

ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГА СПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ

УДК 604.6:636.085(100)

С. Е. ДРОМАШКО

ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ РАСТЕНИЯ (ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ)

*Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь,
e-mail: S.Dromashko@igc.bas-net.by*

(Поступила в редакцию 29.11.2013)

История широкомасштабного промышленного использования генетически модифицированных организмов (ГМО) в сельском хозяйстве начинается с 1996 г., когда площади под генетически модифицированными растениями (ГМР) составили около 1,7 млн га. В 2013 г., как сообщает Международная служба по освоению агробιοтехнологических приложений (International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications, ISAAA), страны отвели под ГМ-культуры 175,2 млн га, что составило свыше 11,5 % всех пахотных земель мира [1]. Однако споры о степени безопасности ГМО для окружающей среды и здоровья человека, которые ведутся с самого начала «биотехнологической эры», до сих пор не прекращаются.

За годы, прошедшие с момента начала широкомасштабного коммерческого использования ГМР, реализовался ряд потенциальных угроз для окружающей среды и биоразнообразия за счет неконтролируемого переноса конструкций, особенно определяющих различные типы устойчивости к пестицидам, вредителям и болезням растений, вследствие переопыления с дикорастущими родственными и предковыми видами – это и появление суперсорняков и вредителей, устойчивых к гербицидам, и обеднение биоразнообразия в центрах происхождения культурных растений, и загрязнение генетических коллекций семенами ГМР.

В то же время неблагоприятное действие продуктов из генно-модифицированных растений на высших животных и человека не имеет общепризнанных научно доказанных подтверждений, хотя и существует ряд исследований, утверждающих обратное.

В статье рассматриваются потенциальные и реальные экологические риски, связанные с коммерческим использованием ГМР, анализируются некоторые работы, доказывающие негативное влияние генетически модифицированной продукции на лабораторных животных, рассказывается о работах белорусских исследователей по созданию трансгенных растений, высказываются соображения о необходимости более тщательного подхода к выдаче разрешений на хозяйственное использование ГМР в рамках Таможенного союза.

Потенциальные риски использования ГМО и Картахенский протокол по биобезопасности. Основные потенциальные риски ГМО связаны с тем, что наличие трансгенных конструкций в геноме может приводить к непредсказуемым изменениям в составе нуклеиновых кислот и балансе экспрессии генов.

К группе экологических рисков, вызываемых ГМР, относятся следующие [2]:

- появление новых, более агрессивных сорняков в результате генетической модификации и/или переноса трансгенов, способствующих повышению агрессивности вида, диким родственными видам;

- миграция и последующая интрогрессия трансгена в дикие популяции в результате вертикального (обмен генетической информацией между организмами, принадлежащими к одному виду растений) или горизонтального (обмен генетической информацией между организмами, принадлежащими к разным видам, например между растением и бактерией) переноса генов;
- воздействие продукта трансгенов на организмы, не являющиеся мишенью их запланированного действия;
- появление живых организмов, резистентных или толерантных к продуктам трансгенов;
- сокращение биологического (генетического) разнообразия в результате изменения естественных биоценозов, вытеснения местных сортов, преобладания в аграрном производстве монокультуры.
- изменения биогеохимических процессов.

Если говорить о факторах риска ГМР для здоровья человека, то это [3]: потенциальная токсичность; потенциальная аллергенность; возможность горизонтального переноса генов устойчивости к антибиотикам от ГМР патогенной микрофлоры желудочно-кишечного тракта; непреднамеренная экспрессия генов реципиентного организма или нестабильность трансгенов.

Поэтому в рамках Конвенции о биологическом разнообразии был разработан и 13 сентября 2003 г. вступил в силу Картахенский протокол по биобезопасности [4] – важнейшее соглашение, регулирующее межгосударственные отношения в области генно-инженерной деятельности, цель которого – содействие обеспечению надлежащего уровня защиты в области безопасной передачи, обработки и использования живых измененных организмов (ЖИО), являющихся результатом применения современной биотехнологии и способных оказать неблагоприятное воздействие на сохранение и устойчивое использование биологического разнообразия, с учетом также рисков для здоровья человека и с уделением особого внимания трансграничному перемещению. К началу 2014 г. к нему в той или иной форме присоединились 165 из 194 государств – членов ООН и Европейский союз как международная организация в целом. В марте 2014 г. документы о присоединении к протоколу подал Ирак – в этой стране он вступит в силу 1 июня 2014 г. Из крупных биотехнологически развитых государств вне протокола находятся США, Канада, Аргентина и Австралия, из республик бывшего СССР – только Россия и Узбекистан.

