



## ГЕНОМНОЕ РЕДАКТИРОВАНИЕ: МОРАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

Зайниддинова Замира

студентка 1 курса лечебного факультета ТМА

Атамуратова Феруза Садуллаевна

к.ф.н., доцент кафедры социальных наук ТМА

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10753213>

### ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 20-February 2024 yil

Ma'qullandi: 25- February 2024 yil

Nashr qilindi: 29- February 2024 yil

### KEYWORDS

CRISPR/Cas9, человек, геном,  
мораль, этика,  
редактирование, ДНК, наука.

### ABSTRACT

*Чем стремительнее развивается генетика, тем больше этических проблем возникает вокруг ее достижений. В последние годы быстрое развитие генетики и геномики в мире, а именно технологии CRISPR-Cas9, позволяющей модифицировать ДНК организмов с высокой точностью и простотой использования вызывает много вопросов и противоречий как между биологами, генетиками, так и представителями различных гуманитарных наук. Искусственное вторжение в биологию человека актуализирует необходимость исследования этических проблем «совершенствования» человека. В нашем исследовании проанализированы некоторые этические вопросы редактирования генома человека; определена степень осведомленности и отношение населения Узбекистана к данной теме.*

**Введение.** Начало XXI в. в области генетики сопровождалось «полной» расшифровкой генетической информации человека, выполненной в рамках Международного проекта «Геном человека», завершившегося в 2002 г. С момента своего первого выпуска в 2000 году эталонный геном человека охватывал только эухроматическую часть генома (92%), оставляя незавершенными важные гетерохроматиновые области. Обращаясь к оставшимся 8% генома, Консорциум Теломер-Теломер (T2T) представляет полную последовательность человеческого генома длиной 3,055 миллиарда пар оснований [1]. Позже была выработана генетическая карта всех 23 пар хромосом человека (25 тыс. генов), с помощью чего появилась возможность определять генетические особенности индивидуума и составлять так называемые «генетические паспорта».

Прежде всего были исследованы гены, ответственные за предрасположенность к заболеваниям, что позволяет выявлять их потенциальные риски. Уже тогда ученые начали задумываться о возможной «профилактике», то есть о предотвращении

наследственных заболеваний до их проявления, что и послужило предпосылкой для разработки технологий редактирования человеческого генома.

Редактирование генома — набор «простых» методов для более точного создания изменений в ДНК, чем предыдущие подходы — было названо «Методом 2011 года» журналом *Nature Methods* и CRISPR/Cas9, система редактирования генома, была названа «Прорывом года 2015» журналом *Science*. Эта технология проста, относительно недорога и может с высокой степенью избирательности воздействовать на последовательности ДНК. Система CRISPR/Cas9, возникла из исследований того, как бактерии защищают себя от вирусной инфекции и вызвала интерес во всем мире из-за того, что она может дать представление о фундаментальных биологических процессах и принести пользу здоровью человека [2].

Как отмечал нобелевский лауреат биолог Д. Балтимор (США) на Международном саммите по редактированию генов человека, состоявшийся в декабре 2015 г. В Вашингтоне: «Наше собрание здесь – это часть исторического процесса, восходящего к работам Дарвина и Менделя в XIX в. На нас ложится серьезная ответственность перед обществом, поскольку мы понимаем, что, возможно, находимся в переломной точке истории человечества. Сегодня мы чувствуем, что близки к тому, чтобы изменять наследственность человека. Необходимо рассмотреть возникающие, в связи с этим вопросы. Каким образом общество хотело бы (если бы вообще хотело) использовать эту возможность?» [3]. Он подчеркивал важность изучения этических и социальных проблем, на которых мы сегодня и остановимся.

**Первая группа** этических вопросов связана с использованием технологии CRISPR/Cas9 для редактирования генов соматических клеток. Поскольку вмешательства в соматические клетки не наследуются будущими поколениями и направлены на излечение от множества наследственных заболеваний, при проведении исследований должны соблюдаться стандартные этические принципы:

- информированное согласие, которое заключается в добровольном принятии пациентом проводимой процедуры, редактирования ДНК. Для этого врач предоставляет подробную информацию о предстоящем вмешательстве, условиях его оказания, также вероятных осложнениях и рисках [4].

