

Аналитика. Глобальные вызовы биобезопасности: роль Картахенского протокола

Ерлан Жумабаев,
директор регионального офиса РЭЦЦА в РК



Современная биотехнология открывает большие возможности в повышении благосостояния человечества, при условии ее развития и использования с учетом соблюдения соответствующих мер безопасности в отношении окружающей среды и здоровья человека. Общеизвестный факт, что генетически модифицированные организмы (ГМО) могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека и биологическое разнообразие.

Генетически модифицированный организм – любой организм, за исключением человеческого, генетический материал которого был изменён иным, чем скрещивание и/или естественная рекомбинация, путём. ГМО являются результатом направленного воздействия на геном (изменения структуры его собственных генов или введения в него чужеродных натуральных или искусственных генных конструкций) и конструирования новых геномов, не существующих до этого в природе. Основой этого направления является методика трансгеноза. Встраивание в ДНК реципиентной клетки чужеродного донорского гена не всегда может быть точным и поэтому возможность получения мутантов с содержанием токсичных и аллергенных для человека белков велика, не только за счет

мутантного эффекта вставки, но и за счет активации молчащих генов. Существующие такие традиционные направления как селекция, уступают методике трансгеноза тем, что на создание генетически модифицированного растения с заданными хозяйственно ценными признаками, не имеющими аналогов в природе, требуется гораздо меньше времени.

Знания, на которых основаны методы генетических изменений, уходят своими корнями в 1950-е годы, когда Джеймс Уотсон, Фрэнсис Крик, Морис Уилкинс и Розалинд Франклин открыли структуру ДНК (Watson & Crick, 1953)(1), в настоящее время известно как двойная спираль нуклеотидов, которая включает в себе генетическую информацию для биосинтеза белковых ферментов, некоторые виды гормонов (например, инсулин) и целых частей тела (например, ногти или волосы). Эти новые знания открыли возможность того, что генетический код организмов может быть изменён для придания им новых характеристик, которые невозможно добиться при естественной эволюции или селекционном разведении.

В 70-е годы XX века с появлением возможности изолировать отдельные гены, повторно моделировать и копировать их в клетки открылись новые перспективы. Довольно быстро были разработаны новые способы применения технологии в сфере медицины и сельском хозяйстве (2). Эту технологию можно было также использовать для производства новых химических и фармацевтических препаратов с использованием живых организмов качестве «инкубаторов». Для того, что-бы начать успешно применять эти методы к растениям, потребовалось несколько больше времени; первые генетические изменённые продукты питания цельной формы – помидоры «Флавр-савр» появились на рынке США в 1994 году. С тех пор число и виды генетически изменённых организмов неуклонно увеличивались. По мере того, как эти открытия становились достоянием всё более широких слоёв общественности, опасения по поводу использования и безопасности генетически изменённых организмов начали увеличиваться.

Коммерческое использование ГМО в сельском хозяйстве ограничено несколькими основными культурами: соя, кукуруза, рапс и хлопчатник (3). В 2007 году площади под ГМО действительно увеличились на 12,3 млн га, достигнув 114,3 млн гектаров, что составляло чуть менее 10% мировой пашни. Однако к 2025 году ситуация изменилась. По последним оценкам ISAAA, к 2023 году (самые актуальные данные, доступные на момент) площади под ГМО-культурами выросли до примерно 190–200 млн гектаров (4), что связано с расширением их использования в сельском хозяйстве. Это составляет около 12–14% мировой пашни, учитывая, что общая площадь пахотных земель в мире оценивается примерно в 1,5 млрд гектаров.

Спустя почти три десятилетия после появления ГМО на рынке (с 1996 года) в мире по-прежнему преобладают четыре основные культуры с изменённым геном: соя, кукуруза, хлопчатник и канола. Их доли немного скорректировались: соя занимает около 50%, кукуруза — 30–32%, хлопчатник — 12–14%, а канола — 4–5%. Несмотря на исследования новых ГМО-культур (например, устойчивого к засухе риса или модифицированной

пшеницы), они пока не получили широкого коммерческого распространения.