Коммерческое использование генетически модифицированных культур. Экологические аспекты. Уже упомянутая международная неправительственная организация ISAAA с 1996 г. ведет ежегодный мониторинг коммерческого использования ГМР [5]. В 2013 г. она опубликовала на своем сайте список 336 линий 27 видов растений, чьи трансгенные аналоги разрешены к коммерческому использованию. К ним относятся: соя, кукуруза, рапс польский, рапс аргентинский, хлопчатник, томат, баклажан, картофель, рис, сахарная свекла, сахарный тростник, лен, кабачок, дыня, фасоль, перец сладкий, табак, цикорий, папайя, гвоздика, пшеница, люцерна, полевика ползучая, слива, подсолнечник, роза, тополь (табл. 1). Из этого перечня культур массово выращиваются только соя, кукуруза, рапс и хлопчатник (98,8 % всей мировой пашни под ГМР в 2013 г., или 173,1 млн га) [7].

Когда разрабатывался Картахенский протокол по биобезопасности к Конвенции о биологическом разнообразии, в первую очередь во внимание принимались потенциальные угрозы для окружающей среды и биоразнообразия. Эти опасения, к сожалению, оказались обоснованными. Так, в обстоятельном обзоре ученых из Института физиологии растений РАН (В. В. Кузнецов, В. Д. Цыдендамбаев) и Института биологии развития РАН (А. М. Куликов) [8] отмечается, что за первые 10 лет использования ГМР в США найдены 15 видов сорняков, устойчивых к раундапу®: *Lolium* spp. (2 вида), *Conyza* spp. (2 вида), *Amaranthus* spp. (2 вида), *Chenopodium alba*, *Ambrosia* spp. (2 вида), *Echinochloa colona*, *Euphorbia* spp. (2 вида), *Sorghum halepense*, *Eleusine indica* и *Plantago lanceolata*. За следующие 5 лет ситуация не улучшилась. В частности, в 2010 г. в США отмечено 11 биотипов сорняков, устойчивых к глифосату, Бразилии – 5, Австралии, Аргентине и Южной Африке – по 3, в Израиле, Канаде, Китае, Малайзии и Чили – по 1; аналогичные тенденции отмечаются в европейских ГМР-возделывающих странах: Испании – 5, Италии, Франции и Чехии – по 1 [9]. За исключением трех последних, это страны, выращивающие ГМР на больших площадях (100 тыс. га и выше).

Т а б л и ц а 1. Доступные на рынке линии генетически модифицированных культур (по состоянию на начало 2014 г.) [6]

Вид	Латинское название	Количество трансгенных событий/линий
Соя	<i>Glycine max</i> L.	27
Кукуруза	<i>Zea mays</i> L.	130
Хлопчатник	<i>Gossypium hirsutum</i> L.	49
Аргентинский рапс	<i>Brassica napus</i>	30
Польский рапс	<i>Brassica rapa</i>	4
Картофель	<i>Solanum tuberosum</i> L.	31
Баклажан	<i>Solanum melongena</i>	1
Томат	<i>Lycopersicon esculentum</i>	11
Рис	<i>Oryza sativa</i> L.	7
Сахарная свекла	<i>Beta vulgaris</i>	3
Сахарный тростник	<i>Saccharum sp.</i>	1
Папайя	<i>Carica papaya</i>	4
Дыня	<i>Cucumis melo</i>	2
Кабачок	<i>Cucurbita pepo</i>	2
Пшеница	<i>Triticum aestivum</i>	1
Перец сладкий	<i>Capsicum annuum</i>	1
Фасоль	<i>Phaseolus vulgaris</i>	1
Цикорий	<i>Cichorium intybus</i>	3
Табак	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	2
Слива	<i>Prunus domestica</i>	1
Лен	<i>Linum usitatissimum</i> L.	1
Люцерна	<i>Medicago sativa</i>	3
Тополь	<i>Populus sp.</i>	2
Гвоздика	<i>Dianthus caryophyllus</i>	15
Роза	<i>Rosa hybrida</i>	2
Петуния	<i>Petunia hybrida</i>	1
Полевица ползучая	<i>Agrostis stolonifera</i>	1

