

№17 2001 год ГЕНОМ ЧЕЛОВЕКА И СОБЛАЗНЫ ДЕТЕРМИНИЗМА

Генетика оформилась как наука в начале XX века после переоткрытия законов Менделя. Бурный вековой период ее развития ознаменован в последние годы расшифровкой нуклеотидного состава «молекулы жизни» ДНК у десятков видов вирусов, бактерий, грибов и вслед за ними у ряда многоклеточных организмов: растения арабидопсиса, нематоды, двух видов мушки-дрозофилы. Полным ходом идет секвенирование (установление порядка чередования нуклеотидов) ДНК хромосом важных культурных растений — риса, кукурузы, пшеницы. В начале 2001 года было торжественно возведено о принципиальной расшифровке у человека всего генома, т.е. ДНК, входящей в состав всех 23 пар хромосом клеточного ядра. Эти биотехнологические достижения сравнивают с выходом в космос.

Генная терапия наследственных болезней, перенос генов из одних видов в другие (трансгенозис), молекулярная палеогенетика — другие впечатляющие реалии науки в конце ее 100-летней истории. Генетическая инженерия и биотехнология с публичной эффективностью успехов трансформировали облик генетики. Вот совсем недавний эпизод, но уже зафиксированный в современных сводках. После 1998 г. началась беспрецедентная гонка между 1100 учеными мирового сообщества проекта «Геном человека» и частной акционерной фирмой «Celera Genomics», гонка, кто первым установит весь геном человека. Фирма, сконцентрировав мощную компьютерную базу и робототехнику, вырвалась вперед. Однако ее явные намерения извлекать выгоду от патентования состава фрагментов ДНК человека были пока благоразумно приостановлены вердиктом: «что создано Природой и Богом, не может патентоваться человеком».

Мог ли представить такую фантазмагорическую картину гонки основатель генетики Грегор Мендель, неспешно проводя год за годом в тиши монастырского садика свои опыты по выяснению законов наследования признаков? Финансирование гонки и участие в ней тысяч специалистов основаны прежде всего на постулате или вере, что в генетике и биологии сейчас нет ничего более главного, нежели тотальная расшифровка нуклеотидного состава ДНК, что это напрямую может решить главные загадки и проблемы генетики и биологии. Как золотой ключик от потайной кладовой в сказке о Буратино. Но упования о «золотом ключике» столкнулись с непредвиденной реальностью и парадоксами. Оказалось, что лишь 3-5% генома человека кодируют белки и, возможно, еще около 15-20% участвуют в регуляции действия генов в ходе развития. Какова же функция и есть ли она у остальных фракций ДНК генома, остается совершенно не ясным. Гены в геноме сравнивают с небольшими островками в море неактивных неинформационных последовательностей.

Уже в 1970-е годы стало очевидно, что нет какой-то четкой связи между длиной «главной молекулы жизни» — ДНК и эволюционным статусом вида. Конечно, у бактерий меньше ДНК, чем у многоклеточных. Но, скажем, у человека ДНК в геноме столько же, как у гороха или кукурузы, но в пять раз меньше, чем у репчатого лука и в 20 раз меньше, чем, например, у осны. Лягушки, жабы и тритоны среди явных чемпионов.

Дж. Уотсон, соавтор открытия двойной спирали ДНК, написав в середине 1970-х годов академический учебник по молекулярной биологии гена, не мог скрыть своего удивления: «Кто бы мог подумать, что у некоторых рыб и земноводных обнаружится в 25 раз больше ДНК, чем у любого из видов млекопитающих». Следуя Дарвину полагали, что все изменения у организмов и тем более в ДНК — молекуле жизни — должны иметь адаптивный селективный смысл. «С-парадокс» (так называется этот феномен, от С — Content — количество ДНК в геноме вида) поколебал эту догму. В составе хромосомной ДНК оказалось множество семейств факультативных элементов, которые повторены многие сотни и тысячи раз и заведомо ничего не кодируют.

