

## Эндокринно–обменная патология у детей работниц атомного производства

С.Ф. Соснина, П.В. Окатенко

Южно-Уральский институт биофизики, Федеральное медико-биологическое агентство России, Озёрск, Россия

*Изучение отклонений в состоянии здоровья детей, чьи родители подверглись радиационному воздействию на производстве, важно для целей радиационной безопасности лиц репродуктивного возраста и их потомков. Цель исследования: анализ эндокринно-обменной патологии у потомков работниц атомного производства с установленными накопленными дозами прекоцептивного внешнего гамма-облучения. Материалы и методы: проведен ретроспективный анализ данных медицинской документации 650 детей до 15-летнего возраста, 130 из которых были потомками матерей, подвергавшихся радиационному воздействию на производстве. Применены методы непараметрической статистики. Для выявления латентных факторов использован факторный анализ методом главных компонент. Результаты: диапазон прекоцептивных доз внешнего гамма-облучения матерей на гонады составил 0,09–3523,7 мГр, средняя поглощенная доза на гонады –  $423,2 \pm 52,2$  мГр. Структура класса «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ» среди потомков облученных и интактных матерей значимо не отличалась. В обеих группах отмечено преобладание рахита, недостаточности питания у детей раннего возраста. В структуре болезней щитовидной железы чаще всего регистрировались йододефицитные состояния без статистически значимых различий в группах. Отмечена гендерная зависимость: у девочек эндокринно-обменная патология встречалась в 1,8 раза чаще, чем у мальчиков. Среди детей облученных матерей отмечена частая встречаемость полипатий и вторичной эндокринной патологии. Факторный анализ в группе потомков работниц атомного производства выделил четыре фактора, характеризующих антенатальный период у детей (19,4% дисперсии), акушерско-гинекологический анамнез (14,1% дисперсии), вредные привычки (10,6% дисперсии) и прекоцептивное облучение матерей (9,6% дисперсии). Заключение: особенности, выявленные при анализе эндокринно-обменной патологии у потомков облученных матерей, могут быть полезны для медицинского наблюдения за состоянием здоровья детей этой группы риска. Увеличение периода наблюдения и численности группы детей, чьи матери подверглись воздействию радиации на производстве, необходимо для дальнейшего эпидемиологического исследования вклада родительского облучения в постнатальную патологию у потомков.*

**Ключевые слова:** эндокринно-обменная патология, дети, прекоцептивное облучение, ПО «Маяк», факторный анализ.

### Введение

Изучение последствий родительского облучения на производстве для здоровья потомков важно для целей радиационной безопасности персонала атомных предприятий и, в частности, для обоснования эффективности защиты лиц репродуктивного возраста. Учитывая это, в международной системе радиационной безопасности защите гонад уделяется особое внимание [1]. Вопрос, насколько безопасно привлечение женского персонала детородного возраста к работам с источниками ионизирующих излучений, остается открытым из-за противоречивости молекулярно-генетических и эпидемиологических исследований.

Возможность трансгенерационной передачи геномной нестабильности в поколениях лиц, подвергшихся

воздействию радиации, показана во многих работах [2–4]. Ряд авторов также указывают на формирование хронических соматических заболеваний, в том числе эндокринной патологии, у детей, чьи родители подвергались воздействию радиации на производстве, в результате аварии на Чернобыльской АЭС, испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне [5–7]. В то же время многие исследователи не подтверждают ассоциацию между воздействием ионизирующей радиации на гонады и развитием нарушений в постнатальном развитии потомства [8, 9] и даже ставят под сомнение саму возможность регистрации трансгенерационных эффектов у потомков облученных, акцентируя внимание на роли нерадиационных факторов [10]. В связи с этим поиск эффектов радиационного воздействия, реализующихся в последующих

**Соснина Светлана Фаридовна**

Южно-Уральский институт биофизики.

**Адрес для переписки:** 456780 Челябинская область, г. Озёрск, Озёрское шоссе, 19; E-mail: sosnina@subi.su

поколениях лиц, контактировавших с источниками ионизирующих излучений на производстве, сохраняет свою актуальность.

Производственное объединение «Маяк» (ПО «Маяк») – первый промышленный объект отечественной атомной отрасли. ПО «Маяк» является градообразующим предприятием закрытого административно-территориального образования г. Озёрска. Пуск ПО «Маяк» в эксплуатацию произошел в 1948 г. В отличие от других когорт профессиональных работников атомных производств, персонал ПО «Маяк» характеризуется относительно большим удельным вкладом женщин (около 25%) [11]. Эта особенность позволяет рассматривать когорту потомков работниц ПО «Маяк» как уникальный источник для эпидемиологических исследований эффектов прекоцептивного радиационного воздействия.

Данная работа является частью исследования состояния здоровья потомков работниц радиационно-опасного производства и посвящена анализу эндокринно-обменной патологии. Болезни эндокринной системы занимают незначительный удельный вес среди всего спектра детских заболеваний, что не соответствует тяжелым социальным последствиям и ухудшению качества жизни при данной патологии [12].

