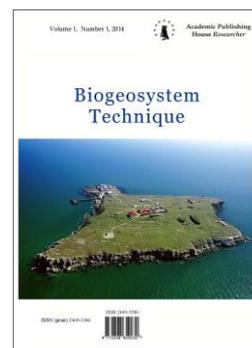


Copyright © 2016 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
E-ISSN: 2413-7316  
Vol. 7, Is. 1, pp. 4-16, 2016

DOI: 10.13187/bgt.2016.7.4  
[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



### Relevant Topic

## Biosocial Consequences of Industrial Accidents and Social Crises (Chernobyl, Fukushima)

<sup>1</sup> Valery I. Glazko

<sup>2</sup> Tatiana T. Glazko

<sup>1, 2</sup> Russian State Agrarian University – Moscow agricultural Academy (MTAA) named after K.A. Timiryazev, Russian Federation

Timiryazevskaya Str., 49, Moscow 127550

Centre of Experimental Embryology and Reproductive Biotechnology (CEERB), Russian Academy of Agricultural Science, Russian Federation

Kostyakow Str., 12, Bl. 4, Moscow 127422

<sup>1</sup> Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Science (foreign participator), Head of the Centre of Nanobiotechnology of MTAA, Leading researcher of CEERB

E-mail: [vigvalery@gmail.com](mailto:vigvalery@gmail.com)

<sup>2</sup> Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Food and Animal Breeding Department of MTAA, Leading researcher of CEERB

E-mail: [tglazko@rambler.ru](mailto:tglazko@rambler.ru)

### Abstract

The own and literature data on population-genetic consequences of the reproduction of different mammalian species under conditions of high levels of ionizing radiation as a result of the accident at Chernobyl and Fukushima NPP were discussed. Such conditions contributed to genomic instability of the parent population directly by increased doses of ionizing radiation, and to preferred reproduction of offspring with a relatively more stable of the chromosomal apparatus. We could expect that the relative reproductive success of carriers of increased genomic stability under conditions of environmental changes could be used as an integral indicator of resistance to selective action of environmental stress factors. The importance of transgenerational transmission of symptoms of post-traumatic syndrome and its mechanisms, including the microRNA transfer via spermatozoa, changes in the microbiota of the parents and children, as well as cultural inheritance, to explain the complexity observed radiobiological effects and their transmission into generations were discussed. It was concluded that the frequent man-made accidents (like Chernobyl and Fukushima) and economic crises carry the risk of biosocial consequences in the structure of society, based on epigenetic inheritance, and cultural micro and macro biotic changes.

**Keywords:** ionizing radiation, molecular genetic markers, reproductive success, transgenerational transmission, post-traumatic syndrome, microRNAs, environmental stress.

### Введение

Авария на Чернобыльской АЭС произошла 26 апреля 1986 года и признана самой крупной техногенной радиационной катастрофой современности в истории мировой ядерной

энергетики. В результате аварийного выброса радионуклидов из четвертого энергоблока техногенному загрязнению подверглись 21 область Российской Федерации, 7 % территории Украины. В Республике Беларусь радиационному воздействию подверглась 23 % общей площади, там проживали 2,1 млн. человек – более 20 % населения. Экономический ущерб от последствий чернобыльской катастрофы только для Беларуси оценивается в 235 млрд. долларов США, что равно 32 бюджетам республики доаварийного 1985 года. В белорусских лесах сосредоточено до 70 % радионуклидов, выпавших на территорию республики. Авария на Чернобыльской АЭС поставила перед тремя наиболее пострадавшими республиками СССР, Украиной, Белоруссией и Россией, исключительно сложные задачи, в первую очередь, по обеспечению радиационной безопасности населения. Были предприняты крупномасштабные меры по ликвидации последствий на самой ЧАЭС, дезактивации сопредельных территорий, эвакуации населения. В целом реагирование на начальном периоде аварии было адекватным и эффективным. Однако экстраординарный характер ситуации обусловил и ряд ошибок или промедлений. В частности, это относится к йодной профилактике населения. Чернобыльская катастрофа отрицательно сказалась на всех сферах жизни населения всех республик, нарушив общественные, экономические и социальные связи. Кофи Аннан писал “Чернобыль – это слово, которое мы все хотели бы вытравить из нашей памяти. ...Но более чем 7 миллионов человек не могут этого себе позволить. Они ежедневно страдают в результате того, что случилось” [<http://www.sighings.com/sighings/general/morecancer.html>].

### **Последствия радиационной аварии**

Действие короткоживущих радионуклидов (йод-131, барий-140, лантан-140) длилось относительно небольшой промежуток времени (недели) после аварии. Активность I-131 на различных территориях в процентах к общей выброшенной активности распределилась следующим образом: СССР – 66 %; Украина – 20 %, Беларусь – 19 %, Россия – 12 %, остальные страны Европы – 28 %, остальной мир – 7 %. [4, 7]. Однако именно это обусловило основную часть доз облучения населения.

Загрязнение I-131 наблюдалось на огромной территории, в том числе на значительном удалении от Чернобыльской АЭС. Пострадала Европа – Прибалтика, Польша, Чехия, Венгрия и многие другие страны. Этот «йодный удар» привел к значительному росту патологий щитовидной железы, особенно в Беларуси, Украине, России. Наиболее опасны в радиологическом плане долгоживущих радионуклидов – Sr-90, трансураниевые элементы – изотопы плутония и америция. Где они локализованы – проведено отселение людей, но негативные последствия загрязнения для экосистем будут существенно сказываться еще многие сотни и тысячи лет. Всего в бывшем Советском Союзе, были загрязнены территории площадью приблизительно 150 000 км<sup>2</sup>. На этих территориях проживают более пяти миллионов человек. 28 аварийных работников, участвовавших в ликвидации последствий в первые несколько часов после аварии, умерли от лучевой болезни в течение четырех месяцев, и еще двое умерли от комбинированных поражений – физических травм, термальных ожогов и лучевой болезни. В общей сложности на протяжении 1986 года с территорий, расположенных в непосредственной близости от атомной электростанции, были эвакуированы 116 000 человек, и еще 220 000 человек были эвакуированы с территорий трех наиболее пострадавших республик в период после 1986 года [4].

Проведенные многочисленные исследования показали влияние повышенного уровня ионизирующего облучения на ряд сельскохозяйственных видов животных, мелких видов мышевидных грызунов после аварии на Чернобыльской АЭС [4]. Полученные выводы были сопоставимы с данными исследований популяций человека после чернобыльской и фукусимской аварий: выявлено сходство основных мишеней действия ионизирующего облучения у человека и животных сельскохозяйственных видов, изменения были связаны в основном с сердечно-сосудистой и иммунной системами, а также такими выводящими системами, как почки [3].

