей сигнал сприймається як конкретний смак. А природу звуку Демокрит визначав так: «Звук є згущення повітря, яке з силою входить в нас і відтворює в нас відчуття звуку».

Це давні греки. А згадайте Китай, де люди вже в сиву давнину знали порох, повітряних зміїв і багато чого іншого, але далі цього не пішли. Є навіть такий жарг: за що слід поважати китайців? За те, що вони винайшли наркотики, але нікому їх не продавали, за те, що вони винайшли порох, але не використали його як зброю, за те, що вони винайшли кораблі, здатні перетнути океан, але не відкривали Америку. Так що бачите, наявність знань ще не приводить до сплеску науки.

— *Так що ж дало поштовх стрімкому розвитку науки?*

— Не знаю. І гадки не маю. Я просто ставлю запитання. В середині 70-х років було повсюдне захоплення прогнозами. Їх робили в найрізноманітніших галузях знань. І в якийсь момент одній людині спало на думку спробувати зібрати воедино всі ці розрізнені прогнози. В результаті з'ясувалася одна дивна річ — всі прогнози з невеликим розкидом, не більш як 5 років, збігалися до 2050 року.

— *Ми наближаємося до точки сингулярності?*

— Не знаю. Я не знаю, що буде. Проте починаючи з 2050 року всі прогнози: і в економіці, і в історичному розвитку, і в політиці, і в релігійній сфері, і в системі охорони здоров'я,

і в демографії, і в найрізноманітніших галузях науки приводять до повної невизначеності. Однак, досить чітко розуміючи, що ми перебуваємо на порозі якихось дуже великих змін, що виходять за рамки нашого сьогодення, я розумію, що найстрашніше навіть не те, що людська діяльність веде до вже незворотного руйнування Землі як небесного тіла. Найстрашніше, що людство у своєму розвитку вийшло на рівень, коли люди стають не потрібними самі собі. Уже сьогодні непотрібною виявляється десь чверть населення планети, через 10 років непотрібною стане половина, а через 20 — три чверті.

— *Зайві люди?*

— Так. І що з цим можна зробити? А якщо навіть придумують, як бути з цими зайвими людьми, заженуть їх, наприклад, у віртуальну реальність, то решта людства з великою ймовірністю деградує. Мені свого часу запам'ятався афоризм польського письменника Станіслава Єжи Леца: «Людство у своєму розвитку дійде до того, що зможе обходитися само без себе». У 60-х роках цей вислів був гумористичним, викликав посмішку, сьогодні це вже не гумор. Так що прогнозувати подальший хід подій не має великого сенсу — сьогодні майбутнє непередбачуване.

— *Наскільки з Вашої точки зору реалістичним виглядає один з широко обговорюваних сьогодні шляхів вирішення проблеми — вихід людства із Землі в космос?*

— Про це обережно, але цілком чесно говорять практично всі представники НАСА. Технічно через 20–30 років вихід людства за межі Землі буде швидше за все абсолютно реальним. Можна буде натовпами переселяти людей на космічні бази. Однак політ пілотованого корабля на Марс триває 7–8 місяців. І весь цей час люди зазнаватимуть впливу жорсткого космічного випромінювання.

Я свого часу працював за космічною тематикою і бачив наслідки дії частинок високих енергій на живі тканини. Власне, разом з трьома моїми московськими колегами ми створили

в Радянському Союзі напрям космічної біології, і, до речі, більш як половину обладнання для проведення біологічних експериментів на орбіті було зроблено в Києві. Тоді космічна біологія цікавила державу остільки оскільки, а ось космічній медицині приділяли багато уваги. З медиками ми працювали дуже тісно, тому що експерименти проводилися, звісно, на одному й тому самому кораблі, і мої товариші із закритих московських інститутів іноді показували нам отримані ними результати.

В одному з експериментів медики взяли мишу, зрізали їй черепну коробку, зверху і знизу мозку вставили пластини, які детектують треки частинок, що проходять крізь неї, і відправили тварину на орбіту. Потім за слідами від важких іонів на верхній і нижній пластинках визначили треки таких частинок і зробили за ними цитологічні зрізи відповідних ділянок мозку. Я бачив мікрофотографії зрізів головного мозку такої миші, зроблені на електронному мікроскопі. Трек кожної частинки можна порівняти з проникаючим кульовим пораненням навиліт, при цьому кулі, звичайно, маленькі, але їх багато. До того ж врахуйте, що космічні станції знаходяться на низькій навколосемній орбіті, де великою мірою ще позначається захисний вплив магнітосфери Землі, а в далекому космосі все набагато гірше.