**Цель исследования** – анализ эндокринно-обменной патологии у потомков работниц ПО «Маяк» с установленными накопленными дозами прекоцептивного внешнего гамма-облучения.

### Материалы и методы

Ретроспективное исследование проведено на основе Детского регистра г. Озёрска, включающего лиц, родившихся в городе или приехавших в возрасте до 14 лет и проживших в городе не менее года [13]. Всего в Детском регистре зарегистрировано 4676 потомков (1948–2009 г.р.) работниц основных и вспомогательных заводов ПО «Маяк», имевших до зачатия накопленные дозы внешнего гамма-облучения на всё тело. Из них у 2927 детей оба родителя подвергались воздействию ионизирующего излучения на производстве; у оставшихся 1749 детей на ПО «Маяк» была облучена только мать.

Информация о профессиональном маршруте работников взята из Регистра персонала ПО «Маяк» [14]. Дозиметрические характеристики профессионального облучения родителей, включая индивидуальные накопленные дозы внешнего гамма-облучения на гонады, получены из «Дозиметрической системы работников Маяка-2008» [15]. Дозы внешнего гамма-облучения гонад рассчитывались методом Монте-Карло по показаниям индивидуальных дозиметров и пространственно-энергетическому распределению поля фотонного излучения на рабочем месте. В настоящей работе представлены данные дозиметрического контроля внешнего гамма-облучения работниц радиохимического и реакторного производств ПО «Маяк». Использованы значения прекоцептивных поглощенных доз внешнего гамма-облучения на яичники.

Сведения о состоянии здоровья матерей-работниц ПО «Маяк», в том числе акушерско-гинекологический анамнез, наличие хронической патологии и вредных привычек, получены из медицинских карт персонала ПО «Маяк».

Источниками информации клинического, социального и эпидемиологического плана у потомков послужили детские амбулаторные карты (формы 112/у).

Критерии включения в исследуемую группу: 1) ребенок, рожденный в г. Озёрске в 1949–1960 гг.; 2) мать ребенка являлась работницей реакторного или радиохимического производств и имела накопленную прекоцептивную дозу внешнего гамма-облучения на гонады; 3) годы найма матерей основной группы 1948–1957 гг.; 4) отец ребенка не имел доз прекоцептивного профессионального облучения и не являлся переселенцем с радиоактивно загрязненных территорий, ликвидатором последствий радиационных аварий. В итоге основная группа потомков работниц ПО «Маяк» включала 130 детей (80 девочек, 50 мальчиков), подходящих под вышеуказанные критерии и имеющих медицинскую документацию.

Группа сравнения сформирована из Детского регистра г. Озёрска: к каждому ребенку из основной группы подобран контроль в соотношении 1:4 с учетом пола, года рождения детей, возраста родителей при рождении ребенка, наличия медицинской документации. Критерии включения в группу сравнения: 1) ребенок, рожденный в г. Озёрске в 1949–1960 гг.; 2) родители ребенка никогда не подвергались профессиональному облучению, не участвовали в ликвидации последствий радиационных аварий, не являлись переселенцами с радиоактивно загрязненных территорий. В итоге группа сравнения включала 520 детей (320 девочек, 200 мальчиков).

Сформированные из популяции детского населения г. Озёрска группы сопоставимы по единому уровню и качеству медицинского обслуживания, климатогеографическим условиям проживания, возможному техногенно-измененному фону.

В данной работе проанализирован Класс IV «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ» (шифры E00–E90) «Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, X пересмотра» [16]. Учитывались случаи впервые зарегистрированных диагнозов у детей до 15-летнего возраста.

Статистический анализ данных проведен с помощью пакета программ STATISTICA Version 10 (StatSoft, USA). Необходимый объем выборки рассчитан с учетом уровня статистической мощности, равного 0,8. Анализируемые признаки указаны в виде средних значений ( $M$ )  $\pm$  среднее квадратическое отклонение ( $s$ ) при нормальном распределении. Сравнение частот проведено при помощи критерия  $\chi^2$ . Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ . Для выявления латентных факторов, объясняющих соотношения между изучаемыми переменными, проведен факторный анализ методом главных компонент с последующим Varimax normalized вращением [17]. Выбор данного метода вращения объясняется более наглядной интерпретацией факторных нагрузок в сравнении с другими стратегиями вращения. Количество факторов определено по критерию Кайзера с учетом собственных значений факторов не меньше 1. В качестве значимых для интерпретации принимались факторные нагрузки  $> 0,7$ .

### Результаты и обсуждение

Распределение потомков матерей – работниц ПО «Маяк» в зависимости от накопленной прекоцептивной

дозы внешнего  $\gamma$ -облучения на гонады представлено в таблице 1.

Из данных таблицы 1 видно, что распределение потомков по дозовым интервалам материнской дозы внешнего  $\gamma$ -облучения на яичники достаточно равномерное. Наибольший процент потомков (20,8%) был отмечен в диапазоне доз материнского облучения 25,1–100,0 мГр. Каждый десятый ребенок был рожден матерью, имевшей накопленную дозу внешнего гамма-облучения на гонады более 1 Гр.