Обнаружено и негативное влияние на биоразнообразие в результате поражения токсичными трансгенными белками нецелевых насекомых и почвенной микрофлоры, а также нарушение трофических цепей. Так, пыльца ГМ-кукурузы и другие части растения, содержащие Vt-токсин, естественным образом смываются с полей и попадают в близлежащие ручьи, а затем – в озера и реки. От попадания этих частичек в пищу гибнут или замедляют рост ручейники, служащие кормовой базой для таких высших организмов, как рыбы или земноводные. Эти насекомые являются родственниками вредителя кукурузы – кукурузного мотылька (*Ostrinia nubilalis*), устойчивость к которому и была целью создания трансгенной Vt-кукурузы. Отмечено, что в водоемах вблизи полей с Vt-кукурузой ручейники гибли в 2–3 раза чаще, чем на полях с обычной, и во взрослом состоянии были в 2 раза меньше по размеру, чем особи с контрольных участков [10].

Влияние на нецелевых насекомых сказалось и в виде появления в США устойчивых к Vt-токсину вредителей других сельскохозяйственных культур (совка хлопковая, моль капустная) [8]. Например, у моли капустной устойчивость к Vt-токсину вырабатывалась за 26 генераций, а у потомства хлопковой совки устойчивость к этому агенту сохранялась и при гибридизации чувствительных и резистентных особей.

Приходится учитывать также угрозу снижения генетического разнообразия сельскохозяйственных культур в целом и опасность распространения ГМР в странах, являющихся центрами происхождения этих культур. Так, в обзоре В. В. Кузнецова и соавт. [8] приводятся данные о том, что в Мексике и Гватемале (на родине кукурузы), а также в Китае и Индии (в местах произрастания предковых форм современного риса) в результате неконтролируемого переопыления дикорастущих видов с ГМР природные аборигенные формы и местные сорта этих растений уже «насыщены» трансгенами. Как такое происходит, видно на примере ГМ-рапса, перекрестное

опыление которого зафиксировано на расстоянии около 5 км от опытного участка. Если же речь идет о растениях, опыляемых насекомыми, это расстояние увеличивается до 10–11 км.

В обзоре 2011 г., сделанном российским генетиком Ю. В. Чесноковым из ВИРа [11], отмечается, что в портах Японии выявлено непреднамеренное высвобождение ГМ-рапса. На Гавайях от 30 до 50 % обследованных листьев и семян папайи были генетически загрязнены ГМ-аналогами. Похожие данные по сливе и сое получены в Румынии. Отмечены случаи загрязнения генетических банков трансгенными образцами (томата – в Калифорнии, США; сои и кукурузы – в Чили; в первом случае образцы были получены по обмену из Северной Каролины, США).

Следует отметить, что многие негативные для окружающей среды эффекты могут быть связаны с нарушениями агротехнологии выращивания ГМ-культур, а не с эффектами самих ГМР.

Линии ГМ-растений, разрешенные в странах Таможенного союза. Медицинские аспекты. В Российской Федерации в разные годы прошли государственную регистрацию и были разрешены для реализации населению и к использованию в пищевой промышленности только отдельные линии сои, картофеля, кукурузы, сахарной свеклы и риса. Так, в 2004 г. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека были зарегистрированы четыре ГМ-сорта картофеля (сорта Рассет Бербанк Ньюлиф (Russet Burbank Newleaf), Супериор Ньюлиф (Superior Newleaf), Луговской 1210 амк и Елизавета 2904/1 kgs, устойчивые к колорадскому жуку) и одна линия сахарной свеклы (77, устойчивая к глифосату). Однако по состоянию на 24.11.2013 в перечне разрешенных сортов (табл. 2) их нет. В связи с вступлением в силу правил Таможенного союза только эти линии имеют законное хождение на территории Беларуси и Казахстана.

Молекулярно-биологические методы определения большинства этих сортов и линий описаны в МУК 4.2.2304–07. «Методы контроля и микробиологические факторы. Пищевые продукты и пищевые добавки. Методы идентификации и количественного определения генно-инженерно-модифицированных организмов растительного происхождения. Методические указания» [13].

