

© Чернова Г.В., Сидоров В.В., Сидоров П.В., Ширяева Л.В., 2021

УДК 613.16:57.044+539.1:582.263

Варьирование показателей физического развития новорождённых детей как проявление адаптивной самоорганизации их систем к изменяющимся условиям среды обитания

Г.В. Чернова¹, В.В. Сидоров¹, П.В. Сидоров¹, Л.В. Ширяева²

¹Научно-образовательный центр биофизических исследований ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского» Минобрнауки России, ул. Степана Разина, д. 26, г. Калуга, 248023, Российская Федерация

²ГБУЗ Калужской области «Детская городская больница» Минздрава России, Вилонова ул., д. 27, г. Калуга 248023, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* В настоящее время накоплены литературные данные об изменчивости антропометрических характеристик новорожденных в период их антенатального развития в условиях неблагоприятного влияния факторов среды обитания. *Цель исследования* состояла в изучении сопряженности между проявлением параметров физического развития новорожденных детей в разное время их антенатального развития и изменчивостью эколого-климатических условий среды обитания. *Материалы и методы.* Антропометрические измерения новорожденных проводились в родильном помещении сразу после их рождения, а затем оценивались по эколого-климатическим характеристикам дородового периода в разное время их антенатального развития. *Результаты.* В период антенатального развития плода выявлено влияние разнообразного типа эколого-климатических характеристик, в том числе радиационного фактора, оказавших воздействие на антропометрические характеристики новорожденных детей, обследованных нами. Наблюдалось количественное разнообразие признаков. Особенно «чувствительное» влияние комплекса ЭЖХ происходило на уровне параметров массы тела. При этом фенотипический анализ позволил установить существенное влияние атмосферного давления на формирование массы тела. Эффекты радиационного воздействия в большей степени были сопряжены с проявлением воздействия и средовых (при суммарной радиации – в 57,3 % случаев, ультрафиолетовой – 67,8 %), и генетических факторов (соответственно в 42,7 % и 32,2 % случаев). *Выводы.* Выявленные генотип-средовые эффекты влияния ЭЖХ свидетельствуют о необходимости продолжения лонгитудинальных наблюдений с применением цитогенетического анализа в процессе роста обследованных детей.

Ключевые слова: новорождённые дети, физическое развитие, изменчивость, эколого-климатические характеристики, генотип-средовые эффекты.

Для цитирования: Чернова Г.В., Сидоров В.В., Сидоров П.В., Ширяева Л.В. Варьирование показателей физического развития новорождённых детей как проявление адаптивной самоорганизации их систем к изменяющимся условиям среды обитания // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 28–34. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-28-34>

Информация об авторах:

✉ Сидоров Павел Владимирович – к.б.н., ст. н.с. Научно-образовательный центр биофизических исследований ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского» Минобрнауки России; e-mail: Pavel.sidorov@fels.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7643-3596>.

Чернова Галина Васильевна – д.б.н., профессор, директор Научно-образовательного центра биофизических исследований ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского» Минобрнауки России; e-mail: chernova.klg@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6961-2417>.

Сидоров Валентин Владимирович – аспирант кафедры общей биологии и безопасности жизнедеятельности Научно-образовательного центра биофизических исследований ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского» Минобрнауки России; e-mail: sidorov.klg@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1512-4300>.

Ширяева Людмила Викторовна – к.м.н., врач высшей категории, зав. Научно-методическим отделом ГБУЗ Калужской области «Детская городская больница» Минздрава России; e-mail: schiryaevalv@kdgb.org; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7987-5202>.

Variation of Indicators of Newborn Physical Development as a Manifestation of Adaptive Self-Organization of Their Systems to Changing Environmental Conditions

G.V. Chernova,¹ V.V. Sidorov,¹ P.V. Sidorov,¹ L.V. Shiryayeva²

¹Scientific and Educational Center for Biophysical Research, Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky of the Russian Ministry of Education and Science, 26 Stepan Razin Street, Kaluga, 248023, Russian Federation

²Children's City Hospital, State Budgetary Healthcare Institution of the Kaluga Region of the Russian Ministry Health, 27 Vilonov Street, Kaluga, 248023, Russian Federation

