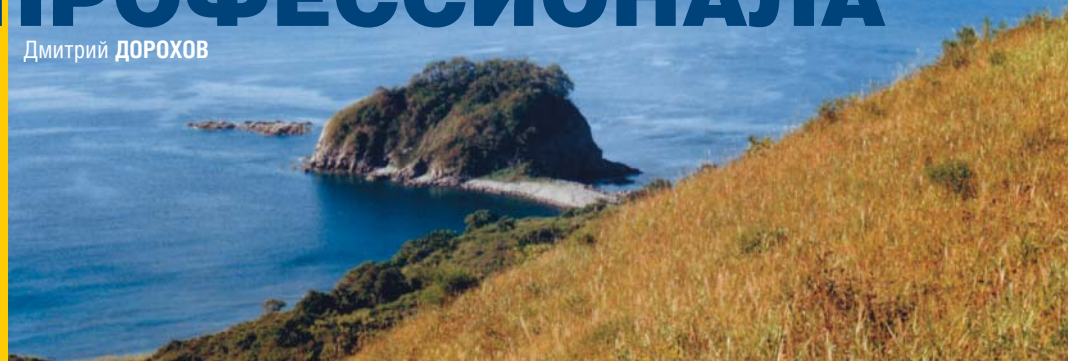




# БИОБЕЗОПАСНОСТЬ: ВЗГЛЯД ПРОФЕССИОНАЛА

Дмитрий ДОРОХОВ



*Биобезопасность* — отсутствие фактического или прогнозируемого нежелательного воздействия модифицированного организма (в сравнении с исходным немодифицированным организмом) на окружающую среду. (Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2001 г. № 120 «О государственной регистрации генно-инженерно-модифицированных организмов»)



«Охотники» за дикой соей в окрестностях озера Ханка



ДОРОХОВ Дмитрий Борисович — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией генома растений Центра «Биоинженерия» РАН (г. Москва). Эксперт комиссии ООН по стандартизации сельскохозяйственной продукции. Состоял членом рабочей группы Межведомственной комиссии по проблемам генно-инженерной деятельности, ответственным секретарем Экспертного совета Минпромнауки России по вопросам биобезопасности. Принимал участие в разработке методических рекомендаций по оценке биобезопасности генно-инженерно-модифицированных растений, регламента регистрации и инспекции опытных участков контролируемого выпуска ГМР и концепции пост-регистрационного мониторинга ГМО в России



Закат в заливе Петра Великого

*Биобезопасность... Это слово для нас много значит — в рейтинге человеческих ценностей ощущение безопасности занимает одну из верхних строчек. Мы беспокоимся о своей жизни и здоровье детей, тревожимся о безопасности дорог и воздушных рейсов, о сохранности своих квартир и кошельков. Новое время, рождая новые технологии, породило новые страхи и новые понятия. После расщепления атомного ядра человечество проникло вглубь живой клетки, взломав наследственные «коды». Биобезопасность — новая категория отношений между Человеком и Природой.*

Почти ежедневно мы слышим об очередных достижениях биотехнологии, которые могут существенно улучшить нашу жизнь. Но почему проходит так много времени, пока они воплотятся в реальность? Отчего так долг путь от пробирки до поля, и, в конечном итоге, — до прилавка в супермаркете?

Это необходимо, чтобы убедиться, что новый продукт не представляет угрозы для здоровья человека и для окружающей среды. Окончательное решение о безопасности и использовании продукта принимает на себя государство: процесс принятия решения регулируется соответствующим национальным законодательством и международными актами.

Говоря о продуктах современной биотехнологии в сельском хозяйстве, как правило, имеют в виду генетически модифицированные организмы (ГМО), как таковые, продукты их жизнедеятельности или продукты их переработки. Термин *биобезопасность* применяют в отношении живых ГМ-организмов, взаимодействующих с окружающей средой; термин же *пищевая безопасность* или *безопасность кормов для животных* — к продуктам их переработки.