Достаточно давно обсуждался тот факт, что зависимость эффекта от дозы облучения может носить нелинейный, немонотонный, полимодальный характер [1]. Дозы, при которых наблюдаются экстремумы, зависят от мощности (интенсивности) облучения и уменьшаются при ее уменьшении. Облучение в малых дозах приводит к изменению (в большинстве

случаев увеличению) чувствительности к действию повреждающих факторов. Все это может быть обусловлено с возможными механизмами, связанные с порогом накопления повреждений для индукции репарационных систем ДНК, изменений в соотношениях юных и старых клеточных популяций, дисфункций митохондрий. Отсюда введены понятия горизонтальных и вертикальных последствий повышения уровня ионизирующего излучения для биологических объектов [3].

Главное, с нашей точки зрения, и недостаточно учтенное вертикальное последствие воздействия ионизирующего облучения для живых объектов проявляется в снижении репродуктивной функции, вследствие чего из воспроизводства исключаются носители аллелей и генных систем, ассоциированных с относительно повышенной радиочувствительностью. Именно таким снижением воспроизводства объясняется и выявленное нами увеличение числа радиорезистентных особей среди отловленных полевок в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС, и сдвиг генетической структуры в экспериментальной группе специализированной молочной породы крупного рогатого скота в поколениях в сторону более примитивных форм [4], и повышенная радиорезистентность клеток крови у жителей радиоактивных провинций. Наблюдаемые сдвиги соответствуют утверждению И.И. Шмальгаузена о том, что при любых экологических изменениях преимущество для воспроизводства получают наиболее устойчивые, но наименее специализированные формы [8]. Вклад Чернобыльской катастрофы в изменения генофонда человека можно оценивать только сейчас, поскольку поколение, родившееся после аварии, вступило в репродуктивный период. Отметим, что реальные аварии на атомных станциях всегда сопровождаются совокупным действием как стрессующих факторов, так и ионизирующего облучения. Как показывает опыт чернобыльской катастрофы, ее психосоциальные последствия оказались достаточно долгосрочными. Это подтверждается огромным количеством проведенных исследований. Например, юные люди получившие дозы ионизирующего излучения *in utero*, показали существенно более низкий IQ, чем контрольная группа того же возраста. Различия ограничиваются вербальным IQ, но не выражены по невербальному IQ. Эффекты не выявлялись у тех, кто получил облучение в результате Чернобыльской аварии после 16 недели беременности [29].

В наших собственных исследованиях было обнаружено, что у разных видов мелких мышевидных грызунов (полевок), лабораторных линий мышей, суммарно получавших дозы ионизирующего облучения  $<1\text{Gy}$  в год зоне отчуждения Чернобыльской АЭС, в клетках костного мозга наблюдается рост числа только тех цитогенетических аномалий, по которым конкретный вид или лабораторная линия были нестабильны и в контрольных условиях [4, 23]. То есть, наши эксперименты показали, что более чем 100-кратное увеличение дозы ионизирующего облучения у полевок и у лабораторных линий мышей не индуцирует новых вариантов мутационных спектров клетках костного мозга, а только усиливает те специфичные для вида или линии проявления геномной нестабильности, которые в контрольных условиях возникают у исследованных животных спонтанно. Например, у линии C57BL/6 возрастала частота анеуплоидных клеток, у C57W/Mv – метафаз с хромосомными aberrациями, у BALB/c – доля двуядерных лимфоцитов, у обыкновенной полевки (*Microtus arvalis*) – процент анеуплоидных клеток, у рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) – доля метафаз с межхромосомными слияниями по типу Робертсоновских транслокаций. Очевидно, что совершенно особые ответы на ионизирующее облучение будут наблюдаться в популяциях людей, воспроизводящихся в условиях естественных радиоактивных провинций или во многих поколениях животных в местах повышенного загрязнения радионуклидами, в частности, после чернобыльской аварии [9].

К настоящему времени наиболее подробный многолетний обзор последствий действия резкого повышения ионизирующего облучения для здоровья человека представлен в работах японских исследователей, изучающих последствия атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, аварий на атомных станциях [3]. Воздействие ионизирующего излучения на организм человека наиболее подробно изучалось на основе долгосрочных крупномасштабных эпидемиологических исследований и создания базы данных (реестра) жителей Японии, переживших атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки. Благодаря объему сведений, представленности широких слоев населения обоих полов, всех возрастов и большому разнообразию доз, оцененных индивидуально, результаты анализа

продолжительности жизни, онкологических и неонкологических заболеваний (LifeSpanStudy – LSS) японцев, внесенных в реестр, считаются наиболее надежным источником информации о влиянии ионизирующего облучения на популяции человека. По этой причине исследования LSS стали основополагающими для оценок риска в системе радиационной защиты, разрабатываемой International Commission on Radiological Protection (ICRP, Англия). В целом полученные данные свидетельствуют о том, что выжившие после радиационного воздействия имеют четкую избыточность развития онкологических заболеваний по отношению к контрольным группам (excess relative risk – ERR). Для всех форм лейкемии по всем возрастным группам этот показатель увеличен в 3-5 раз при поглощенных дозах около 1 Gy в расчете на клетки костного мозга [30, 36]. Статистически достоверное увеличение частоты встречаемости солидных опухолей наблюдалось через 6-10 лет после облучения уже при поглощенных дозах 0,1-0,2 Gy. При этом возростала частота таких опухолей в мочевом пузыре, молочных железах, легких, головном мозге, щитовидной железе, толстом кишечнике, яичниках, желудке, печени, но не в поджелудочной железе, прямой кишке, матке, простате и паренхиме почек. У выживших после атомных бомбардировок обнаруживались множественные нераковые заболевания, в основном связанные с патологиями сердечно-сосудистой, респираторной и иммунной систем, а также с повреждениями почек.

Обращает на себя внимание то, что при изучении последствий землетрясения и повышения ионизирующего облучения в популяциях человека после фукусимской трагедии получены данные о выраженном сходстве между ними [28, 39, 48]. Подчеркивается однонаправленность изменений после землетрясения и при повышении уровня ионизирующего излучения. Так, в течение 3 лет в префектуре Фукусима после землетрясения и повышения ионизирующего облучения существенно увеличилось число пациентов с нейроотоларингологическими заболеваниями, осложненными депрессиями и другими ментальными дефектами. Обнаружена полицитемия у людей, эвакуированных из зоны с повышенным ионизирующим излучением в течение 2 лет после аварии на АЭС Фукусима-1, свидетельствующая о существенных изменениях в кроветворении.