Summary. *Introduction:* Many published data on variability of anthropometric characteristics of newborns related to the influence of adverse environmental factors during their antenatal development have been accumulated by now. The *purpose* of our work was to study the relationship between certain parameters of antenatal physical development of newborns and varying environmental and climatic conditions. *Materials and methods:* Anthropometric measurements were taken in the delivery room immediately after birth and then assessed against environmental and climatic characteristics of the antenatal period. *Results:* We established the relationship between the exposure to different environmental and climatic factors, including radiation, during the antenatal period and anthropometric characteristics of the examined newborns. We observed a quantitative variety of signs and found that the body mass was most “sensitive” to the impact of adverse environmental factors. At the same time, the phenogenetic analysis helped establish a significant effect of atmospheric pressure on the body mass. The effects of radiation exposure were, to a greater extent, associated with the signs of influence of both environmental (including the total and ultraviolet radiation – in 57.3 % and 67.8 % of cases, respectively) and genetic factors (in 42.7 % and 32.2 % of cases, respectively). *Conclusion:* The established genotype-environment effects of exposures to changing environmental and climatic conditions prove the importance of continuing longitudinal observations of the examined infants using a cytogenetic analysis.

Keywords: newborn, physical development, variability, environmental and climatic conditions, genotype-environment effects.

For citation: Chernova GV, Sidorov VV, Sidorov PV, Shiryayeva LV. Variation of indicators of newborn physical development as a manifestation of adaptive self-organization of their systems to changing environmental conditions. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (2(335)):28–34. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-28-34>

Author information:

✉ Pavel V. Sidorov, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Scientific and Educational Center for Biophysical Research, Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky of the Russian Ministry of Education and Science; e-mail: Pavel.sidorov@fels.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7643-3596>.

Galina V. Chernova, D.Biol.Sc., Professor, Director, Scientific and Educational Center for Biophysical Research, Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky of the Russian Ministry of Education and Science; e-mail: chernova.klg@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6961-2417>.

Valentin V. Sidorov, Postgraduate, Department of General Biology and Life Safety, Scientific and Educational Center for Biophysical Research, Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky of the Russian Ministry of Education and Science; e-mail: sidorov.klg@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1512-4300>.

Lyudmila V. Shiryaeva, Candidate of Medical Sciences, Head of the Scientific and Methodological Department, Children's City Hospital, State Budgetary Healthcare Institution of the Kaluga Region of the Russian Ministry Health; e-mail: schiryaeva@kdgb.org; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7987-5202>.

Введение. Из классических научных работ (1971–1999 гг.) К.В. Судакова, в том числе его труда «Теория функциональных систем»¹, следует, что с ранних стадий антенатального развития формирование человеческого организма и его функций сопряжено с процессами адаптивной самоорганизации. Это происходит при реализации генетической информации на уровне экспрессии генома оплодотворенной яйцеклетки. При этом начинают синтезироваться биологически активные вещества: информационные молекулы, в частности олигопептиды и белки. Они определяют рост и дифференцировку тканей, а также их объединение в органы.

Одновременно с этими процессами в соответствующих тканях образуются специфические рецепторы. Воздействие информационных молекул на эти рецепторы обуславливает необходимую интеграцию часто удаленных друг от друга органов и тканей. В результате совместной их деятельности осуществляются специальные функции органов, которые приводят к определенным приспособительным результатам. При этом на основе образующихся связей формируются специальные функциональные системы развивающегося организма, обеспечивающие оптимальный функциональный уровень компонентов его внутренней среды.

К заключительному (280-му) дню антенатального развития в основном сформированы специальные рецепторы внешней среды. Они ориентированы на восприятие различных внешних средовых воздействий и образование полезных приспособительных результатов у новорожденных детей.

Они достигаются в процессах активного взаимодействия с факторами внеутробной среды обитания и направлены на формирование ведущих биологических потребностей организма. Происходящие изменения сопровождаются сменой взаимоотношений между различными структурами развивающегося организма и закономерными непрерывными преобразованиями протекающих с их участием процессов. Особенности изменений, проявляемые на уровне физиологических и морфологических признаков, является основой периодизации индивидуального развития^{2,3,4,5}.