Прежде всего, нужно отметить, что в основе системы биобезопасности в Российской Федерации лежат принципы, разработанные мировым сообществом: 1) научная оценка риска использования ГМО и 2) независимость научной экспертизы применительно к каждому случаю



Пространственное распределение полевых участков для проведения испытаний ГМР на биобезопасность в РФ



Посевы культурной сои, «захваченные» сорняками



Посевы генетически модифицированной сои, устойчивой к гербициду глифосату

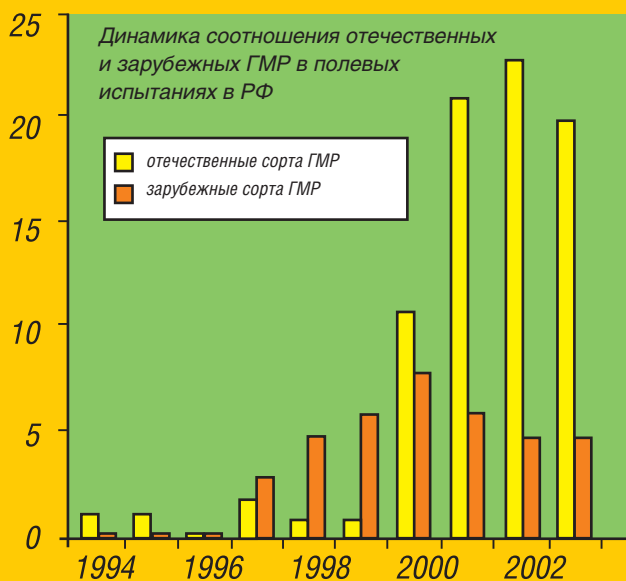
выпуска ГМО в окружающую среду. На этой основе российским научным сообществом в 2001 году были разработаны «Методические рекомендации по оценке биобезопасности генно-инженерно-модифицированных растений». Они были приняты Экспертным советом Минпромнауки России по вопросам биобезопасности и одобрены Межведомственной комиссией по проблемам генно-инженерной деятельности (МВКГИД).

Важнейший этап проведения испытаний на биобезопасность ГМ-растений — полевые испытания. В РФ подобные испытания разрешено проводить только на специализированных охраняемых участках, которые, как правило, находятся на территориях специализированных научно-исследовательских институтов и расположены в различных агроклиматических зонах. Экспертами МВКГИД разработан «Регламент регистрации и инспекции опытных участков для проведения контролируемого выпуска ГМР». Проведение испытаний ГМ-растений под таким контролем гарантирует от их несанкционированного распространения за пределы сельхозугодий.

Чтобы лучше представить себе, как идентифицируют риски, связанные с выпуском генетически модифицированных растений в окружающую среду, в качестве наглядного примера приведем реальные исследования на биобезопасность генетически модифицированной сои, в которых автору довелось участвовать.

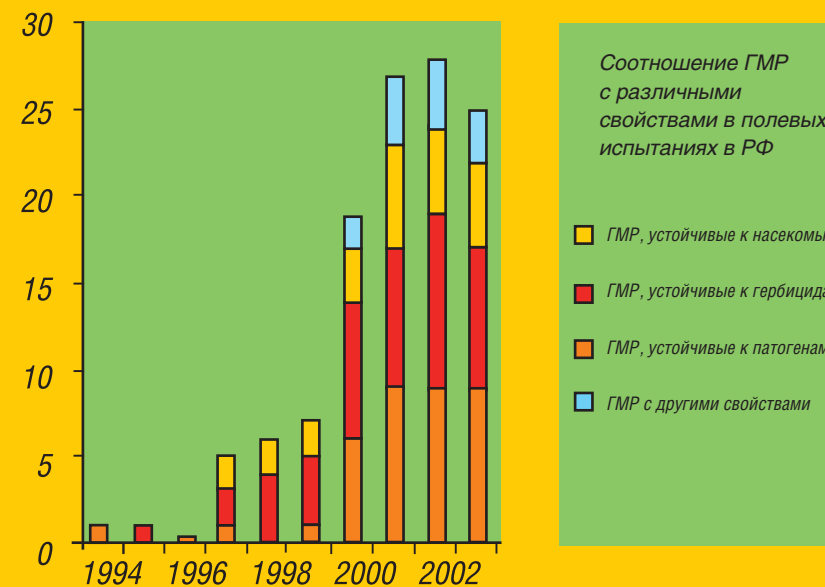
«К ГМ-продуктам предъявляют требования гораздо более высокие, чем к сортам, полученным в результате обычной селекции и даже селекции, в которой мутации вызваны облучением или применением химикатов»

