

РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ РОСЛИН ТА БЕЗПЕКА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ХАРЧОВІЙ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Н. М. Омельченко¹, Г. В. Дроник²
bioprofy@gmail.com

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Чернівецький факультет, вул. Головна, 203а, м. Чернівці, 58018, Україна

²Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція НААН,
вул. Богдана Крижанівського, 21, м. Чернівці, 58026, Україна

В огляді проаналізовано поширення біотехнологічних культур у світі протягом останніх 22 років. Показано, що зберігається стійка тенденція до зростання площ, на яких вирощують генетично модифіковані рослини. Провідними виробниками біотехнологічних сільськогосподарських культур залишаються фермери США. Також активно збільшуються площі, зайняті генетично модифікованими рослинами, у країнах, які розвиваються. Серед трансгенних культур чільне місце займають соя, бавовна, кукурудза і ріпак. У багатьох державах використання зареєстрованих генетично модифікованих ліній рослин дозволено тільки для виробництва кормових сумішей та біопалива. Однак аналіз даних лабораторій з оцінки якості продукції свідчить, що кількість зразків із вмістом трансгенних компонентів в Україні щорічно зростає. Саме неконтрольоване вирощування біотехнологічних культур може бути джерелом надходження їх до складу продукції харчової промисловості.

У представленому матеріалі проведено огляд експериментальних робіт учених різних країн щодо безпечності споживання тваринами трансгенних рослин. Попри тривале використання генетично модифікованих рослин, їх вплив на організм тварин та людини є неоднозначним і маловивченим. Недостатньо даних щодо безпечності трансгенних культур для організму тварин у динаміці поколінь. Періодично у незалежних авторів з'являються повідомлення про різні фізіологічні та генетичні порушення, які фіксуються у дослідних тварин; однак вони є неоднозначними і жорстко критикуються прибічниками поширення біотехнологічних рослин. Відповідно, існує необхідність у багатосторонніх довготривалих дослідженнях поколінь лабораторних тварин, щоб із впевненістю говорити про віддалені наслідки впливу на живі організми генетично модифікованих рослин та продуктів їх переробки.

Ключові слова: ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНІ РОСЛИНИ, БІОТЕХНОЛОГІЧНІ КУЛЬТУРИ, ВПЛИВ, БЕЗПЕЧНІСТЬ, ЛАБОРАТОРНІ ТВАРИНИ

DISTRIBUTION OF GENETICALLY MODIFIED PLANTS AND SAFETY OF THEIR USE IN THE FOOD AND AGRICULTURAL INDUSTRY

N. M. Omelchenko¹, H. V. Dronyk²
bioprofy@gmail.com

¹National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Chernivtsi Faculty,
203a Holovna str., Chernivtsi 58018, Ukraine

²Bukovina State Agricultural Research Station NAAS,
21a Bohdana Kryzhanivskoho str., Chernivtsi 58026, Ukraine

This review analyzes the distribution of biotech crops in the world over the past 22 years. It is shown that there is a steady tendency to increase the areas on which genetically modified varieties of plants are grown. The leading producers of biotech crops are USA farmers. The area occupied by genetically modified plants in developing countries is also increasing. Among transgenic crops, soybean, cotton, maize and canola occupy a prominent place. In many countries, the use of registered genetically modified plant lines is allowed only for the production of feed mixtures and biofuel. However, the analysis of data from laboratories for the assessment of product quality suggests that the number of specimens containing transgenic components in Ukraine increases annually. It is the uncontrolled cultivation of biotech crops that can be a source of their entry into the food industry.

In the presented material, a review of the world scientists research work on the safety of animal consumption of transgenic plants. Despite the prolonged use of genetically modified plants, their influence on the organism of animals and humans is ambiguous and insufficiently studied. There is insufficient data on the safety of transgenic crops for the animal organism in the dynamics of generations. Periodically, independent authors report on various physiological and genetic disorders that are detected on experimental animals. However, they are ambiguous and rigorously criticized by supporters of the proliferation of biotechnological plants. Accordingly, there is a need for multilateral, long-term studies generations of laboratory animals to speak with certainty about the long-term effects on living organisms by genetically modified plants and their processing products.

Keywords: GENETICALLY MODIFIED PLANTS, BIOTECHNOLOGICAL CULTURES, INFLUENCE, SAFETY, LABORATORY ANIMALS

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ РАСТЕНИЙ И БЕЗОПАСНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПИЩЕВОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Н. Н. Омельченко¹, Г. В. Дронык²
bioprofy@gmail.com

¹Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Черновицкий факультет, ул. Головна, 203а, г. Черновцы, 58018, Украина

²Буковинская государственная сельскохозяйственная исследовательская станция НААН, ул. Богдана Крыжановского, 21а, г. Черновцы, 58026, Украина

В обзоре проанализировано распространение биотехнологических культур в мире за последние 22 года. Показано, что сохраняется устойчивая тенденция к росту площадей, на которых выращивают генетически модифицированные растения. Ведущими производителями биотехнологических сельскохозяйственных культур остаются фермеры США. Также активно увеличиваются площади, занятые генетически модифицированными растениями, в развивающихся странах. Среди трансгенных культур ведущее место занимают соя, хлопок, кукуруза и рапс. Во многих странах использование зарегистрированных генетически модифицированных линий растений разрешено только для производства кормовых смесей и биотоплива. Однако анализ данных лабораторий по оценке качества продукции свидетельствует, что количество образцов с содержанием трансгенных компонентов в Украине ежегодно растет. Именно неконтролируемое выращивание биотехнологических культур может быть источником их поступления в состав продукции пищевой промышленности.

В представленном материале проведен обзор экспериментальных работ ученых разных стран по безопасности потребления животными трансгенных растений. Несмотря на длительное использование генетически модифицированных растений, их влияние на организм животных и человека является неоднозначным и малоизученным. Недостаточно данных о безопасности трансгенных культур для организма животных в динамике поколений. Периодически у независимых авторов появляются сообщения о различных физиологических и генетических нарушениях, которые фиксируются в опытных животных; однако они неоднозначны и жестко критикуются сторонниками распространения биотехнологических растений. Соответственно, существует необходимость в многогранных длительных исследованиях поколений лабораторных животных, чтобы с уверенностью говорить об отдаленных последствиях воздействия на живые организмы генетически модифицированных растений и продуктов их переработки.

