

У світі відбулася біотехнологічна революція. Яким є виклик для України?

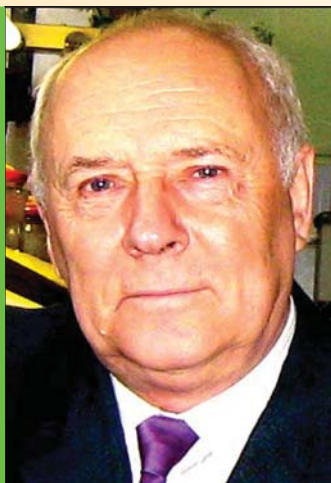
Клонування людини:
чесноти чи пороки?

Стовбурові клітини:
надії чи сумніви?

Адже Нобелівська премія з
фізіології і медицини 2007 року
вручена саме
за ці дослідження...



Саме такі запитання стали ключовими в бесіді відомих вчених, біотехнолога **Анатолія Павловича Галкіна** і хіміка **Григорія Олександровича Ковтуна**, яку ми пропонуємо Вам, — для Ваших роздумів ...



Анатолій Галкін
доктор біол. наук,
завідувач відділу
біоінженерії
Інституту біоорганічної
хімії та нафтохімії
НАН України,
м. Київ

Генетично модифіковані організми та генетично модифіковані харчові продукти

Г.К. — Все більш бурхливого розвитку набуває ринок трансгенних або генетично модифікованих організмів (ГМО), тобто організмів зі зміненими ознаками, внаслідок застосування технологій рекомбінантних молекул ДНК.

На запитання: **"Як ви ставитеся до продуктів, що містять ГМО?"** — більшість пересічних українців скажуть: **"Негативно"**.

А тим часом трансгени давно стали частиною нашого життя. Кожний з нас не раз пробував продукти з додаванням сої — сири, ковбаси, низькокалорійне печиво, шоколадні батончики... Адже сьогодні майже вся соя — це продукт генної інженерії. У деяких країнах світу новостворені ГМО вже використовуються для потреб сільського господарства, виробництва, харчової промисловості та медицини.

Чому ж це "позитивно"? Тому що використання ГМО дозволяє вирішувати низку найгостріших проблем у сільському господарстві: значно підвищити врожайність культурних рослин та уникнути його втрат при зберіганні, покращити харчові якості рослинних продуктів (збільшення вмісту вітамінів, білків, інших корисних речовин із одночасним зменшенням вмісту залишків агрохі-



Григорій Ковтун
доктор хім. наук,
заступник директора
Інституту біоорганічної хімії
та нафтохімії
НАН України,
м. Київ

мікатів), зменшити екологічне навантаження на довкілля за рахунок значного зниження використання гербіцидів, пестицидів, стимуляторів росту рослин, мінеральних добрив та інших агрохімікатів.

Тому й не випадково, що в останні п'ять років відбувається широкий вихід на поля трансгенних рослин (стійких до гербіцидів, комах та вірусів сортів сої, кукурудзи, бавовни, рапсу, цукрового буряка, картоплі тощо). Якщо у 1996 р. у світі під посівами трансгенних сортів рослин було зайнято близько 1,7 млн. га, то у 2006 цей показник склав близько 70 млн. га. Фахівці вважають, що з 425 млн. га землі, придатна для землеробства, під трансгенні культури можна відвести 180 млн. Нині із них засіяно близько 33%.

Проте впровадження ГМО має бути зваженим. З одного боку, потрібно враховувати переваги, які може принести нам їх промислове використання, а з іншого, — необхідно гарантувати українцю, що ці технології не завдаватимуть шкоди його здоров'ю та й довкіллю. Саме через те, незважаючи на беззаперечні економічні переваги використання таких організмів, увагу громадськості зосереджено на вирішенні проблеми передбачення, а за необхідності — усунення можливих негативних наслідків їх використання. Безконтрольне вивільнення ГМО може призвести до порушення екологічного балансу та виникнення загрози біологічному різноманіттю.

Упродовж майже 20 років науковими проблемами генної інженерії і ГМ-рослин займається відділ біоінженерії Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України.

А.Г. — Генна інженерія є одним із найцікавіших напрямів сучасної біології. Це наука про отримання нових комбінацій генетичного матеріалу шляхом позаклітинних маніпуляцій з молекулами нуклеїнових кислот з метою подальшого створення генетично нових форм клітин і цілих організмів за допомогою штучних прийомів переносу генів.

Г.К. — Тож навіть важко собі уявити, що всього десять років тому першу ГМ-рослину було висаджено в поле, а вже сьогодні нові агрокультури, виведені методами генної інженерії, займають мільйони гектарів у десятих країнах світу.

А.Г. — Початком нової революції в сільському господарстві стало перше комерційне виробництво в 1996 році генетично модифікованої сої — гліфосат стійкої. Ген стійкості до гліфосату (активний складник гербіциду раундап) було виділено із бактерій, а також із мутантних рослин. Потім його почали пересаджувати в сільськогосподарські рослини.

Раундап — гербіцид, що придушує ріст практично всіх рослин, крім ГМ-рослин, які містять ген стійкості. Незабаром після ГМ-сої з'явилися кукурудза, бавовна, ріпак, що також стійкі до гліфосату. Водночас швидкими темпами почали створюватися рослини, стійкі до різноманітних шкідників-комах і вірусів. У 2006 р. ГМ-культури вирощувались у 25 країнах світу. Нині біотехнологічними мегакраїнами є США, Аргентина, Бразилія, Канада і Китай. Так, у США торік ГМ-культурами було зайнято майже 50 млн. га.

