

## “НОВИЗНА” ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ КАК ФАКТОР МИКРОЭВОЛЮЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

В. И. Глазко

*Институт агроэкологии и биотехнологии Украинской академии аграрных наук, Киев*

С использованием различных типов молекулярно-генетических маркеров, цитогенетического анализа выполнены исследования популяционно-генетических последствий проживания видов полевок, экспериментального стада крупного рогатого скота в зоне отчуждения ЧАЭС. У полевок в поколениях обнаружено уменьшение количества особей с цитогенетическими аномалиями в местообитаниях с высоким уровнем радионуклидного загрязнения (500 - 1000 Ки/км<sup>2</sup>), что свидетельствует о селекции на радиорезистентность. В поколениях крупного рогатого скота, родившихся в условиях повышенного радионуклидного загрязнения (200 Ки/км<sup>2</sup>), наблюдается нарушение равновероятной передачи аллелей по различным молекулярно-генетическим системам от родителей к потомкам и сдвиг генетической структуры в сторону предковой породы крупного рогатого скота, серой украинской. Такой сдвиг реализуется на фоне уменьшения плодовитости животных и увеличения смертности новорожденных. Это совпадает с литературными данными об увеличении смертности новорожденных у людей в восточноевропейских странах после Чернобыльской катастрофы, несмотря на то что полученная доза ионизирующего излучения не превышает типичную для многих радиоактивных провинций, в которых таких эффектов не наблюдается. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что увеличение ионизирующего излучения, является частным случаем экологических изменений, приводящих к микроэволюционным событиям, связанным с отбором на устойчивость к новым условиям воспроизводства популяций.

Чтобы понимать, как развиваются экологические катастрофы, уметь прогнозировать наступление очередного этапа, необходимо иметь модель острой экологической катастрофы, доступную для комплексного исследования. Такой моделью является 30-километровая зона отчуждения ЧАЭС. Это полигон, уникальный в мировом масштабе, поскольку на ограниченной территории произошло резкое изменение целого комплекса экологических факторов, и на фоне этих изменений воспроизводятся представители множества таксономических групп живых организмов, в том числе высшие млекопитающие. Необходимо подчеркнуть, что любая экологическая катастрофа уничтожает оптимальные условия существования одних видов и внутривидовых групп и одновременно создает условия, благоприятные для других. Из этого следует, что последствия экологической катастрофы можно заметно смягчить, если правильно подобрать виды и внутривидовые группы, жизнедеятельность и воспроизводство которых не просто совместимы с новыми экологическими условиями, но и способствуют нормализации среды.

Вокруг Чернобыля сложилось много легенд. Еще совсем недавно горячо обсуждали появление в зоне отчуждения всевозможных монстров. Речь шла о чудовищных мутациях, ускорении эволюции. Но все это - слухи. А какие генетические изменения можно реально связать с Чернобылем?

Оказывается, что это достаточно непростой вопрос. Во-первых, потому, что известно множество радиоактивных провинций, в которых уровень естественного радиоактивного излучения в десятки и в сотни раз выше среднемирового.

Наиболее известна провинция Рамзар в Иране, в которой годовая доза измеряется 260 мЗв по сравнению со среднемировой 3,5 мЗв в год. При этом у жителей Рамзара не обнаруживается ни увеличения смертности, ни рождения детей с врожденными дефектами развития. В то же время наблюдаются отчетливые отличия по радиорезистентности клеток крови жителей этой провинции по сравнению с жителями других областей с низким естественным радиоактивным фоном. Так, облучение клеток периферической крови

жителей Рамзара дозой 1,5 Гр в культуре приводило к существенно меньшему увеличению клеток с цитогенетическими аномалиями по сравнению с клетками крови контрольной группы [1].