Матери исследуемой группы детей были наняты на ПО «Маяк» в 1948–1957 гг. В начальный период эксплуатации предприятия были зарегистрированы наиболее высокие уровни профессионального облучения работниц. Средние значения накопленных прекоцептивных доз внешнего  $\gamma$ -облучения матерей прогрессивно снижались к концу исследуемого периода. Так, средняя доза на яичники за период 1948–1957 гг. снизилась более чем в 16 раз (с 886,6 мГр в 1948 г. до 55,3 мГр в 1957 г.).

Существенное влияние на уровни облучения оказывал не только период работы, но и тип производства. Работницы радиохимического и реакторного производств подвергались профессиональному облучению в широком диапазоне доз. Хроническая лучевая болезнь была диагностирована у 10,8% из них (14 чел.). Средняя величина прекоцептивной дозы внешнего гамма-облучения на гонады составила  $423,2 \pm 52,2$  мГр. Минимальное значение поглощенной дозы на гонады до зачатия было 0,09 мГр, максимальная накопленная доза на яичники достигала 3523,7 мГр.

Несмотря на то, что в наше исследование вошли матери, работавшие на реакторном и радиохимическом производствах, для которых внешнее гамма-излучение считалось ведущим, у небольшого числа работниц, прошедших биофизическое исследование, были установлены кумулятивные дозы внутреннего альфа-облучения (от инкорпорированного Pu-239) до зачатия ребенка. Необходимо

также отметить, что у 112 потомков (86,2%) имелись сведения о дозах внутриутробного облучения, варьирующих от 0,23 до 651,4 мГр, средняя доза  $65,7 \pm 10,2$  мГр, т.к. матери продолжали подвергаться радиационному воздействию на ранних сроках беременности.

Анализ возможного влияния антенатального и внутреннего альфа-облучения на индукцию эндокринно-обменной патологии у детей нам представляется не менее важным, чем изучение влияния внешнего гамма-облучения гонад. Однако в данном исследовании эти вопросы не освещаются из-за недостаточной статистики и будут рассмотрены отдельно.

Важно отметить, что нормативная база регламентирования облучения в производственных условиях изменялась со становлением атомной промышленности и сменой взглядов на радиационные биологические эффекты. Среднегодовые пределы облучения профессионалов в отечественных и международных регламентах последовательно снижались. Так, при рассмотрении динамики основного предела дозы у профессионалов, согласно отечественным нормативам, обращает на себя внимание, что если в 1948 г. официальный дозовый предел годового облучения составлял 300 мЗв в год, то уже в 1960 г. он весомо уменьшился до 50 мЗв в год [18]. В связи с этим наблюдаемые нами уровни прекоцептивного облучения женского персонала ПО «Маяк» 1948–1957 гг. найма объясняются не только отсутствием опыта работы с источниками ионизирующих излучений, несовершенной технологией и предельно ограниченными сроками для выполнения государственных оборонных задач, но и эволюцией представлений о безопасных уровнях радиационного воздействия.

В обеих группах детей был проведен анализ преморбидного фона, включая данные о гестационном возрасте, антропометрических параметрах новорожденных, акушерско-гинекологическом анамнезе матерей.

В группе потомков работниц ПО «Маяк» 101 ребенок (77,7%) родился доношенным, в группе сравнения от до-

Таблица 1

**Распределение потомков в зависимости от накопленной прекоцептивной дозы внешнего  $\gamma$ -облучения на гонады матери**

[Table 1

**Distribution of the offspring depending on the accumulated preconceptive dose of external  $\gamma$ -irradiation on mother gonads]**

Дозовый интервал, мГр [Dose range, mGy]	Основная группа в целом [Total study group] (n=130)			Мальчики [Boys] (n=50)		Девочки [Girls] (n=80)			
	Абс. [Abs]	%	Средняя доза, мГр [average dose, mGy]	Абс. [Abs]	%	Средняя доза, мГр [average dose, mGy]	Абс. [Abs]	%	Средняя доза, мГр [average dose, mGy]
0,01–25,0	23	17,7	11,9	7	14,0	14,2	16	20,0	10,9
25,1–100,0	27	20,8	59,4	9	18,0	64,9	18	22,5	56,6
100,1–250,0	18	13,8	164,4	9	18,0	168,1	9	11,3	160,7
250,1–500,0	24	18,5	352,8	7	14,0	373,6	17	21,2	344,2
500,1–1000,0	23	17,7	695,2	12	24,0	657,7	11	13,7	736,2
>1000,0	15	11,5	1715,2	6	12,0	1706,5	9	11,3	1720,9
Всего	130	100	423,2	50	100	458,9	80	100	400,9

ношенной беременности родились 393 ребенка (75,6%,  $p > 0,05$ ); указания на недоношенность были у 4 (3,1%) новорожденных основной группы и 10 (1,9%) новорожденных группы сравнения ( $p > 0,05$ ). Многоплодие имело только в группе сравнения – 6 случаев (1,1%), все потомки облученных матерей родились от одноплодных беременностей. Нормально протекавшие роды описаны в 103 (79,2%) наблюдениях в основной группе и 403 (77,5%,  $p > 0,05$ ) в группе сравнения. Патологический характер родов и оперативные роды кесаревым сечением отмечены у 4 (3,1%) детей основной группы и 10 (1,9%) детей группы сравнения ( $p > 0,05$ ).