При этом выработанные в ходе эволюции механизмы адаптивных реакций для поддержания динамического баланса в организме могут подвергаться корректировке. Она происходит на уровне регуляторных процессов при изме-

няющихся соотношениях неблагоприятных факторов, которые могут влиять на развитие детей во внутриутробном периоде и при их рождении [1], отражая эффекты средовых воздействий [2–4], в том числе разных типов излучения. Одним из главных природных источников их колебаний является изменение солнечной активности [5, 6].

При обсуждении эффектов влияния факторов среды обитания на внутриутробно развивающийся организм важно было учитывать сведения о том, что, по данным статистики, в мире около 12 % детей появляются на свет с врожденными аномалиями развития (ВАР) [7, 8]. Их проявление занимает 2–3 место в структуре перинатальной смертности. Из-за ВАР и хромосомных аномалий прерывается более 4 тысяч беременностей [9, 10]. Увеличение цитогенетических изменений наблюдается вследствие поврежденной молекулы ДНК при облучении организма в критические периоды раннего онтогенеза [11–13]. При этом регистрируется увеличение числа недоношенных и маловесных детей.

Цель данной работы состояла в изучении сопряженности между проявлением параметров физического развития новорожденных детей в разное время их антенатального развития и изменчивостью эколого-климатических условий среды обитания.

Материалы и методы исследования. Приведены результаты сравнительного анализа показателей физического развития детей начала их лонгитудинального наблюдения (оно продолжается и в настоящее время), рожденных в разные месяцы 2011/12 года). Их внутриутробное развитие проходило с августа 2010 г. по июль 2011 г. в начале 24 цикла СА в период происходящего «роста». Обследованные новорожденные дети составили 24 группы: 12 групп мальчиков и 12 групп девочек. Средняя статистически групповая численность мальчиков составила 91 ± 2 , девочек – 88 ± 1 . Ее репрезентативность определялась с учетом требований к объему выборочной совокупности:

Биометрический анализ полученных данных проводили с учетом требований к объему выборочной совокупности, который определяли по формуле:

$$n = (t \times \delta^2) / \Delta^2, \text{ где}$$

n – объем выборочной совокупности,

t – нормированное отклонение, с которым связан тот или иной уровень значимости,

¹ Судаков К.В. Теория функциональных систем / Под ред. Нувахова Б.Ш. М., 1996. 95 с.

² Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология: Физиология развития ребенка. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 416 с.

³ Сергеева К.М., Смирнова Н.Н., Суровцева А.П. Физиология и патология периода новорожденности. СПб: Изд-во СПб ГМУ, 2008. 22 с.

⁴ Смирнов В.М. Нормальная физиология / Под ред. В.М. Смирнова (3-е изд., перераб. и доп). М.: Издательский центр «Академия», 2010. С. 480.

⁵ Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная. М.: Изд-во «Спорт», 2016. 624 с.

δ^2 – выборочная дисперсия,

$\Delta = tm$ – величина, определяющая границы доверительного интервала (m – ошибка репрезентативности выборочной средней).

Формирование групп здоровых новорожденных детей проводили с учетом результатов клинической оценки их состояния по шкале Апгар при рождении на первой и пятой минуте жизни. В совокупность группы отбирались дети, родители которых относились только к популяции европеоидной расы, проживали в сходных в социокультурном и бытовом контексте экологических условиях, чтобы в последующем можно было оценить влияние факторов среды обитания природного происхождения на развивающийся организм.

Особенности физического развития новорожденных детей выявлялись при измерении обязательного набора показателей для антропометрического скрининга – массы (МТ) и длины тела (ДТ), окружности грудной клетки (ОГК) и головы (ОГ) в родильном зале сразу после рождения в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения⁶.

При изучении изменчивости антропометрических признаков оценивались показатели среды обитания на уровне эколого-климатических характеристик атмосферы в 2010–2012 гг. [14–15]. При этом применялись современные методические подходы [13].

Основу количественной характеристики факторов среды обитания для каждой группы детей в зависимости от времени их рождения (месяцы календарного года) составили результаты метеорологических исследований атмосферы МГУ [10–12, 17].

Города Калуга и Москва представляют Центральный регион Российской Федерации, что позволило нам использовать результаты, полученные учеными МГУ, для составления

необходимых таблиц и последующего графического представления данных в зависимости от времени рождения развивающихся внутриутробно детей. В связи с этим приводим результаты изучения возможных отклонений в формировании физического статуса здоровых детей в процессе их антенатального развития при изменении условий среды обитания.