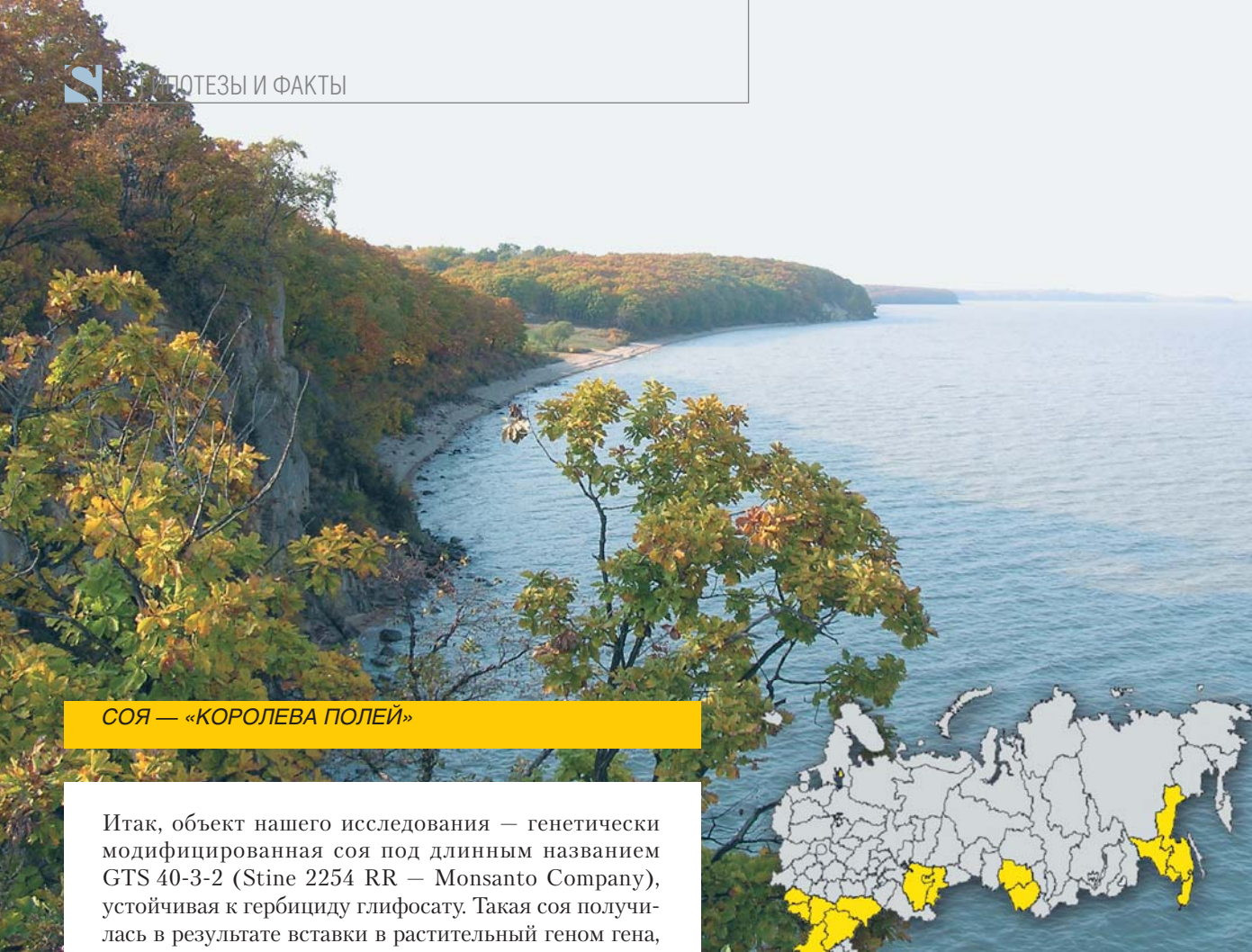
Н. Борлоуг\*



«...общество должно отчетливо сознавать, что в природе не бывает “нулевого биологического риска”, представление о котором — <...> уловка, цель которой — воспрепятствовать развитию этого направления науки и техники»

Н. Борлоуг\*





**СОЯ — «КОРОЛЕВА ПОЛЕЙ»**

Итак, объект нашего исследования — генетически модифицированная соя под длинным названием GTS 40-3-2 (Stine 2254 RR — Monsanto Company), устойчивая к гербициду глифосату. Такая соя получилась в результате вставки в растительный геном гена, кодирующего фермент синтазу (EPSPS) почвенной бактерии *Agrobacterium tumefaciens*.

Генетически модифицированная соя, устойчивая к глифосату, оказалась одним из самых востребованных трансгенных растений. Использование ее на засоренных сорняками полях не только дает прибавку урожайности (до 40 %!), но и уменьшает количество вносимого гербицида, снижает затраты на культивирование почвы, потери воды. Эти особенности ее агротехники обеспечивают производителям большую прибыль и, несомненно, имеют природоохранный характер. В прошлом году устойчивая к гербицидам соя по-прежнему оставалась доминирующей среди трансгенных сельскохозяйственных культур в восьми странах мира: США, Аргентине, Бразилии, Канаде, Мексике, Румынии, Уругвае и Южной Африке.

Общая концепция испытаний на биобезопасность ГМ растений предполагает уделять особое внимание исследованию генетической структуры популяций дикорастущих предков трансгенных растений в центрах их видообразования, а так же их способности скрещиваться с дикорастущими сородичами. В нашем случае это предполагает изучение дикорастущей сои на территории Российской Федерации, что и было выполнено коллективом ученых из ряда исследовательских учреждений: Центра «Биоинженерия» РАН



**A**



**B**

Пространственное распределение в Российской Федерации площадей, занятых культурной соей (A) и районов произрастания дикой сои (B)

(г. Москва), Института цитологии и генетики СО РАН (ИЦиГ, г. Новосибирск), Тихоокеанского института биоорганической химии (ИБХ) ДВО РАН (г. Владивосток), Института сои ДВО РАСХН (г. Благовещенск), Государственного педагогического института (ГПИ) (г. Новосибирск).