Потім невагомість, яка дуже негативно впливає на організм. І причина цього проста — організм досить швидко пристосовується до змінення умов навколишнього середовища. Однак, оскільки невагомість не є природним еволюційним фактором, ця адаптація призводить до серйозних дисфункцій багатьох систем організму: м'язової, кісткової, серцево-судинної, нервової та ін.

Потім психологічні проблеми, пов'язані з тривалим перебуванням у замкнутому просторі і замкнутому колективі.

І якщо штучну гравітацію технічно створити можна, то ефективна захисна система від космічного випромінювання матиме величезну масу, і це поки не прийнятно для космічних польотів. Крім того, кожна високоенергетична частинка, стикаючись з атомами захисно-

го матеріалу, породжує ціле віяло частинок, які, в свою чергу, породжують інші частинки. В результаті від місця першого зіткнення утворюється конус із частинок, який називають зливою. І виходить, що замість пошкодження від потрапляння однієї частинки ми отримуємо множину таких пошкоджень. Тому поки тривале перебування людини в космосі зі збереженням її активної життєдіяльності, як на мене, під великим питанням.

Мені здається, що скоріше вже на Місяці побудують якусь космічну базу, а не на Марсі, хоча особливого комерційного сенсу в цьому не простежується. Виключно дослідний високотартісний проект. Тому я вважаю, що поки масовий вихід людства в космос не є розумним рішенням. Підкреслю, не можливим, а саме розумним рішенням. Більше того, є небезпека, що в разі, якщо ідея Ілона Маска про місію на Марс все ж реалізується, доля цієї експедиції може надовго відбити у людства бажання до освоєння космосу.

**— Зараз у широкій світовій пресі висловлюють безліч побоювань з приводу негативних наслідків від появи простої і доступної технології редагування геному. Причому її застосування в медичних цілях для лікування різних захворювань ніхто начебто особливо не заперечує, хоча це напевно потягне за собою серйозні побічні ефекти. Бояться найбільше морально-етичного аспекту. Що ви думаєте з цього приводу?**

— Я думаю, що протягом найближчих років п'яти заборони на маніпуляції з геномом людини потихеньку почнуть скасовувати, і ці дослідження з метою пошуку шляхів лікування певних хвороб будуть розширюватися. Що ж стосується втручання з метою змінення фізіологічних показників і фізичного розвитку людини, то я не зовсім розумію його сенс. Зробити генія надзвичайно складно, і наука поки цього не вміє, втім перетворити людину на дебіла легше легкого і без редагування геному. Крім того, генії у великих кількостях зовсім не потрібні правлячим колам, їм потрібні скоріше роботи. Зараз робототехніка розвивається

досить швидко, а там, де машина не зможе замінити людину, простіше використовувати маніпулятивні технології впливу на психіку. Ви вже зараз бачите, наскільки добре це працює, а років через десять ці технології досягнуть повної досконалості.

Звичайно, спроби редагування геному будуть, неодмінно будуть, але значного поширення, мені все ж здається, вони не матимуть. А ось зміна геному іншого організму має великі перспективи. Проте тут, і ми з вами повертаємося до того, з чого починали розмову, поки що ніхто з нас не знає (і слава богу, напевно), як працює клітина. Жодного нового життєздатного організму ми поки створити не в змозі. У наших силах у готову клітину, в якій все вже налагоджено і функціонує, ввести штучний геном, але самим створити клітину — ні, поки не можемо.

**— Тобто найближчим часом ми в кращому випадку зможемо, образно кажучи, замінити шини в автомобілі. Зробити новий автомобіль нам поки не дано?**

— Так, саме так. Ми зможемо ввести кілька генів, які забезпечать ті чи інші процеси в організмі чи поза організмом. Фактично це те ж саме, що і створення трансгенних рослин, тільки з використанням більш досконалих і складних методів. Зверніть увагу, скільки ми вже зробили трансгенних рослин, а ось з тваринами виходить поки набагато гірше. Тому що рівень взаємозв'язку різних процесів в організмі тварини незрівнянно глибший, ніж у рослин. Трошки десь щось змінюєш, і все — системи перестають працювати. І ось у цій галузі розвиток технологій редагування геному, я гадаю, дасть результати.