Статистическая оценка результатов исследования была направлена на получение показателей согласно теории репрезентативности: средних величин, раскрывающих тенденцию развития признаков; разнообразия, отражающего проявление их генетически обусловленной изменчивости; распределения объектов в зависимости от величины изучаемых признаков; t -распределения с учетом значений нормированного отклонения, которое было на уровне нормального типа; репрезентативности с оценкой достоверности при расчете критериев Стьюдента, χ^2 -квадрат, Фишера⁷. Наряду с использованием классических методов в их компьютерных вариантах, в том числе регрессионного (на уровне различий двух рядов регрессии) и корреляционного анализа, основывались на современных исследовательских технологиях [13, 14].

Результаты и обсуждение. Изменчивость эколого-климатических характеристик (ЭКХ) во все периоды антенатального развития детей приведены на рис. 1. Они суммарно характеризуют «дозу» влияния указанного фактора на детей, рожденных в каждый месяц календарного года.

Максимальная (max) суммарная величина температуры воздуха, сопровождавшая внутриутробное развитие детей, родившихся в январе и декабре, минимальная (min) – родившихся в июне, различались в 7,8 раза. Мах атмосферного давления в мае и июне превышал min

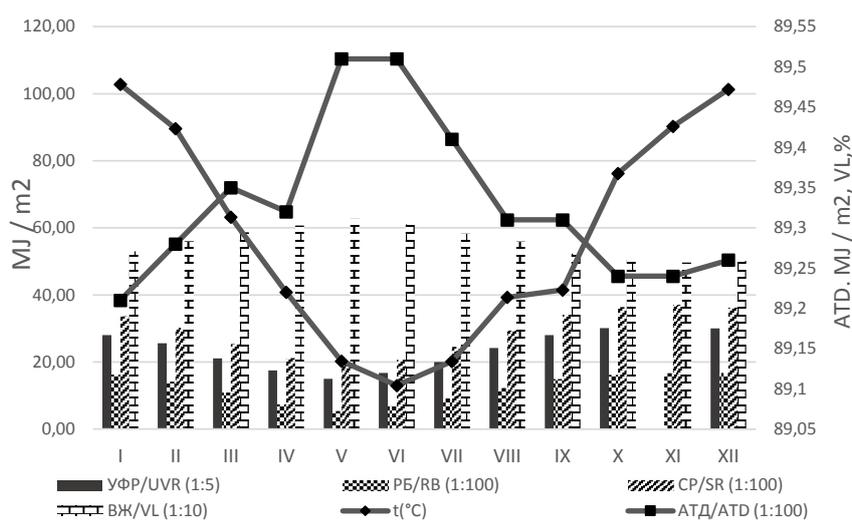


Рис. 1. Изменчивость эколого-климатических характеристик (ЭКХ) во все периоды антенатального развития детей

Fig. 1. Variability of environmental and climatic characteristics during all periods of the antenatal development of children

Примечание. На рис. 1–3 приведены ряды изменчивости эколого-климатических показателей (ЭКП): температуры воздуха (t , °C), атмосферного давления (АТД, МДж/м²), влажности воздуха (ВЖ, %), суммарной радиации СР, МДж/м², радиационного баланса РБ, МДж/м², ультрафиолетовой радиации 300–380 нм (УФР, МДж/м²).

Note. Figures 1–3 show the series of variability of environmental and climatic indicators: air temperature (t , °C), atmospheric pressure (АТД, MJ/m²), air humidity (VL, %), total radiation (SR, MJ/m²), radiation balance (RB, MJ/m²), ultraviolet radiation 300–380 nm (UVR, MJ/m²).

⁶ Нормы для оценки роста детей. [Электронный ресурс] режим доступа: <https://www.who.int/childgrowth/standards/ru/>

⁷ Петри А., Сэбин К. Наглядная медицинская статистика. М.: ГЭОТАРМедиа, 2015. С. 216.

его величины в октябре и ноябре на 30 гПа. Предельные значения влажности воздуха в мае и июне (max) были на 110 % выше октябрьских и ноябрьских. Мах суммарной радиации с октября по декабрь был в 2 раза выше min в мае. Мах (в январе, октябре, декабре) радиационного баланса в 3 раза превышал min (в мае).

