



## БОРЬБА С ГМО КАК НЕОЛЫСЕНКОВЩИНА

Чемерис А.В., Чемерис Д.А., Баймиев Ал.Х., Князев А.В., Кулуев Б.Р., Максимов И.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра Российской академии наук  
Россия, Республика Башкортостан, 450054, Уфа, пр. Октября, 71

### Резюме

Рассмотрен широкий спектр проблем, связанных с генетически-модифицированными организмами (ГМО). Описано нынешнее состояние дел при возделывании ГМ-культур в мире. Основное внимание уделено вопросу детекции ГМО/ГМИ в продуктах питания. Доказана ее абсолютная бесполезность ввиду невозможности точного определения превышения 0,9% порогового уровня. Убедительно показано отсутствие связи между допустимым 0,9% содержанием ГМО в продуктах питания со здоровьем человека. Произведена оценка потребности в финансировании для разворачивания системы детекции ГМО/ГМИ в нашей стране, рассчитанной на выявление содержания 0,9% ГМО/ГМИ, показавшая, что бюджетных средств только на оснащение таких центров/лабораторий необходимо более 100 млрд.руб. С учетом расходных материалов, коммунальных платежей, зарплаты сотрудникам и других необходимых трат может потребоваться свыше одного триллиона рублей. Отмечена абсолютная надуманность всех экологических рисков и человеческих страхов, имеющих место в связи с проблемой ГМО. Проводятся параллели между запретами индуцированного мутагенеза и нынешней ситуацией вокруг трансгенных растений, неприятие которых по интенсивности противодействия сродни новой лысенковщине. Проведен анализ мотивации действий групп людей, препятствующих созданию и распространению ГМО. Затронуты вопросы о новой «Зеленой (генной) революции» или «Вечнозеленой революции», в которых роль ГМ-культур может быть значительной. В целях продвижения на российский рынок конкурентоспособных отечественных ГМ-культур, адаптированных к местным природным условиям, выдвинуто предложение о создании в России сети биотехнологических растениеводческих компаний.

**Ключевые слова:** Генетически-модифицированные организмы (ГМО), ГМ-культуры, ГМ-растения, ГМ-продукты, генетически-модифицированные ингредиенты (ГМИ), трансгенные растения, биотех-растения, транспластомные растения, транспластогенные растения, цисгенные растения, интрагенные растения, нокаутные растения, геном, ПЦР, неолысенковщина, импортозамещение

### Оглавление

	Стр.
Введение	2
ГМО в мире	2
Детекция ГМО	5
0,9%	5
<i>Контингенты противников и сторонников ГМО</i>	6
<i>Проведение ГМО/ГМИ анализов</i>	10
<i>А что если детектировать любое содержание ГМО/ГМИ?</i>	12
<i>Так чего же ждать от анализов на присутствие ГМО/ГМИ?</i>	14
<i>ГМО без ГМИ</i>	16
ГМО и экологические риски	17
<i>Не ГМ-суперсорняки</i>	17
<i>Опять Мексика</i>	18
<i>Инсектицидность ГМ-растений</i>	20
ГМО и разные фобии	24
Работы G.-E.Seralini и соавторов свидетельствуют скорее о пользе ГМО	27
Неолысенковщина	30
Заключение	33
Послесловие или даешь отечественные растениеводческие биотехнологические компании!	34
Литература	37

### Введение

Данная статья является продолжением нашей предыдущей публикации [Чемерис и др., 2014], посвященной проблеме ГМО, где нами раскрыта абсолютная беспочвенность страхов и мифов, связанных с выращиванием и употреблением ГМ-растений в пищу. Здесь же приведем, главным образом, ту информацию, для которой не хватило места ранее. При этом часть материала предыдущей статьи публикуется повторно, дабы читатель мог составить более полное представление о том, что такое есть ГМ-растения и какова ситуация вокруг них по одной этой статье.

Потенциальная опасность ГМ-растений видится обществом как в их опасности для человека, так и в нанесении ущерба окружающей среде. Считается, что опасность для здоровья человека может происходить как от самой трансгенной ДНК, так и от кодируемых ею чужеродных белков, а также от веществ так называемого вторичного происхождения, которые могут возникнуть вследствие изменения метаболизма трансгенного растения по сравнению с исходным видом (сортом). В связи с этим иногда упоминается и потенциально негативное плейотропное действие генов. Постараемся в данной статье подробно осветить эти темы. Значительное внимание будет уделено вопросу о максимально допустимом количестве ГМО/ГМИ в продуктах питания, а также требованиям по их детекции. Приглашаем читателей вместе с нами поразмышлять над проблемой ГМО и сделать собственные выводы.

Начнем с того, что кратко охарактеризуем ГМ-растения, дадим информацию о ситуации с их возделыванием в мире и затем детально разберем вопросы детекции ГМО в продуктах питания, ее принципиальной возможности и необходимости этого процесса.

Данная статья отличается от привычных обзоров научной литературы в их классическом понимании и носит некоторый просветительский характер, поскольку проблема ГМО уже давно вышла за рамки научной и стала проблемой всего общества. Хотим сразу снять возможные подозрения в нашей ангажированности какими-либо биотехнологическими компаниями. Являясь сотрудниками академического института, мы ведем финансируемые государством и государственными фондами фундаментальные научные исследования в области физико-химической биологии и биотехнологии, включая создание генетически модифицированных растений с уникальными свойствами.

### ГМО в мире

Под генетически модифицированным организмом следует понимать биологический объект, способный к воспроизводству и передаче наследственного генетического материала, отличный от родственных природных организмов, полученный с применением методов генной инженерии и содержащий рекомбинантный материал, в виде так называемой чужеродной ДНК,

в том числе генов, их фрагментов или комбинаций генов.

Рекомбинантные молекулы ДНК были получены впервые в начале 70-х гг. 20-го века. Их появление ознаменовало начало эры конструирования генно-инженерных организмов, которые поначалу были только прокариотическими. Прошло около 10 лет, прежде чем с помощью генной инженерии были созданы первые растения, получившие определение «трансгенные» [Caplan et al., 1983; Herrera-Estrella et al., 1983], которое до сих пор остается научным термином при обозначении таких организмов. Словосочетание «генетически-модифицированные организмы» (ГМО), появилось позже и используется в основном для обозначения лабораторных трансгенных растений, «выведенных на поля». Также их называют – ГМ-растения (генетически модифицированные), биотех-растения или ГМ-культуры. Сельскохозяйственная продукция, полученная на основе таких ГМ-растений, носит название «ГМО-продукция» или просто ГМО. При характеристике продуктов питания, в которых частично присутствуют компоненты ГМО, используется термин – генетически-модифицированные ингредиенты, или ГМИ.

В последние годы в дополнение к термину «трансгенные растения» появились понятия «цисгенные» и «интрагенные» растения [Schouten et al., 2006; Espinoza et al., 2013; Holme et al., 2013]. В этих случаях осуществляется перенос фрагмента ДНК либо из этого же вида растений, либо из близкородственных, что за счет различных эффектов может положительно влиять на урожайность и другие полезные свойства. Если при получении цисгенных растений происходит перенос какого-либо гена в комплексе с его собственными регуляторными элементами, то в случае интрагенноза переносимый ген может нести иные регуляторные участки из того же или близких видов растений. Формально цисгенные растения могут и не считаться ГМО. Их отличие от обычных растений-гибридов заключается в том, что при цисгеннозе вместе с желаемым геном в потомство не переносятся и нежелательные гены, как это может иметь место в природных процессах. В последние годы получает развитие целенаправленное редактирование геномов растений с помощью специально сконструированных редкощепящих нуклеаз типа нуклеаз цинковых пальцев ZFN, эффекторной нуклеазы транскрипционно-активаторного типа TALEN, регулярно расположенных группами коротких палиндромных повторов CRISPR, что фактически приводит к созданию новых нокаутных растений, но формально к ГМО они также не относятся [Chen, Gao, 2013; Marton et al., 2013; Sprink et al., 2015 и др.]. Пожалуй, нельзя обойти вниманием недавнюю интересную работу китайских авторов, которые с использованием TALEN и CRISPR-Cas9 технологий сумели в полиплоидном геноме мягкой пшеницы сразу во всех трех субгеномах отключить один и тот же ген, что придало новой форме пшеницы с нокаутными генами устойчивость к мучнистой росе [Wang et al., 2014].

При этом можно не сомневаться, что число таких модифицированных растений будет неуклонно расти и за ними будущее.

При получении трансгенных, интрагенных и цисгенных растений производится трансформация ядерной ДНК. Растения, в хлоропластный геном которых внедрены интересующие исследователя ген или группа генов, стали называть «транспластомными». Транспластомные растения табака *Nicotiana tabacum* получены впервые в 1990 г. [Svab et al., 1990], но до этого в 1988 г. было сообщено о трансформации генетического материала хлоропластов у водоросли *Chlamydomonas reinhardtii* [Boynnton et al., 1988]. Их характеризуют более трудоемкая технология создания и в ряде случаев ярче выраженный полезный эффект. Теоретически по аналогии с транс-, интра- и цисгенными растениями могут быть интра- и циспластомные, но в литературе пока нет сведений на этот счет. На данный момент не отмечено коммерческого применения транспластомных растений и все высказываемые недовольства по поводу ГМО касаются пока только трансгенных растений.

За прошедшие три десятилетия в основном для научных целей и задач было создано огромное количество трансгенных растений, но в силу целого ряда причин лишь немногие из них доведены до коммерческого использования в промышленных масштабах. В 1992 г. в Китае впервые был выведен на поля устойчивый к вирусам трансгенный табак. Вторым трансгенным растением, которое с 1994 г. выращивалось в промышленных масштабах в штате Калифорния (США), стал генно-модифицированный томат сорта Flavr Savr. Выводу на поля этой ГМ-культуры предшествовало получение необходимых разрешений от соответствующих ведомств США после серьезного и всестороннего исследования свойств данного ГМ-сорта и его плодов, вылившегося в капитальный 288-ми страничный труд «Оценка безопасности генетически модифицированных фруктов и овощей: изучение томата сорта Flavr Savr» [Redenbaugh et al., 1992], где было показано, что внедрение в растение томата антисенс-конструкции гена полигалактуроназы влияет только на содержание пектина в плодах и не оказывает никакого эффекта ни на цвет плодов, ни на их размер, запах, прочие характеристики, включая pH, а также на вещества вторичного происхождения, не влияя и на обычную продукцию потенциально токсичного алкалоида томатина. В том же 1994 г. в Европе впервые вырастили на полях гербицидоустойчивый ГМ-табак. В 1995 г. в США в полевых условиях был выращен непоедаемый колорадским жуком трансгенный картофель. Начиная с 1996 г. ГМ-растения различных видов стали уже в массовом порядке внедряться в производство и заняли в тот год 1,7 млн. га. По прошествии 19 лет возделывания ГМ-сортов площади под ними увеличились более чем в 100 раз.

3 февраля 2015 года опубликован 49-ый обзор Международной службы по оценке применения агробιοтехнологий (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications — ISAAA) ([www.isaaa.org](http://www.isaaa.org)), в котором содержится исчерпывающая информация о состоянии дел в этом секторе сельскохозяйственного производства по всему миру [James, 2014]. Данный доклад могут приобрести все желающие через web-сайт ISAAA по адресу <http://www.isaaa.org/purchasepublications/itemdescripti on.asp?ItemType=BRIEFS&Control=IB049-2014>, что мы и сделали, тотчас после его выхода, возможно первыми в России. Мы приняли решение сделать выборку наиболее важных и интересных моментов из этого 259-ти страничного доклада. Ранее, на основе аналогичного доклада за 2005 г. сотрудниками Центра «Биоинженерия» РАН был подготовлен серьезный труд, описывающий состояние дел в мире ГМ-растений на тот момент [Скрябин и др., 2008].<sup>1</sup>

Итак, по состоянию на конец 2014 г. во всем мире под ГМ-культурами было занято 181,5 млн. га, что составляет более 12% общего клина из 1,5 млрд. га. Возделыванием ГМ-культур в 2014 г. было занято 28 государств. В таблице приведены 19 так называемых мегабиотех-стран, в которых площади посевов ГМ-культур превышают 50 тысяч га. Помимо них ГМО выращивают еще Гондурас, Чили, Португалия, Куба, Чехия, Румыния, Словакия, Коста-Рика и Бангладеш. При этом надо заметить, что в этих 28 странах проживает более 60% населения земного шара. В пяти странах-лидерах по выращиванию ГМО, где проживают 41% всего человечества выращивается 47% мировой ГМ-продукции. В США около половины всех посевных площадей занято различными ГМ-культурами. В Бразилии и Аргентине под ГМО отдано около 60% всех площадей. Абсолютными лидерами по этому показателю являются Уругвай и Парагвай, где соответственно около 90% и 95% площадей занято ГМ-кукурузой, ГМ-хлопчатником и ГМ-соей. Целый ряд стран продемонстрировали в 2014 г. положительную динамику прироста ГМ-площадей, тогда как Испания, Австралия и ЮАР площади несколько сократили, главным образом из-за засухи.

К слову сказать, среди таких стран, как Бразилия, Россия, Индия, Китай, Южно-Африканская Республика, образующих группу БРИКС, только Россия не возделывает ГМО, хотя по неофициальным данным ГМ-посевы занимают в нашей стране около 400 тысяч га, что уже сейчас делает Российскую Федерацию, по крайней мере 15-той в списке государств, возделывающих ГМ-растения, позволяя отнести ее к группе мегабиотех-стран. На долю входящих в БРИКС стран приходится 26% территории планеты, где проживает 42% населения. При этом члены БРИКС характеризуются как наиболее быстро

<sup>1</sup> Эта научно-популярная монография издана, к сожалению, очень малым тиражом.

развивающиеся крупные страны, за счет роста ВВП которых во многом будет обеспечиваться будущий рост мировой экономики, который неразрывно связан с сельским хозяйством и с применением в нем передовых технологий на базе ГМ-культур.

В четверку самых распространенных ГМ-культур, выращиваемых в наибольших количествах по всем странам, входят соя, кукуруза, хлопчатник и рапс. При этом из всех 111 млн. га, занятых соей, на долю трансгенной приходится 82%. Данный показатель для хлопчатника составляет 68%, а общая площадь, занятая этой культурой почти в три раза меньше, чем под соей – всего 37 млн. га. Кукурузой засеяно 184 млн. га в

мире, из них 30% занято ГМ-сортом. Доля ГМ-рапса составляет четверть от возделываемого, но площадь значительно скромнее – всего 36 млн. га. Если в предыдущие годы подавляющее число ГМ-культур несли инсектицидные свойства и гербицидоустойчивость, совместно или порознь, то в последние годы наметилась тенденция к расширению спектра ГМ-культур, которым приданы другие ценные свойства. Прогнозируется, что эта тенденция сохранится и даже усилится в ближайшие годы. Например, в 2013 г. в США была впервые высажена ГМ-кукуруза, устойчивая к засухе, а в 2014 г. посевы под ней увеличились в 5 раз.

Таблица 1

Мировое состояние возделывания ГМ-культур в 2014 г. (мегабиотех-страны)

№ пп	страна	Общая площадь сельхозугодий (млн. га)	площадь ГМ-культур (млн. га)	Соотношение площади ГМ-культур к общей площади сельхозугодий (в %) / приращение в 2014 г. (в %)	ГМ-культуры
1	США	164,0	73,1	44,5 / +4	кукуруза, соя, рапс, хлопчатник, тыква, папайя, картофель, сахарная свекла, люцерна
2	Бразилия	70,6	42,2	59,7 / +5	соя, хлопчатник, кукуруза
3	Аргентина	38,0	24,3	63,9 / -0,4	соя, кукуруза, хлопчатник
4	Индия	174,2	11,6	6,6 / +5	хлопчатник
5	Канада	47,8	11,6	24,3 / +7	рапс, кукуруза, соя, сахарная свекла
6	КНР	113,8	3,9	3,4 / -7	хлопчатник, папайя, томаты, тополь, сладкий перец
7	Парагвай	4,1	3,9	95,1 / +8	соя, кукуруза, хлопчатник
8	Пакистан	21,5	2,9	13,5 / +4	хлопчатник
9	ЮАР	12,2	2,7	12,6 / -7	кукуруза, соя, хлопчатник
10	Уругвай	1,8	1,6	88,9 / +7	соя, кукуруза
11	Боливия	3,9	1,0	25,6 / 0	соя
12	Филиппины	5,4	0,8	14,8 / +2,2	кукуруза
13	Австралия	42,2	0,5	1,2 / -15	хлопчатник, рапс, гвоздика
14	Буркина Фасо	5,7	0,5	8,8 / +4	хлопчатник
15	Мьянма	10,4	0,3	2,9 / +5	хлопчатник
16	Мексика	25,6	0,2	0,08 / +49	хлопчатник, соя
17	Испания	12,7	0,1	0,08 / -418	кукуруза
18	Колумбия	1,8	0,1	5,6 / -9	хлопчатник, кукуруза
19	Судан	17,1	0,1	0,06 / +46	хлопчатник

28-ой ГМ-страной в 2014 г. стала Бангладеш, которая сделала весьма быстрый рывок, зарегистрировав Вт-баклажаны только 30 октября 2013 г., начав их выращивать с 22 января 2014 г., что произошло благодаря политической воле и за счет энергичных действий министра сельского хозяйства этой страны г-на М.Chowdhury. Сейчас в Бангладеш проводят полевые испытания биотех-картофеля. Здесь можно заметить, что картофель является четвертой по значению пищевой культурой в мире, которому

уделяется значительное внимание и создаются новые ГМ-сорты с уникальными свойствами. Так, в США недавно зарегистрирован новый сорт, обеспечивающий лучшую сохранность при повреждении клубней при уборке, транспортировке, но его главное достоинство в том, что в нем снижена концентрация редуцирующих сахаров, за счет чего содержание акриламида, накапливающегося за счет реакции Майяра при высокотемпературной обработке (жарке) картофеля, значительно уменьшается (до

75%), при этом хорошо известно, что акриламид является потенциальным канцерогеном. В тех же США зарегистрирован новый сорт люцерны, являющейся кормовой культурой №1 в мире, с пониженным содержанием лигнина. В целом ряде других стран (Индонезия, Бразилия, Вьетнам, ЮАР, Канада) зарегистрированы и скоро «выйдут на поля» другие биотех-культуры с различными уникальными свойствами (сахарный тростник, соя, фасоль, кукуруза, папайя, цукини, баклажаны и др.). На африканском континенте еще 7 стран провели полевые испытания ряда ГМ-культур, важных для этого региона, что является предпоследним шагом для регистрации. Долгожданный «золотой рис» успешно проходит стадию полевых испытаний в странах с недостатком витамина А. В Европе по-прежнему всего 5 стран продолжают выращивать ГМ-культуры, главным образом Вt-кукурузу, при этом в трех странах произошло небольшое увеличение площадей, а в двух – некоторое сокращение. О серьезном намерении выращивать ГМ-культуры устами министра экологии г-на Оуэна Патерсона заявила Великобритания. В начале 2014 г. О.Патерсон обратился к странам-участницам Евросоюза с предложением пересмотреть требования по лицензированию выращивания ГМ-сортов в сторону их упрощения и в качестве одного из аргументов прозвучало, что возделывание ГМ-культур позволяет значительно уменьшить использование удобрений и ядохимикатов. В 2015 г. пополнить группу биотех-стран готовятся Вьетнам, Камерун, Египет, Кения, Нигерия, Уганда и др.

В данном обзоре ISAAA также говорится, что применение ГМ-технологий позволило сократить объем вносимых пестицидов на 37%, увеличить урожайность на 22%, повысив доход фермеров на 68%. Отмечается, что в ближайшие 5 лет до рынка может быть доведено более 70 новых ГМ-сортов разных видов растений. В докладе рассмотрены и перспективы возделывания ГМ-культур. Считается, что к 2050 году на Земле будут жить более 9 миллиардов человек и для того, чтобы их прокормить необходимо добиться повышения урожайности более чем на 60%, что может быть достигнуто только с применением генно-инженерных технологий.

### Детекция ГМО 0,9%

Если допустить, что в составе ГМО угрозу несут ДНК, белки и вещества вторичного происхождения, то было бы логичным контролировать их все. Однако на деле сейчас почти все сводится к обнаружению только ГМ-ДНК. И норма допустимого содержания ГМО/ГМИ, установленная в 0,9%, подразумевает именно выявление трансгенной ДНК в превышающем этот порог количестве, преимущественно с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР). Только есть ли связь этих 0,9% со здоровьем людей? ГМ-белки, конечно тоже можно детектировать, но это непросто

сделать. С обнаружением вследствие трансгеноза роста концентрации веществ вторичного происхождения, или же их возникновения *de novo* ситуация не лучше. Поэтому практически только ДНК и детектируется.

К сожалению, возделывание различных сельскохозяйственных культур, включая посев, уборку, транспортировку и хранение, приводит к их загрязнению другой растениеводческой продукцией. Это неизбежно! Норма таких посторонних примесей для самой обычной сельхозпродукции в Европе уже на протяжении многих лет составляет 0,9%. Но после принятия в Европейском Союзе решения о детекции ГМО в продуктах питания эту норму с 2003 г. вполне логично распространили и на трансгенные растения. Но этот порог абсолютно не связан с возможным вредоносным действием ГМО на здоровье человека и указывает на то, что если в каком-либо растительном сырье или продукте питания содержание ГМО (или другой примеси) менее 0,9%, то ГМО/ГМИ (или иная примесь) специально добавлена не была, а попала туда абсолютно случайно - за счет технологического загрязнения сельскохозяйственной продукции. Но если при детектировании доля ГМО/ГМИ превысит порог допустимой технологической примеси, то из этого будет следовать, что здесь имело место целенаправленное действие производителя, специально добавившего ГМО/ГМИ в свой конечный продукт<sup>2</sup>. Именно в этом и заключается истинный смысл анализа сырья и продуктов питания на наличие ГМО. Фактически сейчас такая информация о присутствии ГМО должна приводиться потому, что потребитель перед принятием решения о покупке вправе получить максимально полные сведения о товаре и быть предупрежденным о некоей потенциальной опасности, которой на самом деле и нет. К сожалению, определенная часть населения в настоящее время готова воспринимать маркировку «Содержит ГМО» именно как предупреждение о вреде их здоровью. Но есть ли серьезные причины для опасений?

Предлагаем вместе поразмышлять – представляет ли превышение допустимого 0,9%-ного содержания ГМО/ГМИ, действительно угрозу здоровью людей. Для этого надо задуматься над следующими вопросами:

- за счет чего продукт сразу перейдет в разряд опасных для человека, которые уже надо обязательно маркировать, если содержание ГМО в нем изменится с 0,9% до 0,91%, превысив порог всего-то на одну сотую процента, которая что станет как бы «последней каплей», самой вредной для здоровья?

- почему ГМ-растения, таксономически относящиеся к разным ботаническим видам, родам, семействам и даже классам, все становятся опасными именно при превышении порогового уровня в 0,9%?

- чем объяснить, что при внедрении в ГМ-растения генов, синтезированных химическим путем или ведущих происхождение от различных живых

<sup>2</sup> Хотя в этом случае исключать технологическое загрязнение, допущенное нерадивым хозяйственником, тоже нельзя.

организмов всех уровней генетической сложности, работой которых еще и управляют неодинаковые регуляторные участки, полученные из них ГМ-продукты начинают вселять тревогу именно при превышении в них допустимых 0,9%?

- и наконец, поскольку определение содержания ГМО/ГМИ в сырье и продуктах ведется путем детекции ДНК, почему же порогом угрозы здоровью человека представляется величина именно в 0,9%, учитывая, что молекулы ДНК в разных ГМ-продуктах при хранении и переработке по-разному подвержены температурному и ферментативному воздействиям, гидролизу, апуринизации и пр., что неизбежно ведет к потере ими биологических свойств в различной степени.

Если вдуматься во все это, то станет очевидной абсурдность мысли о том, что именно эти пороговые 0,9% содержания ГМО/ГМИ определяют границу между безопасностью и вредоносным действием. Еще раз повторим - по сути эти 0,9% есть показатель технологической примеси и, соответственно, определенного умения вести сельскохозяйственное производство. И зачем же тогда определять содержание ГМ-ДНК, если угрозы здоровью от этой ДНК и нет? Если допустить, что вред все же есть, то в таком случае он должен иметь свои пороговые значения, установленные для разных видов ГМ-растений. На каком основании можно утверждать, что для всех ГМ-культур их содержание в конечном продукте менее 0,9% безопасно? Почему не допустить, что употребление в пищу всего 0,3% ГМИ какаго-нибудь определенного вида ГМ-растений уже может быть крайне опасным? Об этом никто не задумывался? Если кто-то готов возразить и сказать, что такое-то количество точно неопасно, поскольку проводились же специальные эксперименты по выяснению безопасности ГМО, то будет, конечно же, прав. В первую очередь ввиду того, что вообще никакой опасности и нет. Но удивительно другое. Эксперименты проводились, насколько нам известно, не моделируя 0,9 процентное содержание ГМО в кормах для животных. И при этом множество экспериментов, проведенных, в том числе, и в нашей стране, указывают на отсутствие негативного влияния ГМО на испытываемые организмы. Но есть и те, кто говорит, что этим данным нельзя доверять. Следуя их логике нужно допускать, что и количество меньшее 0,9% может быть опасным. Но хотя бы для 0,9% присутствия ГМО/ГМИ в продуктах подтверждение экспериментальное опасности получили бы. Насколько нам известно, при исследовании вредоносности ГМО лабораторным животным часто дают корма с гораздо более высоким содержанием ГМ-компонентов. Например, G.-E.Seralini с соавт.<sup>3</sup> [G.-E.Seralini et al., 2012; 2014] моделировали корма с 11, 22 и 33% содержанием ГМО в них.