Що стосується методів лікування окремих хвороб людини, то я вже зараз бачу, що лікувати будуть за допомогою досягнень молекулярної біології. Розумієте, поки що реально ми можемо втручатися в неймовірно відточену систему роботи організму і при цьому не пошкодити її тільки на рівні якогось уже наявного налагодженого процесу. Для цього у нас на сьогодні є методи і можливості. Хоча на цьому

шляху нас також очікує безліч проблем. Наприклад, приблизно щомісяця в пресі виникає хвиля ажіотажу, мовляв, учені знайшли спосіб, як подовжити життя людини, як вилікувати рак і таке інше. Але в такий радикалізм не вірте. Дійсно, сьогодні в принципі більш-менш зрозуміло, яким чином можна досягти понадвидового довголіття, але при цьому ніхто не каже про віддалені наслідки. А наслідки ці, як можна прогнозувати, будуть нехороші, тому й зрозуміло, що в рекламних заявах про це, на жаль, ніхто нічого не каже.

Більшість геронтологів зосереджені на вивченні процесу старіння, який дійсно має місце, але вони зовсім не враховують, що старіння водночас це ще й система захисних реакцій організму. Відносно недавно було опубліковано результати, які свідчать про те, що старі клітини, які зараз всіляко намагаються прибрати, оскільки вони перешкоджають омолодженню організму, насправді блокують розвиток пухлин. Розумієте, наскільки все в організмі збалансовано? Тому вносити будь-які зміни можна лише за умови цілковитої синхронності всіх процесів. А це неймовірно складно. І знову-таки, повертаємося до того, з чого ми починали: щоб забезпечити таку синхронність, нам не вистачає фундаментальних знань. Однак шлях у цьому напрямі розвитку більш-менш зрозумілий. Не можу сказати, коли саме, але такі методики точно зроблять. Щоправда, не знаю, чи стане людству від цього краще. Ось у чому питання...

**— Протягом усієї історії, якщо людство бачило можливість щось зробити, завжди робило, не замислюючись над цим питанням.**

— Ви мені зараз нагадали одну історію, яку часто розповідав Сергій Михайлович Гершензон, організатор нашого Інституту, людина вкрай суперечлива, з надзвичайною, просто фантастичною біографією. У 20-х роках, коли більшовики постійно влаштовували зібрання, мітинги, на яких основним агітаційним гаслом було «Вперед і тільки вперед!», один поет запитав: «Скажіть, будь ласка, а де перед?».



Ви ставите мені хороші, правильні запитання, але відповідей на них у мене немає, і не впевнений, що хоч у когось вони є. Можу хіба що відповісти фразою, яку Ярослав Гашек вклав в уста свого героя — бравого солдата Швейка: «Ніколи ще не було так, щоб було ніяк. Якось воно та буде».

**— З усього спектра різних галузей знань молекулярна біологія і генетика сьогодні є, напевно, найбільш пріоритетним науковим напрямом. Роботи в цій галузі фінансуються краще за інші, до них залучаються найталановитіші дослідники, вони найбільш популярні у засобах масової інформації. Чому саме зараз стався такий сплеск?**

— Ну, ви, власне, самі ж і відповіли на своє запитання. Скажіть, у шкалі цінностей будь-якої людини — цікава мудра книга, персональний літак, власне життя — що стоїть на першому місці? Відповідь очевидна. І так було завжди, просто раніше навіть не проглядалося жодних реальних можливостей для подовження молодості, для тривалого довголіття, для лікування хвороб, які вважали невиліковними. А сьогодні вже є реальні, конкретні позитивні приклади.

І справа тут не стільки в зацікавленості суспільства, скільки в зацікавленості еліти. Погляньте на список мільярдерів, який регулярно публікує Forbes. Скільки там людей, чії статки наближаються або вже перевищили \$100 млрд? І що, хіба вони не помруть так само, як і всі інші? У Гаврила Державіна є такі рядки (начебто це віршоване викладення псалма Давида):

*Цари! Я мнил, вы боги властны.  
Никто над вами не судья, —  
Но вы, как я, подобно страстны  
И так же смертны, как и я.  
И вы подобно так падете,  
Как с древ увядший лист падет!  
И вы подобно так умрете,  
Как ваш последний раб умрет!*

І що, ці люди не витратять кілька мільярдів, якщо є хоч найменший шанс, що тим самим вони зможуть купити для себе хоча б один за-

йвий рік життя? А сьогодні з'явилася надія, причому реальна надія. Втім, одними грошима все не вирішується. Є, наприклад, лабораторія, в якій отримали якийсь обнадійливий результат. Їй виділили додатково ще мільярд доларів. Чи буде лабораторія працювати швидше? Ні. Швидше не вийде, оскільки це дуже складні дослідження. Проте зрушення все ж є, і серйозні зрушення. Деякі хвороби, які вважали раніше невиліковними, вже навчилися якщо не виліковувати повністю, то принаймні значно подовжувати активний період життя з ними. Тому сьогодні є куди і у що інвестувати кошти.