Накопленные к настоящему времени в литературе данные экспериментальных исследований популяций людей, проживающих в радиоактивных провинциях, свидетельствуют о том, что в таких местах из поколения в поколение идет селекция на повышение в популяции радиорезистентных особей. Так, в Китае обследовано за период 1979 - 1995 гг. 125,079 субъектов в радиоактивной провинции, проанализировано 10415 смертей и 1003 онкологических заболеваний. Обнаружено, что смертность от онкологических заболеваний у жителей радиоактивной провинции была ниже, чем у людей в контрольной зоне [2]. В другой работе не найдено отличий по частотам встречаемости цитогенетических аномалий у жителей радиоактивной провинции по сравнению с контролем. Однако корреляции количества аномалий с возрастом обнаруживались в обеих группах. Авторы пришли к выводу о том, что превышение уровня ионизирующего излучения в три - пять раз не увеличивает вероятность онкологических заболеваний [3].

В радиоактивной провинции в Индии (около 350 мЗв в год) не обнаружено существенных отличий по наличию врожденных патологий между обследованными новорожденными (26151 детей) из радиоактивной провинции и новорожденными (10654 детей) из контрольной группы [4]. В другой радиоактивной провинции Индии (выше 70 мЗв в год) обследовали популяцию в 400 тыс. человек; 100 тыс. из них проживали в радиоактивной провинции. Не обнаружили отличий по частотам онкологических заболеваний в связи с высоким уровнем внешнего гамма-облучения [5].

В Индии выполнены обследования популяций людей, проживающих в областях, отличающихся на 0,03 мЗв внешнего облучения в год. Оказалось, что ежегодное выявление онкологических заболеваний на 100 тыс. людей последовательно уменьшается от одной области к другой, параллельно с увеличением фонового уровня ионизирующего излучения на 0,03 мЗв в год - от гипотетической частоты онкологических заболеваний в 79 случаев на 100 тыс. человек в условиях "нулевого" уровня внешнего облучения. Авторы приходят к выводу о том, что с ростом ионизирующего излучения уменьшается вероятность онкологических заболеваний [6].

Необходимо подчеркнуть, что среди 116 тыс. отселенных из Чернобыльской зоны людей только около 5 % получило дозу ионизирующего излучения больше 100 мЗв в год, и именно эта доза (в два раза меньшая, чем в Рамзаре) считается тем пределом, после которого начинаются отчетливые увеличения частот онкологических заболеваний у людей [7].

В то же время в последние годы получены достаточно наглядные данные [8] об увеличении смертности новорожденных детей в восточных европейских странах в районе 1987 г., в которых уровень радионуклидной загрязненности после Чернобыльской аварии несколько увеличился, но в общем существенно не превышал среднемировые значения. То есть реальную опасность представляет не сама полученная доза ионизирующего излучения, а ее “новизна” для данной популяции, вида или видовых сообществ. Очевидно, что для жителей Рамзара увеличение годовой дозы на 3,5 мЗв вряд ли будет приводить к каким-либо последствиям для здоровья, но для большинства европейских популяций, не встречавшихся в ряду поколений с дозами выше 1 мЗв в год, такое изменение может привести к уходу из генофонда радиочувствительных особей и, соответственно, к изменению генетической структуры популяций.

В нашем отделе был выполнен сравнительный анализ частот встречаемости различных хромосомных поломок в клетках крови детей 14 - 15 лет двух групп. Одна группа - дети, получившие дозы ионизирующего излучения около 30 мЗв в эмбриональный период развития, и вторая группа - дети, получившие приблизительно такую же дозу, но в течение всей жизни в результате проживания в загрязненных радионуклидами местностях (около 1,5 мЗв в

год). Оказалось, что в общем между двумя этими группами детей отсутствуют различия по частотам встречаемости клеток с цитогенетическими аномалиями, однако в первой группе, после острого облучения в эмбриональном периоде, статистически достоверно чаще встречаются клетки со стабильными хромосомными аномалиями, такими как транслокации, инверсии, инсерции. Полученные данные свидетельствуют о том, что у детей в крови накапливаются клоны клеток, несущие перечисленные типы аномалий. Поскольку известен определенный параллелизм между частотой мутационных событий в соматических и генеративных клеточных популяциях, а также то, что именно эти типы цитогенетических аномалий могут существенно осложнять прохождение мейоза, можно ожидать, что у детей, получивших дозы ионизирующего излучения в эмбриональном периоде будут возникать проблемы с репродукцией [9].