В связи с рационом питания касательно опасности содержания ГМО/ГМИ в пище для

здоровья человека, возникает еще один вопрос, на который хотелось бы получить разъяснение. Вот французские ученые под руководством G.-E.Seralini потчевали крыс пищей, содержащей в их дневном рационе от 11 до 33% ГМО, а если человек поест в салате или в гарнире, например сладкую кукурузу, в которой ГМ-компонент будет содержаться в количестве 1%, то, наверное, для того, чтобы оценить дневное потребление ГМО надо и остальную пищу учитывать?! Как и при кормлении крыс делалось. Какую часть дневного потребления пищи может составить эта пресловутая кукуруза? Наверное, 2 - 5% или около этого. Таким образом, может выйти, что человек скушает в день от всей пищи что-то около 0,05% ГМО либо того меньше. Может это неопасно совсем и вся затея по определению содержания ГМО в продуктах питания не стоит и выведенного яйца. Ведь кумулятивного эффекта у ГМ-пищи точно нет, поскольку и белки и нуклеиновые кислоты легко метаболизируются в отличие от ксенобиотиков, плохо поддающихся ферментативному разрушению. Даже когда содержание ГМ-продуктов в дневном рационе достигнет значительных величин, то и в этом случае никакого вреда здоровью оно причинить не сможет, в чем мы постараемся по ходу этой статьи убедить читателя.

Здесь надо заметить, что все выше сказанное о содержании ГМО/ГМИ относилось к обнаружению молекул ДНК трансгена, а никак не вырабатываемого им белкового продукта. А что же по белку происходит? Прежде всего, надо заметить, что прямая корреляция между количеством ГМ-ДНК и содержанием чужеродных белков в ГМ-продукте отсутствует. Для установления подобной зависимости нужно каждый раз проводить отдельное научное исследование. Несмотря на то, что ГМ-белки как потенциальные аллергены представляют собой даже более реальную опасность, нежели ГМ-ДНК, для таких чужеродных для растений белков не установлены какие-либо пороговые значения. Да, в настоящее время существуют коммерчески реализуемые специальные наборы для детекции белков в ГМ-сырье и ГМ-продуктах на основе иммуоферментного анализа в разных его вариантах. Но чувствительность анализов много хуже, да и достоверность ниже. К тому же ДНК даже после частичной деградации может детектироваться с помощью ПЦР, тогда как белки, потеряв под действием различных факторов свою нативность, становятся «невидимыми» для выявляющих их агентов (антител).

Фактически детекция превышения допустимых 0,9% ГМИ в виде ДНК в сырье и продуктах питания при отсутствии интереса к количественному выявлению ГМ-белков и тем более веществ вторичного происхождения является имитацией заботы о здоровье граждан, причем безо всякой гарантии получения достоверных результатов.

#### ***Контингентны противников и сторонников ГМО***

Прежде чем начать детальное рассмотрение особенностей процесса обнаружения ГМ-ДНК стоит

<sup>3</sup> Работам этих авторов мы посвятили специальную главу.

ненадолго задержать внимание читателей на контингентах сторонников ГМО (противников детекции) и противников ГМО (сторонников детекции). Здесь мы решили взять на себя смелость примерно представить, какие интересы движут этими двумя сторонами для того, чтобы слушая высказывания представителей разных групп, можно было понимать всю «подноготную». Думается, что подобный срез общества характерен для всех стран, так или иначе сталкивающихся с проблемой ГМО.

Безусловно, главными безоговорочными сторонниками возделывания ГМО и противниками детекции ГМО/ГМИ в продуктах питания являются те, кто их создает, испытывает, а потом возделывает. Это ученые, занятые фундаментальными исследованиями в соответствующих областях, специалисты, работающие в научно-исследовательских учреждениях прикладного плана. Они и зарплату получают за создание трансгенных растений и превращение их затем в ГМ-культуры и доход от их возделывания. Но самое главное – им доподлинно известна технология создания ГМ-растений, не таящая в себе никаких угроз. То есть, помимо меркантильных интересов в виде зарплаты, этот контингент<sup>4</sup> подходит к вопросу о ГМО вполне осознанно. Есть также определенные категории людей, поддерживающих выращивание ГМО, сопровождаемое их детекцией. У них свои корыстные интересы, о которых поговорим чуть ниже. Помимо данных профессиональных групп, выращивание ГМО и ненужность их детектирования поддерживают широкие слои населения, представленные людьми передовых взглядов, которые способны делать правильные выводы и не противиться передовому опыту.

За детекцию ГМО/ГМИ и запрет на их возделывание, исходя из своих интересов, ратуют весьма разнородные группы граждан. Возможно, самую многочисленную группу составляют простые обыватели, которых с помощью части журналистов смертельно запугали некоторые ученые. Их еще можно назвать группой поддержки, которая необходима многим другим группам, чтобы апеллировать к общественному мнению. При этом не надо думать, что эти люди представляет собой большинство населения. Тот факт, что в интернете в связи с вопросами ГМО преобладают настроения возмущения и негодования, совсем не означает того, что данный контингент многочисленнее – это может вполне объясняться их более активной жизненной позицией, о созидательности или деструктивности которой еще надо задуматься. Хотя стоит только почитать «что» и особенно «как» пишут в интернете эти люди, то ответ будет ясен сразу. При этом надо учитывать, что люди находятся под сильным прессом анти-ГМО-пропаганды, идущей с экранов телевизоров, звучащей по радио и находящей место в печатной продукции. Каких-то глубинных корыстных интересов у этой группы противников

ГМО и сторонников детекции ГМО/ГМИ нет. Они действительно боятся за себя, за своих детей, в некоторой степени за сохранение биоразнообразия на нашей Планете. Но среди них есть и так называемые активисты-экологи, рьяно борющиеся против ГМО, не понимая сути. Даже не удивляет, как они с радостью оповещают всех и вся о любой публикации, где говорится о вреде ГМО, выкладывая (ретранслируя) такую информацию на своих страничках в интернете и похуже даже не задумываясь над достоверностью данных и не ставя их под сомнение. При этом они почему-то предпочитают умалчивать о настоящих научных статьях, в которых убедительно показана безвредность ГМО.

Другая группа – журналисты. У них тоже свои интересы – им надо поднимать свой личный рейтинг, рейтинг своих изданий, телеканалов, радиостанций. Главная цель и итог – увеличивающаяся зарплата, карьерный рост. Для части из них один из способов – рассказывать жуткую «правду», которую якобы пытаются скрывать, в том числе про ГМО. В качестве красноречивого примера негативной роли журналистов можно привести устроенную средствами массовой информации по всему миру неоправданную шумиху с очернением ГМО после публикации статьи G.-E.Séralini и др. [2012]. Как уже отмечалось выше, эта статья позже была отозвана редакцией журнала из-за вопиющего несоответствия требованиям, предъявляемым при проведении подобных работ к постановке экспериментов [Séralini et al., retracted, 2014]. Любая публикация, пусть даже и в солидном рецензируемом журнале, носящая сенсационный характер (тем более по спорному вопросу), не должна считаться безоговорочной истиной, пока не получит подтверждения в независимых работах других авторов. Журналисты этого не поняли, и, не разобравшись в ситуации, за несколько часов ретранслировали эту «новость» по всему Земному шару более полутора миллионов раз, тем самым запугав отдельных граждан и целые страны [Arjo et al., 2013].

Журналистов можно до некоторой степени понять, но оправдать трудно, поскольку они должны помнить о мере своей ответственности. Вот противники ГМО любят апеллировать к известному принципу предосторожности, по которому «лучше воздержаться от какого-либо действия, чем позволить ему совершиться, рискуя потенциально негативными последствиями» (или иначе «как бы чего не вышло»). Но если судить по некоторым журналистским материалам – они об этом принципе или не знают вовсе или сознательно забывают, когда им это становится выгодным, описывая леденящие душу картинки с ГМО. Но как бы то ни было – вестями с полей о повышении урожайности неких сельскохозяйств на несколько центнеров с гектара рядового потребителя медиа-продукции сегодня не привлечешь. Тем более, что не каждый сможет оценить такой результат по достоинству. Эту информацию не воспримут, даже если такое повышение урожайности достигнуто с помощью нового уникального сорта растений или благодаря

<sup>4</sup> К тому же часто для ученых не зарплата стоит на первом месте, а важен сам исследовательский процесс.

новой передовой аграрной технологии, разработанных учеными. Другое дело - материал, повествующий о том, что эти ученые удумали и сотворили что-то такое нехорошее, способное непредсказуемо изменить саму Жизнь на нашей Планете. Вот что кое-кто считает за материал, достойный внимания обывателей и в действительности его привлекающий. Интернет сейчас буквально засорен искаженной, неправдивой информацией о ГМО. Хотя теперь некоторые средства массовой информации (СМИ) и отдельные журналисты пытаются правдиво освещать ситуацию с ГМО, но значительной частью общества эта информация уже или не воспринимается вообще, или воспринимается превратно, поскольку считается заказной, что фактически отождествляется с лживой. Публикаций же в интернете, опирающихся, действительно, на научные факты о ГМО, к сожалению, крайне мало. Собственно с тем же успехом можно считать лживой и информацию об опасности ГМО, поскольку она также может быть заказной.

Что касается ученых, в том или ином виде являющихся противниками ГМО, то эта группа также весьма неоднородна. Среди ученых - противников ГМО - есть представители других областей науки, далеких от биологии, на которых повлияло журналистское воздействие, и они теперь действительно опасаются ГМО, отчасти из-за недостатка информации, которой могли бы доверять. Еще одну группу ученых - противников ГМО представляют биологи разных специальностей, среди которых классические селекционеры-генетики, экологи. Не хотим их всех обвинять в предвзятости отношения к ГМО, но таковые тоже есть. Часть из них работают в областях, где надо оправдывать свою зарплату, заботясь о благополучии окружающего мира и человека, и в этом естественно нет ничего предосудительного. Существуют разные фонды, различные природоохранные организации, предоставляющие гранты для выполнения подобных исследований, и деньги нужно зарабатывать тем, что умеешь делать<sup>5</sup>. Противники ГМО из этой категории хотя и вынуждены признавать, что вред от потребления ГМ-продуктов не доказан, но при этом требуют дальнейших исследований их безопасности. Вот где для некоторых из них что называется «собака зарыта» на самом деле! Часть генетиков-селекционеров, привыкших вести селекцию классическими методами с применением в свое время такого передового метода как индуцированный мутагенез, одно время запрещаемый Т.Д.Лысенко, сейчас сами противятся использованию перспективных генно-инженерных технологий в растениеводстве. В качестве подтверждения, что не мы одним так думаем - можем сослаться на интервью акад. Г.Г.Онищенко, опубликованное в Российской газете 11 марта 2015 г., в котором он называет подготовленный законопроект, запрещающий

разводить и выращивать в России генно-инженерно-модифицированные растения и животных, «типичной лысенковщиной». Не желая никоим образом ранжировать науки, (которые все в той или иной степени важны и нужны, в том числе для благополучия государства), заметим, что создавать трансгенные растения и ГМ-культуры, выводить их на поля, несравнимо сложнее, чем кормить подопытных животных ГМ-продуктами и наблюдать, что с ними при этом происходит. Или в природе вести наблюдения за изменяющейся фауной и флорой в связи с ГМО даже с должным уровнем профессионализма и высочайшей ответственностью. Наконец, есть молекулярные биологи и биотехнологи, которые в силу сложившихся обстоятельств (своего трудоустройства) занимаются вопросами детекции ГМО с целью разработки все новых способов обнаружения ГМ-ДНК, поскольку получают за это заработную плату. Большинство из них отдают себе отчет в том, что имеющиеся тесты на ГМО неточны. Диагностика не может каждый раз быть сродни научному исследованию, и соответственно, провести массовые тесты с требуемой точностью действительно невозможно. Но им нужно зарабатывать на жизнь, и в условиях (потенциальной) безработицы чревато бросать даже такую работу. Да и интересная работа в общем то – новые технологии и подходы же разрабатываются, что побуждает к желанию работать больше и лучше. Опять-таки – профессиональный уровень может вырасти, карьерный рост последовать и зарплата соответственно возрастет. Причем этой группе ученых необходимо, чтобы ГМ-растения продолжали выращивать и даже увеличивать площади под ними, поскольку это будет обеспечивать им занятость. При этом у населения должен оставаться страх перед ГМО. Аналогичной точки зрения, по-видимому, придерживаются и представители коммерческих структур, занимающиеся детекцией ГМО/ГМИ, производящие специальные приборы и расходные материалы. Так что у них к проблеме ГМО четко выраженный бизнес-интерес, хотя в условиях диверсификации собственной продукции они могут смотреть на проблему, что называется, проще. Малочисленную группу ученых-противников ГМО составляют некоторые биологи, в целом прекрасно понимающие ситуацию вокруг ГМО, но их прельщает возможность самовыражения: у них берут интервью, приглашают выступать в качестве экспертов на радио, телевидение, во властные структуры.

Раз уж коснулись экспертной составляющей для СМИ, то помимо вышеупомянутой категории ученых, ответственность за информирование населения о ГМО на себя нередко берут представители и других категорий граждан, как правило, некомпетентных в данной области, но их позиция часто зависит от присущих им меркантильных интересов, и поэтому крайне важно обращать внимание какие структуры они представляют. Причем это также типично для многих стран, имеющих какое-либо отношение к ГМО. При встречах противников и сторонников ГМО за

<sup>5</sup> Собственно и здесь можно порекомендовать обратиться к сноске №4, поскольку она также во многих случаях будет справедлива.



«круглым столом», например на телевидении идет, по сути, «война риторик» и рядовому потребителю такой информации следует принимать во внимание, от какой организации выступает тот или иной представитель. При этом нападающей стороной всегда являются противники ГМО, часто недобропорядочно<sup>6</sup> начиная свою атаку на ГМО запугиванием аудитории, например, тем, что скоро молодежь вовсе не сможет рожать детей, приводя данные об увеличивающихся случаях ЭКО (экстракорпорального оплодотворения), которое даже, если и растет в нашей преимущественно непотребляющей ГМ-продукты стране, то причины такого роста совсем иные, включая улучшение самой технологии и совершенствование используемого для этой цели оборудования, расширение сети таких центров, а также растущее благосостояние народа, поскольку процедура не из дешевых. Немалый же вклад в половое нездоровье молодого поколения вносят как современные образ и стиль жизни, так и некоторые тенденции современной молодежной моды, особенно пагубно сказывающиеся в нашей стране с ее довольно суровым климатом, а ГМО здесь совершенно не причем. Сторонники же ГМО вынуждены защищаться, причем безапелляционные заявления первых (противников ГМО) часто столь абсурдны, что и отвечать на них невозможно и у обывателя складывается впечатление, что парировать то нечем. На самом деле это классика пропаганды, нацеленной именно на «затуманивание мозгов».

Еще одна очень важная и неоднородная в своем отношении к ГМО группа – аграрии. Часть их, видя потенциальное увеличение прибыли за счет новых технологий, готова возделывать ГМ-культуры, другая – привыкла работать по старинке, все равно получая определенный урожай и доходы от его реализации, считая, к тому же, что огромные просторы нашей Родины всяко нас прокормят. Сторонники органического земледелия используют истерию вокруг ГМО для продвижения своей продукции, при массовом же выходе ГМ-растений на поля они смогут еще выше поднять цены, для них складывающаяся ситуация с запугиванием населения ГМ-продуктами выглядит по сути беспроектной.

Надо полагать, что производителям пищевой продукции все равно, какое сырье перерабатывать. Явной зависимости роста их доходов от использования ГМ-культур, наверное, нет. Или пока нет, поскольку при массовом возделывании ГМО считается, что издержки сокращаются процентов на 20. Но требования по детекции ГМО/ГМИ добавляют им лишних хлопот, увеличивая себестоимость их продукции. При этом надпись «Содержит ГМО»

<sup>6</sup> Под недобропорядочностью, если не сказать сильнее, мы понимаем, то, что страшилки, преподносимые такими людьми их слушателям, на самом деле к ГМО никакого отношения вовсе не имеют, или, по крайней мере, такая связь никак не доказана и говорится это ими, что называется, для «красного словца» и рассчитано на взывание к чувствам и эмоциям и никак не направлено на размышления и рассудительный анализ!

может привести к падению спроса на такие товары и даже к их удешевлению. Но хотя в итоге так или иначе все затраты сверх меры будут оплачены конечными потребителями.

Отдельную группу составляют работники прилавка, специализирующиеся на продуктовых товарах. У них интерес один – продать товар и получить свою выручку. При этом в условиях настороженного отношения общества к ГМО, они наверняка будут воздерживаться от приема к продаже товаров с пометкой «содержит ГМО», опасаясь, что такая группа товаров будет плохо продаваться.

Есть еще и контролирующие органы, призванные вести детекцию ГМО на полях и в продуктах питания. Их интересы схожи с интересами производителей органических товаров. Расширение посевов ГМО, сопровождаемое истерикой в СМИ — все это неизбежно ведет к желаемому увеличению бюджетного финансирования. Тут за все платит налогоплательщик. Также нельзя забывать о коррупционной составляющей, про которую лишний раз и вспоминать не хочется.

Наконец, есть еще чиновники разного уровня. Именно от них во многом зависит принятие важных государственных решений по разным проблемам и по ГМО в частности. Но чиновники тоже люди, и, не будучи специалистами по генной инженерии, они также вынуждены слушать радио, смотреть телевидение, читать прессу, обращаться к экспертам. Несколько озадачивает, но почему-то им больше по душе эксперты – противники ГМО. При этом нельзя исключать и лоббирование некоторыми чиновниками чьих-то интересов (о чем также в своем интервью упомянул Г.Г.Онищенко), хотя надо думать, что при принятии решений по проблеме ГМО ими движет желание обеспечить процветание нашей Родины.

Но как показывает практика, лица, принимающие важные решения по проблеме ГМО, не располагают нужной и достоверной информацией в полной мере. Так, 4 сентября 2014 г. на заседании Правительства Российской Федерации был рассмотрен вопрос об административных правонарушениях в части усиления ответственности за несоблюдение требований к маркировке пищевой продукции, содержащей ГМО. На рассмотрение Госдумы внесены поправки о штрафах, размеры которых для юридических лиц могут составить от 100 тыс. до 150 тыс. руб. с возможной конфискацией предметов административного правонарушения. С января 2015 г. данная норма стала формально действовать. Однако некоторым депутатам показалось этого мало, в результате чего подготовлен законопроект, предусматривающий даже уголовную ответственность за повторное сокрытие информации о присутствии ГМО/ГМИ в продуктах питания. Документ отправлен ими на согласование в Правительство РФ и Верховный суд для его последующего внесения в Государственную Думу. Предполагается подобные правонарушения подвести под действующую статью Уголовного кодекса, которая устанавливает ответственность за сокрытие информации об обстоятельствах, создающих

опасность для жизни или здоровья людей (часть 1 статьи 237 УК РФ), внеся в нее необходимые изменения. Максимальное наказание по данной статье предусматривает лишение свободы на срок до двух лет. И где здесь опасность для жизни, поскольку даже сами противники ГМО признают, что вред от потребления ГМ-продуктов не доказан! В действительности вреда нет и быть не может, поскольку широко культивируемые так называемые обычные сорта большинства возделываемых растений тоже несут в себе множество рукотворных изменений в своих геномах, тем не менее их спокойно разрешают выращивать и безо всяких ограничений ими питаться.

При этом с молекулярно-биологической точки зрения выполнимость данных требований представляется весьма проблематичной или точнее – невозможной, о чем речь поведем ниже. Едва начавшись, исполнение закона об обязательной маркировке содержания ГМО во всех продуктах при попытке его неукоснительного выполнения может быть полностью прекращено<sup>7</sup>. В обществе видимо бытует представление, что определять содержание ГМО/ГМИ также просто как, например, использовать магазинные контрольные весы – положил любой товар и убедился в совпадении заявленного продавцом количества или отклонении от него. Все четко и ясно! А для поверки весов одинаковые эталонные гири есть и службы метрологические во всех регионах присутствуют. В случае с ГМО/ГМИ – все гораздо сложнее и неоднозначнее! Именно это и хотим донести до читателя в этой главе.

#### **Проведение ГМО/ГМИ анализов**

В России с 2007 г. действует норма, в соответствии с которой продукты, содержащие выше 0,9% ГМ-компонентов в своем составе должны маркироваться. Ранее допускалось 5%-ное содержание. Напомним, что с угрозой для здоровья людей превышение этих величин не имеет никакой связи. Нам хорошо известны все тонкости технологии детекции ГМО на уровне ДНК, и мы ответственно заявляем: количественная ПЦР в режиме реального времени, с помощью которой надо проводить такие измерения, недостаточно для этого точна. Не говоря об используемой для этой цели ПЦР с детекцией по конечной точке, которая обеспечивает фактически только качественный анализ, и выявление определенного процента содержания ГМО в продуктах питания на основе этого подхода является профанацией. Аналогичным образом любая технология детекции ГМО, основанная на ДНК-чипах, также в состоянии дать только качественный ответ. Если кто-то попытается возразить<sup>8</sup>, полагая,

что это не так, и что с помощью ПЦР можно детектировать и меньшие количества содержания ГМО, то, безусловно, будет отчасти прав – можно и 0,01% присутствия ГМИ уловить, но согласно действующим нормативным документам задача-то стоит другая – превышения 0,9% допускать нельзя, оставляя без внимания. То есть, фактически маркировать товар, как содержащий ГМО, нужно при превышении допустимого количества формально уже на 0,01%. Но выявление всего 0,01% и обнаружение различий в 0,01% далеко не одно и то же.

Наверное, определять содержание ГМО/ГМИ с точностью до третьего знака намерений ни у кого нет. Может быть, попытаться определять с точностью хотя бы до первого знака? Полагая, что допустимое содержание ГМО в этом случае может колебаться от 0,8 до 1%, поскольку точность определения  $\pm 1\%$  совсем уж будет неправильно допускать при пороге то в 0,9%! При этом надо будет или поправки к этому закону принимать или подзаконные акты создавать. Впрочем, даже и такую точность обеспечить практически невозможно! Тем более, в массовых анализах. Собственно дело даже не в пресловутых 0,9%, а что называется – в принципе. Ведь неважно какой порог будет установлен – 0,9%, 2% или 5% и какая будет допустимая погрешность! Во всех случаях точность детекции любым методом допускает вероятность такой ошибки, которая будет «с легкостью» переводить товары из группы с ГМО в группу без оных со всеми вытекающими последствиями, прогнозируемыми нами ниже!

Для оценки количества ГМО/ГМИ с необходимой точностью требуется проводить так называемую цифровую ПЦР, но в настоящее время соответствующим импортным оборудованием и технологией ее проведения в России владеют считанные лаборатории. Одним из препятствий для массового внедрения этой технологии является высокая стоимость расходных материалов и самих приборов, приблизительно на порядок превышающая стоимость обычных ДНК-термоциклеров с оптическим блоком для ПЦР в реальном времени и почти на два порядка – ДНК-термоциклеров, работающих по конечной точке. На данный момент таких приборов в нашей стране крайне мало и не похоже, что ситуация будет переломлена. Пока не имеется отечественных разработок технологии цифровой ПЦР, которые были бы реализованы в виде конкретных коммерчески производимых приборов. Соответственно об импортозамещении речь пока не идет, и покупать такое оборудование придется у зарубежных производителей, платя немалые деньги, которые могли бы быть направлены на иные цели, более важные для государства сейчас.

С целью уменьшения ручного труда и

---

«Циклика нуклеиновых кислот», где будут изложены все возможные способы амплификации и высокочувствительной детекции специфичных фрагментов нуклеиновых кислот, а не только всем известная ПЦР и посему какими-никакими, но специалистами себя в той области считаем.

<sup>7</sup> Как десяток лет назад подобное произошло с предложенной стране согласно № 122-ФЗ монетизацией льгот, возможные последствия которой оказались изначально далеко непродуманными.

<sup>8</sup> В ответ на возможные возражения хотим сразу сообщить, что нами готовится рукопись, не имеющего аналогов в мире пятитомного издания

одновременно или даже в первую очередь для повышения воспроизводимости результатов детекции ГМО/ГМИ процесс экстракции ДНК из сырья и конечных пищевых продуктов обязательно должен быть автоматизирован. Для этого необходимо использовать так называемые ДНК-экстракторы, выпускаемые рядом зарубежных фирм. И здесь ситуация с импортозамещением может быть чуть лучше, поскольку недавно отечественными авторами сообщено о разработке такого прибора [Mamaev et al., 2015], на который ими ранее был получен патент РФ № RU 2 380 418 С1, обладателями которого является Институт молекулярной биологии РАН и Федеральное агентство по науке и инновациям.

Для обнаружения ГМО/ГМИ используются специальные наборы. Уделим им несколько строк тоже. Множество зарубежных и отечественных фирм выпускают готовые наборы для выявления разных участков ДНК, наличие которых в сырье и готовых пищевых продуктах указывает на имевший место трансгеноз. На ряд разработок, лежащих в основе этих тест-систем получены патенты, принцип действия других является коммерческой тайной производителя, но и те и другие зачастую не раскрывают конкретные детектируемые участки-мишени. Это затрудняет процесс стандартизации метода, ведь даже незначительные различия в процессе амплификации способны приводить к результатам, расходящимся в количественной оценке. К тому же обязательным условием проведения достоверного количественного анализа на ГМИ с помощью ПЦР (в том числе в цифровом варианте) является использование в качестве контроля при калибровке инструмента сертифицированного референсного материала.

Нельзя забывать и о возможных ложнопозитивных результатах ПЦР, но правильная организация специализированных и сертифицированных лабораторий, а также наличие высококвалифицированного персонала должна помочь их избежать. Также имеется вероятность получения ложно-негативных результатов ПЦР, которые ошибочно могут указать на отсутствие ГМИ или снизить его количество вследствие ингибирования реакции компонентами самого продукта. Подобное довольно часто происходит, независимо от имеющегося приборного оснащения для проведения ПЦР, что отмечается во множестве методических работ такого плана. В качестве источника информации по этой теме рекомендуем наши обзорные статьи, посвященные ложнопозитивным и ложно-негативным результатам в ПЦР [Чемерис и др., 2012; 2012а].