Г.К. — Давайте обговоримо ризики при вирощуванні ГМ-рослин.

А.Г. — Тут більше за всіх побоюються екологи. Вони вважають, що генетично змінені форми рослин можуть випадково проникнути в дику природу. Наприклад, при перехресному запиленні бур'яни можуть одержати від ГМ-рослин ген стійкості до шкідників і пестицидів. Тоді

розмноження бур'янів стане неконтрольованим і бур'яни витиснуть багато видів, нездатних до конкурентної боротьби з ними. Комахи, які харчуються або запилюють ГМ-рослини, одержать аномальні для даного виду гени, що може привести до непередбачених наслідків. Крім усього цього, в природі можуть з'явитися нові патогенні віруси й штами мікроорганізмів.

Г.К. — А крім екологічних, чи існують харчові ризики?

А.Г. — Наведу відомий приклад, що обійшов майже всі наші ЗМІ: вживання трансгенного продукту, отриманого пересадженням гена бразильського горіха в ДНК сої, викликало в багатьох людей алергійні реакції на чужорідний білок. Сорти рослин, стійкі до пестицидів (ГМ-соя й кукурудза), можуть накопичувати шкідливі речовини й їхні метаболіти, що може викликати отруєння при вживанні в їжу. Також при вживанні ГМ-продуктів у їжу може відбуватися горизонтальний перенос трансгенних конструкцій у геном симбіонтних людині мікроорганізмів. Ті ж бактерії мікрофлори кишечника можуть одержати ген стійкості до антибіотиків.

Г.К. — Відомо, що світове співтовариство приділяє досить велику увагу розробці саме обґрунтованих підходів щодо оцінки потенційного ризику при використанні ГМО. Передові країни світу мають як розвинену систему наукових досліджень в галузі біобезпеки і аналізу перспектив розвитку біотехнології, так і відрегульовану національну правову базу щодо застосування ГМО.

А.Г. — Так. Відповідні закони та нормативні акти діють у США, Канаді, Німеччині, Норвегії, Росії, Естонії, Угорщині, Чехії та ін. Ця правова база є досить різноманітною, але такі міжнародні організації, як продовольча сільськогосподарська організація ООН — ФАО — намагаються гармонізувати її та розповсюдити інформацію в країнах Азії, Африки, Східної Європи, зокрема й в Україну.

Г.К. — ЄС, куди ми так поспішаємо, протягом останніх років блокував впровадження трансгенних рослин у сільськогосподарське виробництво.

А.Г. — Не зовсім так. Євросоюз визначив свою позицію необхідністю більш детального вивчення нових властивостей ГМО згідно з вимогами частини громадян стійкості. Тому ЄС блокував саме процес реєстрації, виходячи з власних конкурентних інтересів в економічній боротьбі з США. Навіть ті країни Європи, які мали певні застереження щодо комерційного використання нових рослин, продовжують досліджувати й випробувувати їх у широких масштабах. Підтвердженням висновку про зростання конкуренції на ринку біотехнологій є також той факт, що такі лідери Євросоюзу як Німеччина, Франція та Англія вкладають все зростаючі кошти в розвиток біотехнології та становлення біотехнологічних національних компаній. Візьмемо, для прикладу, деякі компанії ЄС. Вони йдучи по шляху об'єднання, створили найбільші в світі біотехнологічні концерни: Syngenta та Aventis. Німецький хімічний концерн BASF заявив про свої наміри стати лідером у галузі біотехнології і вже купив у США компанію American Cyanamid, а також є одним із основних претендентів на купівлю компанії Monsanto. Ці факти свідчать не тільки про заострення конкурентної боротьби, але й про інтернаціоналізацію біотехнологічного ринку.

Виходячи з такого аналізу, важливо оцінити місце України в цьому процесі та її власні економічні інтереси як потенційного потужного гравця в сфері сільськогосподарського виробництва.



Г.К. — Виходить, що в Європі, незважаючи на існування обмежень, біотехнологічна наука набула пріоритетного розвитку. Водночас Україна за рівнем досліджень у цій галузі сьогодні опинилася позаду. Хоча свого часу наші вчені були серед перших, хто успішно займався генетичною інженерією рослин.

А.Г. — Роботи з генетичної інженерії рослин в Україні почалися ще в 1980-х роках. Причому вони набули такого розмаху, що було створено академічний Інститут клітинної біології та генетичної інженерії (1990 р.).

У ті бурхливі часи було започатковано й нашу лабораторію в Інституті ботаніки, а потім і відділ у новоствореному Інституті біоорганічної хімії АН України (1987 р.). Тоді вперше в СРСР одержали трансгенні сорти, стійкі до Х-вірусу картоплі. Громадськість виявляла до них величезний інтерес. Відповідно, з боку держави була фінансова підтримка, що дозволяло розвивати дослідження в цьому перспективному напрямі.

На сьогодні роботи зі створення трансгенних рослин в Україні перебувають у критичному стані: дається взнаки відсутність підтримки наукових установ із боку держави й закордонний відплив учених. Зокрема, половину провідних фахівців-генетиків втратив і наш відділ, поповнивши ряди різноманітних закордонних наукових лабораторій.