В литературе достаточно давно появилось определение “славянский крест”, отражающий увеличение смертности и уменьшение рождаемости в ряде славянских стран. Полученные нами и другими авторами данные свидетельствуют о том, что вклад Чернобыльской катастрофы в “крутизну” (выраженность) этого креста европейские страны реально смогут оценить только лет через 20, поскольку дети, родившиеся после Чернобыльской катастрофы, 18 лет назад, только сейчас начинают вступать в репродуктивный период.

Наши исследования выполнялись также на разных линиях лабораторных мышей, видах домового и полевой мыши, видах полевок, отловленных в зоне отчуждения ЧАЭС и поколениях крупного рогатого скота. Как модель мышевидные грызуны обладали следующими достоинствами: быстрая смена поколений, удобны для цитогенетических и генетических исследований. К их недостаткам относятся короткий репродуктивный цикл, сложные миграционные процессы, невозможность семейного анализа животных в полевых условиях. Крупный рогатый скот содержался в экспериментальном хозяйстве с. Новошепеличи (г. Припять, 200 Ки/км<sup>2</sup>). К достоинствам этой модели относится то, что каждое животное имеет строго определенную родословную; присутствуют все поколения, родившиеся после Чернобыльской катастрофы в условиях зоны отчуждения; доступен для исследований генофонд контрольных групп животных - крупный рогатый скот той же породы в относительно более благополучных регионах; для большого количества молекулярно-генетических маркеров известна их локализация в хромосомах крупного рогатого скота; известно сходство между крупным рогатым скотом и человеком по синтении генов. К недостаткам этой модели относятся низкая плодовитость и то, что животные требуют специального обслуживания и ухода.

Для популяционно-генетических исследований использовали подсчет цитогенетических аномалий и молекулярно-генетические маркеры - структурные гены (полиморфизм белков, RFLP). Рассматривали полиморфизм 30 локусов, кодирующих белки и ферменты, - транспортные белки; ферменты внутриклеточного энергетического обмена (гликолиза, цикла Кребса и т.д.) и ферменты метаболизма экзогенных субстратов. Рассматривали также полиморфизм фрагментов ДНК, фланкированных инвертированными повторами микросателлитных локусов (ISSR-PCR). Среди исследованных животных не удалось обнаружить носителей конститутивных мутаций, даже Робертсоновских транслокаций, несмотря на то что их присутствие типично для видов с акроцентрическими аутосомами в относительно “чистых регионах”.

Исследования мутационных спектров у представителей трех видов полевок (*Microtus arvalis*, *Microtus oeconomus* и *Clethrionomys glareolus*), отловленных в зоне отчуждения ЧАЭС в местообитаниях с повышенным уровнем радионуклидного загрязнения, показали, что со временем, несмотря на сохранение высокого уровня радиоактивного загрязнения в местах отлова грызунов, среди представителей разных видов постепенно уменьшалось количество особей с высокой частотой мутантных клеток в костном мозге. Так, у обыкновенной полевки и рыжей полевки в 1996 г. частота встречаемости животных с высокими уровнями цитогенетических аномалий среди клеток костного мозга была существенно выше,

чем в контроле и у животных, отловленных в тех же местообитаниях, но в более поздних годах, в 1999 и 2001. Так, например, метафазы с хромосомными абберациями у обыкновенной полевки в контроле встречались с частотой  $2,5 \pm 1,5$  %, в с. Чистогаловка в 1996 и 1999 гг. -  $3,6 \pm 0,8$  и  $5,0 \pm 2,3$  %, в 2001 г - с частотой  $2,5 \pm 0,3$  %; у рыжей полевки - в контроле было таких  $1,2 \pm 0,7$  % метафаз, в "Рыжем лесу" в 1996 г. -  $7,3 \pm 3,4$ , в 1999 г. -  $3,5 \pm 0,8$  и в 2001 г. –  $0,9 \pm 0,3$  % метафаз.