В качестве примера можно представить ситуацию, когда некий производитель отгрузит свой товар из одной партии в разные регионы страны, и в одних найдут присутствие ГМИ выше допустимого, а в других – нет. Подобное может произойти в силу множества причин: разные ДНК-термоциклеры и наборы для амплификации, другие специалисты-исполнители, иные отличия. В мировой литературе есть масса работ, посвященных вопросу

межлабораторного воспроизводства результатов детекции ГМО, свидетельствующих, что с этим дела обстоят крайне плохо. Очень важное значение имеет этап пробоподготовки (выделение ДНК), для которого также выпускаются различные наборы. Выход ДНК из одинаковых навесок также может отличаться от набора к набору и способен существенно повлиять на итоговую количественную оценку. Даже превысив разброс данных самой амплификации. К тому же выход ДНК при выделении этой субстанции из разных компонентов, входящих в состав некоего конечного пищевого товара, может заметно различаться, внося тем самым искажение процентного содержания разной ДНК в итоговом результате. Таким образом, зная о таких сложностях, производитель может не согласиться с результатами анализа, показавшего присутствие ГМО выше допустимого уровня. И тогда что?! В арбитражный суд? Но где гарантия того, что данные дополнительной независимой оценки будут верны? Или аффилированные с арбитражными судами диагностические лаборатории должны будут пройти международную сертификацию, что повысит степень доверия к результатам их тестов? Повысит ли? Или в них должны работать остепененные специалисты только? Это ж какие деньги в масштабах всей страны потребуются?!

Кто-то скажет, что для стандартизации процесса нужно проводить все анализы на паре наиболее подходящих друг другу моделей ДНК-экстрактора и ДНК-термоциклера, используя адаптированные под них наборы реактивов. Кто сможет взять на себя ответственность по определению таковых? В условиях проведения конкурса согласно требованиям Федеральной антимонопольной службы и Закона о контрактной системе (44-ФЗ)! Некому Техническому заданию могут вполне соответствовать несколько моделей ДНК-экстракторов и ДНК-термоциклеров, а также разные варианты наборов для экстракции и амплификации. Но есть еще одна вообще нерешаемая проблема - как везде принять на работу «одинаковых» лаборантов?

Экспериментатора, ведущего определение содержания ГМИ в продуктах питания, помимо вышеописанных, подстерегают также сложности, связанные с правильным выбором и использованием уже упоминавшегося выше стандартного референсного материала. Известно, что ряд растений, включая представленную многочисленными ГМ-сортами кукурузу, характеризуется внутривидовой вариацией размеров генома и, соответственно, количеством ДНК на ядро. При игнорировании этого обстоятельства точность определения 0,9% примеси ГМО в виде ГМ-кукурузы надо ставить под сомнение. Помимо внутривидовых различий в содержании ядерной ДНК, ГМ-культуры могут быть разной ploидности, при том, что содержание ГМО/ГМИ согласно существующим требованиям должно пересчитываться на гаплоидный геном. Но это еще может быть более-менее известно при детекции конкретной ГМ-культуры. Однако, если в качестве сырья для ГМ-продуктов используется

зерно, то эндосперм в нем, благодаря двойному оплодотворению, имеет триплоидный статус. Спрашивается, каково весовое соотношение прочих диплоидных тканей и триплоидного эндосперма, информация о чем требуется для правильного использования референсного материала. Приведенные выше ситуации с анализом конечной продукции, равно как и с сырьем для ее изготовления, свидетельствуют о том, что достичь требуемой точности количественной оценки содержания ГМО/ГМИ, в том числе с помощью цифровой ПЦР, представляется абсолютно невозможным.

Для того, чтобы читателю не показалось, что кроме нас в мире так больше никто не думает, обратим его внимание на публикацию в солидном журнале *Nature Biotechnology* [Weighardt, 2006], заголовок которой («European GMO labeling thresholds impractical and unscientific») прямо называет установление порогового уровня при детекции ГМО как непрактичное и ненаучное действие<sup>9</sup>. Позже в письме редактору этого же журнала F.Weighardt [2007] указывает еще на целый ряд моментов, мешающих достоверной оценке присутствия ГМИ в продуктах. Среди них – уже упоминавшаяся нами деградация ДНК, вызванная воздействием высоких температур в процессе производства; более «тонкие» моменты в виде имеющих место возможных различий в длине и в особенностях нуклеотидных последовательностях детектируемых ампликонов (целевого и референсной последовательности), что в итоге может давать существенную разницу в количественной оценке. Также им отмечается возможное ингибирование ПЦР различными ингредиентами, содержащимися в анализируемых пищевых продуктах, разная степень гомогенизации различных компонентов на стадии производства, влияющая на эффективность экстракции ДНК. В аналогичном письме в тот же журнал группа ученых из Великобритании [Macarthur et al., 2007] отмечает, что при анализе больших партий зерна, потенциально загрязненных ГМО, невозможно получить достоверные результаты, ввиду того, что все зерно не может быть тщательно перемешано и в анализ попадает не средневзвешенный образец. Ранее этот факт отмечали и другие авторы [Paoletti et al., 2006].

В мировой литературе имеется много обзорных и экспериментальных статей методического плана, в которых значительное внимание уделено вопросам влияния на детекцию ГМО/ГМИ особенностей методов экстракции, неизбежной деградации ДНК, присутствия ингибирующих ингредиентов и пр. Во многих публикациях отмечаются плохо преодолимые трудности детекции ГМО. Но люди же работают, скажете Вы, и будете правы. При этом надо еще помнить, что они получают за это зарплату. Действительно, высококвалифицированные специалисты в состоянии выявить различия в содержании ГМО/МИ на уровне 0,01% между разными образцами предоставленного им материала.

Но это уже будет целое научное исследование, имеющее мало общего с рутинным определением содержания ГМО в обычных диагностических лабораториях.

#### ***А что если детектировать любое содержание ГМО/ГМИ?***

Иногда звучат требования о выявлении даже самого малого содержания ГМО/ГМИ. Конечно, это снимет целый ряд вопросов. Можно будет проводить качественный анализ, для которого вполне подходит использование и дешевых ДНК-термоциклеров по конечной точке. Могут быть применены даже ДНК-чиповые технологии. Тогда ГМО будет обнаруживаться почти везде. По крайней мере, в тех продуктах питания, где присутствует соя, поскольку в странах – основных экспортёрах нетрансгенную сою уже практически не возделывают. Однако для выполнения требований по анализу ГМО, например, при изготовлении колбасных изделий с добавлением сои, будет необходим как входной контроль сырья из всех тщательно перемешанных партий, так и анализ на содержание ГМИ в разных партиях выпускаемой продукции. Наверное, будет проще признавать присутствие ГМО/ГМИ в колбасных изделиях, не проводя никаких тестов.

При этом стоимость проведения анализов на наличие ГМО/ГМИ неизбежно отразится на стоимости продуктов питания, что неминуемо проявится в содержимом кошельков покупателей. Некоторой части общества такая информация о содержании ГМИ абсолютно не интересна, поскольку они относятся к ГМО спокойно, без страха и предубеждений. Однако их тоже коснется удорожание широкого ассортимента пищевой продукции из-за анализов на ГМО, которые будут делаться в угоду обеспокоенной части общества. Справедливо ли это? Хотя, возможна и иная ситуация, когда колбаса с официальным содержанием ГМИ будет стоить заметно дешевле. Тогда в выигрыше будут те потребители, которых не остановит «угрожающая» надпись типа «содержит ГМО». Впрочем, как уже отмечалось - еще неизвестно, какие группы населения превалируют – противники ГМО, сторонники или те, которым это безразлично.

Если только представить, что будет необходимо указывать присутствие ГМИ в продуктах питания в любом самом малом количестве (что означает, что пороговое значение для указания присутствия ГМО фактически составит 0%), и это будет строго контролироваться, то как быть в этом случае производителям сельхозпродукции, закупающим организациям и переработчикам? Причем найти «такое» содержание ГМИ как раз не составит большого труда, даже полностью исключая возможные ложно-позитивные результаты. Хочется этого кому-то или нет, но доля посевов ГМ-культур во всем мире продолжает расти и как следствие будет увеличиваться вероятность присутствия ГМО в обычной технологической примеси. Таким образом, вся сельхозпродукция может стать хоть немного, но ГМО-содержащей. По некоторым неофициальным

<sup>9</sup> В статье идет речь о пороге в 0,9%.

оценкам уже сейчас в Российской Федерации (без учета Крыма, где ситуация может быть даже иной в процентном соотношении, поскольку в Украине на протяжении ряда лет отношение к возделыванию ГМО было другим, чем в России) ГМ-культурами нелегально занято не менее 400 тыс.га. Так что еще раз повторим – будет проще маркировать как ГМО-содержащее практически все подряд, даже не проводя анализов, заведомо считая, что все продукты содержат хотя бы примеси ГМО. В таком случае, зачем проводить анализы на присутствие ГМИ и маркировать товары?! Конечно, это создание большого числа новых рабочих мест, что само по себе неплохо. А вот во что это может вылиться - см. ниже.

При выявлении ГМО/ГМИ существует еще одна серьезная проблема, заключающаяся в вопросе - что же именно необходимо детектировать с помощью ПЦР? Праймеры для выявления каких ГМИ использовать? Производители в специальном досье на ГМ-культуры в обязательном порядке должны сообщать о произведенных генетических модификациях с указанием использованных промоторов, генов антибиотикоустойчивости и других участков, а также предлагать методы и протоколы для их выявления. При анализе продуктов на наличие ГМО обычно не ищут целевые гены, ввиду их чрезвычайного разнообразия, а пытаются обнаружить несколько менее разнообразные гены устойчивости к антибиотикам и регуляторные участки (промоторы и терминаторы). В свою очередь регуляторные участки у разных ГМО могут сильно различаться ввиду так называемого полиморфизма ДНК, поскольку они имеют разное генетическое происхождение - это может помешать специфичному отжигу праймеров. Например, помимо наиболее часто используемого при создании трансгенных растений классического 35S промотора из вируса мозаики цветной капусты (также имеющего несколько вариаций) при трансгенозе используются и другие вирусные промоторы, а также их химерные формы. Одно дело, если эти участки известны из описания ГМ-культуры, данной производителем в соответствующем досье, и совсем другое при задаче обнаружения любых ГМИ во всевозможных пищевых продуктах – для этого необходимо использовать целую линейку праймерных систем, что приведет к дополнительному удорожанию анализа. К слову сказать, сам вирус мозаики цветной капусты как таковой может присутствовать во многих растениях семейства крестоцветных и в конечной продукции на их основе, а в случае выбора мишенью для детекции 35S промотора, часто используемого при создании трансгенных растений, его компоненты могут ложно свидетельствовать о присутствии ГМО/ГМИ.

Более дешевым вариантом обнаружения разных ГМИ может служить ДНК-чиповая технология, где на чипе могут находиться олигонуклеотидные или более протяженные нуклеотидные последовательности фрагментов ДНК, способные с помощью молекулярной ДНК/ДНК-гибридизации одновременно выявить большое число

мишеней. При этом все равно нельзя будет дать гарантии, что не был пропущен какой-либо трансген, тем более, если помнить о возможном технологическом загрязнении собранного урожая неизвестно чем. В качестве пояснения данной мысли следует указать, что существует свыше двух десятков только коммерчески возделываемых трансгенных образцов сои, сконструированных разными фирмами и несущими несколько отличающиеся рекомбинантные участки ДНК, используемые для детекции. Причем нет никакого сомнения в том, что создание новых трансгенных форм этой важной сельскохозяйственной культуры будет продолжаться и одновременно с целью достижения лучшего уровня экспрессии трансгенов будет расти разнообразие регуляторных участков ДНК. Другие ГМ-культуры в этом вопросе также не будут отставать. При поиске «любого» ГМИ об использовании сертифицированного референсного материала можно вообще забыть, потому как неясно будет на какую именно нуклеотидную последовательность и какого организма он должен быть ориентирован. Но как без его использования точно определять содержание ГМИ можно будет только качественно — есть или нет! В этом случае количество ГМИ в продукте питания не будет иметь значение, а вместо референсного материала потребуется обычный положительный контроль.

Есть еще один способ уловить любой трансген – это секвенирование всей ДНК, содержащейся в продукте, например в колбасе. На данный момент это можно осуществить методами секвенирования новых поколений, но выполнить такую работу в состоянии только высококлассные специалисты, и со всей пробоподготовкой и последующим биоинформационным анализом она займет как минимум пару недель, а то и больше. Причем для определения истинного содержания ГМО/ГМИ в процентах надо будет проводить весьма непростой пересчет. Метагеном колбасы наверняка еще никто в мире не секвенировал, и сравнивать полученные данные будет не с чем. И вообще это будет бессмысленным занятием, потому как в колбасе присутствует, слишком много компонентов, содержащих разную ДНК, начиная от вирусов и бактерий, и заканчивая человеком, генетический материал которого неизбежно будет присутствовать из-за слущивающихся чешуек кожи операторов, на всех стадиях контактирующих с колбасными ингредиентами, поскольку обеспечить полную стерильность невозможно. При этом стоимость такого анализа ДНК колбасы из одного только образца может составить от 30 до 100 тысяч рублей. При удачном стечении обстоятельств можно будет действительно засечь разницу в 0,01% от 0,9%. Или даже определить содержание ГМИ с точностью до 0,001%. Но полученные таким образом данные все равно не будут вызывать доверия, поскольку методы массивного параллелизма могут привести ошибки на разных стадиях, в том числе из-за избирательности амплификации. Мономолекулярные методы секвенирования могли бы дать чуть более точный результат. Один из таких производимых

ныне приборов PacBio RS II американской фирмы Pacific Bioscience (поставщик в России – ООО «Аламед») теоретически мог бы дать нужную информацию, но его производительности может не хватить. При этом он весит более тонны, а по нынешним временам будет стоить в России под 100 миллионов рублей, поэтому с учетом амортизации анализы на всевозможные ГМО будут требовать заоблачных сумм денег. Хотя, может и купить один такой в какую-нибудь центральную ГМО-диагностическую лабораторию? С учетом тех трат (см. ниже), которые предстоят для создания сети ГМО-лабораторий по всей стране – 100 млн.руб. - это сущие копейки.

А что если маркировки на товаре не будет или она будет указывать на отсутствие ГМИ, несмотря на их присутствие – что тогда? В смысле – кто виноват и что делать? Извечные российские вопросы! Вдруг какой-то вьедливый покупатель захочет уточнить наличие ГМО в некоем продукте и обратится в Общество защиты прав потребителей. А там найдут, где провести независимую экспертизу, и выявят присутствие ГМИ в превышающих допустимое содержание количествах, которого, впрочем, в действительности может и не быть. Магазин, безусловно, будет не причем, при условии наличия у него всех необходимых сопроводительных документов на данный товар, подтверждающих отсутствие ГМО. Виноваты будут, помимо производителя, что допустил присутствие ГМО и не известил об этом покупателей, еще и органы Роспотребнадзора или Россельхознадзора, что не уследили. И чтобы исключить вероятность такого развития событий, они должны будут или буквально все продукты анализировать на ГМИ, или хотя бы вести выборочную проверку, не допуская товары на прилавки без анализа! Тогда срок реализации скоропортящегося товара выйдет скорее, чем он будет допущен для продажи! Да, и вообще с нашей логистикой, которая по оценкам специалистов оставляет желать много лучшего, даже при обращении с обычными товарами, при добавлении проблемы ГМО все просто «встанет» и на прилавках возникнет настоящий продуктовый голод и будет уже не до ГМО вообще!

Теперь, наверное, стоит задаться вопросом - а можно ли вводить уголовную ответственность за нарушение оборота ГМО и за что же людей сажать в тюрьму?!

#### ***Так чего же ждать от анализов на присутствие ГМО/ГМИ?***

Чтобы оценить масштаб затрат хотя бы бюджетных средств для организации работы (точнее только оснащения) диагностических лабораторий для детекции ГМО/ГМИ, надо вспомнить, что в Российской Федерации в настоящее время более 1100 городов, из них 12 миллионников, 25 крупнейших городов с населением свыше 500 тыс., 38 крупных городов с населением от 250 до 500 тыс., больших городов, в которых проживают от 100 до 250 тыс. человек – 92, средних городов с населением от 50 до

100 тыс. – более 160, а также около восьмиста малых городов с населением до 50 тыс. Помимо городов в России имеется около 2 тысяч районных центров. Впрочем, некоторая часть из них представлена городками. Всего в РФ насчитывается около 170 тысяч населенных пунктов. Конечно, не везде нужно устраивать диагностические лаборатории, но, наверное, можно грубо допустить, что нужно организовать не менее 5 тысяч лабораторий на всю страну, чтобы покрыть ее сетью. Если думать о количественной оценке с максимально возможной (но при этом все равно с недостаточной) точностью, то для закупки самого основного оборудования без расходных материалов, без аренды/содержания помещений и без зарплаты персоналу в расчете на одну такую лабораторию может потребоваться как минимум 25 миллионов рублей в нынешних ценах. Итого, выходит только на оснащение создаваемой сети таких лабораторий бюджетных средств необходимо будет не менее 125 млрд.руб.

В щадящем госбюджет варианте для только качественной оценки (есть/нет) присутствия ГМО/ГМИ, где можно обойтись на такую лабораторию суммой от 500 тысяч руб. до 1 миллиона<sup>10</sup>, затраты составят от 2,5 до 5 млрд.руб. Но в этом случае о детекции 0,9% допустимого присутствия ГМО по закону можно забыть и ручного труда будет излишне много. Подсчитать, во что выльется общее содержание и функционирование этих лабораторий, даже не беремся, поскольку это должны делать экономисты-профессионалы. И этот масштаб трат только для контролирующих государственных организаций, поскольку меньшее количество лабораторий/центров просто не справится с тем валом продуктов, которые надо проверять. Конечно, кто-то может сказать – давайте купим для начала хотя бы десяток комплектов хорошего оборудования для оснащения таких лабораторий, рассчитывая, что ему они и достанутся. Но это точно ни что иное как профанация, не имеющая ничего общего ни с выполнением закона о детекции ГМО, ни тем более со здоровьем сограждан, именно о котором все вроде и пекутся. Выражаясь модным ныне словечком – это будет просто распил бюджетных средств. Тем, кто все же решит, таким образом, оснаститься, наверное, здесь будет уместно напомнить, что Счетная палата в процессе проведения аудита эффективности использования государственных средств анализирует, в том числе и результаты использования государственных средств в плане достижения поставленных целей в полном или неполном объемах.

Что касается непосредственных производителей пищевой продукции, включая фермеров и остальных аграриев (они же тоже доподлинно должны знать, что высевают, собирают), то им придется обзавестись подобными диагностическими лабораториями за свой счет.

<sup>10</sup> В таких простеньких лабораториях придется обходиться без автоматического экстрактора ДНК, что неизбежно снизит как общую производительность, так и достоверность анализов.

Наверное, на всю страну им придется приобрести тысяч 20 комплектов оборудования<sup>11</sup>. При этом многие малые предприятия (которых, как часто говорят на разных уровнях, надо максимально поддерживать) не выдержат такого бремени и просто разорятся. Или будут маркировать все подряд без разбору, не проводя никаких анализов и фактически соглашаясь с тем, что их товар содержит ГМО/ГМИ, потому как убытки от такой пусть даже хуже продаваемой продукции могут быть менее ощутимы. При этом конечно надо еще иметь в виду, что народ то у нас ушлый – быстро перестанет верить всяким наклейкам типа «Не содержит ГМО» или «Без ГМО», и потери производителей, лишь только как бы «использующих» ГМО, но вынужденных размещать на своих товарах информацию типа «содержит ГМО», будут тем самым нивелированы.

В несколько упрощенном варианте, снижающем число выполняемых анализов, схема действий производителей первичной растительной продукции и далее по цепочке может быть следующей. Некое сельхозпредприятие производит некий растительный продукт, который потенциально может содержать ГМО, хотя бы в виде примеси. Для сбыта своей продукции им самим или нанятой специализирующейся на этом организации (новая область бизнеса в РФ таким образом появится; про коррупцию здесь даже не хотим вспоминать) должно быть сделано заключение о не содержании ГМО или содержании, выраженном в процентах. Производители промежуточной или конечной пищевой продукции смогут не проводить своих анализов, оперируя приложенными к товару паспортами-сертификатами. При этом, конечно, им никто не будет вправе запретить организовать и у себя такие лаборатории входного качества сырья и выпускаемой продукции по типу уже существующих, где ныне делаются стандартные анализы. Таким образом, возможно число диагностических лабораторий в частном секторе экономики удастся снизить до 10 тысяч. Меньше, наверное, не получится, поскольку они будут тогда чрезмерно перегруженными. А пищевая продукция ведь часто имеет ограниченные сроки реализации. А как быть с продуктовым импортом? На таможенных диагностические экспресс-лаборатории для анализа на ГМО/ГМИ обустраивать?

Итого, на всю страну может потребоваться от 15 до 25 тысяч лабораторий (госбюджетных и коммерческих), оснащенных чуть ли не по последнему слову техники, большей частью импортной, к сожалению. Только надо ли сейчас так целеустремленно поддерживать зарубежных, главным образом, американских производителей закупкой у них лабораторного оборудования? Помимо оснащения лабораторий, ведь еще придется составить перечень продуктов и сырья, которые надо подвергать проверке. Ведь не все же подряд метить.

<sup>11</sup> Преимущественно импортного и лучше аналогичного тому, которое закупят государственные структуры, чтобы исключить хотя бы приборные особенности.

Кто возьмется за составление такого списка?! Важно ведь ничего не пропустить! Сколько времени займет его подготовка и сколько денег за это надо будет заплатить экспертам, которые, видимо, будут из когорты противников ГМО? Им же виднее. При этом прикинуть придется – сколько же расходных материалов для диагностики надо будет закупать для годового запаса? Наверное, и триллиона рублей в год на все про все не хватит! Про обучение лаборантов на местах и проверку их квалификации с выдачей сертификата уж молчим. Но самое главное, что в Пояснительной записке к проекту Федерального закона «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования государственного регулирования в области генно-инженерной деятельности» в разделе финансово-экономического обоснования говорится, что принятие данного проекта «не потребует выделения дополнительных ассигнований из федерального бюджета». Вот так. Видимо предполагается, что все эти мероприятия по детекции ГМИ/ГМО и контроль за распространением последних должны сами собой выполняться.

Про маркировку с аббревиатурой «ГМО», впрочем, надо сказать особо. В настоящее время ярлык «без ГМО» надо рассматривать как рекламный трюк и не более. Но если следовать логике закона, то требуется маркировать только те товары, в которых обнаружено превышение допустимого содержания ГМО/ГМИ, указывая на нем что-то вроде «содержит ГМО». Ярлыки «не содержит ГМО» или «без ГМО» фактически должны быть вне закона и запрещены (за них как за неутвержденные соответствующими органами надо будет штрафовать и это новый источник пополнения казны для выполнения все тех же ГМО-анализов), поскольку по умолчанию предполагается, что все продукты без ГМО и только некоторые могут эти компоненты содержать. Однако мы предлагаем пойти дальше и указывать конкретное процентное содержание ГМО/ГМИ в товарах. Например – «содержит 0,5% ГМО» или «содержит 8% ГМО», давая тем самым потребителю максимально полную информацию о товаре, который он намеревается купить. Для тех, кто более остальных опасается за причинение вреда своему здоровью от поедания ГМО/ГМИ, нужно еще и указывать происхождение этих компонентов. Например для того чтобы знать, что купив некий продукт можно полакомиться именно 35S промотором. Или NOS терминатором. Они же теоретически разное воздействие на организм могут оказывать! Опять-таки, превышение допустимого содержания на полпроцента или на 7-8% ведь также по-разному влиять человека может пусть и теоретически. Так что об этом покупателей надо предупреждать, тем более, что при анализах все равно процентное содержание будет устанавливаться, так что ж его скрывать?! А если противникам ГМО все равно сколько – 0,7%, 1,2% или 8,5% ГМО/ГМИ, то не напоминает ли это всю ту же профанацию?!

По случаю создавшейся вокруг ГМО истерии весьма уместна поговорка «пировали – веселились,

подсчитали – прослезилась!». Уж лучше часть этой гигантской суммы пустить на создание отечественных ГМ-культур. Нравится кому-то это или нет, но это суровая необходимость и в заключительной части данной статьи мы к этому вопросу еще вернемся.

Может быть, будет проще ввиду явной бессмысленности таких анализов, и гигантских средств, которые на это пойдут, вообще отказаться от маркировки товаров на возможное содержание ГМО? Есть же страны, где такой маркировки не производится, в том числе США с их самым большим клином ГМ-культур. Не сомневаемся, что нам тут же могут возразить, что в США мол «эпидемия» ожирения. Но в Америке уже давно присутствует культ еды. Там огромное количество ресторанов, где можно вкусно, сытно и недорого поесть, не считая разных забегаловок с фастфудом. Американцы страдают от переедания и неправильного приема пищи, но ГМО здесь ни при чем.