Г.К. — Доводиться визнати, що час згаяно, і заповнити втрачене не просто. У світі відбулася біотехнологічна революція, а Україна поки що залишається нібито осторонь.

А.Г. — Більш того, нині вже розпочався другий етап біотехнологічної революції, пов'язаний зі створенням рослин, які мають поліпшені харчові властивості, а також рослин-продуцентів різних фармацевтичних білків та амінокислот.

Г.К. — Проте, останнім часом Україна, як потенційний ринок для виробництва сільськогосподарської продукції, привертає зростаючу увагу з боку провідних біотехнологічних компаній. Зрозуміло, що вони зацікавлені у просуванні своєї продукції на нові ринки збуту. З повідомлень ЗМІ відомо, що в останні роки в Україну почали надходити ГМО (та ж картопля, соя і навіть цукровий буряк ...) з метою випробувань та продажу.

Такий перебіг подій потребує від України вироблення правил безпеки, розробки нормативно-правових

актів стосовно робіт з генетично-модифікованими організмами. Чи не так?

А.Г. — На сьогодні в Україні існує дивна ситуація. Незважаючи на відсутність поки що власного закону, в Україні практично склалися основні елементи системи біобезпеки, зокрема стосовно трансгенних рослин. Вони включають Комісію з питань біобезпеки при Міносвіти та науки (біологічна та екологічна безпека), відповідні структури МОЗ України (санітарно-гігієнічна та харчова оцінка), Державну комісію України по випробуванню та охороні сортів рослин Мінагропрому, Комітет з біобезпеки при РНБО тощо. За ініціативи академіка НАН України *Костянтина Ситника* в першому читанні Верховна Рада схвалила проект Закону України "Про державну систему біобезпеки під час здійснення генетично-інженерної діяльності".

Г.К. — Що потрібно зробити, щоб в Україні в галузі біотехнологій почався підйом?

А.Г. — В першу чергу, серйозна підтримка біотехнологічних досліджень на державному рівні; **загально-доступність інформації для населення про біобезпеку та потенційні ризики ГМО; забезпечення гарантій безпеки для здоров'я людини при практичному використанні ГМО; контроль за ввезенням ГМО на територію України, їх реєстрацією та обігом.**

Ми живемо у світі технологічних новацій і глобальної інтеграції, й від позиції України залежить, наскільки повноцінним членом світового співтовариства вона стане. Давайте не будемо забувати, що сьогодні глобальний ринок сільгоспбіотехнології (продаж ГМ- насіння і рослин) становить вже близько \$6 млрд./рік.

Г.К. — Якими обнадійливими науковими планами живе Ваш відділ сьогодні?

А.Г. — Одна з основних причин помітних втрат українських врожаїв — це **фітопатогени, тобто мікроорганізми, які викликають хвороби рослин.** Використання хімічних засобів захисту рослин тут не завжди ефективне. Саме тому наша увага — на можливості одержання ГМ-рослин, стійких до фітопатогенів. Особливо це актуально для основних культур, які вирощуються в Україні — картопля, соняшник, цукровий буряк, ріпак...

Тому для створення такого типу трансгенних рослин, стійких до патогенів, ми покладаємо світлі надії на ген природного антибактеріального пептиду — цекропіну Р1 (символічно мабуть буде нагадати для українців, що цей ген було виділено шведськими дослідниками саме з кишковика свині ще в 1989 р.). Його відмінна риса в тому, що він не містить цистеїну (однієї з амінокислот). Такі пептиди вважаються еволюційно найстародавнішою групою захисних біомолекул. Якщо вдасться "змусити" трансгенні рослини синтезувати цекропін, то й стане можливим створення своєрідної "біофабрики" з виробництва цієї важливої антимікробної сполуки.

Г.К. — Певні надії генетики покладають на Комплексну цільову програму "Біопаливо" НАН України. Ініціатори її започаткування в 2007 р. — академіки *Ярослав Блюм, Валерій Кухар та Олексій Созінов.* Програмою передбачено застосування методів генної інженерії рослин для збільшення продукції сировини для біопалива з одиниці площі при мінімальних енерговитратах з підвищеним вмістом корисних речовин, а також створення рослин-продуцентів олій. **Якщо не поквалитися у цій глобальній справі, то можна потрапити в залежність від країн, що виграють у технологічній "гонці" за володіння ГМ-рослинами, але вже не для потреб харчування й фармації, а енергетики...**

Клонування тварин і людини та інших братів наших менших: ризики і нова філософія людства

Г.К. — Десять років тому світ облетіла сенсація: генетикам із Шотландії під керівництвом професора Яна Вільмута вдалося вперше клонувати тварину. Це була всім відома овечка Доллі. Проте її вік був недовгим. Вона прожила вдвічі менше, ніж живуть пересічні вівці й померла від раку легень. Різні патології й відхилення — поки що звичайне явище для клонованих організмів, — стверджують нині вчені-генетики.