К примеру, около 10% всего генома человека составляет семейство так называемого Alu мобильного элемента. Невесть откуда этот Alu длиной в 300 нуклеотидных пар появился в ходе эволюции у приматов (и только у них). Попав к человеку, Alu чудовищно размножился до полумиллиона копий и причудливо расселился по разным хромосомам, то образуя сгустки повторов, то перемежая гены. Видимо, нет двух людей с одинаковым числом или положением повторов. Не исключено, что самоорганизующаяся целостная наследственная система может найти применение Alu, скажем, в регуляции действия генов. Однако, похоже, в эволюции геномной ДНК действует «принцип слоненка Киплинга» (условное название). Хобот у слоненка возник из-за его любопытства, желания узнать, что ест крокодил на обед. Слоненок вначале огорчился носу-хоботу, но потом нашел ему разные полезные применения. Так и многократные повторы возникают и меняются по своим внутренним молекулярно-генетическим законам, но для их вариаций потом может найтись полезная функция в геноме.

Возникает вопрос, не привели ли во многом колоссальные усилия по тотальному секвенированию геномов к сказочной ситуации — принести то, не зная что. Физико-химик и философ науки М. Полани в своей замечательной книге «Личностное знание» (Personal knowledge) приводит поучительный пример из истории физики. В 1914 г. Нобелевская премия по химии была присуждена Теодору Ричардсу за скрупулезное высокоточное определение атомных весов, и с тех пор его результаты никогда не оспаривались. Однако после открытия изотопов, входящих в состав разных природных элементов в различных соотношениях, ценность подобных расчетов резко изменилась. И в 1932 г. известный атомный физик Фредерик Содди писал, что подобные измерения «представляют интерес и значение не больше, чем если определить средний вес коллекции бутылок, из которых одни полные, а другие в той или иной мере опорожнены».

В одних районах хромосом достаточно генов, а другие на протяжении десятков и сотен тысяч оснований могут содержать junk или «мусор» и число этой junk DNA у разных людей различно. Исходная идея проекта «Геном человека», как показал историк науки Дэниел Кэвльс (D. Kevles), зародилась среди группы физиков, работавших в Министерстве энергетики США и желавших заняться другой программой после работ над ядерными проектами. Благодаря умелому лоббированию удалось убедить конгрессменов выделить на проект 3 миллиарда долларов (одно основание ДНК — всего один доллар!). Богатая страна смогла

позволить себе такую роскошь. И, несомненно, хорошо, что финансировался не военный проект, а то, что имеет действительное отношение к жизни и косвенно к здоровью людей. Немалую роль в том, что «процесс пошел», программа состоялась, сыграл остроумный и ловкий ход ставшего во главе программы Дж. Уотсона — выделить часть средств на изучение генома дрозофилы и мыши, а около 3% отдать критикам на анализ этических, юридических и философских аспектов программы.

Итак, геном человека (кстати какого? — говорят, шефа компании «Celera Genomics») прочитан. Что дальше? Возражения скептиков отнюдь не сняты. Ведь при чисто молекулярно-компьютерном анализе номинация (применю модный термин) определенного отрезка ДНК в ранг гена производится лишь на основе сугубо формальных критериев, есть или нет знаки генетической пунктуации, необходимые для считывания информации. Роль, время и место действия большинства «генов-номинантов» остаются пока совершенно неясными. Даже об их числе сами участники программы продолжают спорить. Все равно как на почте подсчитать число конвертов, не ведая ни что внутри них, ни кому они адресованы.

Соблазн представить индивидуальность человека как обычную научно-техническую задачу — расшифровку состава ДНК — широко транслируется в общество рядом авторитетов молекулярной биологии. Так, в книге «The Code of Codes» (Harvard Univ. Press, 1993) Уолтер Гилберт, Нобелевский лауреат 1980 года, открывший метод секвенирования ДНК, рисует такую утопическую картину в своей статье «Видение Грааля»: «Я думаю, произойдет изменение в нашем философском представлении о нас самих. Хотя последовательность оснований в цепи ДНК составляет длину в тысячу телефонных книг, и это кажется очень большой информацией, в мире компьютеров это мало. Три миллиарда пар оснований могут быть записаны на один компакт-диск. И любой может вытащить из кармана свой диск и сказать «Here is human being; It's me!». (Чаша Грааля — вожденная мечта рыцарей. По средневековым легендам, чаша была на тайной вечере и в ней есть следы крови Иисуса Христа).

Согласившись на то, что расшифровка всей ДНК человека достойна святости, подобно чаше Грааля, кажется уместным прибегнуть к другой метафоре. По католической традиции, при канонизации святого требуется, чтобы он совершил, по крайней мере, два чуда. В дискуссиях всегда принимает участие «адвокат дьявола», в его задачу входит приводить доводы против того, чтобы назвать чудом деяния кандидата на канонизацию. Попробуем выступить в этой роли.