К сожалению, некоторые из разрешенных линий сои и кукурузы имеют, что называется, «плохую репутацию». Так, в литературе есть сведения о негативных эффектах для млекопитающих тех кормов, в которых использованы соя линии 40–3–2 [14, 15], кукуруза линий MON810, MON863 и NK603 [16–18].

В России и других странах СНГ наиболее широко обсуждаются работы московского нейробиолога И. В. Ермаковой. С 2005 г. она занимается экспериментальным исследованием воздействия генно-модифицированной сои (линия 40.3.2) на здоровье крыс и их потомства. По ее мнению, ГМ-соя негативно влияет на половые органы и репродуктивные функции животных, приводя к нарушению гормонального баланса, бесплодию и образованию опухолей, отставанию в развитии и т. п. [14, 15]. Публикация в журнале «Nature Biotechnology» [14] вызвала интерес ученых из разных стран мира, а также стала объектом широкой критики, продолжающейся по сей день.

Подробный анализ негативных эффектов, наблюдавшихся австрийскими, итальянскими, канадскими, французскими и шотландскими учеными, приведен в уже не раз упоминавшемся обзоре [8]. Отметим только, что по результатам независимых исследований линия кукурузы MON810 была признана вредной и запрещена к использованию в пищу и для выращивания в ряде стран Европейского союза (Австрии, Венгрии, Германии, Греции, Люксембурге, Польше, Румынии, Франции), а кукуруза линий MON863 и T25 – еще и в Австрии [19].

Особой активностью отличается группа Жилья-Эрика Сералини, преподавателя молекулярной биологии в университете Каена (Нижняя Нормандия), ведущая свои исследования около 10 лет. Особый резонанс вызвала последняя работа его группы, опубликованная в сентябре 2012 г. [20]. Французские биологи в обстановке полной секретности в течение двух лет исследовали долговременные эффекты зерна генно-модифицированной кукурузы NK603. Именно длительность содержания на ГМ-кормах была тем новым, что особенно привлекло внимание к результатам этих исследований: по общепринятым стандартам при выявлении эффектов ГМО достаточно кормления животных кормами с трансгенными добавками в течение 90 дней.

Т а б л и ц а 2. ГМ-линии, разрешенные в Российской Федерации [12]

Линия Номер и дата регистрации	Свойства
<i>Соя</i>	
40-3-2 RU.77.99.26.011.E.022752.06.11 от 29.06.2011	Устойчивость к глифосату
MON89788 RU.77.99.26.011.E.022757.06.11 от 29.06.2011	
A2704-12 RU.77.99.26.011.E.029418.07.11 от 28.07.2011	Устойчивость к глюфосинату аммония
A5547-127 RU.77.99.26.011.E.029417.07.11 от 28.07.2011	
BPS-CV127-9 RU.77.99.88.011.E.016467.12.12 от 04.12.2012	Устойчивость к имидазолинон-содержащим гербицидам
<i>Кукуруза</i>	
GA21 RU.77.99.26.011.E.029413.07.11 от 28.07.2011	Устойчивость к глифосату
NK603 RU.77.99.26.011.E.022754.06.11 от 29.06.2011	
MON810 RU.77.99.26.011.E.022753.06.11 от 29.06.2011	Устойчивость к кукурузному (стеблевому) мотыльку <i>Ostrinia nubilalis</i>
3272 RU.77.99.26.011.E.029415.07.11 от 28.07.2011	Синтез фермента альфа-амилазы
MON863 RU.77.99.26.011.E.022755.06.11 от 29.06.2011	Устойчивость к жуку диабротика (<i>Diabrotica</i> spp.)
MIR604 RU.77.99.26.011.E.029414.07.11 от 28.07.2011	
MIR162 RU.77.99.26.011.E.022882.06.11 от 29.06.2011	Устойчивость к чешуекрылым насекомым-вредителям
Bt11 RU.77.99.26.011.E.029412.07.11 от 28.07.2011	Устойчивость к глюфосинату аммония и кукурузному бурлящюму мотыльку <i>Ostrinia nubilalis</i>
T-25 RU.77.99.26.011.E.029419.07.11 от 28.07.2011	Устойчивость к глюфосинату аммония
MON88017 RU.77.99.26.011.E.022756.06.11 от 29.06.2011	Устойчивость к глифосату и жуку диабротика (<i>Diabrotica</i> spp.)
<i>Сахарная свекла</i>	
H7-1 RU.77.99.26.011.E.025308.07.11 от 08.07.2011	Устойчивость к глифосату
<i>Рис</i>	
LL62 RU.77.99.26.011.E.029416.07.11 от 28.07.2011	Устойчивость к глюфосинату аммония