Особливим розмаїттям сенсацій щодо клонування живих організмів вразив початок XXI ст. Так, групи вчених під керівництвом Геральда Шаттена (США) вдалося клонувати макаку Тетру. Японські вчені зі стовбурових ембріональних клітин тварин виростили очі й вуха жаби. Росіянин Віталій Алексєєв і його американські колеги одержали мишу-альбіноса. А клони телят де тільки не одержували й продовжують одержувати: в Росії, Японії, США. У Південній Кореї навчилися клонувати навіть вовків...

У листопаді 2001 р. в журналі "Scientific American" було опубліковано інформацію про перше в історії клонування людських зародків. Пізніше (грудень 2002 р.) — з'явилися суперечливі чутки від американської компанії "Clonaid" про народження клонованої дівчинки, котра начебто з'явилася на світ за допомогою кесаревого розтину. Назвали дівчинку претензійним ім'ям — Євою. Друга клонована дівчинка була народжена 3 січня 2003 р. Ще одна клонована дитина — хлопчик — з'явилася на світ у січні в Японії. Четверта дитина-клон була народжена 27 січня від батьків-саудівців. День народження п'ятої — 4 лютого 2003 р. Проте багато вчених відкинули ці чутки про успішне клонування людини, заявляючи, що до цього часу так і не було надано зразків ДНК уявних клонів. Лише такі зразки та умови їх одержання можуть однозначно довести, що клоновані діти взагалі існують.

Та все-таки, саме поява Доллі поставила на порядок денний питання про можливість поширення генетичного процесу клонування на людей. Що думають про ці бурхливі поступки науки вітчизняні вчені? Чи можна вважати, що давня принадна мрія людей створювати собі двійників вже не за високими горами?

А.Г. — Термін "клон" походить від грецького кореня *clon* — тобто гілка, пагін, **сукупність клітин або живий організм, який виник шляхом нестатевого розмноження. В основі клонування лежить прямий поділ клітини, при якому генетична інформація розподіляється порівну між утвореними клітинами. Таким чином, клон є генетичною копією з оригіналу.**

Історія цієї проблеми розпочалася в далекі 1940-і роки, коли російський ембріолог Г.В. Лопашов вперше розробив метод пересадження (трансплантації) ядер у яйцеклітину жаби. У червні 1948 р. він відправив до наукового журналу рукопис статті з матеріалами власних експериментів. Та на його лихо в серпні 1948 р. відбулася сумно відома сесія ВАСГНІЛ, що затвердила безмежне панування в біології нашого земляка, агронома Т.Д. Лисенка.

Набір статті Г.В. Лопашова, прийнятої до друку, був розсипаний, тому що вона доводила провідну роль ядра клітини в індивідуальному розвитку організмів. Роботу Г.В. Лопашова надовго забули. Надалі професор Джон Гердон з Оксфорду (Великобританія) здійснив клону-

вання жаби і повідомив про свій успіх наукову спільноту в 1962 р. Ось із цих часів і розпочинається бурхливий етап розвитку робіт із клонування живих організмів.

Г.К. — Однак науково-фантастичні романи та кінофільми створили в нашій уяві хворобливе враження, начебто людські клони виявляться бездумними зомбі або монстрами.

А.Г. — Це неправда. В ідеалі, підкреслю, клони людини повинні бути звичайними людськими істотами, зовсім не зомбі. Їх буде виношувати звичайна жінка протягом 9 місяців. Вони народяться й будуть виховуватися в родині, як і будь-яка інша дитина. Отже, клон-близнюк буде на кілька десятиліть молодшим за свій оригінал. Тому немає небезпеки, що люди будуть плутати клон-близнюка з оригіналом. Клон не успадкує нічого зі спогадів оригінального індивіда. Завдяки всім цим розходженням, клон — це не ксерокопія або повний двійник людини. Це ідентичний близнюк іншої людини, котрий лише віднесений в часі до моменту відбору генетичної інформації.

Г.К. — Як взагалі відбувається процес клонування? Це якийсь єдиний методичний підхід?

АГ — Сьогодні можна виділити три методи клонування. **Перший** засновано на розрізанні ембріона на половинки або ж четвиртинки. Практикується цей метод вже давно. Таким шляхом були отримані особини різних видів ссавців — мишей, корів, овець, коней. Саме таким шляхом була отримана в Орегонському ціверситеті (США) професором Г. Шаттеном макака Тетра. Недоліком цього методу є те, що більше, ніж на чотири частки надійно розрізати ембріон не вдається. І якщо життєздатність половинок ембріона практично не відрізняється від цілих зародків, то вже життєздатність четвиртинок істотно нижча. Про це свідчить і зовсім мізерна ефективність дослідів при одержанні макаки Тетри.

Другий метод засновано на пересадженні ядер передімплантаційних ембріонів до енуклієрованих клітини (тобто, до позбавлених власного генетичного матеріалу). Якщо, приміром, використано ембріон, що складається з 16 клітин, то в ідеальному випадку можна одержати 16 нових генетично ідентичних ембріонів.



Б. Гомон. "Влада над геном"

Ці ембріони можуть бути повернуті у статеві шляхи самки для одержання генетично ідентичних дорослих особин. Саме таким способом були отримані особини різних видів ссавців, у тому числі й мавпи.

Третій метод засновано на використанні генетичного матеріалу ядер клітин дорослої особини й пересадження їх у яйцеклітину, попередньо позбавлену власного генетичного матеріалу. Але тут виникають певні проблеми. *По-перше*, клітина дорослого організму вже завершила свій розвиток і не завжди можна її "перепрограмувати". *По-друге*, потрібно синхронізувати певним чином розвиток двох часток — ядро-носії й яйцеклітину без клітинного ядра.