Накоплен большой объем данных о неспецифических нарушениях здоровья у отселенных из зоны с повышенным уровнем ионизирующего излучения после аварий на атомных станциях в Чернобыле и в префектуре Фукусима. Так, после чернобыльской аварии переселенные матери с детьми оценивали свое здоровье в 2 раза хуже, чем в контрольной группе [15, 19].

После аварии на Фукусиме-1 почти 30 % матерей находились в клинически диагностируемом состоянии депрессии [26]. Обнаружено, что среди лиц, эвакуированных в связи с ядерной катастрофой на АЭС Фукусима-1, озабоченность радиационными рисками ассоциируется с наличием психологических расстройств [45].

Изучение здоровья ликвидаторов, участвовавших в обеззараживании загрязненных радионуклидами районов после аварии на Чернобыльской АЭС, показало, что даже через 24 года сохраняются нарушения всех трех показателей, которые использует Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ – WHO) для контроля здоровья в популяциях людей (физическое, ментальное здоровье и социальное благополучие) [16, 31].

Повреждающее действие ионизирующего излучения на головной мозг и когнитивные функции известны достаточно давно. Так, в работе А.И. Нягу и К.Н. Логановского приводится историческая сводка наблюдений, в которых были обнаружены нейрофизиологические последствия ионизирующего облучения у человека, впервые описанные в 1896 году. В постчернобыльский период этими же авторами выявлены множественные нарушения функций центральной нервной системы, связанные с радионуклидным загрязнением после чернобыльской аварии [5, 6].

Оказалось, что сам факт отселения из зоны с повышенным уровнем ионизирующего излучения вокруг атомной станции Фукусима-1 приводит к повышению смертности среди отселенного населения, и это отчетливо выявляется на протяжении первых 4 лет после аварии. Причем увеличение смертности не было прямо связано с величинами доз, полученными за счет внешнего и внутреннего облучения [46].

Предполагается, что в большей степени, чем собственно повреждающее действие ионизирующего облучения, этот эффект обусловлен посттравматическим синдромом, который

провоцирует ускоренное развитие ряда неспецифических (особенно хронических) заболеваний.

В литературе достаточно долгое время накапливаются данные о влиянии стресса на потомство, начиная от условий развития эмбрионов. Одно из таких исследований связано с Голландский синдром (голодная зима). Голландская голодная зима продолжалась с начала ноября 1944 года до поздней весны 1945 года. Германская блокада привела к катастрофическому сокращению поставок продовольствия гражданскому населению Голландии. Около двадцати тысяч человек погибли к тому времени, когда в мае 1945 года поставки продовольствия были возобновлены. Выполненный впоследствии мониторинг детей и внуков женщин, беременных в этот период, позволил выявить последствия дефицита питательных веществ на здоровье следующих поколений. Если мать голодала в последний триместр беременности, ее ребенок чаще всего рождался с пониженной массой тела. Если в первый триместр беременности – вес в большинстве случаев соответствовал норме. Дефицит веса у первой группы сохранялся всю жизнь и обнаруживался у внуков и внучек женщин, голодавших в первый триместр беременности. Если матери голодали на ранних стадиях беременности, то у их детей с большой долей вероятности развивалась шизофрения [17, 32, 33, 40, 44]. Похожие результаты были получены в популяциях людей Китая [41, 42]. Предполагается, что наблюдаемая передача через поколение последствий воздействия внешних факторов связана с индуцируемыми ими эпигенетическими изменениями.

Передача определенных отклонений от родителей, подвергавшихся неблагоприятным воздействиям, к детям, описана в ряде случаев и без прямого воздействия на эмбриогенез. Такая передача оказалась распространенной и получила название «трансгенерационное наследование» [34]. Показано, что индуцируемые эпигенетические изменения и факторы передаются как по материнской, так и по отцовской линиям.

Прямые биосоциальные последствия обнаруживаются при передаче пост-травматического синдрома, которое широко исследуется в последние годы. Получены данные, которые свидетельствуют о том, что повышенная чувствительность к стрессирующим воздействиям обнаруживается у детей, рожденных от родителей с таким синдромом. Так, у детей 4-9 лет, не подвергавшихся травмированию, но рожденных в Дании в семьях беженцев, где один или оба родителей были направлены на лечение симптомов посттравматического расстройства, выявлена передача этого синдрома [21]. Более 50 лет изучаются проявления посттравматического синдрома у детей, рожденных от родителей, переживших Холокост [13]. Обнаружено, что среди отселенных после аварии на атомной станции Фукусима-1 и у внуков японцев, выживших после атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, частота проявлений посттравматического синдрома повышена относительно контрольной группы [12]. Ведутся подробные исследования механизмов передачи повышенной чувствительности к проявлению и индукции симптоматики посттравматического синдрома от поколения к поколению, выявлена зависимость этого феномена от культурных особенностей и близости контактов между родителями и детьми [20].

Еще один источник эпигеномного наследования может быть связан с межгеномными взаимоотношениями между многоклеточным организмом и представителями его микробиома (метагеномика) [10, 43].

Биологические механизмы передачи изменений, вызванных действием факторов окружающей среды, от родительского поколения к последующим, описаны в ряде исследований. У человека и модельных объектов (лабораторные линии мышей, крыс) описаны различные механизмы эпигенетической изменчивости, влияющей на геномное репрограммирование гамет. К таким механизмам относится эндокринное действие на профиль метилирования ДНК, изменение упаковки хроматина и гистонового кода, накопление в гаметах регуляторных микроРНК, которые могут вовлекаться в трансгенерационное наследование [27, 47]. Индукция внешними факторами эпигенетических изменений в сперматогенезе описана в ряде работ [11, 14, 18, 22, 37, 38, 49, 50].

### **Заключение**

Таким образом, совокупность накопленных к настоящему времени данных свидетельствует о том, что трансгенерационная передача ответов родителей на стрессирующие факторы окружающей среды может быть обусловлена культурным

наследованием, индуцируемыми эпигенетическими изменениями в гаметах родителей, в гаметах потомков в эмбриогенезе, в эмбрионах на ранних этапах развития, а также в микробиоме родителей и потомков.