- справедливость и равенство. Как и в случае со многими новыми технологиями, есть опасения, что редактирование генома будет доступно только богатым и увеличит существующее социальное и экономическое неравенство в доступе к здравоохранению и другим вмешательствам [5].

**Вторая группа** вопросов, более напряженная с точки зрения этики, возникает вокруг редактирования генов зародышевых клеток с использованием технологии CRISPR/Cas9.

Ежегодно около 7,9 миллиона детей (6% от общего числа рождений во всем мире) рождаются с серьезными врожденными дефектами генетического или частично генетического происхождения [6], и с появлением новой технологии CRISPR/Cas9 у нас появилась возможность это исправить. Но скоро зародилась идея «улучшения» человека, внедрения определенных качеств на геномном уровне до его рождения, что вызвало множество этических дилемм:

- из-за возможности нецелевых эффектов (редактирование в неправильном месте) и развития мозаицизма (когда некоторые клетки несут редактирование, а другие нет) на стадии развития эмбриона безопасность имеет первостепенное значение;

- неинформированное согласие, то есть нам приходится принимать решения за будущих людей, не принимая во внимание их неизбежно отсутствующее согласие;

- создание «дизайнерских» младенцев поднимают важные этические вопросы о природе человеческой идентичности, ценности разнообразия и возможности эксплуатации и дискриминации.

Во время работы саммита (2 декабря 2015 г.) известный английский философ Дж. Харрис, почетный профессор Манчестерского университета, выступил со статьей в газете «The Guardian» [6]. Обсуждая вопрос о редактировании генов эмбрионов, он отметил, что возражения против этой технологии строятся на трех ошибочных допущениях. Первое допущение заключается в том, что редактирование генов неприемлемо, поскольку оно затрагивает будущие поколения; зародышевая линия человека есть нечто священное и неприкосновенное. Второе допущение – это неприемлемый риск для будущих поколений. Третье допущение состоит в следующем: поскольку невозможно получить согласие будущих поколений, нельзя использовать редактирование генов.

**Методы.** В работе использованы методы исследования, такие как анализ, синтез, системный подход, обобщение, социологический опрос. Был проведен анонимный опрос в социальных сетях Telegram и Instagram с помощью Google forms, а также путем анкетирования, где в общей сумме участвовали 227 человек, из которых 187 (82,4%) ответили онлайн. Остальные 40 человек были опрошены в городе Ташкенте и Самаркандской области.

**Результаты.** Возрастная категория респондентов: от 18 до 29 лет — 72,25%; от 30 до 39 лет — 14,09%; от 40 до 49 лет — 9,25%; 50 лет и старше — 4,41%.

Преобладающая часть опрошенных людей (31,28%) задействованы в сфере медицины, в то время как остальные сферы деятельности насчитывают: бизнес — 19 (8,37%), ЖКХ — 1 (0,44%), салон красоты — 3 (1,32%), образование — 17 (7,49%), общественное питание — 9 (3,96%), сельское хозяйство — 1 (0,44%), учащийся — 61 (26,87%), домохозяйка — 15 (6,6%), другое — 27 (11,9%) человек.

1. Знаете ли вы, что означает понятие «геном человека»? — 74% ответили утвердительно, тогда как 26% - отрицательно. Дальнейший опрос был проведен у тех 74% (168 человек), кто знаком с понятием геном.

2. Знаете ли вы о рекомендациях по безопасному изменению генома, ДНК человека? — 39,65% ответов оказались положительными, а 60,35% - отрицательными.

3. Как вы считаете, имеет ли право человек вносить изменения в свой генотип с помощью технологий генной терапии? — 63,88% считают, что имеет, в то время как 36,12%-что нет.