Клонування, як спосіб одержання генетично ідентичних копій тварин із клітин дорослого організму було захоплюючою мрією декількох поколінь генетиків, у тому числі й генетиків мого покоління. Перший sensationний прорив у цьому напрямі — це, безумовно, "народження" вівці Доллі.



Доллі — перша клонувана тварина, та Бонні — її ягнятко

Г.К. — Та все ж таки, як клонували знамениту ягничку?

А.Г. — Професор Вільмут зі співробітниками взяли клітину молочної залози вагітної вівці, одержали з неї культуру розмножених у "пробірці" клітин. Потім генетичний матеріал цих клітин було введено до яйцеклітини, яка саме й була далі поміщена до сурогатного материнського організму. При цьому експериментатори витратили 236 яйцеклітин овець, перш ніж одержали життєздатний ембріон.

Фактично, Доллі — єдиний ссавець, у якого немає батька, але зате є аж три матері! Це вівця, що дала свій генетичний матеріал; вівця, від якої взяли яйцеклітину; і, нарешті, вівця-реципієнт, котра й виношувала знамените ягня.

Г.К. — Народження Доллі викликало бурхливу реакцію в усьому світі. Почалася глобальна дискусія на тему: чи можна клонувати людину.

Які тут **аргументи "проти"**?

А.Г. — Науковий світ зустрів sensationну звістку щодо клонування людини загалом з недовірою й обуренням. Адже метод клонування технологічно ще недосконалий, його ефективність низька навіть в експериментах на тваринах. **Існує надзвичайно високий ризик для здоров'я жінок — потенційних учасниць генетичних експериментів. Крім цього залишається вірогідність появи неповноцінних індивідуумів, незрозумілість їх правового статусу та стосунків із суспільством, що створює передумови**

деградації сім'ї, руйнації людських та соціальних цінностей.

"Заборонити будь-яке втручання, яке ставить собі за мету створення людської статі, ідентичної іншій — живій або мертвій" — саме так звучить перша стаття додаткового протоколу до Європейської конвенції про права людини і біомедицини. Цей документ був підписаний в Парижі. Неофіційна його назва "Протокол про заборону клонування людини". Під ним поставили підпис понад 27 країн, зокрема Данія, Естонія, Фінляндія, Франція, Італія та інші. За введення повної заборони на всі дослідження, пов'язані з можливістю клонування людини, висловилися наукова рада при міністерстві освіти Японії. Аналогічної позиції притримується й офіційний Вашингтон. **Найкатегоричнішу позицію займає церква всіх, без винятку, релігійних конфесій.** Зокрема, Ватикан неодноразово наголошував на цілковитій неможливості втручання в акт Божественного творіння.

Г.К. — Чи визначила свої позиції Україна?

А.Г. — Законодавчо це питання було оформлено ще в грудні 2004 р. Тоді Верховна Рада ухвалила Закон "Про заборону репродуктивного клонування людини". Відповідно до нього не дозволено ввозити на територію України чи вивозити з неї клоновані ембріони людини.

Принагідно хочу наголосити, що клонування буває не тільки репродуктивним (спрямоване на відтворення людської істоти, як способу розмноження), а й терапевтичним, залежно від поставленої мети. Терапевтичне клонування передбачає запліднення нестатевим шляхом для отримання стовбурових клітин. А вони, в свою чергу, можуть стати матеріалом для вирощування інших типів клітин. **Однак ось що тут цікаво: законодавча заборона тепер необов'язково означає утримання від клонування людини в майбутньому. Усе залежить від поступу генетики. Наприклад, у Великобританії нині дозволено терапевтичне клонування людини, у той час як репродуктивне карають позбавленням волі на 10 років.**



Перша клонувана мавпа — макака-резус Тетра

Г.К. — Які ж аргументи "за" клонування?

А.Г. — Кажучи про необхідність клонування, прихильники цієї ідеї, як правило, наводять два поширені аргументи.

Перший: цей метод можна успішно застосовувати в сільському господарстві. На відміну від традиційного схрещування свійських тварин, результати якого зазвичай важко передбачити, клонування дає можливість одержувати генетичні копії тварин із надзви-

чайними показниками: корів із високою удійністю, свиней з особливою якістю м'яса або овець із високоякісною вовною.

Другий аргумент стосується репродуктивної функції людини. За допомогою клонування безплідні пари зможуть відчувати радість батьківства, даючи життя дітям. Щоправда, у разі успішного проведення операції такий нащадок буде схожий тільки або на матір, або на батька, тобто на того, у кого було взято ядро клітини незалежно від яйцеклітини й сурогатної матері. Незважаючи на те, що генотипи донора й клонованого однакові, це не означає, що вони будуть абсолютно однакові в міркуваннях, здібностях, адже, як відомо, на людину великою мірою впливають зовнішні обставини й соціум.

Побоюся, що поряд з репродуктивним клонуванням заборону буде накладено й на терапевтичне, роль якого надзвичайно важлива в лікуванні низки недуг — приміром, хвороб Альцгеймера і Паркінсона, цукрового діабету тощо.