Для объяснения полученных данных можно привлечь так называемый «эпигенетический ландшафт Уоддингтона» [2, 25, 35]. Термин «эпигенетический ландшафт» Уоддингтон представил в 1957 году для иллюстрации концепций биологии развития. Исходя из представлений об эпигенетическом ландшафте, ионизирующее облучение приводит к широкому спектру изменений живых организмов, которые подразделяются на «горизонтальные» – у непосредственно попавших под воздействия, и «вертикальные», обнаруживаемые у потомства. Изменения зависят от видовых, генотипических особенностей облучаемых организмов, региона их воспроизводства, специфики питания, а также от величины поглощенной дозы, причем низкие могут не индуцировать репаративные внутриклеточные механизмы, что сопровождается длительным сохранением повреждений. Выраженность популяционно-генетических «вертикальных» последствий определяется отбором на устойчивые к ионизирующему облучению форм, наследование же признаков пост-травматического синдрома у модельных объектов (лабораторные линии мышей) обусловлено передачей со сперматозоидами микроРНК, участвующих в изменениях в геноме регуляции многих генных систем в онтогенезе. Биосоциальные последствия для популяций человека обусловлены не только индуцируемыми облучением изменениями «работы» центральной нервной системы, наследованием микроРНК, вовлеченных в формирование стресс-синдрома, но и в связи с культурным наследованием, изменениями микробиома.

Можно ожидать, что накопление объемных реестров групп людей и их потомков в разных поколениях, в которых учитываются не только полученные дозы ионизирующего излучения, но и экогеобиохимические особенности мест их обитания, популяционно-этнические особенности может позволить учесть своеобразие радиобиологического ответа, что ускорит развитие методов диагностики радиоповреждений, способов радиозащиты и адресной компенсации возникающих клеточных, органных и системных повреждений у многоклеточных организмов.

С накопленными к настоящему времени наблюдениями хорошо согласуются сформулированные нами положения о последствиях техногенных катастроф, которые были обозначены как «законы Чернобыля» [24]. Эти законы следующие:

- 1) после Чернобыля рождаются не все, кто должен был бы родиться;
- 2) после Чернобыля идет отбор против специализированных форм и преимущественное воспроизводство менее специализированных, но обладающих более высокой устойчивостью к действию неблагоприятных средовых факторов;
- 3) ответ на одни и те же дозы ионизирующего облучения зависит от ее «новизны» для конкретной популяции, т.е. наличия предшествующего отбора у предковых поколений на устойчивость к таким дозам;
- 4) все проблемы Чернобыля впереди, поскольку поколение, попавшее под прямое повреждающее воздействие аварии относительно недавно вступило в репродуктивный период.

К этим четырем законам Чернобыля, по сути – законам техногенных катастроф, теперь можно добавить пятый закон:

- 5) Участвовавшие техногенные аварии (типа на АЭС Чернобыля и Фукусимы) и экономические кризисы несут в себе опасность биосоциальных последствий в структуре общества и власти, основанных на наследовании эпигенетических, культурных и микро- и макро биотических изменений.

### Примечания

1. Бурлакова Е.Б., Голощапов А.Н., Горбунова Н.В. Особенности биологического действия «малых» доз облучения // Радиационная биология. Радиоэкология. 1996. Т. 36. № 4. С. 610–631.
2. Ванюшин Б.Ф. Эпигенетика сегодня и завтра // Вавиловский журнал генетики и селекции // 2013, Том 17, № 4/2. С. 805–832.

3. Глазко В.И., Зыбайлов В.Л., Глазко Т.Т. Повышение уровня ионизирующего облучения: «горизонтальные» и «вертикальные» биологические и биосоциальные последствия (на примере аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима-1) // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51. № 2. С. 141–155 doi: 10.15389/agrobiology.2016.2.141rus
4. Глазко Т.Т., Архипов Н.П., Глазко В.И. Популяционно-генетические последствия экологических катастроф на примере Чернобыльской аварии. М: ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2008. 556 с.
5. Нягу А.И., Логановский К.Н. Изменения в нервной системе при хроническом воздействии ионизирующего излучения // *Журн. невропатол. и психиатр. им. С.С. Корсакова*. 1997. Т. 97. № 2. С. 62–70.
6. Нягу А.И., Логановский К.Н. Нейропсихиатрические эффекты ионизирующих излучений // *Чернобыльинтеринформ*. К., 1998. 350 с.
7. Российский национальный доклад «25 лет Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России, 1986–2011» / Под общей редакцией С.К. Шойгу, Л.А. Большова. М: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. 82 с.
8. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции. Теория стабилизирующего отбора. 2-е изд. М.: Наука, 1968. 451 с.
9. Aliyu A.S., Ramli A.T. The world's high background natural radiation areas (HBNRAs) revisited: A broad overview of the dosimetric, epidemiological and radiobiological issues // *Radiation Measurements* 2015. 73: 51e59 <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2015.01.007>
10. Asgari S Epigenetic modifications underlying symbiont-host interactions // *Adv Genet*. 2014; 86:253-76. doi: 10.1016/B978-0-12-800222-3.00010-3
11. Bale T.L. Lifetime stress experience: transgenerational epigenetics and germ cell programming//*Dialogues in Clinical Neuroscience*. 2014. Vol 16. No. 3. pp. 297–305. [www.dialogues-cns.org](http://www.dialogues-cns.org)
12. Ben-Ezra M., Palgi Y, Soffer Y, Shrira A. Mental health consequences of the 2011 Fukushima nuclear disaster: are the grandchildren of people living in Hiroshima and Nagasaki during the drop of the atomic bomb more vulnerable? // *World Psychiatry*. 2012 - 11(2):133.
13. Braga L.L., Mello M.F., Fiks J.P. Transgenerational transmission of trauma and resilience: a qualitative study with Brazilian offspring of Holocaust survivors // *BMC Psychiatry* 2012, 12:134 <http://www.biomedcentral.com/1471-244X/12/134>
14. Brieño-Enríquez MA, García-López J, Cárdenas DB, Guibert S, Cleroux E, Déd L, de Dios Hourcade J., Pěkníková J., Weber M., del Mazo J. Exposure to Endocrine Disruptor Induces Transgenerational Epigenetic Deregulation of MicroRNAs in Primordial Germ Cells // *PLoS ONE* – 2015. 10(4): e0124296. doi:10.1371/journal.pone.0124296
15. Bromet E.J., Gluzman S., Schwartz J.E., Goldgaber D. Somatic symptoms in women 11 years after the Chornobyl accident: prevalence and risk factors.// *Environ. Health Perspect.*, 2002, 110(suppl. 4): 625-629 [http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/2002/suppl-4/625-629\\_bromet/abstract.html](http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/2002/suppl-4/625-629_bromet/abstract.html)
16. Bromet E.J., Luft B.J. Consequences of toxic disasters for rescue, recovery, and clean-up workers require integrated mental and physical health monitoring //*Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 2015, 50(11): 1761-1763. doi: 10.1007/s00127-015-1124-0.
17. Brown A.S., Susser E.S. Prenatal Nutritional Deficiency and Risk of Adult Schizophrenia // *Schizophrenia Bulletin*. 2008. V. 34, No 6. pp 1054–1063 (doi:10.1093/schbul/sbn096);
18. Casas E., Vavouri T. Sperm epigenomics: challenges and opportunities // *Frontiers in Genetics. Bioinformatics and Computational Biology*. 2014. V. 5. Article 330. DOI: 10.3389/fgene.2014.00330
19. Contis G., Foley T.P. Depression, suicide ideation, and thyroid tumors among Ukrainian adolescents exposed as children to Chernobyl radiation // *J. Clin. Med. Res.*, 2015, 7(5): 332-338. doi: 10.14740/jocmr2018w.
20. Dalgaard N.T., Montgomery E. Disclosure and silencing: A systematic review of the literature on patterns of trauma communication in refugee families // *Transcultural Psychiatry* 2015, Vol. 52(5) 579–593 DOI: 10.1177/1363461514568442 [tps.sagepub.com](http://tps.sagepub.com)