На 2007 год ГМО-культуры выращивались в 23 странах, из которых 17 относились к странам с высоким или выше среднего уровнем доходов, а 6 — к странам с более низкими доходами. К 2025 году число стран, выращивающих ГМО, увеличилось до более чем 30. Среди новых участников — несколько развивающихся стран в Африке (например, Нигерия и Кения), где ГМО-культуры, такие как устойчивая к вредителям кукуруза, начали внедряться для борьбы с продовольственными кризисами. Тем не менее, основная доля производства по-прежнему сосредоточена в странах с развитой экономикой, таких как США, Бразилия, Аргентина и Канада, на которые приходится более 80% мировых площадей под ГМО (5).

Как уже отмечалось, лидером по возделыванию ГМО-культур остаются США. По состоянию на 2023 год на них приходилось около 74,4 млн га под ГМО, что составляет почти половину мировых площадей трансгенных культур (из примерно 190–200 млн га глобально). Это около 58% американской пашни, что соответствует вашему указанию. Если учесть рост на 6% по сравнению с предыдущим годом (2022), то в 2025 году площади в США могли достичь примерно 78,9 млн га, сохраняя их лидерство.

После США по культивированию ГМО идут Бразилия и Аргентина. В 2007 году площади под ГМО в Бразилии составляли 15 млн га, а в Аргентине — 19 млн га. Однако к 2023 году эти цифры значительно выросли: Бразилия вышла на второе место с 66,5 млн га, а Аргентина занимала третье место с 23,9 млн га. Учитывая устойчивый рост в Бразилии (около 2–3% ежегодно в последние годы), к 2025 году площади там могли достичь 70 млн га. В Аргентине рост был более умеренным (около 1–2% в год), и площади могли составить около 24,5–25 млн га. Основная ГМО-культура в Латинской Америке по-прежнему — соя, за которой следуют кукуруза и хлопчатник.

Меньшие площади под ГМО заняты в Парагвае и Уругвае. В 2007 году в Парагвае было 2,6 млн га, а в Уругвае — 0,5 млн га. К 2023 году эти цифры увеличились: Парагвай выращивал около 3,5 млн га, а Уругвай — около 1,2 млн га. В 2025 году, с учетом стабильного роста, Парагвай мог достичь 3,7–4 млн га, а Уругвай — около 1,3 млн га.

На пятом месте в мире по выращиванию ГМО-культур находится Индия. В 2007 году под трансгенный хлопчатник было выделено 6,2 млн га, что на 2,4 млн га больше, чем в 2006–2007 годах. К 2023 году площади под ГМО в Индии выросли до 11,6 млн га, и основной культурой остался хлопчатник. С учетом ежегодного роста (около 1–2%), в 2025 году Индия могла достичь 12–12,5 млн га.

Из азиатских стран ГМО занимается и Китай. С 1992 года там выращивают ГМО-табак, но к 2007 году площади под ГМО-культурами составляли 3,8 млн га, а главной трансгенной культурой стал хлопчатник. К 2023 году площади в Китае оставались относительно стабильными — около 3–3,5 млн га, так как страна осторожно подходит к расширению ГМО для продовольственных культур. В 2025 году значительного роста не

ожидается, и площади, вероятно, составят около 3,5–4 млн га, с фокусом на хлопчатнике.

Трансгенные культуры коммерческого назначения бывают двух видов: невосприимчивые к гербицидам (таких 63%) и невосприимчивые к вредителям (18%). Остальные сорта сочетают в себе два этих свойства.

Стоит отметить, что на начальном этапе развития преобладали культуры с одним свойством. Сейчас стараются создавать ГМО разновидности, которые невосприимчивы как к гербицидам, так и к вредителям. Особенно заметна такая тенденция последние четыре года. Сейчас ГМО-культур с двумя базовыми свойствами насчитывается 19% от общего количества разновидностей трансгенных культур.