Распределение по порядковому номеру беременности в исследуемых группах статистически значимо различалось: в группе потомков работниц ПО «Маяк» отмечено преобладание повторнородящих матерей (44 женщины, 33,8%), в группе сравнения их было 127 (24,4%),  $p < 0,05$ . Средний возраст матери при рождении ребенка составил 25,6 лет (25,7 лет в группе сравнения). Антропометрические показатели у новорожденных обеих групп в целом статистически значимо не различались.

Анализ вредных привычек у матерей – персонала ПО «Маяк» показал, что доля курящих матерей составила всего 3,8% (5 чел.), подавляющее большинство женщин – 90,8% (118 чел.) отрицали табакокурение, для оставшихся 5,4% (7 чел.) статус курения не был известен. Случаев хронического алкоголизма не зарегистрировано: 63,9% (83 чел.) алкоголь не употребляли совсем, 9,2% (12 чел.) – употребляли мало, 11,5% (15 чел.) – умеренно, 4,6% (6 чел.) – много. Для 10,8% (14 чел.) матерей анализируемой группы сведений об употреблении алкоголя не было.

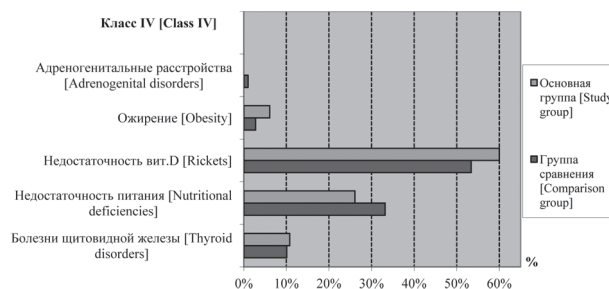
Отягощенный акушерско-гинекологический анамнез в виде аборт, острой и хронической гинекологической патологии до зачатия ребенка был выявлен у каждой пятой матери в основной группе потомков. Случаев мертворождений не было.

Согласно сведениям из амбулаторных карт матерей – работниц ПО «Маяк», хронические соматические заболевания, представленные чаще всего хронической патологией желудочно-кишечного тракта, бронхо-легочными заболеваниями, хроническим тонзиллитом, были отмечены у 68 (52,3%) женщин.

Эндокринная патология диагностирована до зачатия ребенка у 21 матери (16,2%), и в большинстве случаев была представлена заболеваниями щитовидной железы. Доля диффузного увеличения щитовидной железы среди них составляла 66,7% (14 случаев). Среди матерей исследуемой группы потомков зарегистрировано 6 случаев тиреотоксикоза.

Структура патологии, согласно классу IV «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ», среди детей исследуемых групп представлена на рисунке.

Ведущими нозологическими формами в обеих группах были недостаточность питания (шифры E40–E44) и недостаточность витамина D (шифры E55), характерные для детей раннего возраста в обеих группах. Анализ недостаточности питания показал, что данное состояние чаще всего регистрировалось как вторичное среди детей до трехлетнего возраста, особенно из группы длительно и часто болеющих детей как следствие частых респираторных заболеваний.



**Рис.** Структура Класса IV «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ» в исследуемых группах

[Fig. Structure of the Class IV “Endocrine, nutritional and metabolic diseases” in the investigated groups]

Интересно отметить, что если в настоящее время рост распространенности ожирения среди детей и подростков приобретает характер эпидемии [19], то среди 650 детей исследуемых групп 1949–1960 г.р. выявлено всего 9 случаев ожирения (около 3% в каждой группе,  $p > 0,05$ ). Адреногенитальное расстройство диагностировано у 1 ребенка в группе сравнения.

Среди всех болезней щитовидной железы ведущее место занимали патологические состояния, связанные с нарушением её функции вследствие снижения потребления йода (шифр E01) без статистически значимых различий в группах ( $p > 0,05$ ). Чаще эта нозология встречалась среди девочек: в группе сравнения в 2 раза чаще, чем у мальчиков (17 случаев против 8,  $p > 0,05$ ), в основной группе все 7 случаев были диагностированы у девочек. Йододефицитные состояния относятся к числу наиболее распространенной неинфекционной патологии человека [12]. В группе потомков лиц, не имевших профессиональных контактов с источниками радиации, диагностирован 1 случай тиреотоксикоза. Случаев рака щитовидной железы среди детей до 15-летнего возраста в обеих группах не выявлено.

Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ в целом у девочек встречались в 1,8 раз чаще, чем у мальчиков (соотношение выявленной патологии по полу в основной группе – 1,83, в группе сравнения – 1,84 с преобладанием девочек).