21. Dalgaard NT, Todd BK, Daniel SI, Montgomery E .The transmission of trauma in refugee families: associations between intra-family trauma communication style, children's attachment security and psychosocial adjustment // *Attach Hum Dev.* 2016 Feb;18(1):69-89. doi: 10.1080/14616734.2015.1113305
22. Gapp K, Jawaid A, Sarkies P, Bohacek J., Pelczar P., Prados J., Farinelli L., Miska E., Mansuy I.M. Implication of sperm RNAs in transgenerational inheritance of the effects of early trauma in mice. // *Nat Neurosci* 2014;17:667–9. doi:10.1038/nn.3695;
23. Glazko V.I., Glazko T.T., Reproductive “Success” and Population-Genetic Consequences of Environmental Stress on the Example of Accidents in Chernobyl and Fukushima // *Biogeosystem Technique*, 2015, Vol.(6), Is. 4, pp. 316–326 DOI: 10.13187/bgt.2015.6.316
24. Glazko VI, Glazko TT. Laws of anthropogenic (ecological) disasters – the example of the Chernobyl accident // *Biotechnol. & Biotechnol.* 2011. Vol. 25, No 4. pp 1–6 DOI: 10.5504/bbeq.2011.0088.
25. Goldberg A. D., Allis C. D., Bernstein, E. Epigenetics: A landscape takes shape.// *Cell* - 2007. V. 128. pp 635–638;
26. Goto A., Bromet E.J., Fujimori K. Immediate effects of the Fukushima nuclear power plant disaster on depressive symptoms among mothers with infants: a prefectural-wide cross-sectional study from the Fukushima health management survey // *BMC Psychiatry*, 2015, 15: 59 doi: 10.1186/s12888-015-0443-8.
27. Grandjean Ph., Barouki P., Bellinger D.C., Casteleyn L., Chadwick L.H., Cordier S., Etzel R.A., Gray K.A., Ha E-H., Junien C., Karagas M., Kawamoto T., Lawrence B.P., Perera F.P., Prins G.S., Puga A., Rosenfeld C.S., Sherr D.H., Sly P.D., Suk W., Sun Q., Toppari J., van den Hazel P., Walker C.L., Heindel J.J. Life-Long Implications of Developmental Exposure to Environmental Stressors: New Perspectives // *Endocrinology.* 2015, 156(10):3408–3415 doi: 10.1210/EN.2015-1350.
28. Hasegawa J., Hidaka H., Kuriyama S., Obara T., Hashimoto K., Tateda Y., Okumura Y., Kobayashi T., Katori Y. Change in and long-term investigation of neuro-otologic disorders in disaster-stricken Fukushima Prefecture: retrospective cohort study before and after the Great East Japan Earthquake // *PLoS ONE*, 2015, 10(4): e0122631 doi: 10.1371/journal.pone.0122631
29. Heiervang K.S., Mednick S., Sundet K., Rund B.R. Effect of low dose ionizing radiation exposure in utero on cognitive function in adolescence // *Scand. J. Psychol.*, 2010, 51(3): 210-215.
30. Hsu W.-L., Preston D.L., Soda M., Sugiyama H., Funamoto S., Kodama K., Kimura A., Kamada N., Dohy H., Tomonaga M., Iwanaga M., Miyazaki Y., Cullings H.M., Suyama A., Ozasa K., Shore R.E., Mabuchi K. The incidence of leukemia, lymphoma and multiple myeloma among atomic bomb survivors: 1950-2001 // *Radiat.Res.*, 2013, 179: 361-382. doi: 10.1667/RR2892.1
31. Laidra K., Rahu K., Tekkel M., Aluoja A., Leinsalu M. Mental health and alcohol problems among Estonian cleanup workers 24 years after the Chernobyl accident. // *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 2015, 50(11): 1753-1760. doi: 10.1007/s00127-015-1102-6
32. Neugebauer R. Accumulating evidence for prenatal nutritional origins of mental disorders // *JAMA.* 2005;294:621–623.
33. Painter A, Roseboom T, Bleker O. Prenatal exposure to the Dutch famine and disease later in life: an overview // *Reprod Toxicol.* 2005;20:345–352.
34. Pembrey M, Saffery R, Bygren LO, Network in Epigenetic Epidemiology. Human transgenerational responses to early-life experience: potential impact on development, health and biomedical research // *J Med Genet* – 2014. V. 51. pp 563–572 doi:10.1136/jmedgenet-2014-102577
35. Polak P, Karlić R, Koren A, Thurman R, Sandstrom R, Lawrence MS, Reynolds A, Rynes E, Vlahoviček K, Stamatoyannopoulos JA, Sunyaev SR. Cell-of-origin chromatin organization shapes the mutational landscape of cancer. *Nature* – 2015. V. 518, N. 7539. pp. 360–364 doi: 10.1038/nature14221
36. Richardson D., Sugiyama H., Nishi N., Sakata R., Shimizu Y., Grant E.J., Soda M., Hsu W.-L., Suyama A., Kodama K., Kasagi F. Ionizing radiation and leukemia mortality among Japanese atomic bomb survivors, 1950-2000 // *Radiat. Res.*, 2009,172: 368-382. doi: 10.1667/RR1801.1.