Важно подчеркнуть, что такое уменьшение, свидетельствующее о постепенном накоплении радиорезистентных особей, у рыжей полевки отчетливо наблюдается только у животных, отловленных в “Рыжем лесу”, где очень высок уровень радионуклидного загрязнения ( $>1000$  Ки/км<sup>2</sup>), в отличие от местообитания с более низким уровнем радионуклидного загрязнения (с. Янов,  $\sim 200$  Ки/км<sup>2</sup>), т.е. скорость отбора на радиорезистентность тем выше, чем выше уровень радионуклидного загрязнения. Обращает на себя внимание и то, что даже на участках зоны отчуждения с таким высоким уровнем радионуклидного загрязнения, как “Рыжий лес”, накопление радиорезистентных особей обнаруживается только в 1999 г., через 13 лет после Чернобыльской аварии, после того, как сменилось 26 поколений полевков (они размножаются два раза в год). Из этого следует, что для появления людей с повышенной устойчивостью к ионизирующему излучению, как, например, в популяциях местности Рамзар в Иране, необходимо, чтобы прошло примерно 600 лет, учитывая репродуктивные особенности человека.

Созданное экспериментальное стадо в хозяйстве “Новошепеличи” состояло из родительского поколения (F0 - быка Урана, коров Гамма, Альфа, Бета и 13 коров, завезенных в это хозяйство из относительно “чистых” районов в 1990 - 1993 гг.), а также из полученных от них трех следующих поколений (F1, F2, F3), родившихся в условиях повышенного (примерно в 100 раз) уровня ионизирующего излучения.

Сравнительный анализ генетической структуры F0 и F1 с использованием молекулярно-генетических маркеров (оценки распределения аллелей по семи полиморфным структурным генам) показал, что действительно, не все генотипы передаются от родителей к потомкам с равной вероятностью; наблюдается преимущественное воспроизводство только некоторых из них.

Так, было исследовано 14 животных родительского поколения (поглощенная доза около 0,8 Гр); 35 – первого поколения, 21 – второго поколения животных, родившихся в Чернобыле. В таблице для примера представлено сравнение ожидаемых и наблюдаемых в потомстве генотипов по локусу трансферрина у исследованных животных.

**Ожидаемое и наблюдаемое распределение генотипов по локусу трансферрина у потомков, родившихся в первом поколении в условиях хронического действия повышенного ионизирующего излучения**

Генотипы трансферрина у 13 коров-матерей	Ожидаемые генотипы трансферрина у потомков					
	1AD1	x AD1 (Уран)	AA	2AD1	D1D1	-
7AD2	x AD1 (Уран)	7AA	7AD1	-	7AD2	7D1D2
5D1D2	x AD1 (Уран)	-	5AD1	5D1D1	5AD2	5D1D2
Суммарно 52 генотипа		8AA	14AD1	6D1D1	12AD2	12D1D2
%		15	27	12	23	23
	Наблюдаемые генотипы трансферрина у потомков					
Суммарно 35 генотипов		3AA	7AD1	3D1D1	16AD2	6D1D2
%		8,6	20,0	8,6	45,7	17,1

Как видно из данных таблицы, наблюдается в два раза меньше генотипов AA и в два раза больше генотипов AD2 по сравнению с ожидаемым. Наиболее наглядно такое нарушение

ние равновероятной передачи аллелей обнаруживалось у восьми потомков первого поколения двух коров - Альфа и Гамма. Обе коровы были гетерозиготами по локусу трансферрина АД<sub>2</sub>, но при скрещивании с отцом Ураном все восемь потомков получили материнский аллель Д<sub>2</sub>; ни в одном из случаев не наблюдали передачу материнского аллеля А.

Наиболее выраженные такие отклонения от равновероятной передачи наблюдали, в частности, кроме трансферрина, по локусам церулоплазмину, рецептора к витамину Д. Кроме того, по разным маркерам обнаруживалось преимущественное рождение гетерозигот.

Аллель трансферрина Д<sub>2</sub> обычно типичен не для голштинов, к которым, в основном, принадлежало экспериментальное стадо, а для более примитивных, но более устойчивых к неблагоприятным условиям воспроизводства пород, например таким, как древний серый украинский скот.