Ключевые слова: ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ РАСТЕНИЯ, BIOTECHNOLOGICAL CULTURES, ВЛИЯНИЕ, БЕЗОПАСНОСТЬ, ЛАБОРАТОРНЫЕ ЖИВОТНЫЕ

Генна інженерія застосовується для створення нових сортів рослин, які мають покращені смакові характеристики та є стійкими до впливу несприятливих умов довкілля, пестицидів та шкідників. Вирощування генно модифікованих організмів з новими ознаками

вигідне економічно, оскільки вимагає значно менших витрат агрохімікатів, палива і праці, ніж вирощування традиційних рослин.

Генетично модифіковані (ГМ) культури понад 22 роки вирощують у багатьох країнах світу. Зберігається стійка тенденція

до збільшення площ для вирощування генно модифікованих рослин. За період 1996–2016 рр. світові площі, на яких вирощують ці рослини, збільшилися з 1,7 млн. га до 185,1 млн. га [27]. Останні п'ять років збільшення площ під трансгенними культурами забезпечують країни, які розвиваються. Зокрема, у 2016 р. у промислово розвинутих країнах ГМ-рослини займали на 14,1 млн. га меншу площу, ніж у країнах, що розвиваються.

З 26 країн світу, які вирощували біотехнологічні культури в 2016 р., — 12 країн Америки (46 %), 8 країн Азії (31 %), 4 країни Європи (15 %) та 2 країни Африки (8 %). Десятка країн, де вирощують ГМ-культури, виглядає так: США — 72,9 млн. га (39 % від світового показника), Бразилія — 49,1 млн. га (27 %), Аргентина — 23,8 млн. га (13 %), Канада — 11,6 млн. га (6%), Індія — 10,8 млн. га (6 %), Парагвай — 3,6 млн. га (2%), Пакистан — 2,8 млн. га (2%), Китай — 2,8 млн. га (2 %), Південна Африка — 2,7 млн. га (1%), Уругвай — 1,3 млн. га (1%). Чотири країни ЄС — Іспанія, Португалія, Чехія та Словаччина — продовжували вирощувати біотехнологічні культури в 2016 р. Зайняті цими рослинами площі зросли на 17 % (136 363 га)

порівняно з 2015 р. (116 870 га) [27].

Провідним виробником біотехнологічних сільськогосподарських культур у світі залишаються США. За оцінкою Міністерства сільського господарства Сполучених Штатів (USDA), у 2017 р. в країні виробники засадили 96 % площ сортами насіння бавовни, розробленими з використанням біотехнологій (стійкі до впливу гербіцидів НТ, резистентні до комах ІР, стійкі одночасно до гербіцидів та комах НТ+ІР), 94 % площ — гербіцидостійкими сортами сої, 92 % площ — біотехнологічними сортами кукурудзи (НТ, ІР, НТ+ІР) [63].

За даними *International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications* [27], у 2016 р. в світі вирощували біотехнологічні сорти основних чотирьох видів сільськогосподарських культур: соя — 78 % від загальної площі посівів цієї культури, бавовна — 64 %, кукурудза — 33 % та ріпак — 24 %. Отже, найпоширенішою з трансгенних рослин є соя, загальна площа посівів якої у 2016 р. становила 91,4 млн. га або 50 % від загальної площі, зайнятої біотехнологічними культурами. Динаміка вирощування основних генетично модифікованих культур за 2007–2016 рр. наведена у табл.

Таблиця

Динаміка вирощування основних генетично модифікованих культур у світі протягом 2007–2016 рр., млн. га
Growth dynamics of the main genetically modified crops in the world during 2007–2016, million hectares

Культури / Cultures	Роки / Years									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Соя / Soybean	58,6	65,8	69,2	73,3	75,4	80,7	84,5	90,7	92,1	91,4
Кукурудза / Corn	35,2	37,3	41,7	45,8	51,0	55,1	57,3	55,2	53,6	60,6
Бавовна / Cotton	15,0	15,5	16,1	21,0	24,7	24,3	23,9	25,1	24,0	22,3
Ріпак / Canola	5,4	5,9	6,4	7,4	8,2	9,2	8,2	9,0	8,5	8,6
Інші культури / Other cultures	0,1	0,5	0,6	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5	1,5	2,2
Всього / Total	114,3	125,0	134,0	148,0	160,0	170,3	175,2	181,5	179,7	185,1

Примітка: Джерело — розроблено авторами за даними www.isaaa.org [26].

Note: Source — developed by the authors on the data from www.isaaa.org [26].

Як видно із даних таблиці, за останнє десятиліття у період 2007–2016 рр. посівні площі, зайняті ГМ культурами, зросли в 1,6 разу, соєю — в 1,6 разу, кукурудзою — в 1,7 разу, бавовною — в 1,5 разу, ріпаком — у 1,6 разу. При цьому в основних виробників ГМ-сої (США, Аргентина, Бразилія, Парагвай) її частка на площі цієї культури найбільша — 83–97 %. Постачальниками на світовий ринок

ГМ-кукурудзи є США, Канада, Аргентина, ГМ-ріпаку для виробництва олії — Канада, ГМ-бавовни — Індія.

У багатьох країнах світу створена законодавча і нормативно-методична база для регулювання обігу продукції, виготовленої з генетично модифікованих культур. На європейському ринку дозволено обіг 95 ГМ-ліній різних сільськогосподарських культур: 48 ліній

кукурудзи, 15 ліній сої, 12 ліній ріпаку, 11 ліній бавовни, 7 ліній гвоздики, по одній лінії картоплі і цукрового буряку [19, 27]. Частка біотехнологічної продукції у загальному імпорті Європейського Союзу становить приблизно 90 % зерна сої, до 25 % кукурудзи та до 20 % ріпаку [62]. Використання зареєстрованих ГМ-ліній дозволено для виробництва кормових сумішей та біопалива. Для вирощування в ЄС дозволено застосовувати 7 ГМ-ліній гвоздики, 1 лінію картоплі та 2 лінії кукурудзи — MON 810 та T 25, але фактично вирощується тільки MON 810. Це лінія кукурудзи *Bacillus thuringiensis* (Bt), стійка до комах-шкідників.

Протягом 20-річного періоду (1996–2016 рр.) толерантність до гербіцидів незмінно була домінантною рисою при виборі фермерами сортів ГМ-рослин. У 2016 р. гербіцидна толерантність, що розповсюджується на сою, кукурудзу, ріпак, бавовну, цукровий буряк та люцерну, зайняла 86,6 млн. га або 47 % з 185,1 млн. га біотехнологічних культур, які висаджують у світі понад 17–18 млн. фермерів. На сьогодні у світі починають активно поширюватись сорти біотехнологічних культур, які мають одночасно кілька рис, зокрема толерантність до гербіцидів і резистентність до комах.