37. Rodgers A.B., Bale T.L. Germ Cell Origins of Posttraumatic Stress Disorder Risk: The Transgenerational Impact of Parental Stress Experience // *Biol Psychiatry*. 2015 - 1;78(5):307-14. doi: 10.1016/j.biopsych.2015.03.018
38. Rodgers AB, Morgan CP, Leu NA, Bale TL. Transgenerational epigenetic programming via sperm microRNA recapitulates effects of paternal stress // *Proc Natl Acad Sci USA*. 2015 Nov 3;112(44):13699-704. doi: 10.1073/pnas.1508347112
39. Sakai A., Ohira T., Hosoya M., Ohtsuru A., Satoh H., Kawasaki Y., Suzuki H., Takahashi A., Kobashi G., Ozasa K., Yasumura S., Yamashita S., Kamiya K., Abe M. Life as an evacuee after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident is a cause of polycythemia: the Fukushima health management survey // *BMC Public Health*, 2014, 14: 1318 doi: 10.1186/1471-2458-14-1318
40. Selten JP, van der Graaf Y, van Duursen R, Gispen-de Wied CC, Kahn RS. Psychotic illness after prenatal exposure to the 1953 Dutch Flood Disaster. // *Schizophr Res*. 1999;35:243–245
41. Smil V. China's great famine: 40 years later // *BMJ*. 1999;319:1619–1621
42. St. Clair D, Xu M, Wang P, et al. Rates of adult schizophrenia following prenatal exposure to the Chinese famine of 1959-1961 // *JAMA*. 2005;294:557–562.
43. Stilling R.M., Bordenstein S.R., Dinan T.G., Cryan J.F. Friends with social benefits: host-microbe interactions as a driver of brain evolution and development? // *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* – 2014. V. 4. Article1 47. doi: 10.3389/fcimb.2014.00147
44. Susser E, Hoek HW, Brown A. Neurodevelopmental disorders after prenatal famine: the story of the Dutch Famine Study // *Am J Epidemiol*. 1998;147:213–216.
45. Suzuki Y., Yabe H., Yasumura S., Ohira T., Niwa S.-I., Ohtsuru A., Mashiko H., Maeda M., Abe M. Psychological distress and the perception of radiation risks: the Fukushima health management survey // *Bull. World Health Org.*, 2015, 93: 598-605. doi: 10.2471/BLT.14.146498
46. Tanaka R. Prolonged living as a refugee from the area around a stricken nuclear power plant increases the risk of death // *Prehosp. Disaster. Med.*, 2015, 30(4): 425-430. doi:10.1017/S1049023X15004926
47. Trerotola M., Valeria Relli V., Pasquale Simeone P., Alberti S. Epigenetic inheritance and the missing heritability//*Human Genomics* - 2015. - 9:17 DOI 10.1186/s40246-015-0041-3.
48. Tsubokura M., Takita M., Matsumura T., Hara K., Tanimoto T., Kobayashi R., Hamaki T., Oiso G., Kami M., Okawada T., Tachiya T. Changes in metabolic profiles after the Great East Japan Earthquake: a retrospective observational study // *BMC Public Health*, 2013, 13: 267 doi: 10.1186/1471-2458-13-267
49. Weigmann K. Lifestyle in the sperm // *EMBO reports*. – 2014. Vol 15, No 12. DOI 10.15252/embr.201439759
50. Wu H., Hauser R., Krawetz S.A., Pilsner J.R. Environmental Susceptibility of the Sperm Epigenome During Windows of Male Germ Cell Development // *Curr Envir Health Rpt* – 2015. 2:356–366 DOI 10.1007/s40572-015-0067-7

## References

1. Burlakova EB, Goloshchapov AN, Gorbunova NV Features of the biological effect of "small" doses of radiation // *Radiation Biology. Radioecology*. 1996. V. 36. № 4. pp. 610–631.
2. Vanyushin BF Epigenetics today and tomorrow // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding* // 2013, Volume 17, No 4/2. pp 805–832.
3. Glazko VI, Zybaylov VL Glazko TT Increasing the level of ionizing radiation: "horizontal" and "vertical" biological and biosocial consequences (on example of the Chernobyl and Fukushima-1 accidents) // *Agricultural Biology*. 2016. T. 51. № 2. pp 141–155. doi: 10.15389/agrobiology.2016.2.141rus
4. Glazko TT, NP Arkhipov, VI Glazko Population-genetic consequences of environmental disasters on example of the Chernobyl accident. M: FSEIHPE RGAU – ICCA named after KA Timiryazev, 2008. 556 p.
5. Neagu A., Loganovsky KN Changes in the nervous system in chronic exposure to ionizing radiation // *Journal. nevropatol. and a psychiatrist. named after SS Korsakov*. 1997. V. 97. № 2. pp 62-70.
6. Neagu AI, Loganovsky KN Neuropsychiatric effects of ionizing radiation // *Chornobilinterinform. K.*, 1998. 350 p.