В группе потомков облученных матерей отмечено частое сочетание эндокринной патологии одновременно с двумя и более патологиями других органов и систем. Вторичные эндокринопатии могут развиваться как осложнения разных заболеваний [20]. Наиболее часто полипатии включали в себя хроническую патологию желудочно-кишечного тракта, воспалительные полиартропатии и болезни органов дыхания.

В структуре класса заболеваний «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ» у детей до 15-летнего возраста в обеих группах не было зарегистрировано аутоиммунной патологии, нарушений регуляции глюкозы и внутренней секреции поджелудочной железы, что не исключает их манифестации в старшем возрасте.

Для выявления латентных факторов, объясняющих соотношения между изучаемыми переменными, в основ-

ной группе детей был проведен факторный анализ методом главных компонент с вращением Varimax normalized (табл. 2).

В группе потомков матерей – персонала ПО «Маяк» среди 13 характеристик выделено четыре комплексных независимых фактора. Общая доля объясненной дисперсии составила 53,7%. Наиболее значимым был фактор, характеризующий гестационный возраст ребенка и наличие многоплодия (факторные нагрузки 0,91 и 0,89 соответственно), – 19,4% общей дисперсии. Вторым фактор, включающий в себя возраст матери при рождении ребенка и паритет беременностей и аборт, составлял 14,1% общей дисперсии. В третьем факторе наибольшую нагрузку несли переменные, характеризующие вредные привычки матери, – употребление алкоголя и курение, объясняя 10,6% общей дисперсии. Наименьший вклад в дисперсию (9,6%) вносил фактор, включающий в себя данные по дозам прекоцептивного облучения и наличия у матери установленного до зачатия ребенка диагноза хронической лучевой болезни. При этом факторные нагрузки переменных «Доза на гонады» и «Хроническая лучевая болезнь у матери» были достаточно высокими (0,67 и 0,59 соответственно).

Для сравнения факторный анализ с использованием тех же методик был проведен в группе детей необлученных матерей. В итоге в группе сравнения было извлечено два фактора с общей долей объясненной дисперсии 64,1%. Первый фактор, включающий гестационный возраст ребенка и наличие многоплодия, объяснял 38,5% общей дисперсии (величины факторных нагрузок по 0,91). Вторым фактор был связан с паритетом беременностей и возрастом матери при рождении ребенка (факторные нагрузки 0,87 и 0,75 соответственно). Доля дисперсии, приходящейся на второй фактор, составила 25,6%.

Интересно отметить, что в группе потомков работниц ПО «Маяк» после исключения переменных, описывающих прекоцептивное облучение на производстве и факт диагностики хронической лучевой болезни у матери, факторное решение было аналогично группе сравнения: оставались значимыми вклады переменных, характеризующих акушерский анамнез матери и антенатальный период потомков в обеих группах, объясняя более 2/3 общей дисперсии (68,1%).

Таким образом, факторный анализ методом главных компонент позволил выявить латентные факторы, объясняющие связи между наблюдаемыми признаками в группе детей работниц ПО «Маяк».

**Результаты факторного анализа в основной группе детей**

Таблица 2

**The results of factor analysis in the study group of children**

[Table 2]

Переменные [Variables]	Factor – 1	Factor – 2	Factor – 3	Factor – 4
Возраст матери при рождении ребенка [Maternal age at childbirth]	-0,142	0,736	0,009	0,107
Число предыдущих беременностей [The number of previous pregnancies]	0,017	0,913	-0,015	-0,128
Жилищные условия семьи [The living conditions of the family]	0,411	-0,08	0,412	-0,185
Гинекологический анамнез матери [Maternal gynecological anamnesis]	0,247	-0,067	0,131	0,382
Число предыдущих абортов [The number of previous abortions]	0,39	0,766	-0,014	-0,053
Течение настоящей беременности [Gestation course]	0,196	0,231	0,115	0,128
Хронические соматические заболевания матери [Maternal chronic somatic diseases]	-0,208	0,154	0,174	0,447
Гестационный возраст [Gestational age]	0,913	0,028	0,0004	0,161
Многоплодие [Multifetation]	0,888	0,170	0,044	0,042
Употребление алкоголя матерью [Alcohol drinking habits]	0,045	0,033	0,742	0,185
Курение матери [Maternal Smoking]	0,009	0,036	0,828	-0,052
Хроническая лучевая болезнь у матери [Maternal chronic radiation sickness]	0,118	-0,03	-0,002	0,587
Доза на гонады* [The doses to the gonads*]	0,004	0,007	-0,132	0,669
Expl.Var	2,12	2,085	1,49	1,28
Prp.Totl	0,16	0,16	0,114	0,098

\* – накопленные поглощенные дозы внешнего  $\gamma$ -облучения матери.

[\* – accumulated absorbed doses of external maternal  $\gamma$ -irradiation].

### Заключение

Выявление отклонений постнатального развития потомков, чьи родители подверглись радиационному воздействию на производстве, важно для целей диспансеризации детей этой группы риска и для нормирования доз техногенного облучения лиц репродуктивного возраста.