Прежде всего, надо задуматься, что следует вкладывать в понятие «геном». Многие молекулярные биологи и генные инженеры под понятием «геном» имеют в виду лишь упорядоченную совокупность оснований ДНК. При этом явно или неявно совершается непозволительная редукция, когда в этом усеченном узком смысле под геномом понимается вся наследственная система клетки! Между тем, с позиций генетики и цитологии наследственную систему или геном клетки составляет не только структура ДНК элементов, но и характер связей между ними, который определяет, как гены будут работать и как пойдет ход индивидуального развития в определенных условиях среды. Налицо системная триада: элементы, связи между ними и свойства целостности. Отсюда, между прочим, следует важный вывод: знание одной лишь структуры — числа и последовательности нуклеотидов в ДНК — вовсе не достаточно для описания генома, аналогично тому, как сведения о числе и форме кирпичей вовсе не раскрывают замысла готического собора и хода его постройки. И значит, из голы ДНК мамонта нельзя будет воссоздать вид мамонта. То же относится к динозаврам из захватывающего фильма Спилберга «Парк Юрского периода». А вот некоторые современные генно-инженерные деяния вполне могут попасть в разряд реальных «страшилок».

А.А.Любичев был в свое время единственным в СССР членом Международного биометрического общества. В 1960-е годы он опубликовал статью об ошибках применения математики в биологии. В статье разбирались два рода ошибок: от недостатка осведомленности и от избытка энтузиазма. Блестящие достижения молекулярной генетики привели к избытку энтузиазма и соблазну уверовать, что достигнуто практически полное знание о природе наследственности. И тут природа преподала урок. Большинство генетиков оказалось плохо подготовленными к пониманию ряда экзотических и труднообъяснимых явлений в области неканонической наследственной изменчивости. Неожиданно в конце XX века эта проблема вышла за рамки чисто академических дискуссий.

Годы 1996-2000, возможно, войдут в историю и такими событиями, когда одно из явлений неканонической наследственности стало вдруг предметом острых политэкономических дебатов глав правительств и парламентариев Европы. Речь идет об эпидемии болезни «бешеных коров». Эта, ныне на слуху у всех, болезнь стала распространяться в Англии в 1980-е годы после регулярных добавок в корм коров белков из утилизированных голов овец, среди которых встречались овцы, больные нейродегенеративной болезнью (скрэпи, или почесуха). В свою очередь, сходная болезнь начала передаваться людям при употреблении в пищу мяса больных коров. Оказалось, что инфекционным агентом являются не ДНК или РНК, а белки, названные прионами (от англ. prions — protein infectious particles — белковые инфекционные частицы). Проникая в клетку-хозяина, прионы навязывают свою болезнетворную конформацию (пространственную структуру) нормальным белкам-аналогам. Открыватель прионов Стэнли Прузинер (Нобелевская премия 1997 г.) в итоговой статье вспоминал о «большом скепсисе», который в начале 1980-х годов вызвала его идея о том, что инфекционные агенты состоят из белков и ничего более. В то время это положение было еретическим. Догма требовала, чтобы носители инфекционных болезней имели генетический материал — ДНК или РНК.

«Камень, который отвергли строители, тот самый сделался главой угла» (Мф.21:42). Так случилось, когда с начала 1950-х годов Барбара Мак-Клинтон 25 лет ждала признания открытия подвижных элементов — открытия, которое преобразовало классическую генетику. В меньшем масштабе нечто подобное повторяется с прионами. Впервые с ними исследователи столкнулись еще в 1960-е годы. Однако в то время генетическая семантика прионов не была адекватно распознана и их поведение пытались истолковать в рамках классических генетических представлений, например, как «медленные вирусные инфекции» в исследованиях Д.Гайдушека (Он был удостоен в 1976 г. Нобелевской премии за открытие принципиально нового инфекционного агента, который передается с экстрактами из тканей мозга и является причиной эндемичного семейного заболевания «куру» в одном из племен Новой Гвинеи. Здесь члены семьи ритуально поедали мозг своих уважаемых умерших сородичей). Феномен прионов был обнаружен также у дрожжей и не считается более экзотикой, а скорее частным случаем явления динамического наследования, не связанного прямо с текстом ДНК. В «центральной догме» молекулярной биологии — передача информации происходит лишь от нуклеиновых кислот к белкам — приходится внести возможность копирования, внутри- и межвидовой передачи измененной структуры белков.