У 2016 р. ЄС прийняла 14 нових дозволів на використання зернових культур для виробництва харчових продуктів та кормів:

— 16 вересня санкціоновано 11 сортів кукурудзи, 8 з яких — раніше затверджені одиниці (Bt11×MIR162×MIR604×GA21; Bt11×MIR162×MIR604, Bt11×MIR162×GA21, Bt11×MIR604×GA21, MIR162×MIR604×GA21; Bt11×MIR162, Bt11×MIR604, Bt11×GA21, MIR162×MIR604, MIR162×GA21, MIR604×GA21);

— 22 липня санкціоновано три сорти сої, стійкі до гліфосату (MON87705×MON89788, MON87708×MON89788, Bayer FG72).

На території Російської Федерації нині ГМО вирощують лише на дослідних ділянках [57]. На початку 2016 р. в Росії зареєстровано 22 лінії ГМ-культур [39], призначених для виробництва харчових продуктів і тваринних кормів: 8 ліній сої, 12 ліній кукурудзи, 1 лінія рису, 1 лінія цукрового буряку.

В Україні, відповідно до чинного Закону України № 1103 «Про державну систе-

му біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» [45], у відкритій природній системі можуть бути використані генетично модифіковані організми (ГМО), які внесені в Державний реєстр ГМО і продукції, виготовленої з їх використанням. З моменту вступу в дію цього закону до 2013 р. не була зареєстрована жодна ГМ-конструкція. Попри це, в Україні вирощують ГМ-сортів сільськогосподарських культур та виготовляють продукцію з вмістом ГМО. За даними щорічника *Agricultural Biotechnology* [62], у 2014–2015 рр. Україна постачала до ЄС понад 65 % імпорту кукурудзи, з яких близько третини — ГМ. За оцінками дослідників [1, 7, 44], частка ГМ-сої, вирощеної в Україні, становить 45–90 % від загального обсягу виробництва, кукурудзи — 20–50 %, ріпаку — 1–5 %. Науковцями Державного науково-дослідного інституту з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи протягом 2012–2015 рр. було досліджено 14870 зразків зернових, з яких у 1915 зразках було виявлено ГМ-лінії сої, у 4403 зразках — ГМ-лінії кукурудзи, у 1875 зразках — ГМ-лінії ріпаку, у 6677 зразках ГМО не виявлено [20, 21]. Аналіз результатів фахівців Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок за період 2013–2015 рр., проведений Г. В. Кушнір [38], підтверджує поширення ГМ-рослин (сої, кукурудзи, ріпаку) на території України.

Постійне зростання площ, зайнятих ГМ-рослинами, та географічне розташування нашої держави гостро піднімають питання про необхідність створення дієвої системи регулювання процесу вирощування й використання ГМ-культур у виробництві харчових продуктів та сільськогосподарських кормів.

17 травня 2016 р. у відкритому доступі було опубліковано звіт «Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects (2016)» комітету, до складу якого увійшли 50 вчених і дослідників, спеціалістів у галузі сільського господарства та біотехнології [22]. Група фахівців впродовж двох років аналізувала величезний масив даних про вплив ГМО на здоров'я людини. Результати дослідження сотень наукових робіт не виявили жодних ознак негативного впливу

ГМ-культур та одержаних із них продуктів на здоров'я людини. Не встановлено кореляційних зв'язків між вживанням продуктів із ГМ-культур та захворюваннями травного тракту, нирок, діабетом, раком, ожирінням, аутизмом та алергією. Не встановлено тривалого зростання рівня захворюваності після масового поширення харчових продуктів із ГМ-культур у США і Канаді. Є свідчення позитивного впливу біотехнологічних культур на здоров'я людей, обумовлені зменшенням кількості отруєнь інсектицидами та підвищенням забезпеченості вітамінами у населення країн, що розвиваються [59].

Китайські дослідники [66, 67] проводили вивчення впливу *Roundup Ready* соєвого борошна на організм щурів обох статей впродовж 13 тижнів. Під час експерименту не було зафіксовано жодних смертельних випадків від дієти. Результати гематологічного аналізу, дослідження сечі та клінічних параметрів сироватки крові не показали суттєвих відмінностей між щурами, які отримували контрольний раціон, та експериментальними групами тварин, яким до складу корму додавали 20, 30, 60 і 90 % соєвого борошна.

Бразильські дослідники [56] оцінили білкову якість органічної та трансгенної сої за згодовування щурам лінії *Wistar* впродовж тривалості життя. Окрім забезпечення хорошого споживання білка та індукції меншого приросту маси, обидва види сої використовували у спосіб, аналогічний казеїну, що свідчить про те, що якість протеїну сої є аналогічною якості білка казеїну. За висновком вчених, органічну та трансгенну сою можна згодовувати тваринам замість тваринного білка, тому що вона містить білок високої якості і не викликає помітного збільшення маси тіла.

Дослідження вчених Національного інституту здоров'я Японії [58] щодо дії на імунну систему щурів та мишей ГМ-соєвого борошна у кількості 30 % за 15 тижнів не виявила токсичного впливу дієти на організм досліджуваних тварин.

Інша група японських вчених [48, 49] провела триваліші дослідження щодо впливу на щурів традиційних та ГМ-соєвих бобів у кількості 30 % раціону за вживання впродовж 52 та 104 тижнів. Зовнішня оцінка тварин обох

статей, аналіз біохімічних та гематологічних показників крові не виявили збільшення захворюваності чи інших специфічних відхилень у досліджуваних щурів. Вчені прийшли до висновку, що довготривале споживання ГМ-сої з рівнем вмісту 30 % у раціоні не має вираженого негативного ефекту у тварин.

Загальне дослідження впливу соєвої дієти (38 %) впродовж 30 та 180 діб на здоров'я щурів провели російські вчені Інституту харчування РАМН [60, 61]. Аналіз даних, одержаних при вивченні інтегральних морфологічних, гематологічних, біохімічних показників, а також системних біомаркерів, не виявив будь-якої токсичної дії ГМ-сої лінії MON 89788 порівняно з її традиційним аналогом.

Тривале дослідження впродовж 455 днів провели для оцінювання впливу гліфосат-толерантної сої на ріст і показники крові щурів *Wistar*, а також дослідили товщину трьох шарів аорти та її загальну товщину і не встановили різниці між ГМ та не ГМ-групами за всіма показниками [5, 6].