### *ГМО без ГМИ*

Обратим внимание читателей еще на так называемые технические ГМ-культуры, либо вообще не употребляемые в пищу (например, хлопковое волокно), либо употребляемые, но не содержащие в конечном продукте потенциально опасных белков и ДНК. К таким пищевым продуктам можно отнести растительное масло из ГМ-рапса или ГМ-хлопчатника. В качестве примера продукта, также не содержащего ни ДНК, ни белков, можно вспомнить сахар, который в ряде стран (похоже, что в определенных масштабах и в России) получают из ГМ-сахарной свеклы. Подобные продукты питания, произведенные из трансгенных растений и представляющие собой целевой продукт, который на все 100% происходит от ГМО, формально не будут содержать ГМИ, поскольку определение содержания ГМО с помощью ПЦР-амплификации производится путем детекции ДНК, которой не остается ни в масле, ни в сахаре. И как относиться к таким техническим культурам и пищевым продуктам из них?! А трансгенные декоративные цветы, выращиваемые в закрытом грунте и идущие на срезку, тоже маркировать как ГМО-товар?! А ткани из ГМ-хлопка или ГМ-вату – с ними как? А как быть с сигаретами? Считается, что у ведущих производителей они на 90% готовятся из ГМ-табака. Причем в отличие от сахара в сигаретах и ДНК и белки присутствуют. И где, спрашивается, детектировать для табачных изделий пресловутые 0,9%? В табачной мешке или уже в дыме? Как компоненте, хотя и ненадолго, но попадающем в организм курильщика, а именно - в его легкие. Или на радость курильщикам табачные изделия можно считать ГМ-неопасными, учитывая, что при температуре тления сигареты ДНК и белки непременно разрушатся? Тогда и маркировать вроде не надо. А жаль... Уж если все маркировать, так и их тоже. Тем более, что некоторые потенциально опасны вещества вторичного происхождения, вдруг возникшие или в большем количестве накопившиеся из-за плейотропного действия генов в ГМ-табаке,

способны перенести такой нагрев. Да и долларовые купюры сделаны из ГМ-хлопка, но, как известно маркировка ГМО/ГМИ в США не предусмотрена. Так что некоторым нашим чрезмерно осмотрительным гражданам их доллары лучше в руки не брать.

До 1999 г. нигде в мире и не думали как-то специально маркировать продукты из ГМО<sup>12</sup>. На банке томатного пюре из сорта Flavr Savr наоборот прямо сообщалось, что оно изготовлено из генетически модифицированных томатов. То есть содержание ГМО в такой пасте составляло все 100%, если не принимать в расчет минорные добавки типа консервантов. Производители и не считали нужным что-то скрывать, а потребители и не думали бояться таких слов и спокойно покупали этот товар. С 1996 по 1998 г. в одной только Англии было продано 1,8 миллиона таких банок томатной пасты, при этом данный товар был дешевле аналогичного на 20%, что обеспечивалось за счет упрощенной технологии обращения с томатами, полученными при помощи генной инженерии. Не было зафиксировано ни одного сообщения о возникших в связи с употреблением этого продукта заболеваниях. Но в начале 1999 г. выпуск такого пюре прекратился, потому что его просто перестали покупать. Причины произошедшего мы подробно изложили в нашей предыдущей статье [Чемерис и др., 2014]. Началось все в Великобритании в августе 1998 г., когда на британском телевидении выступил малоизвестный тогда исследователь из Абердинского университета Шотландии A.Pusztai, рассказавший в программе «Панорама» о своих опытах с крысами, которых он кормил трансгенной картошкой с геном ядовитого лектина подснежника, отметив, что у подопытных животных наблюдались отклонения в росте, а также подавление иммунной системы. В опубликованной статье в октябре 1999 г. [Ewen, Pusztai, 1999] не было и половины той пугающей информации, сообщенной им во время телевизионного выступления, которое, впрочем, осталось почти незамеченным. Но 12 февраля 1999 г. A.Pusztai выступил уже не где-нибудь на телевидении, а в Палате Общин английского Парламента, после чего заголовки британских газет запестрели анти-ГМО-высказываниями. Главным предметом нападков стала не скормленная крысам экспериментальная трансгенная картошка с геном лектина подснежника, а ГМ-соя, производимая американской фирмой Monsanto в промышленных масштабах. События того времени довольно подробно изложены в опубликованных несколько лет назад воспоминаниях одного английского специалиста [Burke, 2012], который долгое время возглавлял Наблюдательный совет по новым продуктам и процессам при Правительстве Великобритании. Данная статья находится в свободном доступе

<sup>12</sup> Имеется в виду, в Европе, поскольку в США и сейчас считается, что ГМ-продукты мало чем отличаются от обычных, и никак не маркируются. В Японии маркировка также не носит обязательного характера, при этом, как известно, именно в Японии один из самых высоких уровней продолжительности жизни.



(<https://www.landesbioscience.com/journals/gmcrops/2011GMC0033R.pdf>) и интересующимся историей вопроса можем рекомендовать ознакомиться с ней самостоятельно.

### ГМО и экологические риски *Не ГМ-суперсорняки*

Урожайность сельскохозяйственных культур во многом зависит от ресурсов в виде органического, минерального и водного питания, которые им нежелательно делить с сорняками, и поэтому повсеместно проводятся обработки посевов гербицидами. При возделывании практически любых культур от использования гербицидов уже не уйти. Так, в настоящее время в мировой практике сельского хозяйства для борьбы с сорными растениями при возделывании самых обычных культур используют более 150 химических веществ из различных классов органических и неорганических соединений. В этой связи стоит акцентировать внимание читателя на количестве химических пестицидов – 500 млн. кг (в пересчете на д.в. – действующее вещество), которые, как считается, удалось сэкономить странам, возделывающих ГМ-культуры. И не просто сэкономить, а не распространить эти почти полмиллиарда кг на полях, снизив, тем самым, антропогенную нагрузку на биоценозы. В будущем при широком возделывании гербицидоустойчивых ГМ-растений антропогенная нагрузка продолжит снижаться.

В ряде публикаций отмечают опасность в виде неконтролируемого переноса трансгенов, отвечающих за гербицидоустойчивость, благодаря чему могут возникнуть так называемые «суперсорняки». Так ли это? Прежде всего, следует заметить, что надо разграничивать два понятия – возникающие сами по себе сорняки, устойчивые к гербицидам (которых немало), и суперсорняки (которых нет), теоретически способные возникнуть от неконтролируемого скрещивания гербицидоустойчивых ГМ-растений с их дикими сородичами. К сожалению, по неграмотности ли, или из сознательного намерения выдать желаемое за действительное под первыми противники ГМО подразумевают вторые, вводя тем самым в заблуждение граждан. В литературе есть немало сообщений о появлении сорняков, устойчивых к разным гербицидам. Однако это было отмечено задолго до вывода на поля трансгенных растений, поскольку гербициды используются уже многие десятилетия, включая известный с начала 1970-х гг. глифосат. Для того, чтобы развеять сомнения в этом предлагаем ознакомиться с обзорной статьей [Holt et al., 1993], в которой рассмотрены эти вопросы, в том числе механизмы возникновения гербицидоустойчивости у сорняков. Авторы отмечают, что появление сорняка, устойчивого к гербициду, впервые наблюдалось еще в начале 1970-х гг. [Radosevich, Appleby, 1973], и к моменту написания статьи [Holt et al., 1993] было известно 57 видов сорных растений, способных расти в условиях гербицидного фона. Очевидно, что

гербицидоустойчивые сорняки возникали задолго до создания ГМ-культур.

Что касается мифического появления суперсорняков среди диких сородичей культурных ГМ-растений, то за много лет выращивания ГМ-культур на полях таковых пока не образовалось. По крайней мере, в серьезной научной литературе сообщений об этом не отмечено. А в качестве доказательств существования суперсорняков иногда приводятся фотографии полей с ГМ-культурами и гигантскими сорняками на них. В предыдущей статье [Чемерис и др., 2014] мы внимательно проанализировали кочующую из одного анти-ГМО-материала в такой же другой фотографию поля в северной Аргентине с растущей на нем ГМ-соей, устойчивой к глифосату с сорняком на переднем плане, представляющим собой сорго алеппское – *Sorghum halepense* (L.) Pers. Однако если именно это сфотографированное растение даже стало гербицидоустойчивым, то произошло это не в результате его опыления трансгенной пылью, а потому что его родительская форма приобрела такую устойчивость ранее, и передала ему по наследству. Но, приобрела за счет природной приспособляемости, просто произрастая на полях с гербицидным фоном. Известно, что многие сорняки очень пластичны (на то они и сорняки), в том смысле, что способны приспосабливаться к любым неблагоприятным условиям, в том числе и к гербицидному фону.

Чтобы исключить смешение понятий в виде суперсорняков и сорняков, приобретших устойчивость к гербицидам, для их разграничения необходимо проводить соответствующие анализы их геномов на наличие трансгенов, но этой информации нигде не приводится, поскольку таковую получить невозможно из-за ее фактического отсутствия. Но даже, если такие суперсорняки неожиданно возникнут, с их распространением на полях можно будет справиться с помощью очередного гербицида из множества производимых химической индустрией. И такие ГМ-растения, устойчивые к разным гербицидам уже есть на рынке, и их создание продолжается. Относительно недавно в новостном разделе ноябрьского номера 2014 г. журнала *Nature Biotechnology* опубликована информация о том, что американское агентство защиты окружающей среды выдало фирме *Dow AgroSciences* разрешение на коммерциализацию гербицида *Enlist Duo*. Он будет продаваться в 2015 году вместе с семенами нового сорта ГМ-кукурузы, в которую встроен ген арилоксиалканоатдиоксигеназы из почвенной бактерии *Sphingobium herbicidovorans*. Этот ген ответственен за разрушение гербицида *Enlist*, представляющего собой гибрид 2,4-D-холина и глифосата, что позволит уничтожать сорняки, приобретшие устойчивость к глифосату.

Надо сказать, что даже, если суперсорняки возникнут, то они не будут иметь никакого преимущества перед другими сорняками в борьбе за выживание в условиях дикого произрастания, ввиду отсутствия там гербицидного фона. Появление фактически новых «подвидов» растений в виде

суперсорняков однозначно не сможет нанести существенный или хотя бы сколько-нибудь заметный урон биологическому разнообразию. Мифические суперсорняки скорее пополнят общее биоразнообразие, чем смогут его уменьшить. Более того, вне связи с ГМО, гербициды применялись, применяются и применяться будут, причем в количествах даже больших, чем было бы достаточно для ГМ-культур, и от этого производителям аграрной продукции уже никуда не уйти. Разве что перейти со временем на возделывание исключительно ГМ-сортов, требующих для обработки заметно меньших количеств гербицидов. А пока уже на разных континентах обнаружено несколько десятков сорных растений, относящихся к разным семействам, ознакомиться с которыми желающие могут на специализированном сайте <http://www.weedscience.org>. Среди них, помимо уже упоминавшихся сорго алеппского и плевела, немало прочих представителей хорошо известных злостных сорняков: амарант, марь белая, канареечник, овсюг, пастушья сумка и др.

### *Опять Мексика*

Противники ГМО любят апеллировать к некоторым научным работам, описывающим неконтролируемое распространение трансгенов в окружающей среде. Так, в нашей предыдущей статье [Чемерис и др., 2014] мы весьма детально проанализировали работу американских авторов [Quist, Chapela, 2001], посвященную вопросу якобы произошедшей путем переопыления интрогрессии неких трансгенов в геном кукурузы, произрастающей в Мексике и опубликованной в престижном международном журнале Nature. И первое, что необходимо отметить - это тот факт, что практически сразу после публикации этой статьи на редакцию обрушился шквал возмущенных откликов со стороны специалистов, хорошо разбирающихся во всех тонкостях проведения подобных молекулярно-биологических экспериментов. Эти отклики были опубликованы в последующих номерах Nature [Kaplinsky et al., 2002; Metz, Futterer, 2002; Suarez, 2002; Worthy et al., 2002 и др.]. Причем, местом работы одной такой группы возмущенных ученых [Kaplinsky et al., 2002] также являлся Калифорнийский университет в том же Беркли - департамент с более соответствующей таким исследованиям специализацией - растительной и микробной биологии. Позже другими авторами было специально проведено исследование более чем 150 тысяч зерен кукурузы из того же региона урожая 2003-2004 гг. и никаких признаков присутствия трансгенов в них обнаружено не было [Ortiz-Garcia et al., 2005]. Полагаем, что противники ГМО возможно даже не в курсе о существовании столь масштабной критики той статьи и последующих исследований, на самом деле отнимающих много сил и средств, которые могли бы быть пущены на решение более важных задач, чем опровержение некачественно выполненных исследований.

Ввиду того, что критики цитируемой работы ограничились лишь кратким анализом полученных авторами результатов и отразили не все неточности,

мы решили восполнить этот пробел и разобрать цитируемую работу более досконально. При этом мы обнаружили вопиющие несуразности той работы [Quist, Chapela, 2001], описание которых заняло у нас несколько страниц, поэтому повторно пересказывать его здесь считаем излишним. Заинтересовавшимся читателям можем порекомендовать прочесть нашу предыдущую статью [Чемерис и др., 2014], находящуюся в свободном доступе (<http://biomics.ru>). Здесь же коротко коснемся ответа этих авторов [Quist, Chapela, 2002], в котором они привели некоторые аргументы в защиту своих предыдущих результатов, отвечая на вышеупомянутую критику, но те несуразности, что заметили мы, они оставили без внимания. Так что нами их объяснения по главному выводу работы в виде доказательства неконтролируемого переноса трансгенов не принимаются. Что касается рекомендованных им критиками экспериментов в виде блот-гибридизации по Саузерну, которые бы более достоверно доказывали произошедший трансгеноз, то D.Quist и I.Chapela, сославшись на то, что работа проводилась как они считают не с индивидуальными геномами кукурузы, включая зерна из одного початка, проводить блот-гибридизацию ими было сочтено невозможным, ограничившись дот-гибридизацией, иллюстрацию которой эти авторы в своем ответе привели. Картинка их радиоавтографа большого доверия не вызывает, хотя бы потому, что заявленная ими «трансгенность» контрольных образцов должной пропорциональностью не характеризуется. Мы специально в разных режимах проденситометрировали эти их точки на приведенном рисунке радиоавтографа и получили такой расклад - приняв первую точку за 100% (как и у них), для второй получили значение приблизительно 70% и для третьей - около 40%, четвертой - 4% вместо заявленных 10, 3,5 и 1% соответственно. Конечно, можно списать на ошибку пипетирования... Но не много ли - в 4 - 10 раз! Спрашивается - как можно верить их остальным данным, если они четыре образца правильно раскапать не могут?! К тому же весьма примитивный метод дот-гибридизации серьезным доказательством такого серьезного вопроса быть не может. Ну а рекомендованная им блот-гибридизация по Саузерну этим горе-исследователям, видимо, была просто «не по зубам», ввиду ее гораздо более высокой сложности, не идущей ни в какое сравнение ни с дот-гибридизацией, ни тем более с ПЦР. Завершая рассмотрение трудов D.Quist и I.Chapela, надо отметить, что в сопровождающей их ответ заметке редактора Nature говорится, что предоставленные этими авторами новые доказательства трансгеноза, в этот раз не убедили (наверное, новых, а не прежних) рецензентов, и поэтому в публикации полноценной статьи по представленному материалу им было отказано, но редакция все же сочла возможным дать им возможность опубликовать краткий ответ, который мы выше и рассмотрели.

Как ни печально, но эти и подобные им работы, описывающие мифический трансгеноз используются противниками ГМО в качестве

доказательств вредности и опасности ГМ-растений. В том числе для подтверждения переноса трансгенов. Причем, оказывается, что в Мексике это почему-то наиболее часто происходит. На сей раз, уже мексиканские авторы доложили о многокилометровом переносе трансгена с *Vt*-хлопчатника на его собратьев в дикой природе [Wegier et al., 2011]. Позвольте им не поверить! Событие по многим причинам невероятное вообще, а приведенные доказательства тоже никуда не годятся. Прежде всего, они сами в своей статье на второй ее странице упоминают, что хлопчатник самоопылитель и случаи перекрестного опыления крайне редки. Но это их не смутило. В начале статьи со ссылками на других авторов упоминается о возможном перемещении семян на большие расстояния ветром, водой, птицами, исходя из чего они исследовали довольно много популяций хлопчатника, весьма удаленных друг от друга. Всего было отобрано 336 диких растений. Еще они собрали какое-то количество семян, как они посчитали с одичавшего хлопчатника. Но общее количество анализируемых семян со всех этих растений почему-то составило всего 270 штук. Может семян в каких-то коробочках где-то не было... Самый удаленный взятый в анализ образец произрастал на расстоянии 755 км(!) от известных посевов ГМ-хлопчатника (остальные популяции ограничивались зоной с радиусом в 300 км. Забегая вперед, скажем, что они и на максимальном удалении нашли трансген!

Доказать наличие трансгенов в диких популяциях они почему-то решили на белковом уровне иммуноферментным методом. Для этого приобрели у двух фирм Envirologix и Aglia несколько наборов для выявления рекомбинантных белков, в том числе *Vt*-белков. В статье приводится довольно подробное описание обращения с зародышами каждого семени, но при этом нет упоминаний об их стерилизации. Далее они отмечают, что иммуноферментный анализ проводился, как рекомендовано производителями. Но про оценку результатов говорят приблизительно следующее – «образец считался положительным только тогда, когда его абсорбция была равна или превышала значения трех стандартных отклонений выше среднего значения интенсивности всех отрицательных контролей и проб». Про значения положительного контроля вообще не вспоминают, хотя в инструкции фирмы Envirologix расписано как надо интерпретировать результаты, и отмечено, что показания положительного контроля играют в этом решающую роль. В Инструкции к набору фирмы Aglia говорится, что исследуемый образец можно считать положительным, если входящий в набор положительный контроль дал четкое окрашивание, а отрицательный контроль (буфер) остался бесцветным. Однако эти авторы принимали же во внимание и окрашенные отрицательные контроли, как сами об этом пишут. К тому же помимо лиофилизированного положительного контроля, входящего в наборы, им обязательно надо было использовать еще один положительный контроль в виде семян настоящего ГМ-хлопчатника. Ничего

этого сделано, похоже, не было. А ведь они работали не с пулированными образцами, следовательно, детектируемая величина должна была соответствовать уровню именно положительного контроля, а не быть равной среднему отклонению отрицательных контролей.

Всего они обнаружили 66 позитивных семян из 270 анализированных. Они отмечают, что 22 семени (третья часть) несли от двух до 4 рекомбинантных белков. При этом, к сожалению, не указывают - что же за белки это были, хотя это довольно важная информация, которую можно было дать хотя бы в Приложении. На 10-ой (4191) странице своей статьи они сообщают, что сумели детектировать в двух популяциях только *Vt*-белок Cry2Ac, который один в состав *Vt*-сортов хлопчатника не входит, а только в дополнении к другим. Впрочем, они объяснили, что не удалось выявить другие *Vt*-белки, поскольку в этом случае могло быть «виновато» молчание трансгенов прочих *Vt*-белков и надо бы сделать обратнотранскрипционную ПЦР. Но не сделали.

В материале, дополняющем статью, ими приводится довольно подробная информация о проведении ПЦР с целью выяснения гетерогенности хлоропластной ДНК исследуемых образцов хлопчатника и сравнительная таблица выявленного генетического разнообразия и генетических дистанций, служащей доказательством имевшего места генного потока, что являлось главной целью данного исследования. Но для подтверждения этого процесса они на белковом уровне выявляли трансгены и, учитывая крайне важность данных результатов, в Supplement им обязательно должно было найтись место. Или нечего было представлять? Или первичные материалы при проведении иммуноферментного анализа были не слишком убедительны, чтобы выставлять их на всеобщее обозрение? Скорее всего, они детектировали не рекомбинантный *Vt*-белок, а настоящий токсин, который выделяли из природных бактерий *Bacillus thuringiensis*, которые, как известно, могут обитать не только в почве, но и на растениях, в том числе в эндофитном состоянии [Ali, Vora, 2014]. Бациллы могли быть даже на зародышах семян, извлеченных из коробочки хлопчатника, которые они похоже никак не стерилизовали. Поэтому и сигналы были у них низкие, потому что бактерий там все же относительно немного.

На той же 4191-ой странице они упоминают о том, что неплохо бы было в будущем подтвердить данные по переносу трансгенов на уровне ДНК. Могли бы сделать и в рамках данной работы хотя бы с помощью ПЦР, поскольку они владели этим методом. К тому же стоимость набора для иммуноферментного анализа у этих фирм составляет в настоящее время более 300 долларов ([https://orders.agdia.com/InventoryD.asp?loc=IN&collection=PSP%2006200&attribute\\_Size=288](https://orders.agdia.com/InventoryD.asp?loc=IN&collection=PSP%2006200&attribute_Size=288)). А они таких наборов приобрели, по крайней мере, 5. Стоимость детекции этих трансгенов с помощью ПЦР обошлась бы им раз в 10 дешевле. Не говоря уже о большей достоверности. И будущей статьи, где, казалось бы,

надо продолжить изучение такого важного для всего человечества процесса, тем более в связи с неоднозначным отношением к ГМО во всем мире и необходимости получения непреложных доказательств трансгеноза, не последовало! А лет уже прошло немало, поскольку как можно видеть анализируемая статья поступила в редакцию в октябре 2010 г. А может они и провели соответствующие эксперименты, только опубликовать, наверное, оказалось нечего!

Есть еще целый ряд вопросов по данной статье, но, наверное, можно ограничиться тем, что выше проанализировали. Еще раз говорим – позвольте не поверить приведенным ими доказательствам опасности ГМ-растений! Как только рецензенты эту статью рекомендовали к печати? Правда, журнал, в котором она опубликована, носит красивое современное название – *Molecular Ecology*, но, скорее всего, в качестве рецензентов в нем выступают в первую очередь экологи. Даже может быть считающие себя молекулярными, но уровень их компетенции, если судить по анализируемой статье, выходит не позволил заметить все ее нестыковки и огрехи. В итоге после доработки эта статья все же вышла, попав повторно в редакцию более чем через полгода в июле 2011. Что же тогда в изначальном варианте было остается только гадать. Вот такое с позволения сказать научное исследование теперь используют в качестве серьезного доказательства неконтролируемого переноса трансгенов и опасности ГМ-растений для их диких сородичей. Эта статья являет собой яркий образец некомпетентного подхода к проблеме, неспособность авторов критически подойти ни к постановке задачи, ни к ее экспериментальному воплощению. Это также служит показательным примером, когда представители других дисциплин, далеких от физико-химической биологии, начинают использовать сложные методы этой науки без должного внимания и пиетета. Наверняка, они и с определением генетического полиморфизма хлоропластной ДНК с помощью ПЦР что-нибудь не то сделали, но разбор этой части их статьи мы делать не стали, поскольку нам хватило знакомства с не убедившем нас доказательством переноса трансгенов в виде Bt-белков.

Для столь важных результатов как доказательство произошедшего трансгеноза путем переопыления диких сородичей пыльцой от ГМ-культур, видимо надо принять за правило или точнее неукоснительное требование к тем, кто намерен проводить такие исследования и дальше, впредь подтверждать свои результаты не иммуноферментным анализом, не с помощью ПЦР, включая секвенирование ампликонов, не путем даже блот-гибридизации, ни тем более используя дот-гибридизацию, а обязательно применять полногеномное секвенирование (или ресеквенирование, когда известна последовательность генома анализируемого растения) находящихся под подозрением образцов, которое, если сами инициаторы такого исследования выполнить не в состоянии, то пусть наймут профессионалов в области полногеномного

секвенирования, которых становится все больше. А все выше упомянутые методы могут служить лишь для отбора образцов для полногеномного секвенирования, чтобы не секвенировать все подряд, поскольку это пока все же не дешево. Но если кто-то скажет, что это слишком дорого для их бюджета, ну тогда или пусть не выполняют такие работы совсем или ищет спонсоров, которым будет важно точно знать об имеющем или не имеющем место трансгенозе через ГМ-пыльцу. А научные рецензируемые журналы ни в коем случае не должны принимать такие публикации к печати без проведенного полногеномного секвенирования. Лично мы категорически ни одну работу не готовы принимать всерьез в качестве доказательства (какие бы эксперименты авторы не проводили!) без полногеномного секвенирования, которое, не сомневаемся, что называется – рассудит. К тому же не за горами то время, когда технологии полногеномного секвенирования ДНК новых поколений позволят проводить столь масштабные исследования относительно легко и быстро, но при этом хочется верить, что к человечеству придет понимание, что ГМ-растения не таят в себе никакой угрозы все же раньше и задачи по выявлению мифического трансгеноза никто перед собой и ставить не будет.

#### *Инсектицидность ГМ-растений*

Раз уж мы выше про Bt-белки заговорили, то надо перейти к инсектицидности ГМ-растений, что рассматривается многими в качестве еще одного экологического риска. При создании трансгенных растений, устойчивых к насекомым-вредителям, наиболее широко применяется введение гена, кодирующего биоинсектицид на основе C<sub>ry</sub> белка почвенной спорообразующей бактерии *Bacillus thuringiensis* (Bt). В связи с тем, что среди коммерчески выращиваемых растений немалую долю составляют сорта с геном данного токсина - это расценивается как серьезная угроза окружающей среде. Инсектицидность ГМ-культур по сравнению с другими недостатками этих организмов можно было бы считать наибольшим экологическим риском, если бы не использование при возделывании обычных культур этого же распыляемого бациллярного токсина, действующего при этом менее целенаправленно. Да и стандартные химические пестициды (инсектициды), используемые при выращивании обычных сельскохозяйственных культур, далеко небезопасны. Так, летом 2004 г. UN Food and Agricultural Organization была распространена информация, в которой говорилось, что после того как 4 млн. китайских фермеров перешли на возделывание Bt-хлопчатника, то помимо того, что у них на 20% увеличилась урожайность, на 78 тысяч тонн уменьшилась пестицидная нагрузка, что привело к существенному снижению смертности среди рабочих от пестицидного отравления. Таким образом, правомерно будет считать, что биоинсектициды не только менее опасны для человека, чем химические средства защиты растений и их надо шире использовать, но они оказывают и

гораздо меньшее негативное воздействие на окружающую среду. Но обо всем по порядку.