Сравнительный анализ эндокринно-обменной патологии у потомков работниц ПО «Маяк» с группой детей от необлученных матерей показал следующее:

1. Отсутствие значимых различий в частоте и структуре эндокринно-обменной патологии с группой детей от интактных матерей. В структуре класса «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ» наиболее частыми нозологическими формами в обеих группах были недостаточность питания (шифры E40–E64) и недостаточность витамина D (шифры E55), характерные для детей раннего возраста.

2. Ведущими среди болезней щитовидной железы были йододефицитные состояния (шифры E01) без статистически значимых различий в группах.

3. Отмечены гендерные различия: в обеих группах эндокринно-обменная патология у девочек встречалась в 1,8 раз чаще, чем у мальчиков.

4. Среди детей облученных матерей отмечена частая встречаемость полипатий и вторичной эндокринной патологии.

5. Факторный анализ в группе потомков работниц атомного производства выделил четыре фактора, характеризующих антенатальный период у детей (19,4% дисперсии), акушерско-гинекологический анамнез (14,1% дисперсии), вредные привычки (10,6% дисперсии) и прекоцептивное облучение матерей (9,6% дисперсии). После исключения переменных, характеризующих прекоцептивное облучение матерей на производстве, факторное решение в сравниваемых группах значимо не различалось.

Несмотря на то, что наше исследование проведено на достаточной по объему выборке с учетом допустимой статистической мощности, мы рассматриваем полученные результаты как предварительные. Для окончательных выводов по вкладу материнского облучения в развитие эндокринно-обменной патологии у потомков планируется увеличение группы детей работниц радиационно-опасного производства и периода наблюдения за ними. Расширение группы наблюдаемых позволит не только увеличить статистическую мощность исследования, но и оценить значимость различных видов облучения при сочетанном пролонгированном радиационном воздействии.

### Литература

1. Ермалицкий, А.П. Развитие современной системы защиты гонад и плода в международных рекомендациях (МКРЗ) и отечественных нормах радиационной безопасности / А.П. Ермалицкий, А.М. Лягинская // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. – 2012. – Т.57, № 4. – С. 5–12.
2. Безлепкин, В.Г. Отдаленные и трансгенерационные молекулярно-генетические эффекты пролонгированного воздействия ионизирующей радиации у работников предприятия ядерной промышленности / В.Г. Безлепкин [и др.] // *Радиационная биология. Радиоэкология*. – 2011. – Т. 51, № 1. – С. 20–32.
3. Балева, Л.С. Цитогенетические эффекты и возможности их трансгенерационной передачи в поколениях лиц, прожи-

вающих в регионах радионуклидного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС / Л.С. Балева [и др.] // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. – 2016. – № 3. – С. 87–94.

4. Сипягина, А.Е. Характеристика соматического здоровья детей из семей облученных в результате аварии на ЧАЭС родителей / А.Е. Сипягина, Л.С. Балева, И.И. Сусков // *Медико-биологические эффекты действия радиации: тез. док. междунар. конф., Москва, 10–11 апреля 2012 г.* – М., 2012. – С. 22.
5. Дударева, Ю.А. Внутриутробное программирование здоровья потомков, как следствие повреждающего радиационного воздействия / Ю.А. Дударева, В.А. Гурьева, Е.В. Мегрелидзе // *Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке»*. – 2017. – Т. 19, № 10. – С. 59–61.
6. Балева, Л.С. Морфофункциональные изменения щитовидной железы у детей, облученных в результате аварии на Чернобыльской АЭС, и детей-потомков облученных родителей / Л.С. Балева [и др.] // *Вопросы практической педиатрии*. – 2012. – Т. 7, № 4. – С. 13–16.
7. Пивина, Л.М. Характеристика коморбидной эндокринной и сердечно-сосудистой патологии у потомков лиц, подвергшихся радиационному воздействию / Л.М. Пивина [и др.] // *Наука и здравоохранение*. – 2013. – № 4. – С. 17–19.
8. Draper G. Preconception exposures to potential germ-cell mutagens. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 2008, Vol. 132, No 2, pp. 241-245.
9. Kodaira M. [et al.]. No evidence of increased mutation rates at microsatellite loci in offspring of A-bomb survivors. *Radiat. Res.*, 2010, Vol. 173, No 2, pp. 205-213.
10. Котеров, А.Н. Дети участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции. Сообщение 1. Оценка принципиальной возможности зарегистрировать радиационные эффекты / А.Н. Котеров, А.П. Бирюков // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. – 2012. – Т. 57, № 1. – С. 58–79.
11. Кошурникова, Н.А. Характеристика когорт работников атомного предприятия ПО «Маяк» (часть II) / Н.А. Кошурникова [и др.] // *Вопросы радиационной безопасности*. – 1998. – № 3. – С. 48–58.
12. Ширяева, Л.В. Эндокринная патология и её последствия в детском возрасте / Л.В. Ширяева, Д.И. Зелинская // *Детская больница*. – 2011. – № 3. – С. 50–55.
13. Кошурникова, Н.А. Характеристика регистра лиц, проживающих в детском возрасте вблизи ПО «Маяк» / Н.А. Кошурникова [и др.] // *Мед. радиология и радиац. безопасность*. – 2003. – № 2. – С. 27–34.
14. Koshurnikova N.A. Characteristics of the cohort of workers at the Mayak nuclear complex. *Radiat Res.*, 1999, Vol.152, No 4, pp. 352-363.
15. Vasilenko E. [et al.]. Mayak Worker Dosimetry Study: an Overview. *Health Physics*, 2007, Vol. 93, No 3, pp. 190-206.
16. Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем, десятый пересмотр (МКБ-Х), Том 1. – М.: Медицина, 1998. – 741 с.
17. Буреева, Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «Statistica» / Н.Н. Буреева. – Ниж. Новгород: Нижний Новгород, 2007. – 112 с.
18. Онищенко, Г.Г. Комментарии к Нормам радиационной безопасности (НРБ – 99/2009) / Г.Г. Онищенко [и др.]. – СПб.: НИИРГ, 2012. – 216 с.
19. Витебская, А.В. Ожирение и его осложнения в педиатрической практике / А.В. Витебская, К.В. Пятницкая // *Сеченовский вестник*. – 2016. – № 2 (24). – С. 4–7.
20. Витебская, А.В. Вторичные эндокринопатии: перспективное направление в детской эндокринологии / А.В. Витебская // *Доктор.Ру*. – 2013. – № 9 (87). – С. 26–29.