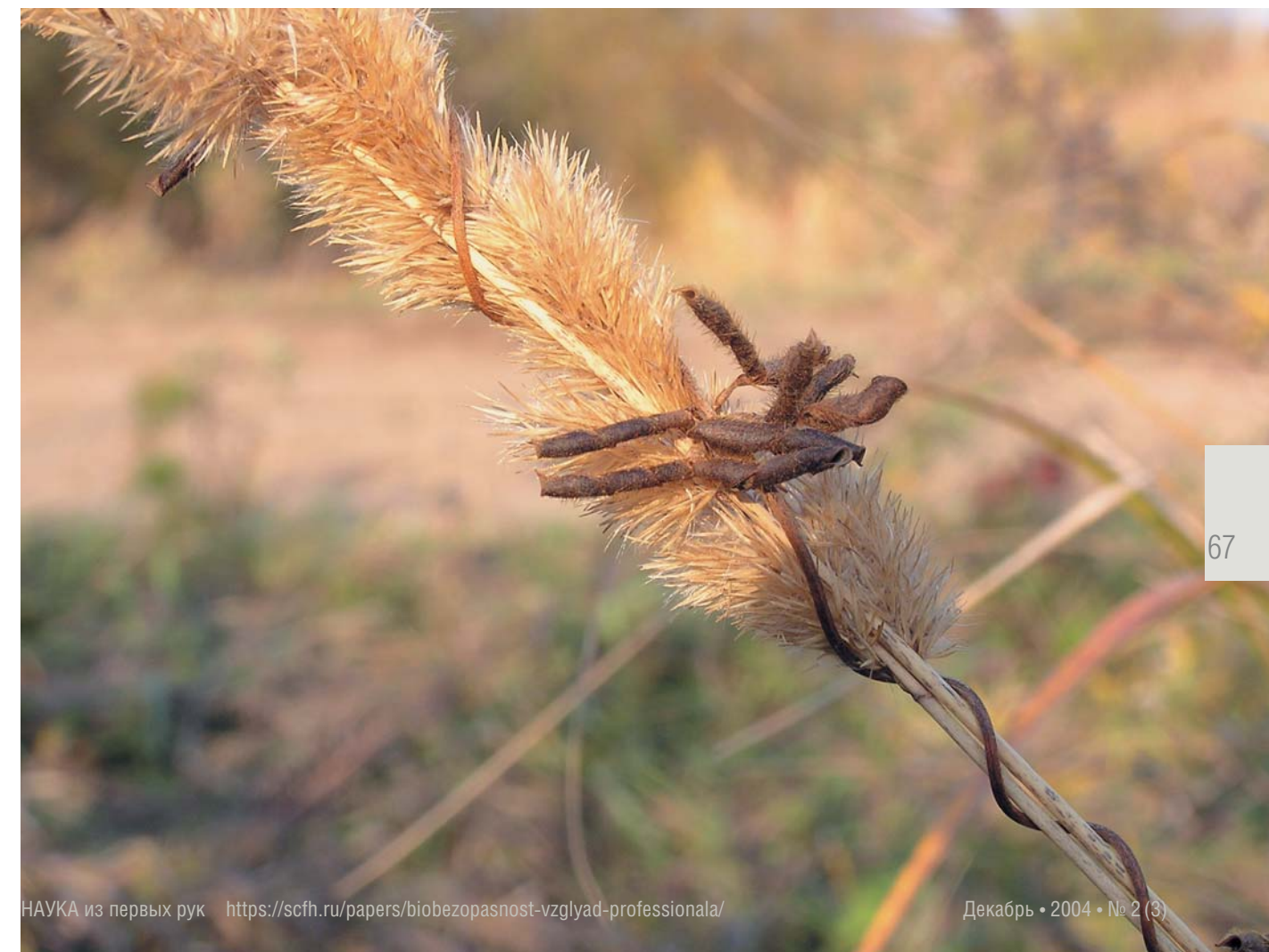
Дальний Восток — один из основных районов в нашей стране, где возделывается культурная соя (*Glycine max*). В то же время в этом регионе можно встретить и дикорастущую сою (*Glycine soja*). Что произойдет, если на поля Дальневосточного региона выпустить устойчивую к гербициду трансгенную сою, — каковы потенциальные риски «утечки» этого признака в природную популяцию?

Чтобы ответить на этот вопрос, ученым нужно было понять: является ли дикорастущая соя сорняком и сможет ли она стать им в будущем, если получит признак устойчивости к гербициду? Для этого необходимо было провести геоботанические описания и оценить генетическую структуру популяции дикой сои. Для более точного прогноза требовалось оценить и возможности



Растения дикорастущей сои (*Glycine soja* Sieb.&Zucc.) в посевах культурной сои (*Glycine max* (L.) Merr.)

естественного переопыления между дикорастущим и культурным видами, для чего нужны специальные эксперименты по межвидовому скрещиванию с точной идентификацией полученных межвидовых гибридов. И вот теперь, когда задача поставлена, — самое время отправиться в «поля», на поиски дикой сои...