Бактерия *Bacillus thuringiensis* известна уже целое столетие, после того как была описана немецким ученым E.Berliner, выделившим ее в 1915 г. из мучной совки в провинции Тюрингия (Германия). Однако еще в 1902 г. в Японии при исследовании гусениц шелкопряда была обнаружена аналогичная бактерия, названная *Bacillus sotto*. Исследования инсектицидной активности этих штаммов продолжились в разных странах в 20-х гг. XX-го столетия, что даже привело к появлению в 1938 г. во Франции первого коммерческого продукта для борьбы с вредными насекомыми под торговым названием Sporeine, представлявшего собой бациллярные споры культуры *B.thuringiensis*. Позже интерес к инсектицидным штаммам проявился с новой силой, и в первой половине 50-х гг. прошлого столетия было обнаружено, что способностью убивать насекомых обладают инклюзии белковых кристаллов.

Как раз в эти годы в СССР велась успешная разработка бактериального препарата против сибирского шелкопряда, уничтожавшего тайгу целыми сотнями гектаров. Здесь самое время отдать должное профессору Е.В.Талалаеву<sup>13</sup>, который в те годы возглавлял кафедру в Иркутском госуниверситете. Им была найдена бактерия, названная *Bacillus dendrolimus*, с высокой эффективностью уничтожавшая личинки шелкопряда. Безопасность этой бактерии для человека ученый доказал очень просто – испытал на себе. В народе эту бактерию называли также бацилла Талалаева. В 1957 г. было получено Авторское свидетельство «Бактериологический метод борьбы с сибирским шелкопрядом» за №7795 и спустя некоторое время начато крупнотоннажное производство данного препарата под названием «дендробациллин», спасшего сибирскую тайгу от злостного вредителя. Оказалось, что дендробациллин пригоден для борьбы и с другими вредными насекомыми, в частности против хлопковой совки и прочих садовых и огородных вредителей, благодаря чему он применялся по всему Советскому Союзу. В США же широкомасштабное применение Bt-токсина в сельском хозяйстве началось только в 1961 г., в Германии – лишь с 1964 г. Продолжаются такие обработки и поныне во многих странах, а основным способом обработки служит аэрозольное распыление препаратов со спорами данной бактерии или самого кристаллического белка.

На самом деле найденная Е.В.Талалаевым бактерия все же относилась к упоминавшемуся выше виду *B.thuringiensis*. Спустя годы проведенный анализ генетической близости известных на тот момент тринадцати основных сероваров этого вида бацилл (более 40 штаммов) на основе гомологии ДНК показал, что серовар *dendrolimus*, представленный в том исследовании тремя штаммами (один из которых –

Талалаевский) представляет собой четко обособленную группу, отличную от остальных сероваров [Nakamura, 1994]. Вклад российских ученых в изучение инсектицидности *B.thuringiensis* этим не ограничился. Так, В.Г.Дебабов с коллегами первыми показали, что ген данного инсектицидного токсина расположен на внехромосомных элементах – плаزمиде [Дебабов и др., 1977]. Позже эти данные были подтверждены западными исследователями, в том числе, путем клонирования таких генов [Schnepf, Whiteley, 1981]. В настоящее время продолжается не только клонирование генов данных белков-токсинов [Tan et al, 2009], но и ведется работа по улучшению их инсектицидной активности [Pardo-Lopez et al., 2009]. Сейчас известно около 200 типичных голотипов Bt токсинов, укладываемых в 4 основных патотипа по инсектицидной направленности: Lepidoptera-специфичные, Coleoptera-специфичные, Diptera-специфичные и имеющие двойную специфичность - Lepidoptera-Diptera. Заинтересовавшись этим вопросом предлагаем самостоятельно ознакомиться с поддерживаемой уже много лет базой данных этих белков - [http://www.lifesci.sussex.ac.uk/home/Neil\\_Crickmore/Bt/toxins2.html](http://www.lifesci.sussex.ac.uk/home/Neil_Crickmore/Bt/toxins2.html).

Специальное внимание здесь стоит уделить такому препарату как битоксибациллин (Сиббиофарм, Новосибирск), который широко продается даже населению (ниже поясним, почему мы это делаем). Приведем наиболее значимую для данной статьи часть информации о битоксибациллине со специализированного сайта по пестицидам (<http://www.pesticidy.ru/pesticide/bitoksibacillin>):

Действующее вещество - *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*  
 Содержание ДВ - БА-1500 ЕА/мг, титр не менее 20 млрд. спор/г  
 Препаративная форма - Порошок (дуст)  
 Химический класс - Бактериальные инсектициды + биологические пестициды  
 Способ проникновения - Кишечный пестицид  
 Класс опасности для человека -3  
 Класс опасности для пчел – 3  
 Преимущества препарата: эффективен в отношении вредных чешуекрылых насекомых, паутиного клеща и личинок колорадского жука; не обладает фитотоксичностью, не накапливается в растениях и плодах; гарантирует получение экологически чистой, безопасной для здоровья продукции; применяется в любую фазу развития растений; срок ожидания пять дней, что позволяет производить обработку незадолго до сбора урожая; совместим в баковых смесях с химическими пестицидами и биологическими препаратами; может быть использован для решения проблемы резистентности популяций вредных насекомых к химическим пестицидам; при применении в рекомендуемых нормах расхода безопасен для человека, теплокровных животных, рыб, гидробионтов, пчел и энтомофагов.

<sup>13</sup> Авторы выражают свою признательность заведующему лабораторией СИФИБРа (Иркутск) А.Г.Еникееву, обратившего наше внимание на работы своего земляка проф. Е.В.Талалаева.

Как можно видеть из приведенной выше информации д.в. данного препарата является та же самая бактерия *B.thuringiensis*, точнее ее споры с

инклюзиями белковых кристаллов-токсинов. Просим обратить внимание на упоминание безопасности для человека и пчел, а также других представителей фауны. Говорится, что можно вести обработку незадолго до сбора урожая. Пожалуй, самая важная рекомендация, которой на этом сайте нет, но в других инструкциях по применению битоксибациллина она имеется – это не вести обработку в дождливую погоду, поскольку препарат, не успев подействовать, может быть смыт каплями дождя и его концентрация снизится до сублетальной (и к этому вопросу мы чуть ниже вернемся). Еще можно привести некую дополнительную информацию по битоксибациллину – в зависимости от обрабатываемой культуры дозировка может быть от 1 до 5 кг на 1 га. При этом содержание самого д.в. (кристаллического токсина, а не спор) составляет около 0,8%.

Таким образом, битоксибациллин весьма активно и широко используется. Не исключаем даже, что его применяют на своих дачах, садах, огородах и противники ГМО. При этом почему-то никто, включая и эту категорию лиц тоже, не беспокоится о «самочувствии» полезных насекомых, которые в этом случае даже с большей вероятностью попадут «под раздачу», поскольку при таких мерах борьбы с вредителями с ними ведется не избирательная борьба, а обрабатывается вся площадь посевов, насаждений, тогда как при выращивании ГМ-культур, несущих ген биоинсектицида, токсин «получит» только конкретное насекомое-вредитель при поедании зеленой массы, где будет содержаться ядовитый для них белок. Видимо важнее получение своего урожая, чем существование каких-то насекомых. Более того, в упоминавшемся органическом земледелии, не приемлющем химические препараты, довольно часто используются пестициды биологической природы, и важное место среди них для борьбы с насекомыми занимает как раз Vt-токсин. Ну не странно ли?! Впрочем, на одном из сайтов, пропагандирующем органическое земледелие, выложено разъяснение, что их Vt-токсин кардинально отличается от Vt-ГМО, хотя на самом деле различий-то, по сути, и нет, и все выглядит, что называется «притянутым за уши». Такой подход лишний раз свидетельствует, что противники ГМО проявляют свою активность очень избирательно, не замечая того, что им невыгодно и что не представляет для них серьезной экономической угрозы.

Безусловно, бороться с насекомыми-вредителями нужно, но ни один способ борьбы с ними не гарантирует полной экологичности и должной эффективности. По-прежнему широко применяемые химические инсектициды опасны не только для целевых вредителей, но в той или иной степени и для остальных насекомых, а также для человека. Как отойти от их применения, чем заменить? ГМ-вариантами сельскохозяйственных культур, устойчивых к их типичным вредителям! ГМО, несущие ген(ы) Vt-токсина(ов), теоретически более безопасны, поскольку фактически борются только с теми насекомыми, которые питаются этими сельскохозяйственными культурами.

При этом надо отдавать отчет в том, что в

данном случае противодействуют две живые стороны (одну сторону опосредованно представляет человек), и естественный отбор в этом случае работает на стороне вредителей, вырабатывая у них способность выживать под воздействием как химических, так и биологических (органических) инсектицидов. И вот здесь хотим коснуться недавней публикации А.Г.Викторова в журнале «Физиология растений» [Викторов, 2015]. Надо сказать, что автором проделана большая работа по сбору и анализу соответствующей литературы, касающейся главным образом возникновения устойчивости у разных насекомых к различным Vt-культурам. В самом начале статьи, со ссылками на другие обзорные работы, приводится интересная информация о количестве резистентных насекомых, клещей, которых в 1984 г. было уже 447 видов, а к 2013 г. – стало всего лишь – 546. К 1984 г. трансгенных растений в лабораториях то несколько штук и было создано по всему миру, а инсектицидоустойчивых видов к тому времени было почти с полтысячи. В заключительной части статьи автор сообщает, что за период с 1996 г по 2013 г. появилось (всего!) 8 видов насекомых (7 – чешуекрылых или бабочек, 1 – из отряда жесткокрылых или жуков), устойчивых к Vt-культурам. Остальные же – более девяти десятков видов, приобрели устойчивость к химическим препаратам. При этом ни он, ни другие экологи столь активно не требуют запрета химических пестицидов из-за того, что насекомые к ним приспособляются с еще большей легкостью. Возможно, если бы не возделывались ГМ-Vt-культуры на протяжении 17 лет, снижая своим наличием пестицидную нагрузку на поля, то количество новых видов устойчивых насекомых увеличилось бы не на одну сотню! Но история, как известно, не терпит сослагательного наклонения, пусть это даже история сельскохозяйственного производства.

Основными причинами появления устойчивых к инсектицидам популяций насекомых-вредителей можно считать свойственный всему живому естественный процесс приспособления и неправильное ведение аграрного производства. Собственно, ничего нового А.Г.Викторов в своей статье не открыл – им отмечены широко известные факты и те факторы, которые действуют, в том числе и при химических обработках посевов, особенно когда нарушается технология обработок. В случае с Vt-культурами, действительно, концентрация д.в. в различных частях растений и в разном возрасте неодинакова и варьирует в довольно широких пределах. Так, Викторова, ссылаясь, впрочем, скорее всего, не на оригинальную работу, а на свою предыдущую публикацию [Викторов, 2008, цит. по Викторова, 2015] (просим нас извинить, если именно в той работе и были добыты эти цифры, хотя если судить по названию – то не в ней) приводит сведения об изменении содержания Vt-токсина в листьях кукурузы разного возраста от 168 нг/мг до 10,2, а потом и 6 нг/мг (к сожалению, в рассматриваемой нами статье 2015 г. не приводится информация – на сырой это или на сухой вес). Но нам знакомы и другие подобные работы и мы готовы привести в

соответствующем пересчете конкретные сведения о содержании Cry3Bb1 белка в трансгенной кукурузе линии MON88017, найденные нами в статье Н.Т.Nguyen и J.A.Jehle [2009]. Эти авторы обнаружили, что наиболее высокая концентрация данного белка в молодых листьях (228,4 мкг/г, сух.в. или 35,5 мкг/г, сыр.в.), нижайшая в пыльце - 3,8 мкг/г, сыр.в. Безусловно, за счет такого большого разброса и возникают резистентные формы насекомых. И в этом нет ничего удивительного. Собственно, этот же принцип возникновения резистентности действует и для химических препаратов, поскольку даже при правильной их дозировке возникают так называемые краевые эффекты, влияют и погодные условия, например в виде дождя сразу после проведенной обработки.

Раз уж о цифрах заговорили, то для интереса стоит по крайней мере грубо подсчитать количество Bt-белков на 1 га внутри ГМ-культур и, если бы это поле обрабатывалось аэрозольной обработкой спорами бактерий. Так, пусть норма распыления препарата на 1 га составляет 3 кг; итого токсина в этом количестве будет приблизительно всего 24 г на все поле. В случае выращивания ГМ-кукурузы, дающей в среднем около 180 ц зеленой массы и 40 ц початков с 1 га, содержание в этом количестве самого токсина (приняв за некое среднее содержание во время вегетации 50 мкг на 1 г сырой массы), составит около 11 г. Наверное, это и есть плохо и надо в несколько раз повысить содержание Bt-токсина в ГМ-культурах и при этом нагрузка на окружающую среду будет далеко не запредельной. Только как этого добиться? Есть способы. В частности, можно использовать транспластмные растения, где производится трансформация хлоропластного генома, копияность которых в различных тканях разных растений и в зависимости от фазы развития может варьировать от 1 тысячи до 100 тысяч копий, поскольку число хлоропластов на клетку меняется в среднем от 10 до 100 и в каждом хлоропласте копий генома может быть около 100 и больше. За счет такой увеличенной копияности целевых генов, количество нарабатываемых с них белков также сильно увеличивается. Такие транспластмные растения с разными генами Bt-токсинов уже получены и некоторые показали значительное превышение рекомбинантного белка над аналогичными растениями с трансформированным ядерным геномом [McBride et al., 1995; Kota et al., 1999; De Cosa et al., 2001; Jabeen et al., 2010; Li et al., 2013]. В ряде случаев были произведены оптимизации кодонов для лучшей экспрессии данного гена в хлоропластах. Понятно, что на этом пути еще сделано недостаточно, но перспективы определенные есть.

Еще одним из способов повысить инсектицидность ГМ-культур является создание химерных форм Bt-токсинов с каким-либо другим белком, обладающим инсектицидной активностью, например с лектинами. Примером такой работы может служить статья пакистанских авторов [Kiani et al., 2013], создавших химерный инсектицидный белок, состоящий из Cry1Ac-белка и лектина

клещевины, причем, несмотря на трансформацию ядерного генома экспрессия этого химерного гена происходила в хлоропластах, что по уверению авторов повышало содержание в клетке целевого белка в 10-18 раз. Достаточно ли или вновь насекомые-вредители приспособятся? По крайней мере, какое то время такие растения могут успешно противостоять полчищам насекомых, но только временно, так как адаптационную составляющую этой группы организмов пока никто еще не отменял. И как альтернатива Bt-технологии недавно появилось сообщение о создании устойчивых к гусеницам *Helicoverpa armigera* растений трансгенного табака, на базе новой технологии РНК-сайлесинга, основанной на взаимодействии растительных микроРНК с матричной РНК хитиназы, что нарушает синтез данного фермента и соответственно препятствует нормальному протеканию линьки [Agrawal et al., 2015].

Главный вывод, который делает А.Г.Викторов в своей статье, заключается в том, что нельзя создать эффективное инсектицидное растение раз и навсегда. Никто и не спорит. Других более глобальных выводов о бесполезности трансгенных растений вообще (всех всевозможных) в статье, впрочем, не делается. В интервью Российской газете, увидевшем свет 5 февраля т.г., А.Г.Викторовым приведена эта и дополнительная информация, касающаяся некоторых размышлений о том какие ГМ-растения и с каким «ядом»<sup>14</sup> надо бы создать. Еще он упомянул про худшую разлагаемость в почве ГМ-культур, в частности из-за повышенного содержания лигнина. Здесь надо заметить, что определенное направление в трансгенезе растений нацелено именно на снижение этого вещества и в начальной части статьи уже говорилось о люцерне с пониженным содержанием лигнина. В этом направлении весьма успешно работают и наши отечественные ученые. В качестве заключающих в этом интервью прозвучали слова «опыт применения трансгенных растений показывает, что этот путь тупиковый». Что здесь можно сказать? А.Г.Викторов изучал только один тип ГМ-растений, несущих Bt-белки. Но существует множество трансгенных растений! И многим из них приданы совсем другие хозяйственно-полезные свойства! Можно ли по одной узкоспециализированной группе растений делать столь глобальный вывод, распространяя его на все остальные ГМ-растения?! Или это как раз тот случай, когда частное позволительно переносить на общее, если очень хочется?! Есть ли альтернатива этому «тупиковому» пути?! А.Г.Викторов, к сожалению, ее не предложил.

А.Г.Викторов в своей статье много раз цитировал очень известного американского эколога В.Е.Tabashnik. Но одну его весьма примечательную работу с довольно громким названием «Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres» упустил из виду или счел не заслуживающей внимания. В.Е.Tabashnik с коллегами [2013] заканчивают свою статью словами, где высказывают

<sup>14</sup> Кавычки наши.

надежду о том, что уроки, извлеченные из выращивания Vt-культур на первых миллиардах акров, позволят повысить устойчивость таких растений в будущем. Что называется - почувствуйте разницу между разными экологами!

Завершить этот раздел статьи, как ни странно, хотим документами Всемирной организации здравоохранения, 30 апреля 2014 г. посвятившей вопросу растущей устойчивости микроорганизмов к действию антибиотиков специальный доклад «Antimicrobial resistance: global report on surveillance 2014» («Устойчивость к антибиотикам — серьезная угроза общественному здравоохранению 2014»), занявший более 250 страниц, в котором отмечается серьезная озабоченность медицинской общественности этим процессом. Данный доклад ВОЗ содержит самую полную на тот момент картину устойчивости к антибиотикам с учетом данных, полученных из 114 стран. Возможно значительная часть интересующихся изложенным в данной статье материалом и ему подобными по растительной тематике, прямого отношения к медицинской микробиологии не имеет и не представляет серьезность угрозы. Что касается нас, то изучая различные, главным образом, почвенные бактерии, мы определенное внимание уделяем и микроорганизмам из семейства *Enterobacteriaceae*. В этой связи проблемы роста антибиотикорезистентности многих штаммов и увеличение числа вспышек внутрибольничных инфекций нас до некоторой степени волнуют, и внимание мы этому вопросу в своей работе уделяем, имея, в том числе, публикации на сей счет.<sup>15</sup> Ну, так вот, одной из главных причин роста устойчивых бактерий, помимо природных явлений в виде мутаций, среди которых могут быть положительные (для самих бактерий), путем обмена плазмидным материалом, часто несущим гены устойчивости к антибиотикам, служат действия и медицинских работников, которые должны более вдумчиво применять и прописывать антибиотики, и самих больных, которые, нарушая инструкции по приему лекарств, способствуют возникновению в организме сублетальных концентраций д.в., вызывая у штаммов привыкание. То есть и в этом случае человеческий фактор тоже во многом виноват. Иначе мир, как говорится в докладе, устремится к послеантибиотиковой эре и это будет трагедия. Так что рост устойчивости микро- и прочих разных организмов имеет более широкое поле, нежели, кукурузное или хлопчатниковое. Но при этом из-за того, что происходит рост антибиотикорезистентности бактерий (наверное, неизбежный) никто антибиотики запрещать производить/применять и не думает. Наоборот, речь ведут, что новые классы антибиотиков нужно

разрабатывать. Ну, так и с ГМ-культурами, в том числе с инсектицидной устойчивостью должно быть, поскольку с химическими средствами борьбы с насекомыми те еще легче расправляются.

### ГМО и разные фобии

Самую серьезную потенциальную угрозу со стороны ГМО кое-кто видит в возможном встраивании ДНК генетически-модифицированного организма в ДНК человека. Абсолютно невероятное событие! Думать даже смешно об этом, если бы не было так грустно, что гражданам приходится объяснять, что это ну никак невозможно. До некоторого момента в виде появления ГМ-растений никому и в голову не приходило предположить вероятность изменения генома человека, связанного с процессом питания. И тем более страшать людей этим. Если задаться вопросами - зачем пугать людей встраиванием ДНК из ГМО и кто это делает, то становится очевидным, что кто-то делает это по собственному недомыслию, фактически транслируя услышанное/прочитанное, исходящее от некоторых других групп людей, чьи глубинные интересы лежат в финансовой сфере и связанных с этим дивидендами и кто целенаправленно ведет подобную «разъяснительную» работу.

Воспользовавшись невежеством некоторой части людей, противники ГМО придумали такое, что остается диву даваться, как народ может верить в такую глупость. Если бы встраивание в геном человека или любого другого, например плотоядного или травоядного существа, ДНК, попадающей в организм с пищей, происходило хоть с какой-то минимальной вероятностью, то жизнь на Земле была бы просто невозможна из-за непредсказуемости последствий питания на генетический аппарат, поскольку значительная часть пищи содержит в себе ДНК поедаемых организмов. Так, человек во время употребления большинства продуктов (хлеб, овощи, фрукты, мясо, рыба и пр.) получает большое количество чужеродной ДНК. Например, в зернистой и паюсной икре этой самой ДНК довольно много, тем не менее, рыбе чешуей никто из ее любителей до сих пор не покрывался и плавники у них не отросли! Также никакого такого эффекта не оказывают ни на человека, ни на другие организмы и прочие ДНК-содержащие продукты. Это ж как надо было запугать людей, чтобы они стали бояться того чего просто не может быть, потому что не может быть никогда!

Несмотря на то, что некоторые люди искренне думают, что некие гены есть только в генетически-модифицированных организмах, а в обычных - их просто не бывает, этот контингент все же невелик и поэтому наиболее «грамотные» ГМО-ненавистники додумались до того, что пугать надо не любой ДНК из ГМ-продуктов, а рекомбинантной. Однако, заблуждение считать что внедренные в геном, например, какой-нибудь ГМ-сои рекомбинантные последовательности ДНК обладают чудодейственной силой, и попав в организм человека избирательно встраиваются в его геном. Противники ГМО также пугают население не просто абстрактной рекомбинантной ДНК, а конкретным небольшим ее

<sup>15</sup> Цитировать здесь эти свои статьи как непрофильные не хотим, поскольку с самоцитированием надо бороться, а те ссылки, что мы на свои работы сделали... Одна представляет собой предыдущую статью по данной теме, причем аналогов ни в отечественной ни мировой литературе не имеется. Две другие, посвященные ложным результатам в ПЦР, также по своей полноте не имеют аналогов в мире.



участком, часто присутствующим в трансгенных растениях – 35S промотором вируса мозаики цветной капусты, который — и это надо особенно подчеркнуть! - совершенно не способен функционировать в животном (читай – человеческом) организме. Но дело даже не столько в этом! Считается, что около 10% цветной капусты и капусты огородной всегда инфицировано этим широко распространенным вирусом, причем всего одна инфицированная клетка содержит около 100 тысяч (!) копий вируса и, соответственно, столько же копий 35S промотора. Трансгеноз же добавляет в клетку лишь единичные копии данного промотора. Таким образом, человек издревле вместе с капустой потребляет этот вирус вместе с его промотором на уровне приблизительно в 10000 - 100000 раз более высоком, нежели его поставляют трансгенные растения. Как же надо было так напугать людей, что они стали с таким подозрением и предубеждением относиться к совершенно безобидному для человека растительному вирусу, точнее, к его маленькому участку?! Причем эти же люди совершенно не боятся вирусов животного происхождения, которые потенциально могут быть куда более опасными для человека, так как их промоторы вполне могут быть работоспособны в геноме человека. Такие вирусы неизбежно присутствуют в большинстве пищевых продуктов и даже в некоторых лекарственных препаратах на основе природных экстрактов. На самом деле люди об этом просто не думают, поскольку в большинстве своем просто не знают про их существование. А пугать их ими никто не собирается – незачем, поскольку дивидендов заработать нельзя.

Помимо встраивания ДНК в геном народ пугают еще и аллергенностью ГМ-продуктов, которая, впрочем, действительно может иметь место. Приводятся некие примеры возникновения аллергии, но чтобы отделить правду от лжи, считаем крайне важным кратко остановиться на современном состоянии здоровья человечества вообще. Начиная с середины XX-го столетия, после появления антибиотиков и других сильнодействующих лекарств, на человека практически перестал действовать механизм естественного отбора. Таким образом, на протяжении жизни уже нескольких поколений людей идет глобальное ухудшение генофонда человечества и уровень естественного здоровья человека за счет этого в целом существенно снизился. Это одна из главных причин роста числа аллергиков.

Теоретически многие белки, представленные в пище в заметном количестве, могут действовать как аллергены. Наиболее распространенными носителями аллергенов являются такие продукты, как соя, арахис, орехи, пшеница, яйца, молоко, рыба, цитрусовые, шоколад и многие другие продукты. Причем для одних людей аллергенами могут являться одни продукты, для других – другие, для третьих – таковых не находится. Не будем вдаваться в иммунологию, но иммунный статус у всех людей разный и с этим нельзя ничего поделать. Противники ГМО полагают (а скорее спекулируют данной

информацией), что участвовавшие случаи аллергии к сое вызваны якобы тем, что все большая ее часть становится трансгенной. Однако еще задолго до появления ГМ-растений соя в Японии, наряду с рисом, считалась основным аллергеном, так же как в США - арахис. Это связано исключительно с массовым употреблением этих продуктов в пищу в данных странах, среди населения которых на фоне ухудшающегося генофонда и снижающегося иммунитета выявилась значительная доля аллергиков. Так, у сои (нетрансгенной!) найдено не менее 15 потенциально аллергенных белков и все более широкое ее использование в качестве добавки в самые разные пищевые продукты увеличивает количество ее потребителей, сообразно этому растет и число людей, чувствительных к сое, но генная инженерия здесь совершенно ни при чем.

Поскольку генетическая модификация до некоторой степени меняет белковый состав растений - вводит новые белки, модифицирует существующие или изменяет их количество, то аллергенность растения после генетической трансформации действительно может измениться. Но при этом надо иметь в виду, что у большинства ГМ-растений внедренные в них чужеродные белки нарабатываются в довольно малых количествах для того чтобы служить антигенами. Поэтому риск возникновения аллергии намного выше от периодически появляющихся в нашем рационе новых продуктов питания, которые никто не проверяет на аллергенность, в отличие от тщательно и всесторонне изученных ГМ-продуктов. Каждый день с продуктами питания человек потребляет, по крайней мере, тысячи мажорных (представленных в заметно больших количествах, чем остальные) белков, в том числе и растительного, и животного происхождения, и какая для него (для его желудка) разница, когда, скажем в салате, эти белки будут содержаться сразу в одном из компонентов этого блюда (в случае ГМ-пищи) или в нескольких? Более того, употребляя ГМ-пищу, человек съедает с ней лишь несколько новых белков, а с новым для себя продуктом – по крайней мере десятки новых (имеются в виду мажорные белки).