Поступила: 16.10.2017 г.

**Соснина Светлана Фаридовна** – кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории радиационной эпидемиологии Южно-Уральского института биофизики Федеральное медико-биологическое агентство России, Озёрск, Россия. **Адрес для переписки:** 456780 Челябинская область, г. Озёрск, Озёрское шоссе, 19. E-mail: sosnina@subi.su

**Окатенко Павел Викторович** – руководитель группы компьютерного и программного обеспечения лаборатории радиационной эпидемиологии Южно-Уральского института биофизики Федеральное медико-биологическое агентство России, Озёрск, Россия.

**Для цитирования:** Соснина С.Ф., Окатенко П.В. Эндокринно-обменная патология у детей работниц атомного производства // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 4. – С. 59-66.

**DOI:** 10.21514/1998-426X-2017-10-4-59-66.

## Endocrine-metabolic pathology in children of female workers on nuclear industry enterprise

Svetlana F. Sosnina, Pavel V. Okatenko

Southern Urals Biophysics Institute of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Ozyorsk, Russia

*The study of deviations in health status of children whose parents were exposed to radiation on production enterprise is important for radiation safety of people of reproductive age and their subsequent generations. The purpose of the study: the analysis of endocrine-metabolic pathology in the offspring of female workers of nuclear production, which had accumulated preconceptual doses of external gamma-irradiation. Material and methods: Retrospective data analysis of medical records of 650 children under 15 years old was carried out, 130 of whom were the offspring of mothers exposed to radiation in the workplace. Methods of nonparametric statistics were applied. To identify latent factors, factor analysis by the main component method was used. Results: The range of preconceptive doses of external gamma irradiation to mothers' gonads was 0.09–3523.7 mGy, the average absorbed dose for gonads was 423.2±52.2 mGy. The structure of the class «Endocrine, nutritional and metabolic diseases» among the descendants of irradiated and intact mothers did not significantly differ. There was predominance of rickets, malnutrition among infants in both groups. Iodine-deficiency-related thyroid disorders were most frequently recorded in the structure of thyroid gland diseases without statistically significant differences in the groups. The gender dependence was noted: endocrine-metabolic pathology occurred in girls by 1.8 times more often than among boys. Frequent occurrence of polyopathies and secondary endocrine pathology were indicated in the group of children of irradiated mothers. Factor analysis in study group identified four factors characterizing the antenatal period in children (19.4% of the variance), obstetric-gynecologic anamnesis (14.1% of the variance), mothers' bad health habits (10.6% of the variance) and preconceptional external gamma-radiation exposure of female workers (9.6% of the variance). Conclusion: The features identified in the analysis of endocrine-metabolic pathology in offspring of irradiated mothers may be useful for medical monitoring of children health status in this risk group. Increase in the observation period and in the number of children whose mothers were exposed to radiation in the workplace is necessary for further epidemiological study of the parental exposure contribution to postnatal pathology in the offspring.*