Уже через год у крыс, питавшихся генно-модифицированным кормом, обнаружили отклонения и тяжелые патологии. У многих самок появилась опухоль молочной железы, в некоторых случаях достигавшая 25 % веса тела животного, у самцов были зарегистрированы аномалии в печени и почках. Все эти заболевания встречались в 2–5 раз чаще, чем у животных, которых кормили кукурузой традиционной селекции.

Эти и другие аналогичные работы неоднозначно оцениваются научным сообществом и экспертами Европейского союза, в частности EFSA (European Food Safety Authority) [21]. Однако ряд проблем остается нерешенным, в частности вопрос о целесообразности пересмотра токсикологических стандартов, которые предполагают испытания новых ГМО только в течение 90 дней. Такой порядок не учитывает возможные негативные (в том числе трансгенерационные) эффекты от длительного употребления продуктов, содержащих генетически модифицированные компоненты.

Исследования по созданию ГМР в Беларуси. В Республике Беларусь в настоящее время линии ГМР в полевых условиях не выращиваются. Научные исследования по созданию трансгенных растений были начаты в нашей стране по инициативе академика Н. А. Картеля в 2002 г. в рамках государственной программы «Генетическая инженерия». Затем эти работы были продолжены в ряде учреждений НАН Беларуси и Министерства здравоохранения в рамках государственной программы «Инновационные биотехнологии» и других программ.

Один из основных объектов белорусских исследований – картофель. В частности, в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси ведется создание нового сорта картофеля с инсектицидными свойствами. В Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси создаются линии картофеля, обеспечивающие генно-инженерный синтез антимикробных пептидов. В Научно-практическом центре НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ведутся работы по созданию трансгенных растений картофеля, устойчивых к Y-вирусу.

На повестку дня встает вопрос об испытании ГМР в полевых условиях. Нормативно-правовыми актами для этих целей предусмотрено создание специально оборудованных полигонов, определены порядок проведения таких испытаний и правила оценки экологических рисков перед первым высвобождением трансгенных растений в окружающую среду, а также для здоровья человека. С этими и другими документами можно ознакомиться на сайте Национального координационного центра биобезопасности [22]. В Беларуси в настоящее время существует два полигона: в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси (вступил в строй в 2011 г.) и в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси (принят в эксплуатацию с 2013 г.). Создается также полигон в Научно-практическом центре НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству.

В 2014 г. в Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь поступили заявки о выдаче разрешения на первичное высвобождение в окружающую среду для проведения испытаний от Института генетики и цитологии НАН Беларуси (картофель с инсектицидными свойствами по отношению к колорадскому жуку) и Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси (картофель со встроенными химерными генами для синтеза антимикробных пептидов). При положительном решении государственной экспертизы, проводящей оценку рисков трансгенного картофеля, такие испытания пройдут в 2014 г. на полигоне Института генетики и цитологии НАН Беларуси.

Однако реально отечественный трансгенный картофель появится на прилавках Беларуси не ранее начала – середины 2020-х гг. Действительно, сначала должны пройти испытания генно-модифицированной линии на специально оборудованном полигоне, размещенном на территории генетико-селекционного комплекса Института генетики и цитологии НАН Беларуси, на что уйдет не менее 1 года. Как правило, ни одна новая линия, даже созданная обычными методами, не направляется сразу в Госкомиссию по сортоиспытанию, а вовлекается в селекционный процесс. То же самое и с трансгенными линиями. В Госсортоиспытании новая линия проведет еще 3 года. Таким образом, если будет принято решение о районировании, то это произойдет не раньше 2018–2019 гг. Оценивая сроки реально, следует предположить, что разрешение на хозяйственное использование может быть выдано только в 2020–2022 гг. Однако районирование еще не означает, что данный сорт будет обязательно высеваться в тех или иных хозяйствах: это всего лишь разрешение использовать его на законных основаниях. Учитывая негативное отношение общественности к ГМО, вряд ли хозяйственники выстроятся в очередь за ГМ-сортами. Например, в Германии в 2012 г. перестали выращивать трансгенный картофель Amflora именно из-за отсутствия спроса [1].