7. The Russian national report "25 years after the Chernobyl accident. Results and prospects of overcoming its consequences in Russia, 1986-2011" / Edited by SK Shoigu, LA Bol'shova. Moscow: Russian Ministry for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters. 82 p.
8. Schmalhausen II Factors of evolution. The theory of stabilizing selection. 2<sup>nd</sup> ed. M. : Nauka, 1968. 451 p.
9. Aliyu A.S., Ramli A.T. The world's high background natural radiation areas (HBNRAs) revisited: A broad overview of the dosimetric, epidemiological and radiobiological issues // *Radiation Measurements* 2015. 73: 51e59 <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2015.01.007>
10. Asgari S Epigenetic modifications underlying symbiont-host interactions // *Adv Genet.* 2014; 86:253-76. doi: 10.1016/B978-0-12-800222-3.00010-3
11. Bale T.L. Lifetime stress experience: transgenerational epigenetics and germ cell programming//*Dialogues in Clinical Neuroscience.* 2014. Vol 16. No. 3. pp. 297-305. [www.dialogues-cns.org](http://www.dialogues-cns.org)
12. Ben-Ezra M., Palgi Y, Soffer Y, Shrira A. Mental health consequences of the 2011 Fukushima nuclear disaster: are the grandchildren of people living in Hiroshima and Nagasaki during the drop of the atomic bomb more vulnerable? // *World Psychiatry.* 2012 - 11(2):133.
13. Braga L.L., Mello M.F., Fiks J.P. Transgenerational transmission of trauma and resilience: a qualitative study with Brazilian offspring of Holocaust survivors // *BMC Psychiatry* 2012, 12:134 <http://www.biomedcentral.com/1471-244X/12/134>
14. Briño-Enríquez MA, García-López J, Cárdenas DB, Guibert S, Cleroux E, Déd L, de Dios Hourcade J., Pěkníková J., Weber M., del Mazo J. Exposure to Endocrine Disruptor Induces Transgenerational Epigenetic Deregulation of MicroRNAs in Primordial Germ Cells // *PLoS ONE* – 2015. 10(4): e0124296. doi:10.1371/journal.pone.0124296
15. Bromet E.J., Gluzman S., Schwartz J.E., Goldgaber D. Somatic symptoms in women 11 years after the Chornobyl accident: prevalence and risk factors.// *Environ. Health Perspect.*, 2002, 110(suppl. 4): 625-629 <http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/2002/suppl-4/625-629/bromet/abstract.html>
16. Bromet E.J., Luft B.J. Consequences of toxic disasters for rescue, recovery, and clean-up workers require integrated mental and physical health monitoring //*Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 2015, 50(11): 1761-1763. doi: 10.1007/s00127-015-1124-0.
17. Brown A.S., Susser E.S. Prenatal Nutritional Deficiency and Risk of Adult Schizophrenia // *Schizophrenia Bulletin.* 2008. V. 34, No 6. pp 1054–1063 (doi:10.1093/schbul/sbn096);
18. Casas E., Vavouri T. Sperm epigenomics: challenges and opportunities // *Frontiers in Genetics. Bioinformatics and Computational Biology.* 2014. V.5. Article 330. doi: 10.3389/fgene.2014.00330
19. Contis G., Foley T.P. Depression, suicide ideation, and thyroid tumors among Ukrainian adolescents exposed as children to Chernobyl radiation // *J. Clin. Med. Res.*, 2015, 7(5): 332-338. doi: 10.14740/jocmr2018w.
20. Dalgaard N.T., Montgomery E. Disclosure and silencing: A systematic review of the literature on patterns of trauma communication in refugee families // *Transcultural Psychiatry.* 2015. Vol. 52(5). pp 579–593. DOI: 10.1177/1363461514568442 [tps.sagepub.com](http://tps.sagepub.com)
21. Dalgaard NT, Todd BK, Daniel SI, Montgomery E .The transmission of trauma in refugee families: associations between intra-family trauma communication style, children's attachment security and psychosocial adjustment // *Attach Hum Dev.* 2016 Feb;18(1):69-89. doi: 10.1080/14616734.2015.1113305
22. Gapp K, Jawaid A, Sarkies P, Bohacek J., Pelczar P., Prados J., Farinelli L., Miska E., Mansuy I.M. Implication of sperm RNAs in transgenerational inheritance of the effects of early trauma in mice. //*Nat Neurosci* 2014;17:667–9. doi:10.1038/nn.3695;
23. Glazko V.I., Glazko T.T., Reproductive “Success” and Population-Genetic Consequences of Environmental Stress on the Example of Accidents in Chernobyl and Fukushima // *Biogeosystem Technique*, 2015, Vol.(6), Is. 4, pp. 316–326 DOI: 10.13187/bgt.2015.6.316
24. Glazko VI, Glazko TT. Laws of anthropogenic (ecological) disasters – the example of the Chernobyl accident.// *Biotechnol. & Biotechnol.* 2011. Vol. 25, No 4. pp. 1–6 DOI: 10.5504/bbeq.2011.0088.

25. Goldberg A. D., Allis C. D., Bernstein, E. Epigenetics: A landscape takes shape.// *Cell* - 2007. V. 128. pp 635–638;
26. Goto A., Bromet E.J., Fujimori K. Immediate effects of the Fukushima nuclear power plant disaster on depressive symptoms among mothers with infants: a prefectural-wide cross-sectional study from the Fukushima health management survey // *BMC Psychiatry*, 2015, 15: 59 doi: 10.1186/s12888-015-0443-8.
27. Grandjean Ph., Barouki P., Bellinger D.C., Casteleyn L., Chadwick L.H., Cordier S., Etzel R.A., Gray K.A., Ha E-H., Junien C., Karagas M., Kawamoto T., Lawrence B.P., Perera F.P., Prins G.S., Puga A., Rosenfeld C.S., Sherr D.H., Sly P.D., Suk W., Sun Q., Toppari J., van den Hazel P., Walker C.L., Heindel J.J. Life-Long Implications of Developmental Exposure to Environmental Stressors: New Perspectives // *Endocrinology* - 2015, 156(10):3408–3415 doi: 10.1210/EN.2015-1350.
28. Hasegawa J., Hidaka H., Kuriyama S., Obara T., Hashimoto K., Tateda Y., Okumura Y., Kobayashi T., Katori Y. Change in and long-term investigation of neuro-otologic disorders in disaster-stricken Fukushima Prefecture: retrospective cohort study before and after the Great East Japan Earthquake // *PLoS ONE*, 2015, 10(4): e0122631 doi: 10.1371/journal.pone.0122631
29. Heiervang K.S., Mednick S., Sundet K., Rund B.R. Effect of low dose ionizing radiation exposure in utero on cognitive function in adolescence // *Scand. J. Psychol.*, 2010, 51(3): 210-215.
30. Hsu W.-L., Preston D.L., Soda M., Sugiyama H., Funamoto S., Kodama K., Kimura A., Kamada N., Dohy H., Tomonaga M., Iwanaga M., Miyazaki Y., Cullings H.M., Suyama A., Ozasa K., Shore R.E., Mabuchi K. The incidence of leukemia, lymphoma and multiple myeloma among atomic bomb survivors: 1950-2001 // *Radiat.Res.*, 2013, 179: 361-382. doi: 10.1667/RR2892.1
31. Laidra K., Rahu K., Tekkel M., Aluoja A., Leinsalu M. Mental health and alcohol problems among Estonian cleanup workers 24 years after the Chernobyl accident. // *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 2015, 50(11): 1753-1760. doi: 10.1007/s00127-015-1102-6
32. Neugebauer R. Accumulating evidence for prenatal nutritional origins of mental disorders // *JAMA*. 2005;294:621–623.
33. Painter A, Roseboom T, Bleker O. Prenatal exposure to the Dutch famine and disease later in life: an overview // *Reprod Toxicol*. 2005;20:345–352.
34. Pembrey M, Saffery R, Bygren LO, Network in Epigenetic Epidemiology. Human transgenerational responses to early-life experience: potential impact on development, health and biomedical research // *J Med Genet* – 2014. V. 51. pp 563–572 doi:10.1136/jmedgenet-2014-102577
35. Polak P, Karlič R, Koren A, Thurman R, Sandstrom R, Lawrence MS, Reynolds A, Rynes E, Vlahoviček K, Stamatoyannopoulos JA, Sunyaev SR. Cell-of-origin chromatin organization shapes the mutational landscape of cancer. *Nature* – 2015. V. 518, N. 7539. pp 360–364 doi: 10.1038/nature14221
36. Richardson D., Sugiyama H., Nishi N., Sakata R., Shimizu Y., Grant E.J., Soda M., Hsu W.-L., Suyama A., Kodama K., Kasagi F. Ionizing radiation and leukemia mortality among Japanese atomic bomb survivors, 1950-2000 // *Radiat. Res.*, 2009,172: 368-382. doi: 10.1667/RR1801.1.
37. Rodgers A.B., Bale T.L. Germ Cell Origins of Posttraumatic Stress Disorder Risk: The Transgenerational Impact of Parental Stress Experience // *Biol Psychiatry*. 2015 - 1;78(5):307-14. doi: 10.1016/j.biopsych.2015.03.018
38. Rodgers AB, Morgan CP, Leu NA, Bale TL. Transgenerational epigenetic programming via sperm microRNA recapitulates effects of paternal stress // *Proc Natl Acad Sci USA*. 2015 Nov 3;112(44):13699-704. doi: 10.1073/pnas.1508347112
39. Sakai A., Ohira T., Hosoya M., Ohtsuru A., Satoh H., Kawasaki Y., Suzuki H., Takahashi A., Kobashi G., Ozasa K., Yasumura S., Yamashita S., Kamiya K., Abe M. Life as an evacuee after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident is a cause of polycythemia: the Fukushima health management survey // *BMC Public Health*, 2014, 14: 1318 doi: 10.1186/1471-2458-14-1318
40. Selten JP, van der Graaf Y, van Duursen R, Gispen-de Wied CC, Kahn RS. Psychotic illness after prenatal exposure to the 1953 Dutch Flood Disaster. // *Schizophr Res*. 1999;35:243–245.
41. Smil V. China's great famine: 40 years later // *BMJ*. 1999;319:1619–1621.