Для истории науки здесь любопытен парадокс, почему в такой стремительно развивающейся области, как молекулярная биология, свободная конкуренция идей зачастую уступает место догмам, которые прокламируются, быстро принимаются

абсолютным большинством на веру, ревниво охраняются как миф, но вскоре оказываются ограниченными или несостоятельными. Один из возможных диагнозов назвал патриарх молекулярной биологии, член Национальной академии наук США Эрвин Чаргафф (родился в 1905 году в г. Черновицы, окончил Венский университет). С его именем связано открытие в начале 1950-х годов регулярности в парных соотношениях пуриновых и пиримидиновых оснований в молекулах нуклеиновых кислот. Это знаменитое «правило Чаргаффа» явилось предтечей открытия двойной спирали ДНК.

Чаргафф в ряде своих критических эссе ностальгически вспоминает об ушедшей атмосфере и ценностях золотого века науки, что тогда еще можно было ставить эксперименты в прежнем смысле этого слова. Сейчас все трудятся над «проектами», результат которых должен быть известен заранее, иначе не удастся отчитаться в непомерных ассигнованиях, которых требуют эти проекты... Никто не опасался, что его немедленно ограбят, как это почти неминуемо происходит сейчас. Симпозиумов тогда созывалось немного, а их участники не представляли собой полчища голодной саранчи, жаждущей новых областей, куда можно еще вторгнуться.

Чаргафф с тонким сарказмом описывает первородный грех, который сопутствовал рождению и становлению молекулярной биологии после открытия двойной спирали ДНК. «Одно из главных несчастий моего времени — манипулирование человечеством с помощью рекламы. В области науки эта злая сила долгое время не проявляла себя... Однако к тому времени, когда появилась на свет молекулярная биология, все механизмы рекламы были готовы к бою. И вот тут-то «сатурналия» и разыгралась в полную силу. Все трудности, например, даже сейчас не очень понятный механизм расплетания гигантских двуспиральных структур в условиях живой клетки, просто отбрасывались с той самоуверенностью, которая позднее так ярко проявилась в нашей научной литературе. Это был тот самый дух, который вскоре принес нам «центральную догму», против чего я выступил, по-моему, первым, потому что никогда не любил наставников-гуру, пусть даже и с докторским дипломом. Я увидел в этом первые ростки чего-то нового, какой-то нормативной биологии, которая повелевает природе вести себя в соответствии с нашими моделями».

Мнение Чаргаффа, при всей его саркастической меткости и красивых метафорах, все же настроено на личных вкусах и предпочтениях. Ведь вполне естественна эйфория сообщества, если сделано важное открытие или крупное достижение в сфере науки и техники. Людям свойственен комплекс Пигмалиона. Однако в современных условиях действительно происходит резкое усиление действия «демона авторитетов», благодаря скорости и легкости телекоммуникаций и возможности манипулировать общественным мнением. Другая причина возникновения скоротечных догм связана с неизбежной специализацией и понижением общебиологического «тезауруса» и интереса к истории науки. Выполнение программы «Геном человека» и успехи в клонировании и переносе генов воссоздают во многом атмосферу эйфории и евгенических прожектов, которая захватила генетиков в 1910-1920-е годы XX века.

Оппонирующую позицию «адвоката дьявола» занимает в этом смысле Дж.Бэквиц (J. Везвиз), профессор молекулярной генетики Гарвардской школы медицины, член Национальной академии наук США. Он входит в состав рабочей группы по этическим, юридическим и социальным аспектам проекта «Геном человека» при объединенном комитете Национального института здоровья (NIH) и Министерства энергетики США. Одну из своих статей Бэквиц назвал «Исторический взгляд на социальную ответственность в генетике». Он справедливо полагает, что неумеренная пропаганда геномных программ отвлекает внимание и снижает финансирование работ в других областях науки, даже в пределах самой клеточной биологии (изучение мембран, физиологии клетки, электронной микроскопии). Наше знание структур и принципов функционирования клетки довольно ограничено. Каждые 10 лет открывается новая неизвестная надмолекулярная клеточная органелла. Каждое десятилетие обнаруживаются совершенно неожиданные новые стороны в строении и функции клеточных структур, известных уже более 100 лет назад, например, тех же ДНК-несущих хромосом. А события, связанные с первыми делениями зиготы, где определяются судьбы генов и будущий фенотип организма, нам известны, пожалуй, меньше, чем обратная сторона Луны.