Рост цен на продовольствие в начале 2008 года, связанный с глобальным продовольственным кризисом, вызвал повышенный интерес к ГМО-культурам. С начала 2008 года компания «Монсанто» и другие гиганты агробизнеса активно продвигали свои технологии как одно из средств решения продовольственного кризиса, несмотря на отсутствие на тот момент ГМО-культур, способных значительно повысить урожайность. Их поддержали животноводы и производители кормов, которые требовали расширить применение ГМО-технологий и ускорить процесс их одобрения регулирующими органами. Однако в апреле 2008 года был обнародован доклад Международной оценки роли сельскохозяйственных знаний, науки и технологий в развитии (IAASTD), подготовленный 400 специалистами из разных стран и впоследствии одобренный 58 государствами. В этом документе были высказаны серьезные сомнения в эффективности ГМО для решения продовольственных проблем. Авторы подчеркивали, что существующие ГМО-культуры в основном направлены на устойчивость к гербицидам и вредителям, а не на увеличение урожайности в условиях бедных почв или изменения климата. В качестве более эффективных альтернатив предлагались инвестиции в традиционное сельское хозяйство, развитие агроэкологических методов, улучшение управления водными ресурсами и поддержка мелких фермеров.

К 2025 году интерес к ГМО сохраняется, но акцент сместился: исследования показывают, что новые поколения ГМО-культур (например, устойчивые к засухе сорта риса или кукурузы) начинают играть роль в адаптации к климатическим изменениям. Тем не менее, споры о их эффективности и безопасности не утихают, а агроэкологические подходы, предложенные в докладе IAASTD, продолжают набирать популярность как устойчивая альтернатива.

Еще один аспект повышенного внимания СМИ к ГМО — взаимосвязь проблемы ГМО с изменением климата. Крупные агрокорпорации, такие как Monsanto и другие лидеры биотехнологий, начали предлагать использовать ГМО-культуры для производства биотоплива. Например, в США уже в 2007 году около 7 млн га кукурузы выделялись под производство этанола, а более 4 млн га сои — под биодизель. К 2023 году эти площади значительно выросли: под этанол из кукурузы в США используется около 15 млн га (примерно 40% урожая кукурузы), а под биодизель из сои — около 10 млн

га. Однако коммерчески успешных ГМО-культур, специально разработанных для биотоплива и превосходящих по качеству биотопливо из обычных культур, до сих пор не существует. Исследования показывают, что ГМО-кукуруза и соя для биотоплива не дают значительных преимуществ в эффективности или выходе энергии по сравнению с традиционными сортами. Более того, производство биотоплива из этих культур может увеличить жизненный цикл парниковых газов. Например, при анализе полного цикла (выращивание, переработка, транспортировка) этанол из кукурузы иногда приводит к выбросам, сравнимым или даже превышающим выбросы от нефтяного топлива, из-за интенсивного использования удобрений и изменения землепользования.

К 2025 году ситуация остается спорной: хотя новые ГМО-культуры (например, устойчивые к засухе или с повышенным содержанием масла) находятся в разработке, их влияние на климат и качество биотоплива пока не оправдывает ожиданий сторонников. Альтернативные подходы, такие как биотопливо второго поколения из непищевых источников (например, целлюлозы), считаются более перспективными для снижения углеродного следа.

Много говорят и о ГМО-культурах, которые были бы приспособлены к более суровым условиям – засухам, экстремальным температурам и т.д. Несколько компаний агробизнеса объявили о значительных инвестициях в создание таких «климатически адаптированных» культур. В частности, заговорили о разработке сорта кукурузы для Африки, который мог бы произрастать в условиях засухи. Однако на пути генных модификаций для создания подобного сорта кукурузы имеется немало трудностей технического характера. Точно так же, как это было с ГМО-культурами с повышенными питательными свойствами, считает МакКеон, если «климатически адаптированные» сорта ГМО и появятся на свет, то они станут доступными на ранее, чем через пять - десять лет.

По мере развития событий внимание к ГМО продолжает расти. ЕС должен принять соответствующее решение к концу года. Франция объявила об отказе от ГМО, а две африканские страны - Египет и Буркина-Фасо - могут поступить противоположным образом. Сейчас разрабатывается трансгенный рис – культура, являющаяся основой питания большинства мировой бедноты.

В этих условиях можно напомнить выводы научного исследования, проведенного на средства правительства Австрии: популярная разновидность ГМО-кукурузы ведет к снижению плодовитости мышей. Все это порождает вопросы относительно безопасности ГМО.