Китайські вчені [47] проводили дослідження на щурах впродовж 90 днів, тричі вводячи три різних концентрації (7,5; 15 і 30 % від маси тіла) 3Ø542340-3-2 або не ГМ-соєвих бобів. Оцінювали зміни репродуктивності, здійснювали стандартні клінічні та гематологічні аналізи. Порівняно зі щурами, які отримували нативну сою, спостерігали певні статистично вірогідні відмінності у щурів, які отримували ГМ-соєву дієту. Проте відмінності не розглядалися як пов'язані з харчуванням і зазвичай коливалися в межах нормального діапазону контрольної групи. Одержані результати показали, що ГМ-соєва 40-3-2 така ж безпечна, як і традиційна.

Snell et al. [55] провели 12 довготривалих досліджень (від 90 днів до двох років) та 12 багаторічних досліджень (2–5 поколінь) про вплив раціонів, що містять ГМ-кукурудзу, картоплю, сою, рис або тритикале, на здоров'я тварин. Експериментальні параметри досліджували за допомогою біохімічних аналізів, гістологічного дослідження окремих органів, гематології та виявлення трансгенної ДНК. Загалом багаторічні дослідження на тваринах, які споживали ГМ-рослини, не виявляли ознак токсичності або інших макроскопічних наслід-

ків для їх здоров'я. Деякі автори спостерігали певні невеликі відмінності, які залишалися в межах нормального варіаційного діапазону і не інтерпретуються як ознака потенційного впливу на здоров'я. Автори вважають, що для вивчення відтворюваності цих результатів та спроби знайти причину виявлених змін слід проводити додаткові багатогранні дослідження.

Не зважаючи на тривале використання ГМ-рослин, їх вплив на організм тварин є неоднозначним і недостатньо вивченим, особливо у динаміці поколінь. Періодично у незалежних авторів з'являються повідомлення про різні фізіологічні та генетичні порушення, які фіксуються у дослідних тварин, що споживали ГМ-продукцію, але багато таких робіт зазнають жорсткої критики.

Порівняльний аналіз частоти захворювань, пов'язаних з якістю харчових продуктів, проведений у США і скандинавських країнах, показав, що за декілька останніх років частота харчових захворювань у США була у 3–5 разів вищою, ніж у країнах Скандинавії. Єдиною суттєвою відмінністю в харчуванні було активне споживання ГМ-продуктів населенням США та практична відсутність їх у раціоні населення скандинавських країн [43].

У серії експериментів, проведених І. В. Єрмаковою на щурах [14–18] щодо впливу стійкої до гербіциду «Roundup» модифікованої сої (*Roundup Ready*, лінія 40-3-2), зафіксовано високу смертність новонароджених тварин. Щуренята з групи «ГМ-соя» народжувалися недорозвинутими зі зниженою масою. По-смертне дослідження внутрішніх органів показало, що їхня маса значно менша від норми. У нащадків тварин цієї групи були порушені репродуктивні та поведінкові функції, зокрема зниження материнського інстинкту. У печінці, нирках та сім'яниках піддослідних тварин зафіксовані морфологічні зміни. Однак у багатьох вчених виникають зауваження щодо чистоти проведення експериментів.

Дослідження М. А. Коновалової на мишах першого і другого поколінь [29] виявили, що за додавання до корму ГМ-сої у піддослідних тварин спостерігається збільшення маси тіла стосовно контрольних тварин, дисбаланс маси внутрішніх органів, зміна ензимного

спектру крові: вірогідно знижувалась активність амілази, лужної фосфатази та пероксидази.

У дослідженні, проведеному впродовж двох років на самках мишей, Malatesta et al. [41] порівнювали дієту, яка складалася з 14 % гліфосат-толерантних соєвих бобів, та контрольну дієту, що містила таку ж кількість нативної сої. Визначали вплив ГМ-сої на печінку у 24-місячних старих самок мишей. При аналізі печінки було встановлено 49 відмінностей. Результати електронної мікроскопії показали зміни форми ядра та мітохондріальної мембрани у мишей, які вживали ГМ-сою, що дозволило авторам стверджувати про індукцію деяких порушень метаболізму. Вони дійшли висновку, що ГМ-соя впливає на старіння печінки функціонально та морфологічно, а для більш детальних висновків необхідні додаткові дослідження. У своїх попередніх дослідженнях цими ж авторами за згодовування мишам ГМ-сої були встановлені патологічні зміни у печінці, підшлунковій залозі та сім'яниках [40, 42, 64]. Однак ці висновки були розкритиковані [65]. Всі відмінності є кількісно незначними й знаходяться в діапазоні похибки і можуть бути пов'язані з генотипними відмінностями або умовами вирощування досліджуваного рослинного матеріалу.

Прискорене старіння нирок і печінки у щурів за вживання ГМ-сої також підтвердило дослідження вчених Харківського національного медичного університету МОЗ України [23]. Дослід провели на двох поколіннях щурів, у раціоні яких 50 % за потребою у протеїні було замінено на *Roundup Ready* ГМ-сою. Материнське покоління вживало соєву дієту впродовж 6 місяців, а нащадки — протягом 3 місяців. Морфологічними дослідженнями тканин печінки та нирок зафіксовано швидке старіння органів і організму тварин в цілому. Вчені припускають, що такі зміни можуть бути пов'язані з надходженням до організму гербіциду, який у залишкових кількостях може міститися в сої. Ймовірно є присутність в ГМ-сої нових протеїнів, які погано піддаються гідролізу у травному тракті, а процеси гниття в кишечнику активуються, що призводить до зростання концентрації токсинів ендogenous походження.

Ефект тривалого використання органічної та трансгенної сої досліджували

F. V. Brasil et al. [2] на щурах *Wistar* впродовж 15 місяців. Порівняно з контрольною дієтою, споживання раціонів з традиційною та ГМ-соєю було пов'язано зі значним зниженням маси тіла, зменшенням триацилгліцеролів і холестеролу у сироватці крові, а також змінами морфології матки та яєчників.