Але мені здається, що заборонити експерименти на людях у майбутньому не вдасться. Процес зайшов занадто далеко. Для сучасної обладнаної ембріологічної лабораторії немає нічого недоступного.

Люди, які були жертвами хвороб, породжених природою, не повинні бути жертвами філософії або неосвіченості щодо досягнень генетики. Питання, лише в тому, що потрібні однозначні законодавчі правила, які б регулювали цю важливу сферу наукової діяльності.

Очевидно, що для цього повинні розроблятися національні стандарти, технологічні регламенти, відомчі інструкції. А особливо важливо, щоб вони гармонізували з міжнародним правом, тому що Україна активно готується до вступу до *Світової організації торгівлі*.

Г.К. — Згадайте, як важко і поступово ми звикали до пересадження людських органів, дітей із "пробірки",

сурогатного материнства, що зараз постало як повсякденна медична "рятувальниця" долі багатьох людей і родин ...

А.Г. — У підсумку, так, звикли. Тому що перемиг здоровий глузд. Так само, напевно, буде в майбутньому й з клонуванням людини. **Адже будь-який новий прогресивний науковий метод, — гірший чи кращий, має таку ознаку залежно лише від мети, в ім'я якої ми його збираємося застосовувати.**

Україна має значний науковий потенціал у галузі молекулярної біології та генетики. Але безпосередньо наші фахівці не займаються клонуванням. Ця процедура коштує неймовірно дорого. Крім того, потрібно мати спеціальні види обладнання для виконання цих процедур. І насамперед, потрібне глибоке вивчення всіх складових цієї проблеми на тваринах ...

Г.К. — З нашої розмови випливає, що вчені світу дотримуються різних поглядів щодо клонування людини. Прибічники "за" й "проти", безперечно, мають рацію стосовно своїх позицій. Але об'єднує їх єдине: **будь-які генетичні пошуки повинні бути моральними!**

Сьогодні, наприклад, модними є дискусії про створення так званих ДНК-чипів. За їхньою допомогою будь-яка людина зможе оперативніше перевірити свої гени на наявність та схильність до хвороботворних мутацій. Потім їх можна буде мобільно виправляти. В цьому випадку особливу роль будуть надавати *питанням етики*. Адже необхідно юридично захищати право людини на таємність генома.

Геномний портрет людини, який потрапить в розпорядження роботодавців, страхових компаній, приймальної комісії вузу — будь-кого, від кого в даний час залежить її доля, зараз же видасть усі таємниці свого власника, розповість про його нахили, тривалість життя, можливі хвороби. Тож наслідки зрозумілі кожному з нас ...

Стовбурові клітини — панацея від усіх хвороб і прорив у вічність для людини?

Г.К. — Захоплення стовбуровими клітинами (СК) — новітнім еліксиром від невиліковних хвороб і навіть від неминучої старості — прийняло небачені масштаби.

Що не день, то зустрічаємо сенсаційні новини в ЗМІ про чергові досягнення. Особливо виділяються косметологи, пропонуючи чудо-препарати для косметичних процедур та омолодження на основі начебто СК і супроводжуючи рекламними переконаннями в цілковитій безпеці. Намагаючись виголосити, принаймні, *"Почекайте і почитайте інше"*, зрештою, розумієш, що краса — страшна сила, і цих закликів недостатньо.. Для того, щоб виглядати молодо й привабливо, дехто готовий віддати навіть останні гроші й ставити на собі нескінченні експерименти...

Тож, **величезний платоспроможний попит на лікування за допомогою СК перетворює цей новітній напрям молекулярної біології та генетики з наукової проблеми в товар. Це породжує нездорову конкуренцію й ґрунт для шахрайства, а серйозним ученим заважає цілеспрямовано проводити дослідження. Так над чим вони працюють? Які небезпеки та надії приховує використання СК?**

А.Г. — Фактично СК є тією основою або "стовбуром", з якої розвивається "дерево" всього організму. Після декількох днів перебування в утробі матері вони, образно кажучи, "домовившись" між собою, починають

9-місячну роботу зі створення геніальної конструкції за назвою "людина". Одні починають "будувати" ноги, інші — руки, треті — пальці... Словом, стають спеціалізованими в цьому виді діяльності. Однак і серед них до кінця життя зберігаються "універсали", про всякий випадок, якщо раптом трапиться поломка органа, за який вони несуть відповідальність. Тоді, як лікарі "Швидкої допомоги", вони мчаться по першому дзвінку лікувати хворе місце: вбудовуються в ряди спеціалізованих клітин, що гинуть, і замінюють їх, самі стаючи спеціалізованими. Але ось нещастя — чим більше поломок, тим менше стає "універсалів". А "ламатися" наш організм починає все частіше після досягнення зрілого стану — після 25 років.

Для порівняння наведу такі факти: у дитини одна стовбурова клітина доводиться на десять тисяч звичайних, а в 70-літньої людини — тільки одна на мільйон!

Г.К. — Як допомогти цьому одному "воїнові в полі"?
А.Г. — Треба послати йому на допомогу здорові СК, щоб вони лагодили організм.