Для того чтобы выяснить, насколько специфично наблюдаемое изменение генетической структуры только для потомков экспериментального стада в Чернобыле, мы сравнили по тем же молекулярно-генетическим маркерам генетическую структуру внутривидовых групп разных пород крупного рогатого скота, которые также подвергались действию различных факторов экологического стресса. Рассматривались следующие варианты действия экологических факторов.

У красной степной породы в анализ были включены следующие группы: в хозяйстве Херсонской области (относительно “чистой”) две группы – инфицированная и свободная от вируса бычьего лейкоза (одно и то же стадо). Это был вариант разной “чувствительности” к фактору биотического стресса (вирусное инфицирование). Группы красной степной из хозяйств Кировограда и Донецка, для которых (Барановский, 2001 г.) характерно повышенное химическое загрязнение, были примером генофондов, которые находятся под действием абиотического стресса. У породы пинцгау рассматривали три группы, которые воспроизводились в разных эколого-географических (в равнинных, горных и высокогорных) условиях. У серой украинской: в анализ были включены две группы - группа в Херсонской области (исходное местообитание) и интродуцированная в 1982 г. в новое местообитание, в Сибирь (Черга, Алтайский край). У голштинской породы рассматривали две группы, одна воспроизводилась в относительно “чистой” зоне (Херсонская область), вторая - в экспериментальном хозяйстве “Новошепеличи” в условиях повышенного уровня ионизирующего излучения (абиотический фактор).

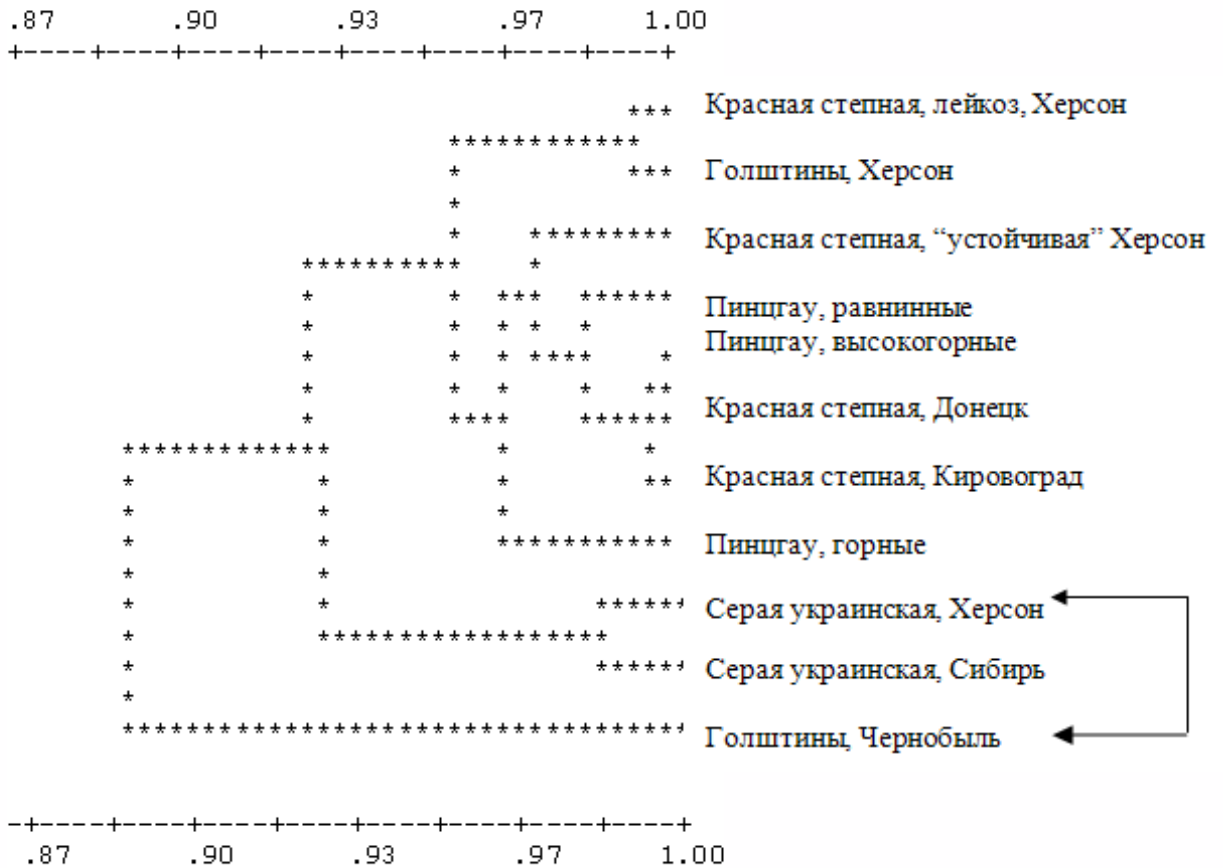
На основании распределения аллелей структурных генов и расчета генетических расстояний была построена дендрограмма (рисунок).