ЗА ДИКОЙ СОЕЙ

Заросли дикорастущей сои

«Страх <...> в общественном мнении по отношению к продуктам биотехнологии в значительной мере обусловлен неспособностью наших учебных заведений привить учащимся хотя бы элементарные знания по сельскому хозяйству»

Н. Борлоуг\*

Дикорастущая уссурийская соя считается родоначальницей или, по крайней мере, ближайшей родственницей культурной сои. В пределах России она встречается только на юге Дальнего Востока — генетического центра происхождения вида. Точечный ареал ее распространения охватывает юго-восточную часть Амурской области, юг Хабаровского края и почти весь Приморский край. Наибольшее количество находок дикой сои отмечено вблизи озера Ханка, в районах, пограничных с Китаем.

Площади возделывания культурной сои на российском Дальнем Востоке находятся в пределах естественного распространения ее дикорастущего сородича. Поскольку оба вида являются типичными самоопылителями, появление межвидовых гибридов в естественных условиях крайне маловероятно, так как даже свободное переопыление между растениями культурной сои обычно составляет менее одного процента.

Центром «Биоинженерия» и ИЦиГ при участии сотрудников Тихоокеанского ИБХ и Института сои в течение трех лет (1998–2000 г. г.) были организованы и проведены экспедиции по сбору образцов дикорастущего вида сои в ареале его произрастания — Амурской области и Приморском крае. За это время

исследователями были описаны растительные сообщества и собраны семена сои более чем из 200 точек. Образцы семян были переданы в национальный генетический банк Всероссийского института растениеводства имени Н. И. Вавилова для дальнейшего изучения.

Что же удалось выяснить? Судя по результатам геоботанических исследований, дикорастущая соя ведет себя как *антропофильный рудеральный сорняк*, что на обычном языке означает, что она произрастает близ



Остров Фуругельма в Японском море

Бухта Троицы

жилья, на свободных местах и т. п., но отнюдь не в полях. На сельхозугодьях — особенно пропашных культур — дикорастущая соя встречается редко. Этому способствуют и ее биологические особенности — длительный вегетативный период, малая семенная продуктивность, отсутствие приспособлений для дальнего рассеивания семян и т. п.

Анализ 280 растений дикой сои из разных географических районов распространения вида показал поддержание стабильного числа хромосом в пределах естественных группировок. Для всех образцов двойной набор хромосом составил  $2n=40$ , что типично для дикорастущего вида сои, причем никаких отклонений среди экспедиционного материала не было обнаружено. Молекулярный анализ образцов показал, что уровень *полиморфизма* (изменчивости) у растений дикорастущей сои значительно выше, чем у культурной.

Наибольшее генетическое удаление от основной популяции дикой сои демонстрировали отдельные группировки, оказавшиеся в условиях географической изоляции. При этом, если некоторые образцы с полуострова Гамова (Приморский край) показали высокую генетическую вариабельность, то популяция Амурской области, наоборот, оказалась генетически однородной. Ранее японским и китайским ученым удалось выявить связь между особенностями генома и географическим распространением популяций дикой сои, что помогло им обнаружить гипотетический центр происхождения и «приручения» стародавних китайских сортов сои. Предполагается, что этот район находится в одной из провинций Китая — в долине реки Янцзы. Возможно, что относительная генетическая монотонность дальневосточной популяции дикорастущей сои является результатом ее географической удаленности от центра происхождения вида.





Е. В. Дейнеко с коллегами на острове Большой Пелис (Японское море)

**ПРОВЕРЕНО. ГИБРИДОВ — НЕТ**

Эксперименты по скрещиванию между двумя видами сои проводились как в условиях свободного переопыления на экспериментальных участках Всероссийского НИИ биологической защиты растений РАСХН (г. Краснодар), так и искусственного переопыления в условиях теплицы (ИЦиГ СО РАН, г. Новосибирск).