В подтверждение своих слов об отсутствии вызванной трансгенозом (дополнительной) аллергенности и токсичности ГМ-пищи можем сослаться на обзорную статью [Domingo, 2007], в которой автор детально проанализировал имеющуюся на тот момент литературу и свел в таблицу результаты по 9 культурам (картофелю, кукурузе, сое, рису, огурцу, томату, сладкому перцу, гороху и рапсу). В ней приведена информация об основных эффектах – последствиях кормления ими подопытных животных (в основном, мышей и крыс) с указанием периодов таких исследований (от 10 дней до 5 месяцев), данные сопровождаются ссылками на литературу, среди которых есть и работы отечественных ученых. Во всех исследованиях у подопытных животных не было обнаружено никаких отклонений от нормы!

Не только человек и лабораторные животные питаются ГМ-пищей и ГМ-кормами. Последние

скармливают также и различному скоту. Относительно недавно по телевидению показывали фильм про ГМО, в котором был сюжет про одного немецкого фермера, сетовавшего на то, что, покормив коров ГМ-кукурузой, он вызвал тем самым массовый падеж своих буренок как посчитал от наличия трансгенов в этих кормах. На самом деле описываемые этим нерадивым фермером симптомы соответствуют отравлению его скота микотоксинами, продуцируемыми фитопатогенными грибами, которые на тех же початках кукурузы внутри оберток успешно развиваются во влажную прохладную погоду, а ГМО совершенно не причем. Так как главная цель данной статьи заключалась в рассмотрении вопросов целесообразности детекции ГМО/ГМИ, то останавливаться на довольно распространенном явлении отравления скота грибными токсинами не будем, поскольку в готовящейся нами третьей статье на тему ГМО эта ситуация с различными микотоксинами обязательно будет рассмотрена более детально.

Но если кто-то все равно остается при своем мнении и продолжает опасаться встраивания ДНК в его личный геном, то он должен испытывать такой страх вне связи с ГМО и их «активными» элементами (см. выше), поскольку в том же мясе, помимо ДНК самого животного, могут нередко присутствовать различные вирусы с их не менее активными промоторами, энхансерами, терминаторами. Таким людям только и остается, что питаться исключительно углеводной пищей, например сахаром, который точно не содержит ни ДНК, ни также белков, которые в случае чего и нежелательную аллергию могут вызвать. Поэтому им и практически любых белков стоит опасаться. Долго ли только так они смогут протянуть?! Да и запивать ни чаем, ни каким-либо соком нельзя – ДНК в этих жидкостях обязательно присутствует. В пиве и квасе тоже. Чистую воду тоже надо осторожно употреблять – ведь некоторые считают, что вода «имеет память» - а ну как именно этот конкретный стакан что плохое запомнил?! Тогда остается только одно спасение или средство – водка! Она уж точно память отшибет, да и ГМО употребить в качестве закуски к этому стратегическому продукту не страшно станет! Хотя возможно надо будет все же задумываться и выяснять из какого сырья спирт то нагнан. Не из ГМО ли?

Противники ГМО пугают население еще и возможным нарушением репродуктивной функции, которая может произойти в результате употребления в пищу ГМ-продуктов. В данной статье мы уже довольно детально проанализировали несколько, с позволения сказать, научных публикаций, в которых приводились «доказательства» вредности ГМО. Проводить подобный анализ исследований известного борца против ГМО сотрудника Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН д.б.н. И.В.Ермаковой мы не будем, поскольку такая работа весьма основательно была проведена до нас специалистами по кормлению подопытных животных, тем более, что таковыми в этой области мы не являемся. Желающим предлагаем

ознакомиться с полемикой вокруг работ И.В.Ермаковой и ее комментариями на сайте <http://gmo.ru>, где приведена объективная непредвзятая информация о состоянии дел с ГМО, и мы не видим смысла даже кратко повторять ее здесь. Тем не менее, вкратце выскажем свою точку зрения. Ознакомившись с материалами с указанного сайта и из других источников, мы принимаем сторону тех, кто говорит о чудовищной некорректности проводившихся г-жой Ермаковой экспериментов ввиду несоответствия применяемых ею методик общепринятым международным протоколам по исследованиям на животных, и потому ее выводы о влиянии ГМ-сои на репродуктивную функцию мышей считаем необоснованными и незаслуживающими внимания. При этом И.В.Ермакова как раз и начинает свои выступления издали, с запугиванием слушателей некими страшилками, к ГМ-культурам отношения на самом деле и не имеющими, но создающими ауру недоверия и враждебности к ГМО.

Серьезное исследование, которому, безусловно, можно доверять, посвященное вопросу оценки влияния ГМ-растений на воспроизводство потомства у крыс на протяжении трех поколений выполнили другие отечественные ученые из НИИ питания РАМН под руководством акад. М.А.Тутеляна [Тышко и др., 2011]. На большом фактическом материале с использованием 630 взрослых особей и 2837 крысят с проведением экспериментов согласно всем требованиям авторы показали, что никакого влияния ГМ-кукуруза на потомство не оказала. Здесь можно заметить, что само предназначение данного Института предполагает проведение экспериментов по оценке разнообразных (любых) продуктов питания и его сотрудники являются безусловными профессионалами, несколько лет назад подготовившими капитальный труд по вопросам питания в связи с проблемами ГМО [Тутелян, 2007]. Притом, что сотрудники Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН должны, вероятно, заниматься выяснением более присущих его названию вопросов, где они, действительно, признанные специалисты.

Не так часто вменяется в вину ГМ-растениям их антибиотикоустойчивость, необходимая на этапе отбора трансформированных образцов, для чего в качестве селективных маркеров в них встраивают гены устойчивости к антибиотикам. Этот факт также внушает некоторым определенные опасения, связанные с употреблением в пищу ГМ-продуктов. Однако, антибиотики используемые при создании трансгенных растений в настоящее время практически не применяются при лечении людей. При этом весьма перспективным следует считать удаление за ненадобностью из готовых трансгенных растений гена, ответственного за разрушение антибиотиков - это позволяют сделать некоторые современные технологии. Обзор этих технологий желающие могут найти в работе [Yau, Stewart Jr., 2013]. Ведутся такие разработки и в России [Рукавцова и др., 2013]. Однако здесь следует отметить, что после кулинарной

(температурной) обработки ферментативные свойства этих белков не сохраняются, а проходя через пищеварительный тракт эти вещества белковой природы быстро начинают разрушаться, теряя целостность и активность. Кроме того нельзя сбрасывать со счетов и то, что со временем, в отсутствие естественного отбора по признаку у популяций, изначально им обладающих, он может самоликвидироваться, как ненужный в связи с нарушениями (мутациями). То есть есть антибиотикоустойчивость любой популяции организмов сохраняется только в условиях наличия конкретного антибиотика и его селективного давления.

Еще одним риском, связанным с генами антибиотикоустойчивости, считается возможная передача таких генов от съеденных ГМ-продуктов обитающим в кишечнике человека бактериям и появление среди них штаммов, резистентных к этим антибиотикам. Невероятное событие! К тому же надо напомнить, что многие штаммы микроорганизмов, в том числе, составляющие нормальную микрофлору человека, изначально снабжены самой природой генами устойчивости к разнообразным антибиотикам. В их клетках имеются внехромосомные структуры наследственности – плазмиды, которыми бактерии способны обмениваться. К тому же эти гены антибиотикоустойчивости для создания векторных систем для трансформации растений взяты исследователями преимущественно у бактерий, в том числе обитающих рядом с нами, так что нет никаких причин опасаться того, что если они каким-то невероятным образом туда и вернуться.

#### **Работы G.-E.Seralini и соавторов свидетельствуют скорее о пользе ГМО**

Хотя предыдущая глава как раз была посвящена различным страхам, вызванным к жизни распространением ГМО, но нашумевшая работа G.-E.Seralini и соавторов заслуживает отдельного рассмотрения в специальной главе.

В своей предыдущей публикации про ГМО [Чемерис и др., 2014] мы уже упоминали статью G.-E.Seralini и соавторов [2012], очерняющую ГМ-культуры, к которой часто апеллируют противники ГМО. Эта статья вызвала шквал критики и впоследствии была отозвана редакцией. Тогда мы ограничились лишь констатацией факта, что в работе была использована линия крыс Sprague-Dawley, у которых в норме (у 80% особей) возникают со временем раковые новообразования. Одно это обстоятельство уже говорит об их абсолютной непригодности для подобных исследований и позволяет не воспринимать всерьез полученные этими авторами экспериментальные результаты. И это, помимо прочих многочисленных неточностей в статистическом анализе и ошибочности общей интерпретации данных, во множестве отмечаемых разными учеными и специалистами. Но ГМО-ненавистники продолжают ссылаться на представленные в этой статье результаты, фактически выдавая желаемый для них вред ГМО за

действительность.

Но так ли все обстоит на самом деле? Поэтому мы решили еще раз обратиться к данной работе уже, что называется, с цифрами в руках, тем более, что редактор тематической серии «Implication for GMO-cultivation and monitoring» W.Shroeder принял самостоятельное решение о повторной публикации этой самой статьи [Seralini et al., 2014] уже в журнале *Environmental Sciences Europe* с целью по его словам продолжить дискуссию.

Итак, G.-E.Seralini с соавторами в анализ взяли всего 200 крыс (по 100 особей разного пола), которые по половому признаку и по весовым показателям были разделены (отмечается, что случайным образом) на 20 групп по 10 крыс в каждой. К сожалению, мы не смогли найти в их статьях упоминания о том из особей какого веса были составлены контрольные группы из самок и самцов. Хотя может и в каждой из этих 20 групп были особи одинаковых весовых диапазонов, но эта информация недоступна для читателей, хотя довольно важна. В этих несколько отличающихся статьях они привели сведенные в рисунок 1 (статья 2012 г.) и в рисунок 6 (статья 2014 г.) 16 данные по смертности крыс, в рационе которых присутствовала обработанная и необработанная гербицидом Раундапом ГМ-кукуруза, составлявшая 11, 22 и 33% от всего корма. Остальные иллюстрации этих статей носят технический и демонстрационный характер, тогда как в обсуждаемых нами рисунках, по сути, представлена квинтэссенция всей работы. Как и положено, данные по смертности крыс они привели в сравнении с контрольными группами, питавшихся обычным кормом и к этому нет никаких претензий за исключением того, что до порогового (допустимого или как бы безопасного) значения 0,9% по ГМО/ГМИ эти исследователи не спустились, превысив его более чем в 10 раз!

G.-E.Seralini с соавторами свои рисунки 1 и 6 наполнили данными, из которых вычленив главное не так просто. Тем не менее, мы попытались это сделать и вот что у нас получилось. Как мы уже отмечали выше, всего в опытах G.-E.Seralini и соавторов было использовано 200 крыс. К концу опытов в живых осталось 125 особей и соответственно 75 особей умерли. Но из этих 75 собственная смерть настигла только 29 крыс, остальные 46 были умерщвлены насильственно. Безусловно, к подопытным животным необходимо проявлять гуманность и применять эвтаназию, но только тогда, когда это будет не во вред истине. Что же касается экспериментов G.-E.Seralini и соавторов, то возможно нужно было повременить с эвтаназией, что могло бы привести к иным результатам общей смертности крыс и соответственно к другим выводам. Мы же приняли во внимание причины смертей у крыс, что позволило сделать неожиданные выводы (таблица 2).

<sup>16</sup> Помимо смены нумерации (местоположения в статьях) данных рисунков внутри них также произошли необъяснимые, хотя и непринципиальные изменения по перестановке местами групп самцов и самок и типов диет.

Таблица 2  
Выжившие и умершие крысы в опытах G.-E.Seralini и соавт. [2012; 2014] в результате кормления их ГМ-кукурузой, ГМ-кукурузой с Раундапом и обычной кукурузой (контроль – 0%)

ГМО (%)	«ГМО»						«ГМО + Раундап»					
	♂			♀			♂			♀		
	ж	э	с	ж	э	с	ж	э	с	ж	э	с
0	7	0	3	8	2	0	7	0	3	8	2	0
11	5	1	4	7	2	1	6	1	3	6	3	1
22	9	0	1	3	6	1	5	3	2	3	6	1
33	9	1	0	6	4	0	7	0	3	6	3	1

где ГМО (%) означает содержание ГМ-компонентов в кормах; «ГМО» и «ГМО + Раундап» обозначают группы крыс, которых кормили соответственно пищей, содержащей как просто ГМ-кукурузу, так и обработанную при ее выращивании Раундапом; ♂ – самцы; ♀ – самки; ж – выжившие; э – умершие в результате эвтаназии; с – умершие собственной смертью

Если не принимать во внимание смертельные исходы крыс от эвтаназии (как не позволяющие с уверенностью говорить о дальнейшей судьбе этих животных), то, например, для группы «ГМО» без учета половых различий вырисовывается такая картина – для 11% ГМО – 12 выживших и 5 умерших; для 22% - 12 и 2 соответственно и для 33% - 15 и 0! При том, что в контроле – 15 и 3. Разве не налицо оздоравливающий эффект ГМО для такой болезненной линии крыс?!

Чтобы у читателя не возникло сомнений в правильности наших пересчетов данных G.-E.Seralini и соавторов мы решили привести здесь рис. 1 из их отозванной статьи [Seralini et al., 2012, 2014], поскольку его копирование, равно как и других частей статьи, разрешено издателем без каких-либо ограничений. Фактически в этом рисунке представлены главные результаты их экспериментов, которые они честно привели, но сделанная ими интерпретация полученных данных вызывает, по меньшей мере, удивление.

4224

G.-E. Seralini et al./Food and Chemical Toxicology 50 (2012) 4221–4231

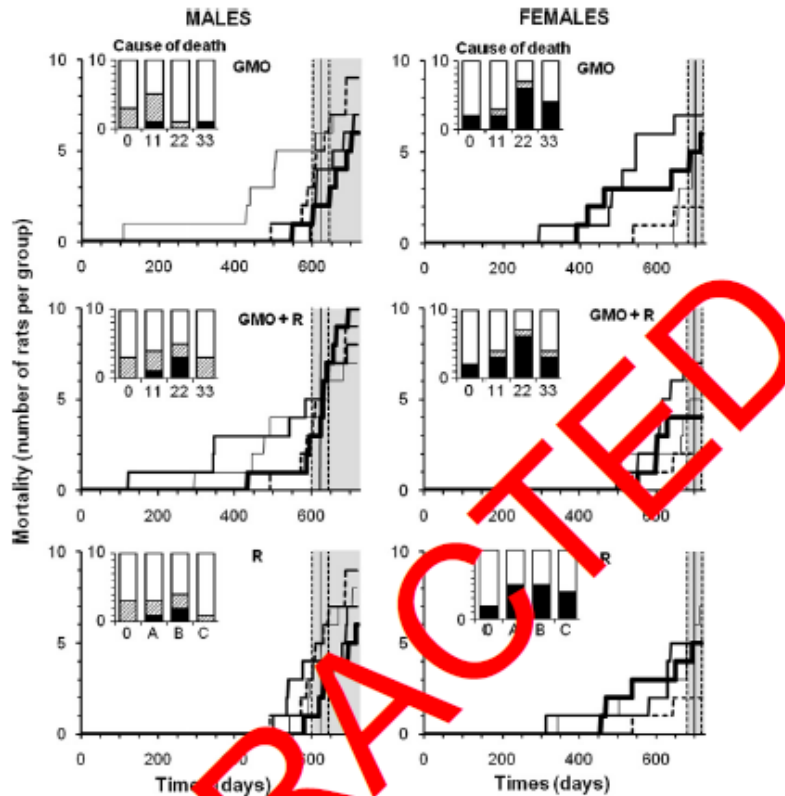


Fig. 1. Mortality of rats fed GMO treated or not with Roundup, and effects of Roundup alone. Rats were fed with N8603 GM maize (with or without application of Roundup) at three different doses (11, 22, 33% in their diet; thin, medium and bold lines, respectively) compared to the substantially equivalent closest isogenic non-GM maize (control, dotted line). Roundup was administrated in drinking water at 3 increasing doses, same symbols (environmental (A), MRL in agricultural GMOs (B) and half of minimal agricultural levels (C), see Section 2). Lifespan during the experiment for the control group is represented by the vertical bar ± SEM (grey area). In bar histograms, the causes of mortality before the grey area are detailed in comparison to the controls (0). In black are represented the necessary euthanasia because of suffering in accordance with ethical rules (tumors over 25% body weight, more than 25% weight loss, hemorrhagic bleeding, etc.); and in hatched areas, spontaneous mortality.

All data cannot be shown in our report, and the most relevant are described here. There was no rejection by the animals of the diet with or without GMOs, nor any major difference in the body weight.

The largest palpable growths (above a diameter of 17.5 mm in females and 20 mm in males) were found to be in 95% of cases non-regressive tumors, and were not infectious nodules. These growths progressively increased in size and number, but not pro-

abdominal location and also resulted in hemorrhaging. In addition, one metastatic ovarian cystadenocarcinoma and two skin tumors were identified. Metastases were observed in only 2 cases; one in a group fed with 11% GM maize, and another in the highest dose of R treatment group.

Up to 14 months, no animals in the control groups showed any signs of tumors whilst 10–30% of treated females per group developed tumors, with the exception of one group (33% GMO + R). By

Рис. 1. Фрагмент статьи G.-E.Seralini и соавторов с их, по сути, главным результатом

Действительно, несмотря на то, что рис. 1 в статье G.-E.Seralini и соавторов несет много информации, он все же ею несколько перегружен. Но нашлись те, кто еще до нас не поленился детально разобраться в представленном материале, чтобы составить упрощенную таблицу [Ollivier, 2013], которую мы здесь даже в более сокращенном виде считаем вполне уместным привести (табл.3). Но чтобы нас не обвинили в специальном утаивании важной части информации сообщим, что для нашей статьи сочли не очень актуальными сведения о смертности крыс не от ГМ-корма, а просто от гербицида Раундапа, добавляемого им в воду для питья. К тому же эта информация видна из рис. 1. Причем как ни странно от самой высокой дозы обработки Раундапом умер лишь один самец против трех умерших в контроле, которые не получали еду, сдобренную Раундапом.

Таблица 3.

Смертность крыс в опытах G.-E.Seralini и соавт. [2012; 2014] в результате кормления их ГМ-кукурузой, ГМ-кукурузой с Раундапом и обычной кукурузой (контроль)

ГМО (%)	«ГМО»		«ГМО + Раундап»	
	♂	♀	♂	♀
0 (контроль)	3	2	3	2
11	5	3	4	4
22	1	7	5	7
33	1	4	3	4
$\chi^2$	5,87	5,83	1,17	5,22

где ГМО (%) означает содержание ГМ-компонентов в кормах; «ГМО» и «ГМО + Раундап» обозначают группы крыс, которых кормили соответственно пищей, содержащей как просто ГМ-кукурузу, так и обработанную при ее выращивании Раундапом; ♂ – самцы; ♀ – самки;  $\chi^2$  - хи-квадрат

Прежде чем перейти к анализу представленной в таблице 3 информации отметим, что мы в этом случае (как и L.Ollivier) не стали делить крыс на умерших собственной смертью и в результате эвтаназии. Возраст крыс при смертельных исходах также во внимание принимать не стали, отчасти потому, что во многих группах летальные исходы довольно сближены во времени, а если и имеются серьезные отличия, то они как раз приходятся на «слабые» концентрации ГМО. Что же «бросается в глаза» при первом же беглом взгляде? Например, увеличенная смертность самцов от 11%-ного содержания ГМО в корме. Как же так?! Ведь чем выше содержание ГМО, тем должно становиться хуже у животных со здоровьем. Казалось бы! Однако, глядя на таблицу, можно прийти к заключению, что 22 и 33% ГМО оказывали на самцов даже некий «терапевтический» эффект. Единицы лишь умерли. Да и из других данных таблицы 3 следует, что не концентрация ГМО вредна вовсе. Хотя Раундап в целом и увеличил число летальных случаев в крысиных популяциях, тем не менее, можно говорить даже о протективном эффекте 33%-ного содержания ГМО с Раундапом, снизившим смертность.

При этом следует отметить, что табл. 3 не входит

в противоречие с табл. 2, фактически свидетельствуя, чуть ли не о пользе ГМО. Таким образом, работу G.-E.Seralini и соавторов скорее следует рассматривать как подтверждающую безопасность ГМО и больше того - даже как свидетельствующую о пользе таких продуктов для здоровья, если бы не одно «но», о котором ниже.

G.-E.Seralini с соавторами надо было обязательно расширить линейку кормов с содержанием ГМ-компонентов, как в сторону снижения содержания ГМО (о чем мы уже упоминали), так и в сторону увеличения, подняв их содержание до 55%, 77% или даже до 88% (если такое позволительно, не нарушая пропорции состава ингредиентов), чтобы получить наиболее полную информацию о воздействии ГМО на организм крыс. В этом случае вполне вероятно они могли бы вообще избежать естественных смертей, по крайней мере, например, среди крыс из группы «ГМО», которые питались бы кормами с 66%-ным содержанием ГМ-компонентов. Очень жаль, что G.-E.Seralini с соавт. не провели такие исследования и это, наряду с тем, что они не смоделировали и 0,9%-ное содержание ГМО в кормах, можно считать нашей критикой их работы.

Проведенная нами интерпретация данных G.-E.Seralini и соавторов позволяет прийти к заключению, что полученные ими результаты отнюдь не свидетельствуют о вреде ГМО. Хотя они сами однозначно оценили полученные результаты как доказательства вредного действия ГМО, вызывающего у подопытных крыс новообразования, возникающие, впрочем, не только у тех животных, что потребляли ГМ-корма, а и у контрольных групп, причем со схожими частотами. Нам представляется, что эти авторы, возможно, изначально были настроены против ГМО и, оказавшись под впечатлением увиденных ими у крыс опухолей, не смогли сделать верную оценку своих же результатов. Остается только добавить, что подобные исследования должны проводиться абсолютно не ангажированными исследователями, которые к тому же, что называется, до последнего не должны знать, например, какие корма каким группам животных дают во избежание даже непреднамеренных действий по оказанию большего внимания тем или группам подопытных животных. В том числе, принимая решение об эвтаназии, иначе чисто психологически оно может оказаться таким, что внесет затруднения в дальнейшую интерпретацию полученной информации и даже приведет к искажению истинных результатов, что как раз и могло иметь место в работе G.-E.Seralini и соавт.

Автор письма редактору журнала, где состоялась публикация 2012 г. (один из многочисленных оппонентов оригинальной статьи G.-E.Seralini и соавт.) уже упоминаемый нами L.Ollivier [2013] обратил внимание на проблемы со статистической составляющей проведенной G.-E.Seralini с соавторами работы, которая, как оказалось, не выдерживает никакой критики и в этой части. Он пришел к заключению, что для достижения высокой степени достоверности при 5% уровне

значимости и при столь малой выборке результаты экспериментов следует считать достоверными только при достижении уровня  $\chi^2=7,815$ , чего, как можно видеть из таблицы 2, ни в одном из вариантов опыта не выполняется. Недостоверность опубликованных результатов свидетельствует, что на эти данные при рассуждении о вреде ГМО для здоровья, впрочем, равно как и о пользе, опираться никак нельзя.

Наверное, все же главный вывод, который могут, тем не менее, сделать противники ГМО по результатам работы G.-E.Seralini и соавторов, чтобы попытаться довести ее до власти предрержащих - так это то, что необходимы дальнейшие интенсивные и долгосрочные исследования влияния ГМО, на которые требуются деньги! Деньги – главное! При этом, разумеется, ГМ-продукты по их мнению не должны пока использоваться для питания человечества. По крайней мере, для какой-то его части. Поскольку противники ГМО прекрасно понимают, что тогда безвредность этих продуктов докажет сама Жизнь! Да и привыкнут к ним люди понемногу. Удивительно только, что эти результаты G.-E.Seralini с соавторами и им подобные о вреде ГМО ничуть не действуют на население тех стран, где ГМО давно и успешно возделываются. В этих странах для доказательства безвредности ГМО, наверное, и не требуется специальные исследования, поскольку до сих пор за два десятилетия возделывания ГМО в промышленных масштабах нет ни одного официально зафиксированного случая вреда от употребления ГМ-продуктов. И тогда, спрашивается, почему ГМО должно вредить здоровью граждан других стран? Ведь все мы относимся к одному биологическому виду - *Homo sapiens*! Зачем же тратить народные деньги для финансового обеспечения и удовлетворений амбиций небольшой группы, чрезмерно «проникшихся» проблемой ГМО граждан?

### Неолысенковщина

В середине XX-го века на протяжении нескольких десятилетий у нас в стране к роли генетики в селекции для создания новых пород сельскохозяйственных животных и сортов растений с повышенной продуктивностью и другими полезными свойствами относились весьма отрицательно. Это негативное отношение было связано с тем, что вообще отрицавшая наличие генов группа ученых под руководством народного академика Т.Д.Лысенко считала, что высокой продуктивности сельскохозяйственных культур можно добиться путем их «воспитания». И опасения за здоровье людей здесь вовсе не причем, так как имело место, во-первых, просто неприятие передовой науки, не укладывающейся в придуманные этой группой псевдоученых идеи «мичуринской» агробиологии<sup>17</sup>, а во вторых, амбициозное стремление к власти и личному благополучию, не смотря ни на что и не

считаясь ни с кем, кроме власть предрержащих. Всех тех, кто был с ними не согласен и считал, что только генетические исследования приведут к активному росту экономики страны в сельскохозяйственном секторе, причисляли к неким «вейсманистам-морганистам» и «агентам зарубежных спецслужб» с соответствовавшими духу того времени последствиями. Так, для укрепления позиций «мичуринской» агробиологии стараниями Т.Д.Лысенко была привлечена государственная репрессивная машина, уничтожившая высший «цвет» генетиков нашей страны, включая академиков, бесосновательно посчитав их «врагами народа». Всем нам известен итог этой «войны», когда наша страна по ключевым позициям изучения генов, а позже и геномов стала неконкурентоспособной и можно сказать что была отброшена на многие годы и безнадежно отстала. Теперь, согласно современным статистическим данным, значительную часть семян ценных сельскохозяйственных культур, а также немало голов высокопродуктивных пород скота наша страна вынужденно закупает за рубежом, тратя на это ресурсы, которые можно было бы направить на совершенствование отечественной селекции и семеноводства. Еще правильнее было бы сделать это раньше! При этом зачастую не учитывается степень адаптации закупаемых сортов и пород к условиям нашего довольно сурового климата.