Пропаганда «Генома человека» на публику создает искаженную картину о том, что знание ДНК или молекулярной структуры гена решает все проблемы. К примеру, в 1980-е годы широко транслировалась идея, что главное в борьбе с раком — это активность группы генов опухолевого роста (онкогенов). При этом затушевывались или считались малозначимыми другие — тканевые и органнне, — уровни исследования факторов опухолевого роста. В 1998 году детский врач Дж.Фолкман из Бостонской детской больницы стал одним из самых популярных онкологов мира благодаря открытию ангиостатиков — блокаторов роста кровеносных капилляров и сосудов. Без последних опухоль не может вырасти, даже если и образовался островок злокачественных клеток. Но до своего открытия, к которому Дж.Фолкман упорно шел многие годы, он в течение 10 лет на научных конференциях был объектом насмешек и, по его воспоминаниям, когда он брал слово для доклада, зал опустевал, «всем как будто приспичило в туалет» («Newsweek», июнь 1998). В то время биологи так заикнулись на онкогенах и производимых ими белках, что любая теория возникновения опухолей, которая не вписывалась в эту схему, была в загоне.

Соблазн детерминизма и утопии о чаше Грааля вызывает оправданную настороженность: например, идея генетического паспорта, в котором будет указано, несет ли данный индивид ту или иную опасную для здоровья мутацию: предполагается, что эти сведения конфиденциальны, хотя не исключают, что их будут сообщать в страховую компанию. Так исподволь возникает новый вид дискриминации. Прецедент уже был в случае генетической паспортизации чернокожих американцев на предмет носительства мутации гена аномального (серповидноклеточного) гемоглобина. Эта мутация, распространенная в Африке в малярийных районах, в одной дозе обеспечивает своим носителям устойчивость к малярии, но обладатели двух копий гена (гомозиготы) умирают в раннем детстве. В 1972 году в рамках борьбы с малярией на паспортизацию было истрачено 115 млн долларов.

После выполнения программы неожиданно выяснились два негативных момента: а) у здоровых людей, носителей мутации, возникает комплекс вины, эти люди чувствуют себя не совсем нормальными и их так начинают воспринимать окружающие; б) появились новые формы сегрегации — отказ в приеме на работу на основании геномной диагностики. В настоящее время некоторые страховые компании выделяют средства на проведение молекулярно-генетических тестов в отношении ряда заболеваний, которые выявляются тестами ДНК (к таковым, к примеру, относится нейродегенеративная болезнь хореза Геттингтона, которая у носителей мутации проявляется и начинает прогрессировать уже в зрелом возрасте, ген был клонирован в 1993 г.). Если будущие родители, носители нежелательного гена, отказываются прибегнуть к аборту и рожают нездорового

ребенка, им могут отказать в социальной поддержке. Паспортизация приведет к созданию тайного «банка данных», о чем люди даже не будут знать.

Существует определенная параллель между евгеническими соблазнами первых десятилетий XX века и началом нынешнего. Непредвиденные последствия соблазнов метафорически воплощены у Булгакова в «Собачем сердце». Профессор Преображенский, создав Шарикова, горестно восклицает: «Я заботился совсем о другом, об евгенике, об улучшении человеческой породы.... Вот, что получается, когда исследователь, вместо того чтобы идти параллельно и ощупью с природой, форсирует вопрос и приподымает завесу: на получай Шарикова и ешь его с кашей... Зачем надо искусственно фабриковать Спиноз, когда любая баба может родить его когда угодно».

Особенно опасны эксперименты по трансгенезу — созданию и выпуску в природу форм живых организмов с пересажеными от других видов генами. Здесь уместно напомнить о «принципиальной проблеме величайшего значения», о которой писал Э.Чаргафф еще на заре геной инженерии. Эту опасность, как я убедился, мало кто из небиологов осознает. Речь идет о роковой необратимости опытов по выпуску в природу трансгенных живых организмов. Можно закрыть атомную станцию, можно отложить высадку на Луну, прекратить использовать аэрозоли и ДДТ. Но бесполезно возопить: «Мама, роди меня обратно!». Нельзя вернуть биологическое время, когда новой формы жизни не было, нельзя изъять ее из биоценоза, ибо она начинает размножаться по своим непредсказуемым биологическим законам в сложной экосистеме. Замечателен пафос Э.Чаргаффа: «Необратимое воздействие на биосферу представляет собой нечто столь неслыханное и бессмысленное, что мне остается лишь утешать себя тем, что я непричастен к этому. Гибрид между Геростратом и Прометеем способен дать дьявольские результаты» (Science, 1976, V. 192. P. 938).