Перші ідеї Фрідмана і Андерсена щодо імунотерапії раку з'явилися на початку 80-х років. Пізніше їм вдалося реалізувати їх у вигляді технології лікування онкологічних захворювань. Причому доволі успішного лікування. Однак це практично повністю закритий клуб. З кінця 90-х років у літературі практично немає даних про їхні роботи. Останнім їх пацієнтом, про якого щось відомо, був Рональд Рейган (у Р. Рейгана був рак кишечника з метастазами, лікування пройшло успішно, пізніше виникли два рецидиви, але й їх вдалося побороти; помер він майже 20 років потому від хвороби Альцгеймера). Як ви розумієте, про президента США складно було б промовчати. Але після цього жодних відомостей.

У двох словах загальний принцип цього методу, про який можна судити з опублікованих робіт, полягає в такому. Зазвичай в організмі виникають ракові клітини, але імунна система вбиває їх. Пухлина починає розвиватися тоді, коли організм дозволяє їй розвиватися. Від цього моменту організм захищає ракову пухлину. Найбільш специфічні клітини імунної системи, які мають боротися з раковими клітинами, — це так звані пухлиноспецифічні Т-лімфоцити, або Т-кілери, однак у цьому випадку вони перестають працювати: в пухлину проникають, але нічого не роблять. Дослідники навчилися виділяти ці Т-лімфоцити, розмножувати їх у необмежених кількостях і трансформувати таким чином, що клітини знову стають агресивними. Потім їх повертають в організм, де вони ефективно знищують

пухлину, поки не вмирають самі (час життя Т-кілерів — близько місяця). Потім процедуру повторюють доти, доки ці штучно стимульовані Т-лімфоцити не знищать усю пухлину. Зараз технологію такого рівня складності почали використовувати і в інших клініках, але це все дуже недешево, виліковування коштує близько 3 мільйонів доларів.

**— Віталію Арнольдовичу, а дивлячись на всю невимірну складність побудови і функціонування живого організму, розуміючи і усвідомлюючи, наскільки ще мізерними і недосконалими є наші нинішні уявлення про власне тіло, не кажучи вже про мозок, у Вас не виникало відчуття розгубленості, деякого страху перед невідомим?**

— Ні, звичайно. У чому сенс боятися? І крім того, я — фаталіст і чітко сповідаю принцип, що у світі все вирішено наперед. Тому чудово розумію, що я нічого не зможу змінити. На самому початку 50-х років, коли я ще навчався в університеті, у нас на військовій кафедрі викладали бойові офіцери, які пройшли війну. Звісно, основним навчальним посібником був статут. Одного разу викладач дав нашій групі завдання: «Уявіть собі, що ви командир підрозділу. Ви наступаєте. На сусідній ділянці фронту підрозділ вашого товариша потрапив у дуже скрутне становище, атака захлинулася, всі залягли і ледве стримують натиск ворога. Ваші дії?». І ми відразу почали фантазувати: можна з лівого флангу зробити обхідний маневр, можна перенести вогневі точки і таке інше. А він подивився на нас грізно і сказав: «Статут треба читати». А в статуті, виявляється, написано було, що єдина можливість допомогти сусідові, який потрапив у скрутне становище, — це успішне просування вперед на своїй ділянці фронту. Ніяких думок і сумнівів — йди вперед і стрілай. Так само я ставлюся до цієї ситуації. Роби що можеш і не озирайся. Те, в чому ти безсилий, не варте хвилювань.

**— І останнє запитання, Віталію Арнольдовичу. За яким напрямом у генетиці Ви сьогодні стежите найбільш пильно?**

— Клітинно-генна терапія. Це сьогодні найбільш ударний напрям. Втім, як же воно важко йде! Коли в пресі іноді пишуть про успіхи, — це навіть не верхівка айсберга, це відблиск на брижах води від верхівки айсберга. Однак це єдиний напрям, у якому сьогодні реально можна зробити те, чого іншими засобами не досягти.