**Key words:** Endocrine-metabolic pathology, children, preconceptual exposure, PA Mayak, factor analysis.

### References

1. Ermalitskiy A.P., Lyaginskaya A.M. Development of a Modern System of Protection of Gonads and Fetus in International Recommendations (ICRP) and Domestic Radiation Safety Standards. *Meditinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical radiology and radiation safety*, 2012, Vol. 57 (4): 5-12 (In Russian).
2. Bezlepkin V.G. [et al.]. Delayed and Transgenerational Molecular and Genetic Effects of Prolonged Influence of Ionizing Radiation in Nuclear Plant Workers. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya = Radiation biology. Radioecology*, 2011, Vol.51 (1): 20-32 (In Russian).
3. Baleva L.S. [et al.]. Cytogenetic effects and possibilities of their transgenerational transfer in the generations of persons living in radionuclide polluted areas after the Chernobyl accident. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii = Russian Bulletin of perinatology and pediatrics*, 2016, 3: 87-94 (In Russian).
4. Sipyagina A.E., Baleva L.S., Suskov I.I. Characteristics of somatic health of children from families irradiated as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant. *Medico-biological effects of radiation: Conference Proceeding*. 2012 April 10-11, Moscow, 2012, 22 p. (In Russian).
5. Dudareva Ju.A., Guryeva V.A., Megrelidze E.V. Fetal programming of the descendants' health as the consequence of the damaging radiation effect. *Zdorovye i obrazovanie v XXI veke = Health and Education millennium*, 2017; Vol. 19 (10): 59-61 (In Russian).

**Svetlana F. Sosnina**

Southern Urals Biophysics Institute.

**Address for correspondence:** Ozerskoe shosse, 19, Ozersk 456780, Chelyabinsk region, Russia; E-mail: sosnina@subi.su

6. Baleva L.S. [et al.]. Morphofunctional changes of the thyroid gland in children exposed to x-rays as a result of the Chernobyl nuclear power plant accident and children born by exposed parents. *Voprosy prakticheskoy pediatrii = Clinical Practice in Pediatrics*, 2012; Vol. 7 (4): 13-16 (In Russian).
7. Pivina L.M. [et al.]. Characteristics of comorbid cardiovascular and endocrine pathology in the offspring of the people exposed to radiation. *Nauka i zdravookhranenie = Science & Healthcare*, 2013; 4: 17-9 (In Russian).
8. Draper G. Preconception exposures to potential germ-cell mutagens. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 2008, 132 (2): 241-5.
9. Kodaira M. [et al.]. No evidence of increased mutation rates at microsatellite loci in offspring of A-bomb survivors. *Radiat. Res.*, 2010, 173(2): 205-13.
10. Koterov A.N., Biryukov A.P. The Offspring of Liquidators of Chernobyl Atomic Power Station Accident 1. The Estimation of the Basic Opportunity to Register of Radiation Effects. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical radiology and radiation safety*, 2012; Vol. 57 (1): 58-79 (In Russian).
11. Koshurnikova N.A. [et al.]. Description of the Cohort of the Nuclear Industry Enterprise «Mayak» PA (Part II). *Voprosy radiatsionnoy bezopasnosti = Radiation Safety Problems*, 1998; Vol. 3: 48-58 (In Russian).
12. Shiryayeva L.V., Zelinskaya D.I. Endocrine pathology and its consequences in childhood. *Detskaya bolnitsa = Children Hospital*, 2011; 3: 50-55 (In Russian).
13. Koshurnikova N.A. [et al.]. Characteristics of the Registry of People WHO Lived near Mayak PA as Children. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical radiology and radiation safety*, 2003; 2: 27-34 (In Russian).
14. Koshurnikova N.A. [et al.]. Characteristics of the cohort of workers at the Mayak nuclear complex. *Radiat Res.*, 1999, Vol.152 (4): 352-63.
15. Vasilenko E.K. [et al.]. Mayak Worker Dosimetry Study: an Overview. *Health Physics*, 2007, Vol. 93(3): 190-206.
16. International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, Tenth Revision (ICD-X), Vol. 1. Moscow. *Meditsina = Medicine*, 1998, 741 p. (In Russian).
17. Bureeva N.N. Multivariate statistical analysis using the «Statistica» software package. Nizhniy Novgorod, 2007, 112 p. (In Russian).
18. Onishchenko G.G. [et al.]. Comments to Standards of radiation safety (NRB – 99/2009). Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Saint-Petersburg, 2012, 216 p. (In Russian).
19. Vitebskaya A.V., Pyatnitskaya K.V. Obesity Complications in Pediatric Practice. *Sechenovskiy vestnik = Sechenovskiy Vestnik*, 2016; 2(24): 4-7 (In Russian).
20. Vitebskaya A.V. Secondary Endocrine Disorders: Developing a Promising Subspecialty in Pediatric Endocrinology. *Doktor. Ru*, 2013; 9 (87): 26-9 (In Russian).

Received: October 16, 2017

**For correspondence: Svetlana F. Sosnina** – Candidate of Medical Science, Researcher, Radiation Epidemiology Laboratory, Southern Urals Biophysics Institute of the Federal Medical and Biological Agency of Russia (Ozerskoe shosse, 19, Ozersk 456780, Chelyabinsk region, Russia; E-mail: sosnina@subi.su)

**Pavel V. Okatenko** – Head, Computer and Software Group, Radiation Epidemiology Laboratory, Southern Urals Biophysics Institute of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Ozersk, Russia

**For citation: Sosnina S.F., Okatenko P.V. Endocrine-metabolic pathology in children of female workers on nuclear industry enterprise. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene**, 2017, Vol. 10, No 4, pp. 59-66. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-4-59-66.