Мобильные гены, открытые Мак-Клинток у растений, и сходные с ними плазмиды у микроорганизмов способны передаваться в природе от вида к виду по системам горизонтального переноса. Болезнетворные бактерии успешно выиграли войну, которую объявило им человечество, создав антибиотики. Они упаковали гены устойчивости в особые факультативные элементы генома — транспозоны и плазмиды и с неимоверной частотой стали передавать их внутри видов и между ними. Сформулирован важный принцип о потенциальном единстве генофонда всех живых организмов (Р.Б.Хесин). Он указывает на опасность выпуска в природу трансгенных форм. Ген, вредный или полезный (с позиций человека!) для одного вида, может со временем перейти в биоценозе к другому виду и непредсказуемо изменить характер своего действия в новой наследственной системе.

Мощная биотехнологическая компания «Монсанто» из Сент-Луиса создала и продвигает на рынок сорт картофеля со встроенным бактериальным геном, который производит белок, токсичный для личинок колорадского жука. Утверждается, что этот белок безвреден для человека и животных, а также для полезных насекомых. Однако страны Европы не дали разрешения на выращивание этого сорта в Европе. Картофель испытывается в России. Процедура опытов с трансгенными растениями предусматривает строжайшую изоляцию участков с подопытными растениями. И вот я прочитал с некоторым ужасом в заметке «Генетики входят в транс» («Известия», 11 августа 1998 г.), что на охраняемых полях с трансгенными растениями Института фитопатологии в подмосковном Голицыно рабочие-ремонтники из «среднеазиатской республики» утащили картошку, «они просто выкопали ее ночью и тут же слопали». Таковы возможные пути биотехнологического Чернобыля.

На юге Франции ген устойчивости к насекомым от культурных растений перескочил к растениям-вредителям. М.Меллон заключила: «Мы пустили растения с внедренным туда геном токсина «в мир коммерции, прежде чем смогли понять, что именно мы творим. Мы просто верим, что сумеем выработать меры при необходимости». Озабоченность «зеленых» из организации «Гринпис» естественна. Только она порой принимает варварские, анархистские формы. Например, летом 2000 года в Беркли и Дэвисе (Калифорния) ночью студенты-зеленые забрались на опытное поле кукурузы и уничтожили опытные формы, над которыми многие годы велась селекция, не имеющая никакого отношения к трансгенезу. Это варварство показывает, что нарушилось взаимопонимание между учеными и обществом. И недаром после истории с коровьим бешенством в Великобритании ученым полностью доверяют лишь около 6% населения. Ситуация печальная!

Другой пример опасного трансгенеза касается выпуска в озера Шотландии лосося, который растет в 10 раз быстрее обычного. Озерному лососю от холодоустойчивого вида рыб бельдюги перенесли в геном ген, действующий по типу антифриза. Белок этого гена, растворяясь в крови, понижает температуру замерзания. Случайно выяснилось, что у озерного лосося этот ген бельдюги снимает блок с синтеза гормона роста. Соблазн коммерческого использования быстро растущего лосося оказался велик. Лосося запустили в озера Шотландии, надеясь, что он не попадет в океан и не нарушит сложившееся популяционное равновесие других популяций лосося. Возникла ситуация, промоделированная в другом шедевре Булгакова, «Роковые яйца»: присланные профессору Перикову для опытов по стимуляции роста яйца змеи анаконды из Южной Америки были по ошибке ведомства посланы на куриную птицеферму. Разразилась катастрофа, от которой спасла только русская зима.

И неизбежно, когда вновь фанфары возвещают об успехах, эпохальных достижениях и невиданных перспективах геномных программ, вспоминается вывод профессора Преображенского: не форсировать, не устраивать гонок, а **идти параллельно с природой и ощупью.**

М.Д.Голубовский, д.б.н., Институт истории естествознания и техники РАН, Санкт-Петербург