Дослідження О. П. Долайчук [8–13], проведені на трьох поколіннях щурів, яким до корму додавали 30 % традиційної або ГМ-сої (*Roundup Ready*, лінія 40-3-2), показали відсутність суттєвих відхилень у макро- та мікро-структурах внутрішніх органів порівняно з контрольною групою. Також не зафіксовано значних порушень метаболізму білка у крові та тканинах органів дослідних тварин [10] і вірогідних змін досліджених гематологічних показників їх крові у порівнянні з контролем [12]. Встановлено вплив згодовування сої на репродуктивну функцію організму самок щурів у формі зниження фертильності тварин дослідних груп і підвищення коефіцієнту маси плода до маси самки. Узагальнений аналіз результатів, одержаних О. П. Долайчук, дає підстави зробити висновок про відсутність вираженого негативного чи позитивного впливу компонентів ГМ-сої на фізіологічний стан щурів порівняно з тваринами, яким згодовували традиційну сою. Авторами [8, 11, 13] робиться акцент на дезінтоксикаційних процесах у тканинах печінки та інгібуванні розвитку внутрішніх органів тварин, яким згодовували боби сої природного і трансгенного сортів.

І. М. Самсонюк [30, 50–52] вивчала морфологічні, біохімічні та імунологічні показники крові й ультраструктурну характеристику печінки щурів трьох поколінь, яким 4,5 місяці згодовували корм з 20 % вмістом традиційної і ГМ-сої (*Roundup Ready*, лінія 40-3-2). Вірогідних змін морфологічного складу крові у самиць щурів, які споживали дієту з вмістом ГМ-сої, не зафіксовано. У тварин першого покоління виявлені порушення пластинчастої будови печінкових часточок на тлі зернистої дистрофії гепатоцитів. У другому і третьому поколіннях виявлено розширення перисинусоїдальних просторів, кровонаповнення судин і розширення жовчних капілярів. У печінці щурів III покоління у цитоплазмі гепатоцитів ульт-

раструктурно виявлено помірне набубнявіння мітохондрій і зменшення в них кількості крист, зростання кількості пероксидом на тлі зниження вмісту хроматину в ядрах.

Вченими Харківського національного медичного університету [24, 25] встановлено, що вживання самицями щурів 50 % добової потреби в білках ГМ-сої (*Roundup Ready*, лінія 40-3-2) протягом 2 місяців не викликає порушень у метаболізмі нирок, а впродовж 6 місяців обумовлює появу метаболічних (зниження вмісту альбуміну і загального протеїну, підвищення вмісту сечовини і креатиніну в сироватці крові, зниження вмісту АТФ і глікогену в клітинах нирок) та гістологічних ознак ураження нирок.

З 2012 р. у Казахському науково-дослідному ветеринарному інституті в лабораторії харчової безпеки проводяться дослідження [53, 54], спрямовані на вивчення функціонально-репродуктивної токсичності ГМО-соевого шроту на лабораторних білих щурах у п'яти поколіннях. Морфологічне дослідження щурів трьох поколінь виявило незрілість внутрішніх органів, гідрофічну, зернисту дистрофію хрящових клітин, фрагментацію, гіпоплазію міоцитів, часткову десквамацію клітин ектодерми. Гістологічні дослідження внутрішніх органів щурів показали зміни на клітинному рівні у всіх поколіннях.

Дослідження вчених Національного дослідницького центру Єгипту [46] з вивчення хронічної токсичності дієти з вмістом генетично модифікованих складових (60 % кукурудзи, 34 % сої) на щурах лінії *Wistar* впродовж 30, 60 та 90 днів показали, що у тварин зафіксовані зміни біохімічних, гістопатологічних та цитогенетичних параметрів у життєво важливих органах, зокрема серці, нирках, печінці. Також спостерігались біохімічні зміни аланін-амінотрансферази, аспартатамінотрансферази, креатиніну, сечової кислоти і ТБК-активних продуктів.

J. Carman et al. [3] виявили, що у свиней, яких годували ГМ-соєю та кукурудзою протягом 22,7 тижня, кількість важких форм запалення стінок шлунку зростає втричі порівняно з тваринами, які отримували корм без ГМО. Встановлено аномальне збільшення матки самок, яких годували кормом з ГМО, що піднімає питання про можливий

зв'язок ГМО з порушеннями роботи репродуктивних органів. За факторами зростання маси тіла, смертності, біохімії крові не було ніяких відмінностей між групами тварин. ГМО-корми впливали лише на зміни у тканинах шлунку та матки свиней.

Спільні дослідження Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН та Вінницького національного медичного університету імені М. І. Пирогова [31, 32, 34–36] показали, що тривале (485 днів) згодовування свиням раундапостійкої трансгенної сої у кількості 15–20 % за сирим протеїном негативно впливає на репродуктивну здатність кнурів, особливо у третьому поколінні. Зафіксовано розвиток набряку, дистрофічні зміни нирок та печінки у свиней, які тривалий час споживали з кормами ГМ-сою, виявлено токсичну дію на нирки ще неідентифікованих сполук ГМ-сої та залишків гербіциду.

Для підтвердження результатів, отриманих на свинях, дослідження повторили з використанням білих щурів лінії Вістар [33, 37]. Щурам додатково до стандартного раціону впродовж року згодовували раундапостійку трансгенну сою. Водний екстракт внутрішніх органів тварин дослідної групи використано для спостережень за розмноженням і розвитком інфузорій *Tetrahymena pyriformis*. Встановлено, що в екстракті містяться біологічно активні сполуки, які активізують розмноження інфузорій і підвищують їхню життєздатність. За згодовування щурам упродовж восьми поколінь ГМ-сої у нащадків виявлено неідентифікований фактор, який проявляється у стимулюванні розмноження і життєздатності інфузорій у середовищі водного екстракту м'язово-кісткової тканини з внутрішніми органами 3-денних щуренят порівняно з нащадками контрольної групи.

Споживачів харчової продукції також хвилює питання безпечності використання продуктів (м'ясо, молоко і яйця) сільськогосподарських тварин, які отримували з кормами ГМ-культури. Для з'ясування цього питання були проведені досліди зі згодовування свиням корму, який містив 24, 19 і 14 % *Roundup Ready* соєвого борошна. Дослідження [4, 28] підтвердило, що ні малих фрагментів тран-

сгенної ДНК, ні імунореактивних фрагментів трансгенного білка не виявлено у зразках м'яса свиней, яких утримували на раціоні, що містить борошно гліфосат-толерантної сої.

Висновок

Описані в літературі результати досліджень є суперечливими та неоднозначними. Відповідно, існує необхідність у багатосторонніх довготривалих дослідженнях поколінь лабораторних тварин, щоб з упевненістю говорити про віддалені наслідки впливу на живі організми генно модифікованих рослин та продуктів їх переробки.