Термін "стовбурова клітина" був уведений в біологію російським гістологом і ембріологом, автором теорії кровотворення Олександром Максимовим в 1908 році. Однак, родоначальником цього напрямку науки загальноприйнято вважати російського лікаря-емігранта



“Лабораторна миша” — найважливіший союзник і найвагоміше підґрунтя біологічних та медичних досліджень, — покладена самою природою на “заклання” заради прогресу і здоров’я людської цивілізації

Сергія Воронцова. Він ще в 30-і роки в Парижі першим став робити модні за тих часів операції з підсадження до тканин людського організму так званих фетальних, тобто зародкових клітин, що залишалися після штучного абортів. Рідко, але іноді його віртуозні експерименти приводили до позитивних результатів. Домогтиса їхньої стійкої повторюваності Воронцов так і не зміг.

Не може добитися цього й нинішнє покоління фахівців. А вже основу науки про СК у 1960-і роки заклали радянські вчені Олександр Фріденштейн із НДІ епідеміології та мікробіології ім. М.Ф. Гамалеї РАМН і Йосип Чертков із Гематологічного центру РАМН.

Г.К. — Потім, як це трапляється й зараз, їх “відкрили” заново американські вчені?

А.Г. — Більш того, 1990 року Едуард Томас разом із Джозефом Маррі одержали Нобелівську премію за виділення ембріональних стовбурових клітин із зародків. Авторитетні журнали, наприклад, “Science”, підводячи підсумки розвитку біологічної науки в ХХ столітті, поставили це досягнення на *третє місце після відкриття подвійної спіралі ДНК та розшифрування генома людини*.

Г.К. — В організмі СК спеціалізуються під впливом клітинного оточення. Як це реалізується в лабораторній культурі?

А.Г. — Завдяки дії особливих факторів, що створюються дослідником у живильному середовищі. Тому теоретично в лабораторії можна культивувати СК і одержувати з них спеціалізовані клітини. Знову-таки, теоретично СК, що введені до хворого організму, повинні диференціюватися або вплинути на власні клітини пацієнта й відновити ушкодження. Але на практиці, звичайно, далеко не все так просто.

Г.К. — Які типи СК відомі та звідки їх може одержати дослідник?

А.Г. — Можна відзначити чотири основні типи СК.

Перший тип, або саме СК — ембріональні. Їх добувають із ембріона на ранній стадії розвитку, коли він становить собою бластоцисту, тобто кульку, усередині якої перебуває клітинна маса (100 — 200 клітин). Із цієї маси й беруть клітини для культивування. Але змусити СК перетворитися в потрібний дослідникові клітинний тип непросто. А неправильно диференційована клітина, нехай навіть одна на мільйон, в організмі може утворити злоякісні пухлини. Крім того, лінії СК не можна довго культивувати, — це призводить до численних мутацій.

Із тканин 9-12-тижневих ембріонів виділяють також вищеназвані фетальні СК. Вони менш універсальні, ніж ембріональні, але їхня поведінка більше

передбачувана. За допомогою фетальних СК дослідники намагаються створювати “штучні органи”. При використанні фетальних СК, на жаль, теж не виключено імунний конфлікт.

Більші надії вчені покладають на **третій тип СК, узятих з ембріонального мозку (нейральні СК)**: вони можуть утворити всі типи клітин центральної нервової системи людини. Пересаджуючи ці клітини до ушкоджених ділянок, медики пробують лікувати травми головного й спинного мозку, ушкодження сітківки й нейродегенеративні захворювання (хвороби Альцгеймера та Паркінсона).

Г.К. — Можливо саме цей підхід і стане універсальною панацеєю від всіх недуг?

А.Г. — Навряд чи! Приміром, при лікуванні хореї Гентингтона (це спадкове захворювання, що проявляється при порушеннях руху та прогресуючим недомумством) фахівці відзначали поліпшення й стабілізацію



в трьох пацієнтів з п'яти протягом шести років. На жаль, зупинити нейродегенерацію за допомогою клітинної терапії неможливо саме тому, що хвороба викликана генетичним дефектом. Крім того виявилось, що метод полегшує життя не всім, і поки що зовсім незрозуміло, за якими критеріями відбирати пацієнтів.

І, нарешті, є **четвертий тип СК — звичайні або соматичні клітини, приховані в тканинах дорослого організму: кістковому мозку, м'язовій, жировій чи нервовій тканинах, крові, шкірі тощо.** Їхній потенціал диференціації ще менший, ніж у фетальних. Але для клінічних цілей цілком достатній: вони утворюють всі клітинні типи тої тканини, з якої виділені, а домогтиса їх диференціювання набагато простіше, ніж у випадку ембріональних СК.

Соматичні СК можна виділити безпосередньо із тканини пацієнта, розмножити і йому ж ввести, — тоді не буде проблем з імуносумісністю. На них-то й проведена більша частина відомих лабораторних досліджень і клінічних випробувань. Соматичні СК зараз одержують насамперед із кісткового мозку пацієнта. Процедура небезпечна й неприємна. Тому медики намагаються її уникнути. Вони або шукають інші джерела СК (наприклад, жирову тканину, пуповинну кров, у якій стовбурових клітин також багато), або змушують організм стимулювати вироблення СК прямо в кістковому мозку.

Г.К. — Як розібратися навіть ерудованій людині з перерахованими та багатьма іншими проблемами, з неузгодженостями, а значить і з ризиками?