42. St. Clair D, Xu M, Wang P, et al. Rates of adult schizophrenia following prenatal exposure to the Chinese famine of 1959-1961 // *JAMA*. 2005;294:557-562.
43. Stilling R.M., Bordenstein S.R., Dinan T.G., Cryan J.F. Friends with social benefits: host-microbe interactions as a driver of brain evolution and development? // *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* – 2014. V. 4. Article 147. doi: 10.3389/fcimb.2014.00147
44. Susser E, Hoek HW, Brown A. Neurodevelopmental disorders after prenatal famine: the story of the Dutch Famine Study // *Am J Epidemiol*. 1998;147:213-216.
45. Suzuki Y., Yabe H., Yasumura S., Ohira T., Niwa S.-I., Ohtsuru A., Mashiko H., Maeda M., Abe M. Psychological distress and the perception of radiation risks: the Fukushima health management survey // *Bull. World Health Org.*, 2015, 93: 598-605. doi: 10.2471/BLT.14.146498
46. Tanaka R. Prolonged living as a refugee from the area around a stricken nuclear power plant increases the risk of death // *Prehosp. Disaster. Med.*, 2015, 30(4): 425-430. doi:10.1017/S1049023X15004926
47. Trerotola M., Valeria Relli V., Pasquale Simeone P., Alberti S. Epigenetic inheritance and the missing heritability // *Human Genomics* – 2015. - 9:17 DOI 10.1186/s40246-015-0041-3.
48. Tsubokura M., Takita M., Matsumura T., Hara K., Tanimoto T., Kobayashi R., Hamaki T., Oiso G., Kami M., Okawada T., Tachiya T. Changes in metabolic profiles after the Great East Japan Earthquake: a retrospective observational study // *BMC Public Health*, 2013, 13: 267 doi: 10.1186/1471-2458-13-267
49. Weigmann K. Lifestyle in the sperm // *EMBO reports*. – 2014. Vol 15, No 12. DOI 10.15252/embr.201439759
50. Wu H., Hauser R., Krawetz S.A., Pilsner J.R. Environmental Susceptibility of the Sperm Epigenome During Windows of Male Germ Cell Development // *Curr Envir Health Rpt* – 2015. 2:356-366 DOI 10.1007/s40572-015-0067-7

УДК 575.82+575.224

### **Биосоциальные последствия техногенных аварий и социальных кризисов (Чернобыль, Фукусима)**

<sup>1</sup> Валерий Иванович Глазко  
<sup>2</sup> Татьяна Теодоровна Глазко

<sup>1,2</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация

<sup>1,2</sup> ФГБНУ Центр экспериментальной эмбриологии и репродуктивных биотехнологий (ЦЭЭРБ), Российская Федерация

<sup>1</sup> Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН (иностраный член), заведующий Центром нанобиотехнологий МСХА, ведущий научный исследователь ЦЭЭРБ  
E-mail: vigvalery@gmail.com

<sup>2</sup> Доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления и разведения животных МСХА, ведущий научный исследователь ЦЭЭРБ  
E-mail: tglazko@rambler.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются собственные и литературные данные о популяционно-генетических последствиях воспроизводства разных видов млекопитающих в условиях высокого уровня ионизирующего облучения в результате аварии на Чернобыльской АЭС и Фукусиме. Такие условия способствуют геномной нестабильности родительской популяции, непосредственно попавшей под воздействие увеличенных доз ионизирующего облучения, и предпочтительному воспроизводству потомства с относительно повышенной стабильностью хромосомного аппарата. Можно ожидать, что использование относительного репродуктивного «успеха» носителей повышенной геномной стабильности в условиях экологических изменений в качестве интегрального показателя устойчивости к селективному действию факторов экологического стресса может использоваться для выявления радиорезистентных особей. Обсуждается важность

трансгенерационной передачи признаков посттравматического синдрома и ее механизмы, включающие передачу микроРНК через сперматозоиды, изменения микробиоты родителей и потомков, а также культурное наследование, для объяснения сложности наблюдаемых радиобиологических эффектов и их передачи в поколениях. Делается вывод о том, что участвовавшие техногенные аварии (типа Чернобыля и Фукусимы) и экономические кризисы несут в себе опасность биосоциальных последствий в структуре общества и власти, основанных на наследовании эпигенетических, культурных и микро- и макро биотических изменений.

**Ключевые слова:** ионизирующее излучение, молекулярно-генетические маркеры, репродуктивный «успех», трансгенеративная передача, посттравматический синдром, микроРНК, экологический стресс.