Полученные данные свидетельствуют о том, что влияние факторов экологического стресса может приводить к существенной генетической дифференциации между группами животных, в некоторых случаях такая дифференциация оказывается больше, чем межпородные отличия.

Выявлены два гена, продуктами которых являются рецептор витамина Д и пуридинуклеозидфосфориласа, полиморфизм которых во всех случаях участвовал в межгрупповой внутривидовой дифференциации в связи с действием факторов экологического стресса. Это позволяет предполагать наличие универсальных характеристик популяционно-генетического ответа на влияние разных факторов экологического стресса.

Важно подчеркнуть, что потомки высокоспециализированной молочной породы - голштинской - в условиях экспериментального хозяйства “Новошепеличи” по распределению аллелей исследованных структурных генов образуют общий кластер с древнейшей породой крупного рогатого скота - серой украинской (предположительно, промежуточная форма между туром и всем европейским домашним скотом), т.е. в условиях экологического стресса по структурным генам наблюдается сдвиг генетической структуры в сторону более примитивной, предковой породе.

Індекс сходства (М. Ней, 1972)



Дендродіаграма генетических взаємозв'язків між групами великого рогатого скоту різних порід в зв'язі з дією різних факторів екологічного стресу, розрахована за сім поліморфних структурних генів.

Виконано також аналіз генетическої структури експериментального стада "Новошепеличі", голштинів з господарства відносно "чистої" Херсонської області, і деяких інших порід з використанням іншого варіанта молекулярно-генетических маркерів - фрагментів ДНК, фланкованих інвертованими повторами мікросателітних локусів (ISSR-PCR маркери). В результаті була отримана дендродіаграма, на якій, як і на наведеному вище малюнку, голштини, народжені в експериментальному господарстві, потрапляють в один кластер з сірою українською породою в відміння від голштинів з відносно "чистої" зони.

Таким чином, отримані дані свідчать про те, що в поколіннях великого рогатого скоту спостерігається порушення рівновероятної передачі алельних варіантів по різних типам молекулярно-генетических маркерів як по структурним генам, так і по фрагментам ДНК, фланкованим різними мікросателітними повторами. По генетическій структурі спостерігається зсув генофонду експериментального стада господарства "Новошепеличі", вихідно належачого спеціалізованій молочної породи, в бік давньої і примітивної предкової породи - сірої української - по різних варіантам молекулярно-генетических маркерів.

Возникає питання - як це може відбуватися? Оцінка плодючості корів в різних поколіннях експериментального стада свідчить про те, що основним механізмом може бути зміна пристосованості генотипів (їх внесок в наступне покоління) за

счет уменьшения рождаемости и увеличения гибели телят до 3-месячного возраста.

Плодовитость коров (в количестве рожденных телят на одну голову в год) за семь - девять лет исследований и в первом, и втором поколениях, рожденных в экспериментальном хозяйстве, снижается примерно в два раза по сравнению с родительским поколением.