Не напоминает ли изложенное выше сложившуюся в нашей стране нынешнюю ситуацию по отношению к геной инженерии, что в очередной раз на длительный срок способно задержать развитие науки о Жизни в России по сравнению с остальным миром?! Сейчас вновь, как и более чем полвека назад слышны голоса о неприятии для аграрного производства новых передовых технологий, теперь уже в виде создания ГМ-культур. Утверждается, что потенциал традиционной селекции еще не исчерпан, и в сельском хозяйстве вполне можно обойтись без новых сортов, полученных с помощью генно-инженерных технологий. История фактически повторяется, но на новом витке знаний и технологий. Только сейчас новым передовым подходам сопротивляются уже не «мичуринцы», а ранее от них пострадавшие, но вышедшие из той схватки победителями (точнее, позднее ими ставшие) классические генетики-селекционеры<sup>18</sup> и иже с ними, часть которых чинят всевозможные препятствия, выдвигая лозунги-страшилки, не выдерживающие серьезной критики, добиваясь государственной поддержки для своих исследований. Спротивляться прогрессу науки бессмысленно: рано или поздно он все равно «возьмет свое», вот только не было бы это для нашей страны, так сказать, поздновато. И тогда может настать момент, когда нынешнее отношение к геной инженерии приведет к развитию событий по известному сценарию – государство направит немалые средства на закупку из-за рубежа на этот раз

<sup>17</sup> На самом деле выдающийся селекционер, автор многих сортов плодово-ягодных культур И.В.Мичурин (1855-1935 гг.) имел весьма косвенное отношение к насаждавшейся Т.Д.Лысенко и его приспешниками агробиологической «науке».

<sup>18</sup> Эта категория наших сограждан не составляет, конечно, основную массу противников ГМО, но их влияние довольно значительно, в том числе на тех, кого мы здесь обобщили определением «иже с ними».

уже генно-модифицированных высокопродуктивных сортов, устойчивых к патогенам и вредителям, и уже никто не будет вспоминать про пороговое 0,9% содержание ГМО.

Несмотря на то, что в середине XX-го века у нас в стране генетика была в «опале» или даже под фактическим запретом<sup>19</sup>, как научное направление она все-таки развивалась. Во многом благодаря тому что «руки» Т.Д.Лысенко не дотягивались до ядерной физики. Успехи последней в конце 50-х гг. привели к обнаружению интересной особенности: радиоактивность, а также ряд химических соединений могут быть индукторами массового образования нового биологического материала для селекции. Как результат - в настоящее время большинство сортов культурных растений представляют собой итоги селекционной работы, проведенной с применением случайного радиоактивного и химического мутагенеза. При этом простой перечень потенциальных генетических событий от подобного воздействия на семена должен был бы внушить серьезное беспокойство и даже неприятие таких сортов в случае постоянного напоминания об этом с газетных полос, с радио- и телеканалов, по аналогии со страшилками про ГМО.

Здесь надо заметить, что молекулярные биологи и генные инженеры ничуть не настаивают на полном уходе от классической генетики и селекции, включая случайный мутагенез, а наоборот считают, что эти подходы и методы также необходимо развивать, поскольку их потенциал действительно не исчерпан. Тем более, что после получения на основе таких сортов новых трансгенных форм растений, те фактически подвергаются определенному отбору на биобезопасность, проходя эту процедуру фактически и за себя и за исходный сорт классической селекции, созданный с помощью того самого радиационного или химического мутагенеза. Однако опыт сельскохозяйственного производства показывает (см. ниже), что полученные методами только классической селекции сорта также надо строго проверять на пригодность для питания и кормления, аналогично проверкам в отношении к ГМ-культурам.

На самом же деле, если от каких растений и может исходить угроза возникновения, к примеру, аллергии, то это как раз сорта, созданные с помощью, так называемой, классической селекции, предполагающей использование случайных мутаций,

ведущих к вероятному проявлению плейотропного действия генов наиболее непредсказуемым образом. Так, в результате случайного мутагенеза возникают генные, хромосомные и геномные мутации, связанные с заменами отдельных нуклеотидов, делециями, инсерциями, транслокациями, инверсиями и дупликациями участков ДНК. Такой мутагенез может вызывать нехватку отдельных участков хромосом, изменения их количества в виде гаплоидии, анеуплоидии, полиплоидии. Значительная часть таких мутаций является летальными и они не закрепляются в потомстве, однако возникают варианты, при которых растения оказываются жизнеспособными и дающими фертильное потомство. При этом часть мутаций может нести и желательные, хозяйственно-полезные признаки. Но даже в этих случаях надо иметь в виду, что помимо мутаций, наглядно проявившихся в фенотипе, существует еще масса мутаций, скрытых от экспериментатора, поскольку при радиационном облучении или воздействии сильными химикатами одновременно происходят мутации сотен генов и их регуляторных участков.

В качестве примера здесь стоит привести судьбу сорта картофеля Lenape, созданного с помощью классической селекции с применением метода индуцированного мутагенеза специалистами американского департамента сельского хозяйства, учеными Пенсильванского университета и бизнесменами фирмы Wise Potato Chip Company. Появившись в конце 60-х гг., данный сорт возделывался некоторое время, но у многих потребителей он вызывал тошноту, диарею и прочие симптомы отравления. Позже в нем обнаружили повышенное содержание соланина (30 мг/100 г против обычных для прочих сортов 8 – 10 мг). Но так как сорт был получен классической селекцией, то всесторонний анализ его свойств до вывода на поля тогда не проводился. В итоге Lenape был все же снят с производства, и этот пример далеко не единичен. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации при ООН (Food and Agriculture Organization of the United Nations) около 70% сортов всех сельскохозяйственных культур во второй половине XX века получены именно методом экспериментального случайного мутагенеза. Когда созданные этими традиционными методами сорта стали испытывать на безопасность, то, как и следовало ожидать, среди них оказались растения с опасными свойствами. Так, были сняты с внедрения сорт сельдерея, вызывающий сильную аллергическую реакцию, сорта томатов с повышенным содержанием токсинов и т.д.

Таким образом, вполне возможна ситуация, когда проведенный мутагенез случайным образом может «выключить» какой-либо ген, отвечающий за наработку фермента, ответственного за определенный этап метаболизма некоего вещества вторичного происхождения, например какого-нибудь алкалоида или флавоноида. Результатом этого может стать накопление промежуточного продукта, весьма токсичного для живых организмов, который в норме превращается в безобидное соединение, не накапливаясь в растении. Да и от плейотропного

<sup>19</sup> Здесь можем привести еще один пример из истории бессмысленных запретов, имевших место в России. Так, в 1784 г. был издан указ императрицы Екатерины II о запрещении пускать воздушные шары в предупреждение пожарных случаев и несчастных приключений, долго препятствовавший развитию авиации в России, поскольку она считала воздухоплавание пустой забавой. Когда зимой 1786 г. в Россию собрался приехать известный всей Европе воздухоплаватель Франсуа Бланшар, Екатерина II решительно воспротивилась этому — Передайте этому Бланшару, — велела она своему секретарю, — «что здесь подобною аэрманию не занимаются, яко бесплодной и ненужной».

эффекта при таком мутагенезе никуда не уйти. Собственно и при создании генно-модифицированных растений может сложиться сходная ситуация, как за счет плейотропного действия генов, так и ввиду непредсказуемости места встройки трансгена (только пока; и не в случае транспластомных растений), но это событие в случае трансгенных растений крайне маловероятно за счет не столь большого масштаба изменений в геноме, не сравнимого с тысячами случайных мутаций в непредсказуемых участках генома при воздействии мутагенов.

Тем не менее, многие являющиеся результатом мутагенеза сорта сейчас широко возделываются, а более современные и передовые ГМ-растения запрещаются к применению в сельскохозяйственном производстве. Фактически сейчас, забыв свои треволения с мутагенезом, реабилитированные классические селекционеры-генетики с помощью средств массовой информации, привлекая властные и законодательные органы, запрещают внедрение создаваемые молекулярными биологами ГМО, что, по сути, сродни неолысенковщине. Во времена Т.Д.Лысенко не требовалось массивной атаки на умы обывателей, поскольку в те времена было достаточно одной передовицы в «Правде». Хотя использовались и такие популярные сатирические издания как, например, журнал «Крокодил», в котором публиковались карикатуры на ученых-генетиков, скептически относившихся к мичуринской биологии. Их изображали в виде немощных старцев, рядом с которыми стояли пышущие здоровьем молодцы-мичуринцы. И сейчас наряду с сомнительными статьями и тенденциозными интервью в различных популярных газетных изданиях, нередко можно встретить пугающие коллажи, на которых изображены ужасные монстры, которые якобы могут возникнуть после употребления в пищу ГМ-продуктов. Телевидение также вносит свою лепту, распространяя неподтвержденные сведения об опасности ГМО. Казалось бы, что времена Лысенко давно прошли, «продажная девка империализма» - генетика оправдана, а созданные с помощью искусственного мутагенеза сорта широко возделываются. Неужели история ничему не учит?! Ведь современные инновационные ГМ-растения ничуть не опаснее нынешних сортов, созданных старыми классическими методами.

Предубеждение против трансгенных культур и одновременно безразличие населения в отношении теоретически потенциально куда более опасных из-за непредсказуемости произошедших генетических событий в химически или радиационно мутагенизированных растениях вызваны либо проявлением неophobia (боязнь нового, перемен), либо искусственно навязываемым мнением. Безусловно, причины такого отношения людей кроются отчасти и в том, что забота о здоровье и оценка потенциальной опасности продуктов питания были совсем иными в 50-е, 60-е и даже 70-е годы XX века, когда новые сорта растений создавались преимущественно

вышеупомянутыми «традиционными» методами. По сути - население к ним привыкло. Бизнес также устоялся в том смысле, что происходящие время от времени замены одних сортов другими не несут коренных изменений в экономическом аспекте, тогда как появление ГМ-растений может заметно нарушить сложившийся баланс и не все готовы это приветствовать. Мы абсолютно убеждены в том, что если ГМ-растения каким-то невероятным образом появились бы в 50 – 70-ые гг. XX века, то они не вызвали бы никаких опасений и нашли широкое применение. Напротив, если химически и радиационно мутагенизированные сорта растений появились бы только сейчас, то можно не сомневаться в том, что отношение к ним было бы еще более отрицательным особенно на фоне широко возделываемых к этому времени абсолютно безопасных трансгенных растений и информированности населения о вреде химии и радиации. Так уж устроен человек!

В качестве подтверждения возможности подобного развития событий с различным восприятием мутагенизированных сортов и ГМ-растений можно привести аналогичную ситуацию из области медицины. В своей обзорной статье, посвященной ДНК-вакцинам, В.Г.Дебабов [1997] высказывает предположение (с которым мы полностью солидарны), что появившись раньше остальных, то к ним было бы другое отношение, нежели сейчас, тогда как инъекция ДНК выглядит в настоящее время «повышенной грамотности» населения устрашающей и за кажущейся неизвестности последствий, а к обычным вакцинам все уже привыкли, но если бы они появились позже ДНК-вакцин, то им пришлось бы с трудом пробивать себе дорогу. При этом ДНК-вакцинация обладает целым рядом преимуществ, но до использования такого подхода человечеству пока далековато. Не желая вдаваться в рассмотрение принципиального разнообразия вакцин, заметим лишь, что некоторые так называемые обычные вакцины могут представлять собой частично убитые вирусы, содержащие те же ДНК (РНК), причем не какой-нибудь небольшой фрагмент, а почти цельную молекулу, но инъекция этой субстанции у большинства людей опасений не вызывает, поскольку в этом случае никто не упоминает ни про ДНК, ни про РНК. Не странно ли это? Не странно, потому что никто и не задумывается о составе обычных вакцин. Похоже на ситуацию с ГМО? Отличия лишь в масштабе проблемы: кушать надо несколько раз в день, а вакцинироваться лишь изредка. Вот и не устаиваются ДНК-вакцины столь широкого обсуждения в прессе по сравнению с ГМ-продуктами.

Мы твердо убеждены в том, что запретительные меры по отношению к ГМ-растениям, подобные вредоносным действиям времен Т.Д.Лысенко, и названные нами



«неолысенковщиной»<sup>20</sup>, не могут продолжаться долго. Со временем придет понимание всей бесперспективности сдерживания новых технологий. Отношение к ГМО и к ГМ-растениям в частности в обществе непременно изменится, исчезнут глупые беспочвенные страхи и ГМ-культуры будут выращиваться наравне с сортами, полученными индуцированным мутагенезом. Методы генной инженерии, несомненно, будут востребованы для создания новых перспективных сортов для сельского хозяйства, лесоводства, цветоводства. Будут реабилитированы, если здесь уместна такая параллель. Мы считаем, что от этого зависит, в том числе, и продовольственная безопасность нашего государства, поэтому хотелось бы, чтобы это произошло как можно быстрее.

### Заключение

Подводя краткий итог всему вышесказанному надо отметить, что абсолютно отсутствуют сколь-нибудь серьезные причины, чтобы опасаться ГМ-растения. И это уже пора всем признать. Никакая ДНК из любой пищи в геном встроиться не может; аллергия ГМО не выше, чем у обычных организмов; про антибиотики можно и не вспоминать; влияния на репродуктивную функцию никакого. Остается плейотропное действие генов в ГМ-культурах, которая выполняет роль той зацепки, которая, по мнению некоторых противников ГМО, делает ГМ-растения непредсказуемыми и, следовательно, наиболее уязвимыми для критики. Мол нельзя же заранее спрогнозировать каков будет эффект непонятно от чего. Действительно нельзя! Но у них и тут что называется «промашка» вышла, поскольку все ныне возделываемые сорта, полученные с помощью так называемой классической селекции, еще более непредсказуемы, поскольку в них тем более

неизвестные события с генетическим аппаратом произошли. И если требовать ведения контроля за посевами ГМО, то в еще большей степени необходимо следить за посевами ныне используемых сортов, как полученных непредсказуемыми методами классической селекции, материал для которой готовился индуцированным мутагенезом. Их все сейчас разом запретить надо, как не прошедшие соответствующий контроль на безопасность! Только есть что тогда будем? Да и не опасные эти сорта на самом деле, точнее не более опасные, чем ГМ-культуры. Нам представляется, что когда высокопроизводительное секвенирование ДНК новых поколений позволит легко и просто определять последовательности нуклеотидов геномов как исходных форм, так и трансгенных растений, а также сортов (линий), подвергавшихся классической селекции, то тогда станут известны все произошедшие события изменения геномов этих форм и наступит некое согласие и примирение, потому как говорить о плейотропном эффекте, как некоем пугале, будет уже неактуально. Его надо будет просто предметно изучать.

Таким образом, получается, что ни экологических рисков, ни людских страхов из-за ГМО быть не должно, но они пока есть. Приходилось слышать, что проблема ГМО исчезнет сама собой, когда сменится одно-два поколения. Возможно и так, но уж больно срок велик. Хотя одно поколение можно сказать уже выросло при ГМО, поскольку уже двадцать лет минуло как ГМ-растения вышли на поля, и за это время ни одного доказанного случая какого-либо вреда здоровью человека не отмечено. Да и у потомства каких-либо отклонений, вызванных употреблением ГМО, не наблюдается. Что касается вреда здоровью братьев наших меньших, нанесенного ГМ-кормами, то, по меньшей мере, это заблуждение, о чем выше мы уже упоминали и обязательно вернемся к этому вопросу в следующей статье про ГМО еще более детально. Для того, чтобы люди смогли раньше воспользоваться всеми преимуществами ГМО нужна постоянная разъяснительная работа, включающая в себя информацию и о многолетних исследованиях в этой области, и об абсолютной бесполезности намерений по детекции ГМО на уровне 0,9%. При том, что детекция ГМО/ГМИ абсолютно экономически необоснованна и фактически невыполнима. Со временем журналисты потеряют к данной проблеме всякий интерес и она таким образом не будет больше подпитываться средствами массовой информации в виде разных несуразных страшилок. Псевдоэкологи и иже с ними тоже поумерят свой пыл, понимая, что ни денег, ни прочих дивидендов они реально больше не заработают. Весь вопрос только как быстро это произойдет?

Однако если в нашем обществе сохранится современное отношение к ГМ-культурам, остальной мир может уйти далеко вперед, как это уже имеет место, например в области биотехнологии, IT-индустрии и других современных направлений. Поэтому надо что-то делать!

<sup>20</sup> Ранее нас термин «неолысенковщина» употребил чл.корр. РАН Л.И.Корочкин [2008], о чем мы узнали, уже использовав понятие «неолысенковщина» применительно к ситуации с неприятием ГМО. Л.И.Корочкин в статье, опубликованной в электронном бюллетене «В защиту науки» и посвященной разоблачению современной биологической паранауки, сравнивая нынешнее шарлатанство с тогдашним мракобесием, назвал неолысенковщиной многочисленные примеры псевдонаучных учений. Но лысенковщина, к сожалению, очень многообразна и нами это понятие с приставкой «нео» использовано в несколько ином контексте, а именно - в плане запрещения всего передового с чем не согласны его противники либо бездоказательно вообще, либо обосновывая свою точку зрения большей частью сомнительными экспериментальными результатами, выходя за рамки чисто научных дискуссий и даже привлекая государственный аппарат, как это имело место и во времена Лысенко. Осталось запретить еще создание ГМ-растений в научных лабораториях, ввести уголовную ответственность, и тогда сессия ВАСХНИЛ 1948 г. покажется детской шалостью.

**Послесловие или даешь отечественные растениеводческие биотехнологические компании!**

Мы против выращивания некоторых ГМ-культур на наших полях — какими бы странными после всего прочитанного не показались читателям эти слова! Но, чтобы не возникло непонимания - сразу уточним — ГМ-культур зарубежного происхождения! Мы против того, чтобы на российских полях выращивались иностранные ГМ-растения, принося гигантские прибыли «чужому дядюшке». Надо создавать свои генно-модифицированные растения с уникальными свойствами, превосходящие аналогичные у ныне существующих зарубежных. На наши поля надо выводить именно наши ГМ-культуры! В том числе в рамках импортозамещения, и не потому, что модно, а потому что так правильно.

Большие по территории государства просто обязаны развивать свой аграрный сектор. Земля каждый год родит, являясь, фактически бесконечно возобновляемым источником природных ресурсов. Надо только правильно хозяйствовать! Известный экономист Евгений Ясин, слова которого приводятся в февральском номере за 2014 год газеты «Защита растений» (стр. 19), уверен, что Россия от сельского хозяйства может получать даже больше прибыли, чем от нефтяной отрасли. Причем он отмечает, что для этого надо смелее внедрять новые технологии, в том числе и генно-инженерные разработки. Но надо внедрять собственные технологии и собственные ГМ-сорта, тем более что возможности для их создания в стране есть.

В последние годы часто приходится слышать, что наука у нас в стране не востребована, что бизнес не готов в нее вкладываться, и вину за это фактически возлагают на самих ученых. Не берем на себя ответственность обсуждать причины такого отношения применительно ко всем наукам, но готовы высказаться за генную инженерию растений, которая занимает некоторое промежуточное положение между фундаментальной наукой высочайшего уровня и самыми передовыми прикладными исследованиями. Создание перспективных ГМ-культур - это именно та инновационная сфера, куда российский бизнес мог бы смело делать серьезные инвестиции, обязательно получая со временем очень хорошую отдачу. И можно не сомневаться, что он бы непременно делал это, но разрешить ГМО возделывать надо первым делом. Также нужно снять прочие глупые ограничения по обращению ГМ-товаров в виде абсолютно ненужной детекции ГМО/ГМИ в продуктах питания, не дающей ничего и никому (кроме денег некоторым группам населения, упомянутым выше). Тем более, как можно видеть из данной статьи это абсолютно нереализуемая затея при задаче достижения необходимой точности анализов. На самом деле, создание отечественных ГМ-культур и их массовое возделывание способно стать даже одним из тех локомотивов нашей экономики, о которых так любят говорить.

Аграрная политика страны должна сводиться не к искоренению ГМ-растений, а наоборот — к постановке перед своими учеными грандиозных задач

по созданию ГМ-сортов с уникальными свойствами. Причем такие решения надо принимать с одной стороны взвешенно, но с другой достаточно оперативно, если мы не хотим быть зависимыми от зарубежных селекционных центров, уже многие годы широко использующих достижения генной инженерии, а не ведущими только классическую селекцию, пусть даже вооруженную использованием ПЦР-маркеров неких количественных признаков, что в нашей стране выдается сейчас за самые последние инновации. Хотелось бы надеяться, что чиновники, готовящие решения на высоком уровне, будут принимать во внимание мнения ведущих специалистов в таких областях, как молекулярная биология и генная инженерия. Можно еще добавить, что не надо противиться научно-техническому прогрессу — ни к чему хорошему этого никогда не приводило. А сейчас в связи с истерией вокруг ГМО, образно говоря, получается так, что наша страна, даже находясь на правильном пути, не просто молча стоит на обочине и наблюдает, а еще и вставляет палки в колеса тем, кто пытается двигаться в общемировом потоке.

При этом нельзя не учитывать так называемую продуктовую безопасность страны, которая является одной из важнейших составных частей общей безопасности и обороноспособности государства. В этой связи использование на наших полях зарубежных ГМ-семян, изготовленных по так называемой терминаторной технологии, таит в себе определенную угрозу. Можно представить ситуацию, когда наши заокеанские или европейские партнеры приучат наших аграриев к ежегодной покупке у них семян, обеспечивающих высокую урожайность, и в один год возьмут и не продадут для посева — например, наложат санкции на продажу. Их бизнес сильно не пострадает, а у наших аграриев, приученных к такому режиму ведения сельского хозяйства, может не оказаться семенного фонда. Поэтому даже если использовать терминаторные семена - то они должны быть обязательно внутрироссийского производства.

Противники ГМО — неолысенковцы любят ругать зарубежных биотехнологических гигантов, таких как американские компании - Monsanto, Dow AgroSciences, Du Pont Pioneer, немецкие — BASF Plant Science и Bayer CropScience, контролирующих почти весь рынок ГМ-семян по всему миру. Собственно история повторяется опять, только теперь вред исходит, по их словам, не от западных ученых, а от западных корпораций, насаждающих нам ГМ-культуры. Приходилось слышать по ТВ как борцы с ГМО с возмущением говорили, что 90% патентов на ГМ-культуры принадлежат США. У нас это тоже вызывает недовольство, только посылы у нас с ними абсолютно разные. На самом деле надо отдать должное правильно поставленной работе этих фирм, приносящей огромные прибыли и обеспечивающей продуктовую, экономическую, интеллектуальную и даже политическую безопасность своим странам.

Нам представляется, что настала пора создавать аналогичные зарубежным свои такие компании с частным и государственным капиталом,

которые бы за относительно короткое время выпустили бы на рынок уникальные ГМ-сорты, как подобные уже существующим на Западе, так и новые ГМ-культуры, аналогов которым еще нет. В том числе, трансгенные, трансплазмидные, цисгенные, интрагенные и пр. Обеспечить им патентную защиту, чтобы изменить соотношение в этой области патентования научно-исследовательских разработок. Еще раз повторим – интеллектуальные возможности для этого в России есть. Желание тоже. Но при этом частные инвесторы должны быть уверены, что ГМ-культуры будут востребованы, для чего руководящими и законодательными органами должны быть приняты соответствующие решения. А сельское хозяйство, несмотря на его некоторую зависимость от погодных и прочих условий может быть вполне рентабельным, тем более, что создаваемые ГМ-сорты будут адаптированы к нашим климатическим особенностям. При этом скрытое недовольство от создания таких компаний может исходить как раз от некоторых зарубежных генно-инженерных компаний, которые не захотят становления сильных конкурентов, боясь потерять, тем самым, потенциально большой российский рынок в будущем.

Необходимо отметить, что такой подход отнюдь не означает прекращение селекционной работы классическими способами с использованием индуцированного мутагенеза, в том числе исходя из того, что такие мутагенизированные линии и сорта столь же неопасны, как и ГМ-культуры. Более того, нам представляется, что настало время генным инженерам и генетикам-селекционерам объединить усилия в попытке создания наиболее продуктивных форм сельскохозяйственных растений. Например, с помощью молекулярно-биологических методов (например, сайт-направленного мутагенеза) можно выключить некий негативный признак сцепленно наследующийся с полезным, чего методами классической селекции даже с использованием случайного индуцированного мутагенеза достичь довольно проблематично.

Самое главное - надо перестать бояться несуществующей угрозы здоровью человека со стороны ГМ-растений. Надеемся, что в серии наших статей по проблеме ГМО, мы смогли убедить в этом всех читателей, даже относящихся к данной проблеме весьма настороженно. Ведущееся уже 20-ый год возделывание ГМ-растений не дало в руки оппонентов ни одного настоящего доказательства их вреда. Так сколько же можно их еще бояться?! Пора перестать! На Европу при этом равняться не следует – у них чисто экономические и даже политические мотивы нежелания возделывать ГМО на своих территориях в больших количествах. Отчасти из-за перепроизводства обычной сельскохозяйственной продукции, которую и так некуда сбывать, и боязни экспансии аналогичных, но более дешевых (за счет ГМ-технологий) товаров из других стран, в первую очередь из США. Они таким образом защищают свой рынок. Безусловно, наша страна тоже должна защищать отечественных производителей сельхозпродукции, только надо чувствовать и еще лучше предвидеть общемировые тенденции в

аграрном секторе. Хотя все же пять стран Евросоюза ГМО выращивают.