Выводы

1. За годы, прошедшие с момента начала широкомасштабного коммерческого использования ГМР в биотехнологически развитых зарубежных странах уже реализовался ряд потенциальных угроз для окружающей среды и биоразнообразия за счет неконтролируемого переноса генно-инженерных конструкций к дикорастущим родственным и предковым видам. Поскольку многие

негативные для окружающей среды эффекты ГМР могут быть связаны с нарушениями агротехнологии их выращивания, в Республике Беларусь при проведении полевых испытаний ГМР, а в последующем при их коммерческом использовании, следует особое внимание обращать на неукоснительное соблюдение агротехнической дисциплины, а также обеспечивать выращивание трансгенных растений научно-методическим сопровождением со стороны их разработчиков.

2. В настоящее время большинство специалистов признает, что неблагоприятное действие продуктов из генно-модифицированных растений на высших животных и человека не имеет общепризнанных научно доказанных подтверждений. Однако в ряде неоднозначно оцениваемых научным сообществом работ сообщается о негативных эффектах долговременного употребления кормов из ГМР, зарегистрированных в Российской Федерации (соя линии 40-3-2, кукуруза линий MON810, MON863 и NK603). Поэтому было бы целесообразно подвергнуть более тщательному анализу список уже зарегистрированных в Российской Федерации и других странах Таможенного союза линий ГМР, например, в сторону исключения указанных выше линий и расширения списка разрешенных к использованию ГМР за счет линий и культур, относительно которых в настоящее время не имеется сведений о противопоказаниях с медицинской точки зрения (рапс, хлопчатник, сахарная свекла и др.). В нашей стране эти исследования можно поручить Научно-практическому центру НАН Беларуси по продовольствию совместно с Научно-практическим центром НАН Беларуси по земледелию. Анализ экономической целесообразности расширения такого списка мог бы взять на себя Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси.

3. В связи с отмеченными негативными эффектами долговременного кормления подопытных животных кормами из ГМР медико-санитарным службам Таможенного союза следовало бы рассмотреть вопрос о нормативном закреплении продления токсикологических испытаний на срок свыше стандартных 90 дней (по крайней мере, до 180–360 дней, чтобы учитывать также трансгенерационные эффекты) в Технических регламентах по проведению токсикологических испытаний. В Беларуси к работам РНПЦ гигиены могли бы подключиться исследователи из НАН Беларуси (Института физиологии, Института генетики и цитологии).

Литература

1. ISAAA Brief 46–2013: Executive Summary [Electronic resource] / International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. – 2014. – Mode of access: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/44/executivesummary/default.asp>. – Date of access: 17.02.2014.
2. Biosafety Resource Book. В: Ecological Aspects / E. H. Jaramillo [et al.]. – Rome; Italy: FAO, 2011. – 80 p.
3. Биотехнология. Биобезопасность. Биоэтика / А. П. Ермишин [и др.]. – Минск: Тэхналогія, 2005. – 430 с.
4. Картаженский протокол по биобезопасности к Конвенции о биологическом разнообразии [Электронный ресурс] / Convention on Biological Diversity. – 16.07.2013. – Режим доступа: <http://bch.cbd.int/protocol/text>. – Дата доступа: 01.11.2013.
5. ISAAA Briefs [Electronic resource] / International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. – Mode of access: <http://www.isaaa.org/RESOURCES/PUBLICATIONS/briefs/default.asp/>. – Date of access: 31.10.2013.
6. GM Approval Database [Electronic resource] / International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. – 2014. – Mode of access: <http://www.isaaa.org/gmaprovaldatabase/default.asp>. – Date of access: 05.02.2014.
7. ISAAA Brief 44–2012: Slides & Tables [Electronic resource] / International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. – 2013. – Mode of access: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/44/pptslides/Brief44slides.pdf>. – Date of access: 03.03.2013.
8. Кузнецов, В. В. Генетически модифицированные сельскохозяйственные культуры и полученные из них продукты: пищевые, экологические и агротехнические риски / В. В. Кузнецов, А. М. Куликов, В. Д. Цыдендамбаев // Известия аграрной науки. – 2010. – Т. 8, № 3. – С. 10–30.
9. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet [Electronic resource] / International Survey of Herbicide-Resistant Weeds, Herbicide Resistance Action Committee, North American Herbicide Resistance Action Committee. – Mode of access: <http://www.weedscience.com>. – Date of access: 21.10.2013.
10. Викторов, А. Г. Трансэкосистемный перенос «вторичных продуктов» Вt-кукурузы и пресноводные экосистемы / А. Г. Викторов // Физиология растений. – 2011. – Т. 58, № 4. – С. 483–489.
11. Чесноков, Ю. В. ГМО и генетические ресурсы растений: экологическая и агротехническая безопасность / Ю. В. Чесноков // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2011. – Т. 15, № 4. – С. 818–827.