4. Если да, то в каких случаях, по-вашему мнению, допустимо применение методов генной инженерии? — по мнению 45,26% ответивших редактирование геном и применимо для лечения наследственных, онкологических и других заболеваний,

12,23% считают его возможным для улучшения человека (например, в физическом плане), 26,29% - для предотвращения болезней на стадии эмбриона, 5,81% - для создания искусственного интеллекта (биологических роботов), 2,75% - для клонирования человека, а 7,66% - затруднились ответить.

5. Если нет, то человек не имеет право проводить исследования над генетическим кодом в связи с: с религиозными соображениями (44,39%); с гуманистическими ценностями, например, нарушение законов мироздания (23,47%); с биологическими законами, к примеру, естественный отбор (32,14%).

6. Как вы знаете, в настоящее время геном человека полностью расшифрован и, как вы считаете, должен ли каждый человек иметь свой «генетический паспорт»? — 64,76% ответили утвердительно, тогда как 35,24% - отрицательно.

7. Как вы считаете, кто должен контролировать распространение и использование генетической информации личности? — по мнению 62,5% респондентов это сама личность, 19,9% - врач исследователь; 17,16% считают, что никто не в ответе за это.

8. Как вы считаете, для кого создает серьезные этические проблемы усовершенствованные диагностические методы, предоставляющие генетическую информацию личности? — 43,25% ответили, что для отдельных лиц, 4,36% - работодателей, 12,69% - страховых компаний, а 39,7%- врачей и других медицинских и консультационных профессий.

9. По-вашему, можно ли проводить манипуляции над генотипами эмбрионов? — 43,17% выразили свое согласие, в то время как 56,83% нет.

10. Если да, то кто ответственен за последствия генетической модификации эмбриона? — 17,59% указали родителей ответственными, 12,5 — врачей, 61,6% голосовали за «обе стороны», а 8,33% затруднились ответить.

11. Поддержали бы вы своего друга/родственника, планирующего воспользоваться процедурой редактирования генома? — 47,22% ответов были положительными, а 52,78% - отрицательными.

12. Как вы считаете, можно ли использовать животных в качестве испытуемых в биоинженерных исследованиях? — 60,65% выступают «за», а 39,35% «против» этой идеи.

**Выводы.** Представленные данные свидетельствуют о разнообразии мнений среди опрошенных по вопросам генетики и геномной инженерии. Население обладает низким уровнем осведомленности о достижениях генетики на сегодня. Просвещенная часть населения по данному вопросу поддерживают идею внедрения технологии «редактирования генома». Стоит отметить, что население имеет различные точки зрения на этические и практические аспекты использования генетических технологий в обществе, что по-нашему мнению, снова вызвано проблемой неосведомленности большинства людей в Узбекистане о технологии CRISPR-Cas9.

Проведенное исследование дало основание полагать, что сегодняшний день ученое сообщество во всем мире должно ограничиваться не только проведением исследовательских работ, но и публиковать свои труды, чтобы обычные люди имели представление о достижениях науки в XXI веке.

Список использованной литературы:

1. The complete sequence of a human genome  
<https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/science.abj6987>
2. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2017. Human Genome Editing: Science, Ethics, and Governance. Washington, DC: The National Academies Press. doi: <https://doi.org/10.17226/24623>.
3. International summit on Human gene editing // The National academies of sciences, engineering and medicine. – 2015. – Dec. 1–3. – Mode of access: [http://www.nationalacademies.org/cs/groups/genesite/documents/webpage/gene\\_170582.pdf](http://www.nationalacademies.org/cs/groups/genesite/documents/webpage/gene_170582.pdf)
4. Информированное добровольное согласие – гарантия для всех <https://miacugra.ru/>
5. What are the Ethical Concerns of Genome Editing? <https://www.genome.gov/about-genomics/policy-issues/Genome-Editing/ethical-concerns>
6. [<https://www.theguardian.com/science/2015/dec/02/why-human-gene-editing-must-not-be-stopped>]