В случае, когда донором пыльцы выступала генетически модифицированная культурная соя, в естественных условиях межвидовых гибридов с дикорастущей соей получить не удалось. При искусственном переопылении дикорастущего (материнские растения) и культурного (отцовские растения) видов сои было проведено 54 комбинации скрещиваний. Однако в результате этого эксперимента было получено всего два (!) семени, да и то одно из них оказалось нежизнеспособным.

Гибридная природа единственного полученного растения была подтверждена молекулярным анализом. Параллельно (с использованием ПЦР технологии) был проведен анализ на наличие в гибридном растительном геноме генетической конструкции, обуславливающей устойчивость к гербициду у трансгенных растений культурной сои. В результате эта генетическая конструкция действительно была обнаружена в первом гибридном растении (поколение  $F_1$ ) но отсутствовала у его потомков (растения  $F_2$  и  $F_3$ ). По всей вероятности, в отсутствие давления искусственного отбора трансгенная вставка достаточно быстро *элиминируется*, т. е. исчезает из генома. Аналогичное явление ранее было отмечено для межвидовых гибридов генетически модифицированного масличного рапса и его родича — дикого редиса.

Таким образом, можно однозначно заключить, что при переопылении дикой сои пыльцой трансгенных растений эффективность гибридизации крайне низка, при этом генетическая конструкция, обуславливающая устойчивость к гербициду, в естественных условиях достаточно быстро «пропадает». Однако исследования по биобезопасности трансгенной сои на этом не закончились. На Дальнем Востоке продолжаются работы по изучению естественной потенциальной способности к гибридизации у культурного и дикорастущего видов.

Сотрудники Центра «Биоинженерия» и Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений РАСХН уже в течение двух полевых сезонов проводят детальное обследование популяций дикорастущей сои на территориях, прилегающих к озеру Ханка, а также вдоль границ сельскохозяйственных посадок культурной сои. Особое внимание уделяется популяциям, произрастающим около полей, на которых севооборот культурной сои не проводился в течение



Бухта Лашкевича (Японское море)

нескольких лет. Однако на основании морфологических признаков ученым пока не удалось обнаружить межвидовые гибриды, что свидетельствует о стабильности дикой популяций сои рядом с агропопуляциями.

Конечно, проделанная работа — только часть проверок на биобезопасность, которые проходит трансгенный организм для получения официальной регистрации. Однако она приблизилась день, когда трансгенная соя сможет на «законных» основаниях выйти на наши поля, а российские производители на деле познакомятся с преимуществами, которые сулят современные биотехнологии.

В статью использованы фотографии автора

*Литература*

D. Dorokhov, A. Ignatov, E. Deineko, A. Serjapin, A. Ala, K. Skryabin. The chance for gene flow from herbicide-resistant GM soybean to wild soy in its natural inhabitation at Russian Far East region. In: *Introgression from Genetically Modified Plants into Wild Relatives*, Edited H.C.M. den Nijs et al., CABI Publishing 2004, P. 151–161.

Дымина Г. Д., Горовой П. Г., Дейнеко Е. В., Дорохов Д. Б., Ала А. Я., Шумный В. К., Скрябин К. Г. Изучение географического распространения, особенностей экологии и генетического разнообразия популяции дикой сои (*Glycine soja* Siebold et Zucc.) на юге российского Дальнего Востока, как элемент исследований по биобезопасности генетически модифицированной сои устойчивой к глифосату. *Современные методы борьбы с сорняками с использованием новых классов гербицидов и трансгенных растений, устойчивых к гербицидам. Серия «Генетическая инженерия и экология»*. М.: Центр «Биоинженерия» РАН, 2001. Т. 2. С. 170.

«Ныне я убежден: уже сегодня человечество располагает технологиями, <...> способными надежно прокормить 10 млрд человек. Вопрос лишь в том, получают ли производители продовольствия во всем мире доступ к этим технологиям»  
\*Норман Э. Борлоуг, нобелевский лауреат, отец «зеленой революции». Ссылка по «Экология и жизнь», № 4, 2001