12. Реестр свидетельств о государственной регистрации (единая форма Таможенного союза, российская часть) [Электронный ресурс] / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – 24.11.2013. – Режим доступа: <http://fp.crc.ru/evgrazes/?type=max>. – Дата доступа: 26.11.2013.
13. О надзоре за оборотом пищевых продуктов, содержащих ГМО (вместе с МУК 4.2.2304–07. Методы контроля и микробиологические факторы. Пищевые продукты и пищевые добавки. Методы идентификации и количественного определения генно-инженерно-модифицированных организмов растительного происхождения. Методические указания): постановление Гл. гос. сан. врача РФ от 30.11.2007 № 80 [Электронный ресурс] / Консультант Плюс. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=75474;div=LAW;dst=100004;rnd=0.6270498767531027>. – Дата доступа: 05.11.2013.
14. *Ermakova, I. V.* GM soybeans revisiting a controversial format / I. V. Ermakova // *Nature Biotechnology*. – 2007. – Vol. 25, N 12. – P. 1351–1354.
15. *Ермакова, И. В.* Влияние сои с геном EPSPS CP4 на физиологическое состояние и репродуктивные функции крыс в первых двух поколениях / И. В. Ермакова // *Современные проблемы науки и образования. Биологические науки*. – 2009. – № 5. – С. 15–20.
16. *Velimirov, A.* Biological effects of transgenic maize NK603xMON810 fed in long term reproduction studies in mice / A. Velimirov, C. Binter, J. Zentek // *Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend Report, Forschungsberichte der Sektion IV*. – Institut für Ernährung, and Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Vienna, Austria, 2008. – Bd. 3.
17. *Séralini, G.E.* New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity / G.E. Séralini, D. Cellier, J. Spiroux de Vendomois // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* – 2007. – Vol. 52. – P. 596–602.
18. A comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health / J. Spiroux de Vendomois [et al.] // *Int. J. Biol. Sci.* – 2009. – Vol. 5, N 7. – P. 706–726.
19. Европа запретила выращивание ГМ-культур [Электронный ресурс] / ORGANIC UA. – 2009. – Режим доступа: <http://organic.ua/ru/2010/10/167-jevropa-zaboronyla-vyrosyhuvannja-gm-kultur>. – Дата доступа: 26.11.2013.
20. Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize / G.E. Séralini [et al.] // *Food Chem. Toxicol.* – 2012. – Vol. 50, N 11. – P. 4221–4231.
21. Séralini et al. study conclusions not supported by data, says EU risk assessment community. Press Release, 28 November 2012 [Electronic resource] / European Food Safety Authority. – 28.11.2012. – Mode of access: <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/121128.htm>. – Date of access: 31.10.2013.
22. О безопасности генно-инженерной деятельности: Закон Респ. Беларусь и связанные с ним нормативно-правовые акты законодательства [Электронный ресурс] / Национальный координационный центр биобезопасности. – 1998–2013. – Режим доступа: <http://biosafety.org.by/legislation>. – Дата доступа: 13.11.2013.

S. E. DROMASHKO

**GENETICALLY MODIFIED PLANTS
(ENVIRONMENTAL AND HEALTH PROBLEMS OF THEIR USE)**

Summary

The article deals with the potential risks to the environment and human health from the use of genetically modified plants (GMPs). The effects associated with negative GMP influence on biological diversity as well as negative results of long-term experiments in feeding the animals on the feed with GMP are discussed.