У коров этого экспериментального стада наблюдалось отчетливое изменение плодовитости в зависимости от их принадлежности к поколениям F0, F1 или F2. Так, 16 коров родительского поколения (F0) экспериментального стада, рожденных в "чистой" зоне, суммарно дали 96 телят ( $0,93 \pm 0,03$  теленка на корову в год); 20 из них (21 %) умерло в возрасте до 3 мес. после рождения. F1, первое дочернее поколение, родившееся в условиях экспериментального хозяйства "Новошепеличи" ( $\sim 200$  Ки/км<sup>2</sup>), существенно отличалось от родительского по этому показателю. Так, среди 36 коров F1 21 корова (58 %) оказались стерильными; только 15 коров F1 принесли потомство F2 поколения ( $0,73 \pm 0,06$ ); 13 из них умерли до 3-месячного возраста после рождения (26 %). Четыре коровы F2 суммарно родили 10 телят (F3) за два - четыре года:  $0,94 \pm 0,06$  теленка на корову в год.

Обращает на себя внимание также тот факт, что среди 20 погибших телят в F1 преобладали самцы (среди погибших было шесть самок и 14 самцов), а среди 13 погибших телят F2 соотношение полов было приблизительно одинаковым (семь самок и шесть самцов).

Такое уменьшение рождаемости и увеличение смертности животных позволяют предполагать наличие отбора против наиболее радиочувствительных особей. Интенсивность отбора особенно выражена в поколении F1.

Полученные данные свидетельствуют о том, что относительно небольшие увеличения доз ионизирующего излучения, по сравнению с мировым диапазоном, могут приводить к увеличению гибели потомства у таких видов млекопитающих, как человек и крупный рогатый скот, и, соответственно, к изменению генетической структуры потомства, поскольку часть генофонда уходит с погибшими особями. Можно ожидать, что направление таких генофондных изменений обусловлено преимущественным воспроизводством наиболее устойчивых к неблагоприятным воздействиям, но наименее специализированных особей.

Таким образом, на основании выполненных исследований можно сделать несколько следующих выводов.

Главная проблема для популяций разных видов, в том числе и человека, проживающих на территориях, загрязненных радионуклидами после аварии на ЧАЭС, заключается не в абсолютной величине полученных доз ионизирующего излучения, а в новизне для них этих доз.

Главные генетические последствия для популяций разных видов заключаются не в увеличении количества мутантных организмов, а в том, что часть генов уходит из их воспроизводства вследствие селекции против "радиочувствительных" организмов, т.е. не появляются новые гены, а уходят старые, связанные с повышенной "чувствительностью" организмов к новым условиям воспроизводства. Имеются косвенные данные, свидетельствующие, что более приспособленными к новым условиям внутри вида оказываются наименее специализированные особи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ghiassi-Nejad M., Mortazavi S. M., Cameron J.R. et al.* Very high background radiation areas of Ramsar, Iran: preliminary biological studies // *Health Phys.* – 2002. - Vol. 82, No 1. - P. 87 - 93.
2. *Tao Z., Zha Y., Akiba S. et al.* Cancer mortality in the high background radiation areas of Yangjiang, China during the period between 1979 and 1995 // *J Radiat Res (Tokyo)*. - 2000. - Vol. 41, No. 1: - P. 31 - 41.
3. *Zhang W., Wang C., Chen D. et al.* Imperceptible effect of radiation based on stable type chromosome aberrations accumulated in the lymphocytes of residents in the high background radiation area in China // *J Radiat Res (Tokyo)*.- 2003. – Vol. 44, No 1. - P. 69 - 74.
4. *Jaikrishan G., Andrews V.J., Thampi M.V. et al.* Genetic monitoring of the human population from