Весьма интересны результаты недавнего опроса жителей 5 стран – Бельгии, Франции, Голландии, Соединенного Королевства и Испании, из которых только последняя страна возделывает ГМО (ГМ-кукурузу) [Delwaide et al., 2015]. Было опрошено более 3 тысяч человек на предмет их готовности употреблять в пищу ГМ-растения и цисгенные растения. В целом по всем этим странам только 17% и 14% высказались против. 36 и 38% опрошенных согласны питаться ГМ-пищей и пищей на основе цисгенных растений соответственно. И около половины (46% в случае с ГМ-сортами и 49% в случае цисгенных культур) считают, что не обладают для принятия решения достаточной информацией. Единственной страной, где больший процент населения высказался против ГМ-пищи (31% против 23%) стала Франция. Цисгенные же растения в той же Франции принимаются куда благосклоннее – 26% - «против» и 27% - «за» при 47% воздержавшихся. Как и можно было ожидать испанцы проявили наибольшую толерантность к ГМ-пище и к пище из цисгенных растений – всего 11% и 8% «против», 46% и 52% - «за», при 43% и 40% неопределившихся, соответственно. Сходное с Испанией отношение к ГМ- и цисгенной пище проявляют англичане, причем именно эта страна стала зачинателем борьбы с ГМО. Так что отношение населения в Европе к проблеме генно-модифицированной пищи, если судить по проведенному опросу в целом достаточно спокойное. Учитывая то, что цисгенные растения пока малоизвестны, то информирование населения о них позволяет надеяться, что те, кто еще не определился, могут согласиться употреблять генно-модифицированную пищу.

Беспокойство проявляют европейские ученые. Так, 30 октября 2014 г. большая группа известнейших ученых – растительных биологов из разных стран Европы обратилась с Открытым письмом<sup>21</sup> к руководителям Европейского союза, в котором они напомнили, что Европа имеет давние и славные традиции изучения растений, при этом выразив свою серьезную озабоченность сложившейся ситуацией вокруг ГМ-растений. В письме отмечается, что введенный во многих странах Европы мораторий на выращивание трансгенных растений даже на опытных полях ведет к заметному отставанию. Указывается также, что это будет иметь весьма пагубные последствия для европейской растениеводческой науки и выполнение намеченной программы Horizon 2020 в части обеспечения продуктами питания населения Европы уже находится под угрозой срыва. Предлагается заметно увеличить ассигнования в данный сектор науки, поскольку он сильно недофинансирован в угоду биомедицинским

<sup>21</sup> [http://www.umu.se/digitalAssets/151/151955\\_open-letter-to-decision-makers-in-europe.pdf](http://www.umu.se/digitalAssets/151/151955_open-letter-to-decision-makers-in-europe.pdf)

исследованиям.<sup>22</sup> В этом письме также содержится требование разрешить выращивать проверенные на безвредность ГМ-сорта на полях Европы как можно скорее.

В качестве подтверждения их слов о крайне малом количестве проводимых ныне испытаний трансгенных растений на полях Европы можно сослаться на недавнюю редакционную заметку в журнале *Nature Biotechnology* [Marshall, 2015], где приведены показатели изменения числа испытываемых ГМ-сортов по странам за почти четверть века. Первые испытания в Европе четырех образцов трансгенных растений были проведены в 1991 г., в 1992 г. таковых стало уже 66, а в 1994 – 166. Максимальные значения анализируемых на опытных полях образцов пришлись на период с 1996 по 1999 г. и составили соответственно 239, 264, 244 и 238 ГМ-растений. С 2000 г. началось резкое снижение числа испытываемых трансгенных растений, что легко объясняется начавшейся в то время в Европе антиГМО-кампанией. В 2012, 2013 и 2014 гг. высевалось для испытаний всего 51, 25 и 12 ГМ-культур соответственно. Причем большая их часть приходится на две страны - Испанию и Швецию.

В чем все же можно равняться на Европу так это в том, что вышеупомянутые немецкие фирмы BASF и Bayer входят в группу мировых лидеров среди биотехнологических компаний. Почему не следовать хотя бы этому примеру Германии, являющейся одной из передовых стран Европейского Союза? В России надо как можно быстрее образовать несколько растениеводческих биотехнологических компаний, нацеленных на создание и вывод на рынок отечественных ГМ-культур важных сельскохозяйственных растений, которые на первых порах могут существовать даже в виде соответствующих технопарков ГМО. Для этого нужны политическая воля и соответствующее решение руководства страны, сопровождаемое рядом законодательных актов, в результате которых частные инвесторы почувствуют выгоду от вложения денег в современное производство аграрной продукции, в том числе выступив соучредителями. Причем такие компании (технопарки) некоторое время до своего становления и достижения определенного уровня экономического могущества могут, например, действовать под эгидой Общества биотехнологов

<sup>22</sup> К сожалению, растениеводческая наука фактически по всему миру финансируется по остаточному принципу, подтверждением чему, в том числе, может служить приведенная ниже фраза из данного письма европейских ученых – «Plant science has arguably contributed more to the reduction of human suffering than biomedical research, yet compared with the latter it is hugely underfunded worldwide.» И это на самом деле крайне плохо, потому что людям всегда должно быть что кушать, поскольку голодный человек априори будет больным и слабым и одной медицинской помощью, включая применение медикаментов, его не спасти и не вылечить, даже зная от чего. К тому же растениеводство служит основой кормопроизводства для животноводства.

России им. акад. Ю.А.Овчинникова, где собраны значительные научные ресурсы страны, работающие в соответствующих областях.

В завершении несколько слов необходимо сказать про революции в сельскохозяйственном растениеводстве или даже в мире растений, если брать совсем широко. Так, за годы «Зеленой революции» (Green Revolution), отцом которой считается Н.Э.Борлоуг, получивший за нее в 1970 г. Нобелевскую премию мира, мировое производство зерна между 1950 и 1984 гг. выросло на более чем 250%. Считается, что Зелёная революция дала возможность не только худо-бедно прокормить увеличивающееся население Земли, но и до некоторой степени улучшить его качество жизни. Помимо новых высокоурожайных сортов, серьезный вклад в осуществление данной Революции принадлежит возросшему количеству вносимых на поля разнообразных удобрений, увеличенной пестицидной нагрузке и гигантскому объему воды, требовавшемуся для полива. Все это неизбежно негативно отразилось на окружающей среде, но все население Планеты досыта накормить так и не удалось - немало народов голодает и по сей день. А народонаселение продолжает расти и по некоторым оценкам к 2050 г. достигнет 9 млрд. человек. Чтобы прокормить такую массу людей урожайности нынешних сортов и имеющихся площадей не хватит. Тем более в условиях нехватки воды, засоления пахотных земель.

Словом нужна новая Зеленая революция. Многие связывают ее появление с широким внедрением всевозможных генно-модифицированных культур, в том числе устойчивых ко многим неблагоприятным воздействиям. Кто-то называет такую революцию «Зеленой генной революцией» (Green Gene Revolution), другие предлагают вариант «Вечнозеленая революция» (Evergreen Revolution), видимо намекая, что процесс должен быть перманентным, с чем, по всей видимости, нельзя не согласиться. Но здесь мы хотим, однако, процитировать одну коротенькую статью немецких авторов [Udvardi, Scheible, 2005], опубликованную десятилетие назад, в которой они, помимо этой широко известной аграрной Зеленой революции, ставшей во многом возможной благодаря химическим азотным удобрениям, посчитали, что симбиотическая Зеленая революция произошла много раньше - около 65 млн. лет назад, когда некоторые растения приобрели способность в симбиозе с бактериями фиксировать атмосферный азот. На наш взгляд, именно эта симбиотическая Зеленая революция должна, по сути, стать «Вечнозеленой» в том смысле, что задача по приданию сельскохозяйственным растениям возможности вступать в азотфиксирующий симбиоз с бактериями из группы ризобий должна стать одной из главнейших при конструировании новых передовых сортов, чему мы ранее [Чемерис и др., 2014] уделили значительное внимание и сами активно движемся в этом направлении. При этом, как мы уже упоминали в той своей предыдущей статье, мы не получаем ГМО, а создаем всего лишь трансгенные растения и проводим с ними научные исследования.

**Литература**

1. Викторов А.Г. Влияние Bt-растений на почвенную биоту и плейотропный эффект желта-эндотоксин кодирующих генов // Физиология растений. 2008. Т.55. С.823-833 – цит. по Викторов А.Г. Можно ли создать эффективное инсектицидное растение или эволюция резистентности фитофагов к трансгенным коммерческим Bt-растениям // Физиология растений. 2015. Т.62. С.17-27.
2. Викторов А.Г. Можно ли создать эффективное инсектицидное растение или эволюция резистентности фитофагов к трансгенным коммерческим Bt-растениям // Физиология растений. 2015. Т.62. С.17-27.
3. Дебабов В.Г. ДНК-вакцинация и генотерапия на основе транзientной экспрессии нуклеиновых кислот в соматических клетках человека и животных // Мол. биол. 1997. Т.31. С.209-215.
4. Дебабов В.Г., Азизбекян Р.Р., Хлебалина О.И., Дьяченко В.В., Галушка Ф.П., Бельх Р.А. Выделение и предварительная характеристика экстрахромосомальных элементов ДНК *Bacillus thuringiensis* // Генетика. 1977. Т.13. С. 496-501.
5. Корочкин Л.И. Неолысенковщина в российской биологии // В защиту науки. М., Комиссия РАН по борьбе с лженаукой. 2008. Бюллетень №3. С.62-66.
6. Рукавцова Е.Б., Лебедева А.А., Захарченко Н.С., Бурьянов Я.И. Пути создания безопасных трансгенных безмаркерных растений // Физиология растений. 2013. Т.60. С.17-30.
7. Скрыбин К.Г. (ред.) Агробиотехнология в мире. Научно-популярная монография. М., 2008. 125 С.
8. Тутельян В.А. (ред.) Генетически модифицированные источники пищи: оценка безопасности и контроль. М., Изд-во РАМН. 444 С.
9. Тышко Н.В., Жминченко В.М., Пашорина В.А., Селяскин К.Е., Сапрыкин В.П., Утембаева Н.Т., Тутельян В.А. Оценка влияния ГМО растительного происхождения на развитие потомства крыс в трех поколениях // Вопросы питания. 2011. Т.80. С.14-28.
10. Чемерис А.В., Магданов Э.Г., Гарафутдинов Р.Р., Вахитов В.А. Как исключить появление ложно-положительных результатов при проведении полимеразной цепной реакции // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии. 2012. Т. 8. С. 34-45.
11. Чемерис А.В., Чемерис Д.А., Магданов Э.Г., Гарафутдинов Р.Р., Нагаев Н.Р., Вахитов В.А. Причины ложно-негативной ПЦР и недопущение некоторых из них // Биомика. 2012а. Т.4. С.31-47.
12. Чемерис А.В., Бикбулатова С.М., Чемерис Д.А., Баймиев Ал.Х., Князев А.В., Кулуев Б.Р., Максимов И.В. Надо ли опасаться ГМО? Взгляд несторонних наблюдателей на истерию вокруг // Биомика. 2014. Т.6. С.77-138.
13. Agrawal A., Rajamani V., Reddy V.S., Mukherjee S.K., Bhatnagar R.K. Transgenic plants over-expressing insect-specific microRNA acquire insecticidal activity against *Helicoverpa armigera*: an alternative to Bt-toxin technology // Transgenic Res. 2015. [Epub ahead of print]. DOI 10.1007/s11248-015-9880-x.
14. Ali M.M., Vora D. *Bacillus thuringiensis* as endophyte of medicinal plants: Auxin producing biopesticide // Int. Res. J. Environment Sciences. 2014. V.3. P.27-31.
15. Arjó G., Portero M., Piñol C., Viñas J., Matias-Guiu X., Capell T., Bartholomaeus A., Parrott W., Christou P. Plurality of opinion, scientific discourse and pseudoscience: an in depth analysis of the Séralini et al. study claiming that Roundup™ Ready corn or the herbicide Roundup™ cause cancer in rats // Transgenic Res. 2013. V.22. P.255-267.
16. Boynton JE, Gillham NW, Harris EH, Hosler JP, Johnson AM, Jones AR, Randolph-Anderson BL, Robertson D, Klein TM, Shark KB, et al. Chloroplast transformation in *Chlamydomonas* with high velocity microprojectiles // Science. 1988. V.240. P.1534-1538.
17. Burke D.C. There's a long, long trail a-winding: the complexities of GM foods regulation, a cautionary tale from the UK // GM Crops Food. 2012. V.3. P.30-39.
18. Caplan A., Herrera-Estrella L., Inzé D., Van Haute E., Van Montagu M., Schell J., Zambryski P. Introduction of genetic material into plant cells // Science. 1983. V.222. P.815-821.
19. Chen K., Gao C. TALENs: customizable molecular DNA scissors for genome engineering of plant // J. Genet. Genomics. 2013. V.40. P.271-279.
20. De Cosa B., Moar W., Lee S.B., Miller M., Daniell H. Overexpression of the Bt cry2Aa2 operon in chloroplasts leads to formation of insecticidal crystals // Nat. Biotechnol. 2001. V.19. P.71-74.
21. Delwaide A-C., Nalley L.L., Dixon B.L., Danforth D.M., Nayga R.M. Jr., Van Loo E.J., Verbeke W. Revisiting GMOs: Are There Differences in European Consumers' Acceptance and Valuation for Cisgenetically vs Transgenetically Bred Rice? PLOS One. 2015. Published: May 14, 2015 DOI: 10.1371/journal.pone.0126060.
22. Domingo J.L. Toxicity studies of genetically modified plants: a review of the published literature // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2007. V.47. P.721-733.
23. Espinoza C., Schlechter R., Herrera D., Torres E., Serrano A., Medina C., Arce-Johnson P. Cisgenesis and intragenesis: new tools for improving crops // Biol. Res. 2013. V.46. P.323-331.
24. Ewen S.W.B., Pusztai A. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine // Lancet. 1999. V.354. P.1353-1354.
25. Jabeen R., Khan M.S., Zafar Y., Anjum T. Codon optimization of cry1Ab gene for hyper expression in plant organelles // Mol. Biol. Rep. 2010. V.37. P.1011-1017.
26. James C. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. ISAAA Brief No. 49. ISAAA. Ithaca. NY. 259 P.
27. Herrera-Estrella L., Depicker A., Van Montagu M., Schell J. Expression of chimaeric genes transferred into plant cells using a Ti-plasmid-

- derived vector // *Nature*. 1983. V.303. P.209-213.
28. Ho M-W., Ryan A., Cummins J. Cauliflower mosaic viral promoter—a recipe for disaster // *Microbial Ecology in Health and Disease* 1999. V. 11. P. 194-197.
  29. Holme I.B., Wendt T., Holm P.B. Intrageneration and cisgenesis as alternatives to transgenic crop development // *Plant Biotechnol. J.* 2013. V.11. P.395-407.
  30. Holt J.S., Powles S.B., Holtum J.A.M. Mechanisms and Agronomic Aspects of Herbicide Resistance // *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 1993. V. 44. P.203-229.
  31. Kaplinsky N., Braun D., Lisch D., Hay A., Hake S., Freeling M. Biodiversity (Communications arising): maize transgene results in Mexico are artefacts // *Nature*. 2002. V.416. P.601-602.
  32. Kiani S., Mohamed B.B., Shehzad K., Jamal A., Shahid M.N., Shahid A.A., Husnain T. Chloroplast-targeted expression of recombinant crystal-protein gene in cotton: an unconventional combat with resistant pests // *J. Biotechnol.* 2013. V.166. P.88-96.
  33. Kota M., Daniell H., Varma S., Garczynski S.F., Gould F., Moar W.J. Overexpression of the *Bacillus thuringiensis* (Bt) Cry2Aa2 protein in chloroplasts confers resistance to plants against susceptible and Bt-resistant insects // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1999. V.96. P.1840-1845.
  34. Li X., Li S., Lang Z., Zhang J., Zhu L., Huang D. Chloroplast-targeted expression of the codon-optimized truncated cry1Ah gene in transgenic tobacco confers a high level of protection against insects // *Plant Cell. Rep.* 2013. V.32. P.1299-1308.
  35. Mamaev D., Shaskolskiy B., Dementieva E., Khodakov D., Yurasov D., Yurasov R., Zimenkov D., Mikhailovich V., Zasedatelev A., Gryadunov D. Rotary-based platform with disposable fluidic modules for automated isolation of nucleic acids // *Biomed. Microdevices*. 2015. V.17. 9920. doi: 10.1007/s10544-014-9920-y.
  36. Marshall A. Quality traits reach market // *Nature Biotechnology*. 2015. V.33. P.441.
  37. Marton I., Honig A., Omid A., De Costa N., Marhevka E., Cohen B., Zuker A., Vainstein A. From Agrobacterium to viral vectors: genome modification of plant cells by rare cutting restriction enzymes // *Int. J. Dev. Biol.* 2013. V.57. P.639-650.
  38. McBride K.E., Svab Z., Schaaf D.J., Hogan P.S., Stalker D.M., Maliga P. Amplification of a chimeric *Bacillus* gene in chloroplasts leads to an extraordinary level of an insecticidal protein in tobacco // *Biotechnology*. 1995. V.13. P.362-365.
  39. Metz M., Fütterer J. Biodiversity (Communications arising): suspect evidence of transgenic contamination // *Nature*. 2002. V.416. P.600-601.
  40. Nakamura L.K. DNA relatedness among *Bacillus thuringiensis* serovars // *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1994. V.44. P.125-129.
  41. Nguyen H.T., Jehle J.A. Expression of Cry3Bb1 in transgenic corn MON88017 // *J. Agric. Food Chem.* 2009. V.57. P.9990-9996.
  42. Nicolia A., Manzo A., Veronesi F., Rosellini D. An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research // *Crit. Rev. Biotechnol.* 2014. V.34. P.77-88.
  43. Ollivier L. Letter to the editor. «A Comment on Séralini, G.-E., et al., Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. *Food Chem. Toxicol.* (2012)» // *Food and Chemical Toxicology*. 2013. V.53. P.458.
  44. Ortiz-García S., Ezcurra E., Schoel B., Acevedo F., Soberón J., Snow A.A. Absence of detectable transgenes in local landraces of maize in Oaxaca, Mexico (2003-2004) // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2005. V.102. P.12338-12343. Erratum in: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2005. V.102. P.18242.
  45. Paoletti C., Heissenberger A., Mazzara M., Larcher S., Grazioli E., Corbisier P., Hess N., Berben G., Luebeck, P.S., Loose M., Moran G., Henry C., Brera C., Folch I., Ovesna J., Eede G. Kernel lot distribution assessment (KeLDA): a study on the distribution of GMO in large soybean shipments // *European Food Research and Technology*. 2006. V.224. P.129-139.
  46. Pardo-López L., Muñoz-Garay C., Porta H., Rodríguez-Almazán C., Soberón M., Bravo A. Strategies to improve the insecticidal activity of Cry toxins from *Bacillus thuringiensis* // *Peptides*. 2009. V.30. P.589-595.
  47. Quist D., Chapela I.H. Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico // *Nature*. 2001. V.414. P.541-543.
  48. Quist D., Chapela I.H. Biodiversity Biodiversity (Communications arising (reply)): Suspect evidence of transgenic contamination/Maize transgene results in Mexico are artefacts (see editorial footnote) // *Nature*. 2002. V.416. P.602.
  49. Radosevich S.R., Appleby A.R. Relative susceptibility of two common groundsel (*Senecio vulgaris* L.) biotypes to 6 s-triazines // *Agron. J.* 1973. V.65. P.553-555. — цит. по Holt J.S., Powles S.B., Holtum J.A.M. Mechanisms and Agronomic Aspects of Herbicide Resistance // *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 1993. V. 44. P.203-229.
  50. Redenbaugh K., Hiatt B., Martineau B., Kramer M., Sheehy R., Sanders R., Houck C., Emlay D. Safety Assessment of Genetically Engineered Fruits and Vegetables: A Case Study of the Flavr Savr Tomato. 1992. CRC Press. 288 P.
  51. Schnepf E., Crickmore N., Van Rie J., Lereclus D., Baum J., Feitelson J., Zeigler D.R., Dean D.H. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 1998. V.62. P.775-806.
  52. Schnepf HE, Whiteley HR. Cloning and expression of the *Bacillus thuringiensis* crystal protein gene in *Escherichia coli* // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1981. V.78. P.2893-2897.
  53. Schouten H.J., Krens F.A., Jacobsen E. Cisgenic plants are similar to traditionally bred plants: international regulations for genetically modified organisms should be altered to exempt cisgenesis //

- EMBO Rep. 2006. V.7. P.750-753.
54. Séralini G.E., Clair E., Mesnage R., Gress S., Defarge N., Malatesta M., Hennequin D., de Vendômois J.S. Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize // *Food Chem. Toxicol.* 2012. V.50. P.4221-4231. - Retraction notice to "Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize" [*Food Chem. Toxicol.* 50 (2012) 4221-4231] Retraction in: *Food Chem. Toxicol.* 2014. V.63. P.244.
  55. Séralini G.E., Clair E., Mesnage R., Gress S., Defarge N., Malatesta M., Hennequin D., de Vendômois J.S. Republished study: long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize // *Environ. Sci. Europe.* 2014. V.26. P.14.
  56. Sprink T., Metje J., Hartung F. Plant genome editing by novel tools: TALEN and other sequence specific nucleases // *Curr. Opin. Biotechnol.* 2014. V.32C. P.47-53.
  57. Svab Z, Hajdukiewicz P, Maliga P. Stable transformation of plastids in higher plants // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 1990. V.87. P.8526-8530.
  58. Suarez A.V., Bernard M., Tsutsui N.D., Blackledge T.A., Copren K., Sarnat E.M., Wild A.L., Getz W.M., Starks P.T., Will K., Palsbøll P.J., Hauber M.E., Moritz C., Richman A.D. Conflicts around a study of Mexican crops // *Nature.* 2002. V.417. P.897.
  59. Tabashnik B.E., Brévault T., Carrière Y. Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres // *Nat. Biotechnol.* 2013. V.31. P.510-521.
  60. Tan F., Zhu J., Tang J., Tang X., Wang S., Zheng A., Li P. Cloning and characterization of two novel crystal protein genes, cry54Aa1 and cry30Fa1, from *Bacillus thuringiensis* strain BtMC28 // *Curr. Microbiol.* 2009. V.58. P. 654-659.
  61. Udvardi M.K., Scheible W.R. GRAS genes and the symbiotic green revolution // *Science.* 2005. V.308. P.1749-1750.
  62. Wang Y., Cheng X., Shan Q., Zhang Y., Liu J., Gao C., Qiu J.L. Simultaneous editing of three homoeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew // *Nat. Biotechnol.* 2014. V.32. P.947-951.
  63. Wegier A., Piñeyro-Nelson A., Alarcón J., Gálvez-Mariscal A., Alvarez-Buylla E.R., Piñero D. Recent long-distance transgene flow into wild populations conforms to historical patterns of gene flow in cotton (*Gossypium hirsutum*) at its centre of origin // *Mol. Ecol.* 2011. V.20. P.4182-4194.
  64. Weighardt F. European GMO labeling thresholds impractical and unscientific // *Nature Biotechnology.* 2006. V.24. P.23-25.
  65. Weighardt F. GMO quantification in processed food and feed // *Nat. Biotechnol.* 2007. V.25. P.1213-1214.
  66. Worthy K., Strohman R.C., Billings P.R. Conflicts around a study of Mexican crops // *Nature.* 2002. V.417. P.897.
  67. Yau Y.Y., Stewart C.N. Jr. Less is more: strategies to remove marker genes from transgenic plants // *BMC Biotechnol.* 2013. V.13. P.36.

## THE FIGHT AGAINST GMO IS NEOLYSENKOISM

Chemeris A.V., Chemeris D.A., Baymiev A.I.K., Knyazev A.V., Kuluev B.R., Maksimov I.V.

Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Science Centre of Russian Academy of Sciences, Ufa

### Resume

The wide range of the problems connected with the genetic modified organisms (GMO) is considered. The present state of affairs at GM-cultures cultivation in the world described. The main attention is paid to GMO/GMI detection of in food. Absolute uselessness of exact definition of excess of 0.9% of threshold level is proved. Lack of the linkage between admissible 0.9% the maintenance of GMO in food with health of the person is convincingly shown. The assessment of the finance requirement for GMO/GMI detection system deployment in our country calculated, which showed that budgetary funds only for equipment of such centers / laboratories are more than 100 billion rubles. Taking into account expendables, utility payments, a salary to the employees and other necessary expenditure over one trillion rubles can be demanded. Absolute artificiality of all environmental risks and human fears taking place in connection with GMO problem is noted. Parallels between a ban of the induced mutagenesis and a present situation around transgenic plants, which rejection in terms of counteraction intensity is similar to the new «lysenkoism» are drawn. The analysis of the action motivation by groups of the people connected with GMO creation and distribution is carried out. The questions about new «Green (genetic) revolution» or «Evergreen revolution» in which the role of GM-cultures can be considerable are raised. For advance on the Russian market competitive domestic GM-cultures, adapted for a local environment, the proposal for creation in Russia a network of the biotechnological crop companies is made.

**Keywords:** Genetically modified organisms (GMO), GM-plants, GM-products, genetically modified ingredients (GMI), transgenic plants, transplastomic plants, transplastogenic plants, cisgenic plants, biotech-plants, knockout plants, genome, PCR, neolysenkoism, import substitution