У живому організмі клітини імунної системи, стовбурові клітини — це розгалужена система підтримки, захисту та відновлення, від якої повною мірою залежить функціонування всього організму. Кожна клітина підтримує себе сама, але коли вона не може впоратися, підключається система відновлення. У хворому організмі ці системи функціонують зі збоями. Крім того, з точки зору еволюції старі особини не потрібні. Життя — це якнайшвидша зміна поколінь. Це стосується всіх організмів, у тому числі й людини. Проте людина має щось, що вона називає розумом, але це щось еволюцію абсолютно не цікавить, оскільки це є поза біосферою. Тому всі системи організму заточені таким чином, що вони не підтримують довголіття. Очевидно, що системи підтримки, захисту та відновлення підкоряються тим самим законам. А розум зацікавлений в іншому. Йому потрібно, щоб його носій жив якомога довше. Розум намагається щось зробити, проте системи організму так складно взаємопов'язані, що нічого не виходить: варто тільки зачепити щось в одному місці, в іншому моментально виникають проблеми. Однак потихеньку ми все ж просуваємося в цьому напрямі.

Наразі майже всі зусилля медицини зосереджуються на вдосконаленні ліків, але ліки діють практично на весь організм. Припустимо, у людини хвора печінка. Ми зробили препарат, який лікує це захворювання, людина його приймає і печінка одужує, але при цьому починаються проблеми або з селезінкою, або з нирками, або ще з якимись органами. Якщо ж ми зможемо виділити клітини, відповідальні за відновлення функцій печінки, змінити в них потрібні нам налаштування (а ми це вже можемо, і технології роботи з клітиною вдосконалюються постійно), то повернення цих

модифікованих клітин в організм відбувається для нього непомітно, оскільки ці клітини природним чином повертаються на своє колишнє місце роботи. І це зовсім інший, концептуально інший підхід до лікування хвороб.

Звичайно, на цьому шляху є безліч перешкод, пов'язаних з неймовірною складністю клітини. Ми поки далеко не завжди уявляємо собі, що саме необхідно змінити в клітині, щоб досягти того чи іншого результату. А якщо і розуміємо, що змінити, то часто не знаємо, як саме це потрібно зробити. Практично ми йдемо цим шляхом наосліп. Однак з клітиною ми можемо дозволити собі різні спроби, можемо шукати різні варіанти, ми працюємо з нею поза організмом і не боїмося завдати їй (організму) непоправної шкоди через наші помилки.

Розумних людей на світі досить багато. Фахівці все це прекрасно усвідомлюють, а багаті люди хоч і не знають усіх нюансів і тонкощів, але бачать уже наявні результати, нехай найчастіше поки що на мишах, але ці результати дають надію. Тому ті заможні люди, які усвідомлюють, що гроші після смерті їм не знадобляться, охоче вкладають їх у реалізацію цієї надії. Сто років тому не мало сенсу вкладати в цю галузь, оскільки не було ані ідей, ані реальних можливостей, а сьогодні вони є. Тому ця галузь знання і розвивається так бурхливо, і фінансується краще за інші напрями в науці.

Можливо, навіть зараз передовий фронт досліджень знаходиться в приватних фірмах і закритих наукових установах. Я не знаю цього напевно, але не виключаю.

Переважна більшість досліджень в цій галузі сьогодні тією чи іншою мірою обертається навколо людини та її здоров'я. Це можуть бути дослідження у пробірці, але на людському матеріалі, якщо ж експеримент проводять на тваринах, то відразу абсолютно чітко екстраполюють, як це потім застосувати до людини. І це деякою мірою погано, з моєї точки зору. Адже людина живе у навколишньому середовищі. Зараз хоча б деяку частину цих фінансових ресурсів потрібно було б спрямувати на відновлення екології, але люди, платіжною одиницею яких є мільярд, поки не відчують у цьому потреби. Вони помилково вважають, що за свої гроші вони можуть створити собі своє персональне екологічно чисте середовище. Однак, гадаю, вже найближчим часом вони не зможуть більше ігнорувати цю проблему.

**— Величезне Вам спасибі, Віталію Арнольдовичу, за цю розмову, яка дала мені і, сподіваюся, дасть читачам нашого журналу справжнє інтелектуальне задоволення.**

— Спасибі вам.

*Розмову вела  
Олена Мележик*