1. Biliak Y. The upward trend in the major threats to the use of GMOs in agricultural undertakings. *Investments: practice and experience*, 2015, no. 23, pp. 58–63. (in Ukrainian)

2. Brasil F. B., Soares L. L., Faria T. S., Boaventura G. T., Sampaio F. J. B., Ramos C. F. The impact of dietary organic and transgenic soy on the reproductive system of female adult rat. *The Anatomical Record (Hoboken)*, 2009, vol. 292, issue 4, pp. 587–594. DOI: 10.1002/ar.20878.

3. Carman J. A., Vlieger H. R., Ver Steeg L. J., Sneller V. E., Robinson G. W., Clinch-Jones C. A., Haynes J. I., Edwards J. W. A long-term toxicology study on pigs fed a combined genetically modified (GM) soy and GM maize diet. *Journal of Organic Systems*, 2013, vol. 8, no. 1, pp. 38–54.

4. Cromwell G. L., Lindemann M. D., Randolph J. H., Parker G. R., Coffey R. D., Laurent K. M., Armstrong C. L., Mikel W. B., Stanisiewski E. P., Hartnell G. F. Soybean meal from Roundup Ready or conventional soybeans in diets for growing-finishing swine. *Journal of Animal Science*, 2002, vol. 80, issue 3, pp. 708–715. DOI: 10.2527/2002.803708x.

5. Daleprane J. B., Chagas M. A., Vellarde G. C., Ramos C. F., Boaventura G. T. The impact of non- and genetically modified soybean diets in aorta wall remodeling. *Journal of Food Science*, 2010, vol. 75, issue 5, pp. T126–T131. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01773.x.

6. Daleprane J. B., Feijó T. S., Boaventura G. T. Organic and genetically modified soybean diets: consequences in growth and in hematological indicators of aged rats. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2009, vol. 64, issue 1, pp. 1–5. DOI: 10.1007/s11130-008-0101-0.

7. Didenko N. I. Soybean production in conditions of integration processes in Ukraine. *The economy of the AIC*, 2017, no. 1, pp. 31–36. (in Ukrainian)

8. Dolaichuk O. P., Fedoruk R. S. Biological effects of different levels of soybeans conventional and

transgenic varieties in the second-generation female rats ration. *The Animal Biology*, 2013, vol. 15, no. 2, pp. 30–41. (in Ukrainian)

9. Dolaichuk O., Fedoruk R. Structure of internal tissues of first generation of rats fed by natural and transgenic soybean. *Studia biologica*, 2013, vol. 7, no. 3, pp. 67–76. (in Ukrainian)

10. Dolaychuk O. P., Fedoruk R. S., Kirichuk A. P. Transamination enzyme activity in blood and tissues of two-generations of rats fed diet with added conventional and GM soybean. *The Animal Biology*, 2012, vol. 14, no. 1–2, pp. 306–310. (in Ukrainian)

11. Dolaichuk O. P., Fedoruk R. S., Khrabko M. I. Fractional composition of phenols in tissues of two-generations of rats fed diet with added conventional and GM soybean. *Scientific Herald of Chernivtsy University. Biology (Biological Systems)*, 2013, vol. 5, no. 2, pp. 172–175. (in Ukrainian)

12. Dolaichuk O. P., Fedoruk R. S., Kovalchuk I. I. The impact of components conventional and genetically modified soybeans on parameters of the immune and reproductive systems female rats. *Physiological Journal*, 2013, vol. 59, no. 2, pp. 65–70. (in Ukrainian)

13. Dolaichuk O. P., Fedoruk R. S., Kovalchuk I. I., Khrabko M. I. Physiological effects of soybeans native and transgenic varieties on the body of the third generation female rats. *The Animal Biology*, 2013, vol. 15, no. 3, pp. 22–30. DOI: 10.15407/animbiol15.03.022. (in Ukrainian)

14. Ermakova I. V. Genetically modified soy leads to the decrease of weight and high mortality of rat pups of the first generation: Preliminary studies. *Ecoinform*, 2006, no. 1, pp. 4–10. (in Russian)

15. Ermakova I. V. Influence of soy with the gene EPSPS CP4 on physiological state and reproductive functions of rats in two first generations. *Modern problems of science and education*, 2009, vol. 5, pp. 15–21. (in Russian)

16. Ermakova I. V. New data on the effect of GMOs on the physiological state and higher nervous activity of mammals. *Transgenic plants and biosafety*, Moscow, 2007, pp. 38–39. (in Russian)

17. Ermakova I. V. Prospects for the development of ecologically clean foodstuffs. *Biotechnology: state and prospects of development*, Moscow, 2009, vol. 2, pp. 366–367. (in Russian)

18. Ermakova I. V., Barskov I. V. The study of morphological and physiological parameters in rats and their progeny using diets containing soybean EPSPS CP4 transgene. *Modern problems of science and education*, 2008, no. 6, pp. 19–20. (in Russian)

19. EU Register of authorised GMOs. Available at: http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm (Accessed 28 May 2018).

20. Gaidei O. S., Zahrebelniy V. O., Novozhytska Y. N. Are there GMO in Ukraine? *AgroElita*, 2016. Available at: <http://agroprod.biz/2016/04/14/27017/> (Accessed 28 May 2018).

21. Gaidei O. S., Zahrebelniy V. O., Novozhytska Y. N., Usachenko N. V., Danilchenko N. L. Analysis

of determining GMOs in cereals in Ukraine 2014. *Grain Products and Mixed Fodders*, 2015, vol. 1, no. 57, pp. 25–28. DOI: 10.15673/2313-478x.57/2015.39720. (in Ukrainian)

22. *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects*. Washington (DC), National Academies Press, 2016. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK424543/> (Accessed 28 May 2018).

23. Gorbach T. V., Gubina-Vakulyck G. I., Denisenko S. A. Influence of genetically modified soy in experimental animals diet on the metabolism and histology of liver and kidneys. *Problems of aging and longevity*, 2016, vol. 25, no. 1, pp. 80–86. (in Russian)

24. Gubina-Vakulik G. I., Denisenko S. A., Gorbach T. V., Kolousova N. G., Popova T. M. Morphofunctional state of adrenal gland in female rats Wistar with genetically modified soy inclusion in the diet. *Tauride Medical and Biological Herald*, 2012, vol. 15, no. 3, 1 (59), pp. 85–88. (in Russian)

25. Gubina-Vakulik G. I., Gorbach T. V., Myasoev V. V., Kolousova N. G., Gopkalov V. G. The metabolic and histological changes of kidneys in female rats and the first generation after consumption of genetically modified soybeans. *Scientific information BelNRU: Medicine. Pharmacy*, 2013, no. 11 (154), pp. 150–155. (in Russian)

26. Institute of Science in Society. <http://www.isaaa.org> (Accessed 26 May 2018).

27. ISAAA Brief 52-2016. Global Status of Commercialized Biotech. GM Crops: 2016. Available at: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/52/download/isaaa-brief-52-2016.pdf> (Accessed 27 May 2018).