А.Г. — Критерій істини залишається один — практика й тільки практика, тобто кропіткі дослідження. Щоправда, на це потрібний час. Тому великі надії й

пов'язаний з ними поспіх можуть бути дуже небезпечними. Не слід думати, що переможний хід нового методу стримує тільки нестача кваліфікованих кадрів і самих СК. Проблема набагато серйозніша: **лікування неможливо зробити безпечним швидко.**

Для кожного випадку треба вибрати оптимальний тип СК. Потім треба підібрати методи культивування й відпрацювати всю процедуру на тваринах. Але, скажімо, **миша далеко не у всьому схожа на людину, і лабораторні випробування не замінять клінічних. А на цій стадії випробувань важлива кількість пацієнтів і час спостереження за ними. Нема інших оцінок віддалених наслідків. І коли технологія буде відпрацьована до автоматизму й стануть відомі межі її застосовності, залишаться майже "дрібниці" — налагодити виробництво сертифікованих СК та інших необхідних препаратів у потрібному масштабі.**

Г.К. — Але ж серйозні дослідження вимагають і великих грошей?

А.Г. — Наприклад, закладка одного зразка до банку СК коштує близько \$1,5 тисячі, ін'єкція, що стимулює викид СК у кров, — \$3,0 тисячі. Клінічні випробування — на порядки більша витрата. Нові клітинні технології почнуть приносити прибуток через п'ять-десять років. Але багато хто бажає одержувати прибуток прямо зараз...

Г.К. — Чи існують методики лікування за допомогою СК в Україні, Росії?

А.Г. — Поки що **в нашій країні не існує офіційних методик використання СК для лікування.** Багато хто з читачів пам'ятають ажіотаж у ЗМІ навколо пологового будинку № 6 в Харкові. Там начебто виділяли СК і окремі органи померлих немовлят для подальшого використання за кордоном. При неодноразових перевірках правоохоронними органами України всі наведені факти було, як відомо, повністю спростовано.

У московській клініці гематології і клітинної терапії ім. О.О.Максимова використовують новітні технології пересадження кровотворних СК при захворюваннях крові, нервової системи тощо. Методика пересадження СК часто дозволяє досягти гарних результатів. Трансплантація кровотворних СК у цій клініці проводиться відповідно до протоколів Європейської асоціації трансплантації кісткового мозку (EBMT) та за стандартами Міжнародного товариства клітинної терапії (ISCT), не маючи нічого спільного зі скандально відомими методами "стовбурово-клітинної терапії".

Г.К. — Нещодавно західні вчені обговорювали результати роботи китайського нейрохірурга Хонгюна Хуанга. Його співробітники провели понад 400 трансплантацій фетальних нервових клітин хворим із травмами спинного мозку.

А.Г. — Дійсно, його метод широко рекламувався як ефективний і безпечний. В чергу на операцію записалося більше 3 тисяч осіб, котрі були готові заплатити за лікування по \$20 тисяч, причому багато хто збирався приїхати зі США й інших країн, де роботи з фетальними СК заборонено. Учені США, Швейцарії й Канади, котрі могли спостерігати за прооперованими пацієнтами, запевняють, що нікому з них легше не стало. До того ж, п'ять чоловік після трансплантації страждають менінгітом і головними болями. За деяким даними, від ускладнень внаслідок методу померло вже 13 осіб. Експерти вважають, що китайський нейрохірург використовує невідомо які клітини, звинувачують його в недотриманні міжнародних стандартів, шахрайстві й дискредитації серйозної науки, — зачекаємо більш виважених думок.

Г.К. — Щодо дискредитації науки, ми маємо приклад нашого земляка, агронома-академіка Трохима Лисенка і його внесок у розвиток вітчизняної біології, які відомі багатьом і надовго стали прикладом як не треба визначати (забороняти) пріоритетні дослідження.

Однак, на ниві СК-досліджень вже з'явилися комерсанти від науки, які, не маючи часом навіть медичної чи біологічної освіти, беруться догодити чиновникам будь-яким замовленим результатом. При цьому кон'юнктурики неминуче відтіснять від джерел фінансування серйозних дослідників. І тоді нашу науку чекає нова лисенківщина? Ні, вважаю, що істина переможе.

І тому підтвердженням є присудження Нобелівської премії 2007 р. з фізіології і медицини Маріо Капетті (Італія), Оліверу Смітісу (США) і Мартіну Евансу (Великобританія) саме за "прорив у дослідженнях ембріональних стовбурових клітин і рекомбінацій ДНК" у організмі мишей. Зокрема, мова йде про розробку способу "виключати" ті або інші гени в клітинах зародка (методика одержала назву "генетичного нокауту"/"gene knock-out"). За допомогою цієї технології вчені одержали можливість одержувати клітинні лінії із заданими фізіологічними особливостями, досліджуючи в такий спосіб розвиток зумовлюваних генетично хвороб — раку, діабету, захворювань серцево-судинної системи.

Нобелівські лауреати 2007 року з фізіології та медицини



Mario R. Capecchi

Маріо Капеккі народився 1937 року у Вероні (Італія). Нині — громадянин США. Працює в Університеті Солт-Лейк-Сіті



Martin J. Evans

Мартін Еванс, 1941 року народження (Великобританія). Продовжує працювати в Університеті Кардіффа (Уельс)



Oliver Smithies

Олівер Смітіс народився в Англії у 1925 році. Керує дослідженнями в Університеті штату Північна Кароліна (США)