В 2001 году 99% всех выращиваемых культур ГМО произрастало в четырёх странах: 68% культур ГМО выращивались в США, 22% - в Аргентине, 6% - в Канаде и 3% в Китае. Во всем мире генетически изменёнными сортами были засеяны соевыми бобами 48% всех площадей, занятых маисом³.

С 1994 года число ГМО, которые могли реализовываться как товары для человека, увеличилось. Например, до 52 разрешённых сортов сельскохозяйственных культур (относящихся к 13 различным видам) в США; 44 (6 различным видам) в Японии; 12 (5 различным видам) в Новой Зеландии; 5 (2 различным видам) в ЕС; 7 и 4 (3 различным видам) в Южной Африке⁸. Хотя непосредственно в качестве продовольствия могут использоваться лишь, некоторые генетически изменённые организмы, продукты из разрешённых ГМО, особенно мука из ГИ кукурузы и масло из ГИ соевых бобов и ГИ рапсовых семян, широко используются в производстве переработанных продуктов питания, как правило, в сочетании с продуктами, не имеющие отношения к ГМО.

В некоторых странах ГМО продукты продаются без особых возражений, тогда как в других они встречают активные протесты против их использования, особенно в случае их продажи без маркировки, указывающей на их генетическое происхождение.

В ответ на эту тревогу на международном уровне было разработано вспомогательное соглашение к Конвенции ООН о биологическом разнообразии относительно потенциальных рисков вследствие межгосударственной торговли и случайного экспорта ГМО. Картахенский протокол по биобезопасности, который будет содействовать экологически безопасному использованию биотехнологии, позволяя извлекать выгоду из огромных возможностей, которые она открывает, и одновременно максимально ограничивать риск для окружающей среды и для здоровья человека. Протокол по биобезопасности предусматривает создание международной регламентационной базы для растущей биотехнологической отрасли в целях согласования интересов международной торговли и необходимости охраны окружающей среды. Кроме того, Протокол облегчит сотрудничество между странами, промышленными кругами и общественными организациями в целях укрепления биобезопасности.

Протокол предполагает целый ряд средств обеспечения биобезопасности:

- Процедура заблаговременного обоснованного согласия (ЗОС), в соответствии с которой, экспортер должен еще до отправки груза представить стране импорта подробную письменную информацию о ГМО, предназначенного для внедрения в окружающую среду (например, семян или живой рыбы). Эта процедура не применяется к ГМО в случае их применения в замкнутых системах (например, в научных лабораториях), или к ГМО, предназначенного для непосредственного использования в качестве продовольствия или корма для животных, или для обработки (например, кукуруза или помидоры).
- Механизм посредничества по биобезопасности. Протоколом создается механизм посредничества (своего рода сайт) в целях содействия обмену научно-технической, экологической и правовой информации по ГМО. В нем будет содержаться информация о национальных нормативно - правовых актах и

положениях по тем ГИО, к которым не применяется процедура ЗОС.

- Порядок проведения оценки и регулирования риска. Страны, оценив риск, связанный с тем или иным ГМО, будут принимать решения о санкционировании его импорта. Такие оценки, согласно Протоколу, должны проводиться на научной основе с учетом признанных методов оценки риска. Кроме того, Протокол требует, чтобы Правительства разрабатывали и поддерживали механизмы, меры и стратегии для регулирования, контроля и ограничения рисков, выявленных при проведении оценки рисков.

Дальнейшее развитие биотехнологии будет, безусловно, способствовать в значительной мере повышению благосостояния людей, но вместе с тем широкое признание получил тот факт, что к ГИО следует применять надлежащие меры безопасности.

Комплекс таких мер, получивших название биобезопасность, нацелен на обеспечение безопасной передачи, обработки, использования и устранения ГМО.

Исходя из опасений Картахенский протокол по биобезопасности (далее Протокол) регулирует отношения между странами в вопросах ввоза, транзита, распространения и использования ГМО. Протоколом устанавливаются четкие правила международного перемещения ГМО.

Создание трансгенных растений в настоящее время ведётся по следующим направлениям:

1. устойчивость к вирусным и грибковым болезням, вредителям, пестицидам;

2. повышение пищевой ценности и др.