28. Jennings J. C., Kolwyck D. C., Kays S. B., Whetsell A. J., Surber J. B., Cromwell G. L., Lirette R. P., Glenn K. C. Determining whether transgenic and endogenous plant DNA and transgenic protein are detectable in muscle from swine fed Roundup Ready soybean meal. *Journal of Animal Science*, 2003, vol. 81, issue 6, pp. 1447–1455. DOI: 10.2527/2003.8161447x.

29. Konovalova M. A., Blinov V. A. Morfometric indicators and features of a spectrum of enzymes of mice's blood receiving genetically modified soya. All-Russia Symposium Transgenic Plants and Biosafety, Moscow, 2007, p. 48. (in Russian)

30. Kotsiumbas G. I., Levycky T. R., Samsonyk I. M. Haematological and biochemical indexes blood whey's rats of firstgeneration, which fed soy with GMO. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology*, 2012, vol. 14, no. 2 (1), pp. 156–160. (in Ukrainian)

31. Kulik Y. M., Gavrilyuk A. A., Rautskiene V. T., Khimich O. V. Pathological changes of reproductive ability of pigs which were longterm feeding by roundup stable genetically modified soybean. *Reports of morphology*, 2015, vol. 21, no. 2, pp. 362–367. (in Ukrainian)

32. Kulik Y. M., Hawryluk A. T., Rautskyiene V. T., Khymych V. A. Morphological changes of liver, kidneys, and adrenal glands of experimental animals in the case of long feeding with roundup genetically modified soy.

Reports of morphology, 2014, no. 1, pp. 149–153. (in Ukrainian)

33. Kulik Y. M., Rautskiene V. T., Obertiukh Y. V., Khimich O. V. The presence in the offspring of rats unidentified factor transgenic soy at its feeding over several generations. *Bulletin of problems in biology and medicine*, 2015, vol. 4, no. 1, pp. 105–109. (in Ukrainian)

34. Kulyk M. F., Kulyk Y. M., Korniyuchuk O. V., Khimich O. V., Stasyuk O. K., Obertyukh Y. V., Chornolata L. P., Lilyk T. V. Reproductive performance and physiological condition of the liver and kidneys of pigs for long-term feeding Roundup resistant GM soybeans. *Bulletin of Agricultural Science*, 2013, Special Issue September, pp. 88–92. (in Ukrainian)

35. Kulyk M. F., Kulyk Y. M., Obertiukh Y. V., Khimich O. V. Effect long-term feeding of transgenic soybean on reproductive capacity of pigs. *Animal Breeding and Genetics*, 2015, no. 49, pp. 213–220. (in Ukrainian)

36. Kulyk Y., Kulyk M., Khimich O., Obertiukh Y., Vlasenko V. Feeding pigs genetically modified soy for three generations is the lack of libido in boars. *Agricultural Science and Food Technology*, 2015, no. 1, pp. 25–36. (in Ukrainian)

37. Kulyk Ya. M., Rautskiene V. T., Obertiukh Yu. V., Khimich O. V., Rymsha O. V. Detection of unidentified factor transgenic soybeans in the internal organs of rats fed with its long. *Reports of Vinnytsia National Medical University*, 2015, vol. 19, no. 2, pp. 299–302. (in Ukrainian)

38. Kushnir G. V. The control of genetically modified plants is a guarantee of food safety. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology*, 2016, vol. 18, no. 3 (71), pp. 167–169. (in Ukrainian)

39. List of GM crops registered in Russia for use in the food industry. Available at: http://oagb.ru/lib.php?txt_id=14137 (Accessed 28 May 2018).

40. Malatesta M., Biggiogera M., Manuali E., Rocchi M. B. L., Baldelli D., Gazzanelli G. Fine structural analyses of pancreatic acinar cell nuclei from mice fed on GM soybean. *European Journal of Histochemistry*, 2003, vol. 47, issue 4, pp. 385–388. DOI: 10.4081/851.

41. Malatesta M., Boraldi F., Annovi G., Baldelli B., Battistelli S., Biggiogera M., Quagliano D. A long-term study on female mice fed on a genetically modified soybean: effects on liver ageing. *Histochemistry and Cell Biology*, 2008, vol. 130, issue 5, pp. 967–977. DOI: 10.1007/s00418-008-0476-x.

42. Malatesta M., Caporaloni C., Gavaudan S., Rocchi M. B. L., Serafini S., Tiberi C., Gazzanelli G. Ultrastructural, morphometrical and immunocytochemical analysis of hepatocyte nuclei from mice fed on genetically modified soybean. *Cell Structure and Function*, 2002, vol. 27, issue 4, pp. 173–180. DOI: 10.1247/csf.27.173.

43. Malysh N. A. Genetically modified organisms in the food security system of Ukraine. *Public management: theory and practice*, 2013, no. 2, pp. 118–124. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pubupr_2013_2_21 (in Ukrainian)

44. Oliinyk D. On the issue of the use of genetically modified organisms in Ukraine. *Economy of Ukraine*, 2009, no. 6, pp. 85–93. (in Ukrainian)

45. On the State System of Biosafety at the Time of Creating, Testing, Transporting, and Using Genetically Modified Organisms: The Law of Ukraine. Available at: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1103-16> (Accessed 28 May 2018).

46. Oraby H., Kandil M., Shaffie N., Ghaly I. Biological impact of feeding rats with a genetically modified-based diet. *Turkish Journal of Biology*, 2015, vol. 39, pp. 265–275. DOI: 10.3906/biy-1406-61.

47. Qi X., He X., Luo Y., Li S., Zou S., Cao S., Tang M., Delaney B., Xu W., Huang K. Subchronic feeding study of stacked trait genetically-modified soybean (305423×40-3-2) in Sprague–Dawley rats. *Food and Chemical Toxicology*, 2012, vol. 50, issue 9, pp. 3256–3263. DOI: 10.1016/j.fct.2012.06.052.