- high-level natural radiation areas of Kerala on the southwest coast of India. I. Prevalence of congenital malformations in newborns // *Radiat Res.* – 1999. - Vol. 152, No. 6. - P. 149 - 153.
5. *Nair M.K., Nambi K.S., Amma N.S. et al.*, Population study in the high natural background radiation area in Kerala, India // *Radiat Res.* – 1999. – Vol. 152, No 6. - P. 145 - 148.
  6. *Nambi K.S., Soman S.D.* Environmental radiation and cancer in India // *Health Phys.* – 1987. – Vol. 52, No 5. - P. 653 - 657.
  7. *Masse R.* Ionizing radiation // *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences - Series III.* - 2000. - Vol. 323, No. 7 - P. 633 - 640.
  8. *Scherb H., Weigelt E., Bruske-Hohlfeld I.* European stillbirth proportions before and after the Chernobyl accident // *International J.of Epidemiology.*- 1999. - Vol. 28.- P - 932-940.
  9. *Настюкова В.В., Степанова Е.И., Глазко В.И.* Хромосомные аномалии у детей, подвергшихся воздействию малых доз ионизирующей радиации // *Докл. НАН Украины.* -2002. - No 11. - С. 178 - 183.
  10. *Барановський В.А.* Антропологічний ризик. Еколого-географічна карта України // Центр екологічної освіти та інформації. - Київ, 2001.

Поступила в редакцію 06.12.05,  
после доработки - 07.02.05.



**31 "НОВИЗНА" ДОЗ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ЯК ФАКТОР МІКРОЕВОЛЮЦІЙНИХ ЗМІН****В. І. Глазко**

З використанням різних типів молекулярно-генетичних маркерів, цитогенетичного аналізу виконано дослідження популяційно-генетичних наслідків проживання видів полівок, експериментального стада великої рогатої худоби в зоні відчуження ЧАЕС. У полівок в поколіннях виявлено зменшення кількості особин з цитогенетичними аномаліями в місцях проживання з високим рівнем радіонуклідного забруднення (500 - 1000 Кі/км<sup>2</sup>), що свідчить про селекцію на радіорезистентність. У поколіннях великої рогатої худоби, які народилися в умовах підвищеного радіонуклідного забруднення (200 Кі/км<sup>2</sup>), спостерігаються порушення рівномірної передачі алелів за різними молекулярно-генетичними системами від батьків до нащадків і зсув генетичної структури до предкової породи великої рогатої худоби, сірої української. Такий зсув реалізується на фоні зменшення плодючості тварин і збільшення смертності новонароджених. Це збігається з даними літератури щодо збільшення смертності новонароджених у людей у східноєвропейських країнах після Чорнобильської катастрофи, незважаючи на те, що отримана доза іонізуючого опромінення не перевищує типову для багатьох радіоактивних провінцій, в яких такі ефекти не спостерігаються. Отримані дані дають змогу зробити висновок про те, що збільшення іонізуючого опромінення є в певній мірі випадковим при екологічних змінах, що призводять до мікроеволюційних подій, пов'язаних з відбором на стійкість до нових умов відтворювання популяцій.

**31 DOZE'S "NOWELITY" OF IONIZING IRRADIATION AS FACTOR OF MICROEVOLUTION CHANGES****V. I. Glazko**

The investigation with the using of different molecular-genetic markers, cytogenetic traits of genetic-population consequences in different species of voles, experimental cattle herd, reproduced in Chornobyl's alienation zone was carried out. The decreasing the number of animals with cytogenetic anomalies in bone marrow cells in voles, trapped in places with high level radio nuclide contamination (500 - 1000 Ci/km<sup>2</sup>) was revealed, that testified to selection on radio resistance. The disturbance of equiprobable allele transmission on different molecular-genetic markers from the parents to offspring and shift the genetic structure to ancestor cattle breed, Grey Ukrainian, in generations of cattle, which were born in conditions of increased radio nuclide contamination (200 Ci/km<sup>2</sup>) were observed. Such shift would be realized on the decreasing of animal's fertility and increase of mortality of newborns. It coincided with the literary data about the increase of stillbirth at the people in European countries after Chornobyl's accident, in spite of the obtained doze of ionizing radiation did not exceed the typical of many radioactive provinces, in which such effects was not observed. The obtained data allow to make conclusion that the increase of ionizing radiation is a particular case of ecological changes causing to microevolution events, connected with selection on the stability to new conditions of reproduction of populations.