3. получение сортов с/х культур с более высокой урожайностью;

4. получение с/х культур, дающих несколько урожаев в год;

5. создание сортов с/х культур, токсичных для некоторых видов вредителей; одним из продуктов жизнедеятельности бактерии *Bacillus thuringiensis* является белок (протоксин), контролируемый геном *Bt*. Попадая в кишечник личинок насекомых, этот белок разрушается под действием ферментов, но его фрагмент (эндотоксин) токсичен для вредителей-фитофагов, что приводит к их гибели. Важным является то, что синтез экзогенного белка не отражается на жизнеспособности растения – реципиента;

6. Создание сортов с/х культур, устойчивых к неблагоприятным климатическим условиям;

Основными факторами риска для биологического разнообразия и здоровья населения представляются:

- нарушение биологического равновесия в окружающей среде;

- риск появления суперсорняков, супервредителей и их негативное воздействие на полезные виды. Риск потери естественных видов растительных культур;

- потенциальные риски здоровью нации.

В Казахстане исследования в области генетически модифицированных организмов (ГМО) начались еще в 1980 году в Институте молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (ИМББ) и на кафедре физиологии Казахского государственного университета (ныне КазНУ им. аль-Фараби). Эти первые шаги заложили основу для развития биотехнологических исследований в стране. В настоящее время основная работа по изучению ГМО сосредоточена в ИМББ, где ученые разработали уникальные клеточные системы, которые успешно применяются для клеточной селекции и генетической трансформации растений. Эти системы позволяют создавать новые линии культур с заданными свойствами, что открывает перспективы для сельского хозяйства. Кроме того, на кафедре физиологии, генетики и биотехнологии растений КазНУ впервые в республике были начаты исследования по гаплоидной технологии зерновых культур. Этот метод, основанный на получении гаплоидных растений с последующим удвоением их хромосом, показал высокую эффективность. В результате были созданы перспективные дигаплоидные линии, отличающиеся устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды, таким как засуха, засоление почв и патогены. Эти достижения имеют важное значение для аграрного сектора Казахстана, учитывая его резко континентальный климат и обширные территории с экстремальными условиями.

Дополнительно стоит отметить, что в последние годы в Казахстане активизировались исследования по биотехнологиям в других институтах, таких как Институт биологии и биотехнологии растений (ИББР) в Алматы и Национальный центр биотехнологии в Астане. Эти организации разрабатывают не только ГМО, но и альтернативные методы повышения устойчивости культур, такие как маркерная селекция и геномное редактирование (например, с использованием технологии CRISPR). Эти подходы могут стать компромиссным решением, позволяющим улучшать сельскохозяйственные культуры без введения чужеродных генов, что снижает риски и общественные опасения, связанные с традиционными ГМО.

Таким образом, в Казахстане и странах Центральной Азии все еще присутствуют риски неконтролируемого проникновения ГМО через импорт, что создает серьезные вызовы. Исключение этих рисков требует не только научных разработок, но и комплексных изменений в законодательстве и системе управления для обеспечения биобезопасности и защиты интересов как производителей, так и потребителей.

Литература

1. Watson, J.D., & Crick, F.H.C. (1953). Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171, 737-738.
2. James, C. (2001). Global review of commercialized transgenic crops. *ISAAA Briefs*, 24, 6.
3. FAO. (2023). The state of food and agriculture: Transgenic crops and food security.
4. ISAAA (2023). Global status of biotech crops. Retrieved from www.isaaa.org

5. USDA (2023). Adoption of genetically engineered crops in the U.S. Retrieved from www.ers.usda.gov
6. Convention on Biological Diversity (2000). Cartagena Protocol on Biosafety. Retrieved from www.cbd.int
7. CBD Secretariat (2003). Guide to the Cartagena Protocol on Biosafety.
8. UNEP (2022). Biosafety Clearing-House (BCH): Enhancing transparency in GMOs. Retrieved from bch.cbd.int
9. WHO (2021). Safety assessment of genetically modified foods.
10. Айтхожин М.А. (1980). Развитие молекулярной биологии в Казахстане.
11. Министерство сельского хозяйства РК (2023). Отчет о состоянии ГМО-продукции в Казахстане.
12. Закон «О биологической безопасности Республики Казахстан» (2022 г.).