48. Sakamoto Y., Tada Y., Fukumori N., Tayama K., Ando H., Takahashi H., Kubo J., Nagasawa A., Yano N., Yuzawa K., Ogata A. A 104-week feeding study of genetically modified soybeans in F344 rats. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi*, 2008, vol. 49, no. 4, pp. 272–282. DOI: 10.3358/shokueishi.49.272.

49. Sakamoto Y., Tada Y., Fukumori N., Tayama K., Ando H., Takahashi H., Kubo J., Nagasawa A., Yano N., Yuzawa K., Ogata A., Kamimura H. A 52-week feeding study of genetically modified soybeans in F344 rats. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi*, 2007, vol. 48, no. 3, pp. 41–50. DOI: 10.3358/shokueishi.48.41.

50. Samsonyuk I. M. Structural and functional state of the gastrointestinal tract rat's first generation of feeding traditional and genetically modified soybeans. *Scientific and technical bulletin of Institute of animal biology and State scientific research control Institute of veterinary medical products and fodder additives*, 2013, vol. 14, no. 3–4, pp. 238–243. (in Ukrainian)

51. Samsonyuk I. M., Kotsiumbas G. I. Ultrastructural characteristic of rats liver of the third generation with the influence of genetically modified and traditional soybean. *The Animal Biology*, 2014, vol. 16, no. 2, pp. 93–100. (in Ukrainian)

52. Samsonyuk I., Stronskyi U. Biochemical indexes blood whey's rats of tree generation, which fed soy with GMO. *Scientific Messenger of LNUVMBT*, 2013, vol. 15, no. 3 (2), pp. 279–282. (in Ukrainian)

53. Sarbakanova Sh. T., Latypova Z. A., Anayatova B. Zh., Kenzhebaeva M. Zh. The influence of GMOs on the reproductive functions of animals. Modern achievements of veterinary medicine and biology in agricultural production. II All-Russia Scientific and Practical Conference, Ufa, 2014, pp. 395–397. (in Russian)

54. Sarbakanova Sh. T., Latypova Z. A., Daugalieva S. T., Aubekeroval L. S. Effect of feed containing genetically modified soya on hematological parameters of laboratory rats. *The role of veterinary science and practice in the effective development of livestock breeding: materials of the International*

Scientific and Practical Conference, 2012, pp. 465–468. (in Russian)

55. Snell C., Bernheim A., Bergé J.-B., Kuntz M., Pascal G., Paris A., Ricroch E. A. Assessment of the health impact of GM plant diets in long-term and multigenerational animal feeding trials: a literature review. *Food and Chemical Toxicology*, 2012, vol. 50, issue 3–4, pp. 1134–1148. DOI: 10.1016/j.fct.2011.11.048.

56. Soares L. L., Lucas A. M. M., Boaventura G. T. Can organic and transgenic soy be used as a substitute for animal protein by rats? *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 2005, vol. 38, no. 4, pp. 583–586. DOI: 10.1590/S0100-879X2005000400012.

57. Sorokoletova N. E., Lomteva N. A., Kondratenko E. I., Netipanova N. V. Modern aspects uses of gene-modified components in food and methods their detection. *Technologies for the food and processing industry of AIC*, 2014, no. 4, pp. 75–81. (in Russian)

58. Teshima R., Akiyama H., Okunuki H., Sakushima J., Goda Y., Onodera H., Sawada J., Toyoda M. Effect of GM and non-GM soybeans on the immune system of BN rats and B10A mice. *Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi)*, 2000, vol. 41, issue 3, pp. 188–193. DOI: 10.3358/shokueishi.41.188.

59. The most extensive research of GMO influence on human beings has been completed. Available at: <http://aggeek.net/ru/news/id/zavershenno-samoe-masshtabnoe-issledovanie-vlijaniya-gmo-na-zdorove-cheloveka-251> (Accessed 28 May 2018).

60. Tutelyan V. A., Gapparov M. M. G., Avrenjeva L. I., Guseva L. V., Zhminchenko V. M., Kravchenko L. V., Pashorina V. A., Saprikin V. P., Seliaskin K. E., Tyshko N. V. Medical and Biological Safety Assessment of Genetically Modified Soybean Event MON 89788. Report 1. Toxicological-Hygienic Examinations. *Problems of Nutrition*, 2010, vol. 79, no. 3, pp. 4–12. (in Russian)

61. Tyshko N. V., Britsina M. V., Gmoshinskii I. V., Zaharova N. S., Zorin S. N., Mazo V. K. Ozereths-

kovskaya M. N., Seliaskin K. E. Medical and Biological Safety Assessment of Genetically Modified Soybean Event MON 89788. Report 2. Genotoxicologic, Immunologic and Allergologic Examinations. *Problems of nutrition*, 2010, vol. 79, no. 3, pp. 13–17. (in Russian)

62. U-28 Agricultural Biotechnology Annual, 2016. Available at: https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Paris_EU-28_12-6-2016.pdf (Accessed 28 May 2018).

63. United States Department of Agriculture (USDA). <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/Acre/Acre-06-30-2017.txt> (Accessed 27 May 2018).

64. Vecchio L., Cisterna B., Malatesta M., Martin T. E., Biggiogera M. Ultrastructural analysis of testes from mice fed on genetically modified soybean. *European Journal of Histochemistry*, 2003, vol. 48, issue 4, pp. 449–454. DOI: 10.4081/920.

65. Williams A. L., DeSesso J. M. Genetically-modified soybeans: A critical evaluation of studies addressing potential changes associated with ingestion. Abstract 1154, Poster Board 424, Safety Concerns of Food and Natural Products. Salt Lake City, Utah March 7–11, 2010. Available at: http://www.exponent.com/files/Uploads/Documents/news%20and%20features/SOT%20Presentation%20Handout_draft.pdf (Accessed 27 May 2018).

66. Yuan J., Tang Z., Zhao J., Shi Z., Wang J. Toxicologic evaluation of chronic feeding of glyphosate-resistant transgenic soybean GTS40-3-2 meal to rats. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 2017, vol. 29, issue 11, pp. 856–862. DOI: 10.9755/ejfa.2017.v29.i11.1495.

67. Zhu Y., Li D., Wang F., Yin J., Jin H. Nutritional assessment and fate of DNA of soybean meal from roundup ready or conventional soybeans using rats. *Archives of Animal Nutrition*, 2004, vol. 58, issue 4, pp. 295–310. DOI: 10.1080/00039420412331273277.