На рис. 1 показаны значения ЭКП, суммарно отражающие их величину в период всей продолжительности антенатального развития (АР). Например, суммарный показатель $t^{\circ}\text{C}$ воздуха по отношению к детям, рожденным в январе, составил наибольшую величину (102,8 $^{\circ}\text{C}$). Их внутриутробное развитие проходило с апреля по декабрь. Символ (:) указывает, что суммарная величина большинства ЭКП уменьшена в определенное количество раз. Для получения фактического значения, соответственно, ее показатель необходимо увеличить в такое же число раз. Из результатов, представленных на рис. 1, следует, что наблюдалось проявление сезонной изменчивости всех ЭКП. Они количественно выражались в колебаниях ВЖ воздуха, суммарно составляющих по отношению к детям, рожденным в каждый месяц зимы, 531 \pm 20 %, весны – 607 \pm 14 % ($p < 0,01$), лета – 584 \pm 17 %, осени – 508 \pm 9 % ($p < 0,001$). При этом средняя t воздуха варьировала от 98 \pm 4 $^{\circ}\text{C}$ в зимние месяцы до 41 \pm 15 $^{\circ}\text{C}$ ($p < 0,001$) – в весенние. Внутриутробное развитие детей, рожденных летом, проходило при 24 \pm 9 $^{\circ}\text{C}$, осенью – при 69 \pm 17 $^{\circ}\text{C}$ ($p < 0,05$ по сравнению с весенним значением). Уровни АД составляли: зимой – 892,5 \pm 0,3 МДж/м²; весной – 893,9 \pm 0,7 МДж/м² ($p < 0,05$); летом – 894,1 \pm 0,7 МДж/м²; осенью – 892,6 \pm 0,3 МДж/м² ($p < 0,05$).

При изучении влияния радиационного фона на развивающийся организм было обращено внимание на изменчивость СР – суммарной радиации, величина которой определяется [18] суммой рассеянной радиации (рассеянной атмосферой и облаками) и прямой радиации, которая не была рассеяна при прохождении лучей через атмосферу. Суммарное значение СР составляло зимой 3336,3 \pm 206,8 МДж/м², весной – 2184,0 \pm 221,6 МДж/м² ($p < 0,001$); летом – 2483,7 \pm 297,9 МДж/м²; осенью – 3585,7 \pm 99,3 МДж/м² ($p < 0,001$).

СР является «ключевой» частью РБ – радиационного баланса. Он представляет собой разность между приходом и расходом лучистой энергии, поглощаемой и излучаемой поверхностью Земли. Для зимнего анализируемого нами времени РБ был на уровне 1571,0 \pm 86,6 МДж/м²; весеннего – 788,7 \pm 189,0 МДж/м² ($p < 0,001$); летнего – 940,3 \pm 184,9 МДж/м²; осеннего – 1593,0 \pm 58,9 МДж/м² ($p < 0,001$). Межсезонные колебания УФР 300–380 нм выражались следующим образом: для зимы – 138,7 \pm 8,4 МДж/м²; весны – 89,3 \pm 10,4 МДж/м² ($p < 0,001$); лета – 101,6 \pm 12,7 МДж/м, осени – 147,9 \pm 4,4 МДж/м² ($p < 0,001$).

Варьирование всех типов ЭКП, определивших суммарную «дозу» их влияния в течение всего антенатального развития детей, рожденных в определенный месяц календарного года, отразилось на изменчивости параметров антропометрических признаков (АП) массы и длины тела (табл. 1). Данные рис. 1 и табл. 1 свидетельствуют о сопряженной зависимости

между величиной ЭКП и АП. Как показал регрессионный анализ, при сравнении рядов изменчивости двух признаков эта зависимость проявлялась в разном функциональном формате: на уровне прямой или обратной регрессионной зависимости или в ее отсутствии.

Для количественной оценки взаимосвязи между ЭКП и АП был проведен корреляционный анализ, результаты которого отражены в табл. 2. Они характеризуют значительную зависимость формирования массы тела от величины изменчивости воздействующего фактора среды обитания при положительной зависимости массы тела от температуры воздуха и ультрафиолетовой радиации, отрицательные (r) – при варьировании атмосферного давления и влажности воздуха. При этом наибольшие гендерные различия проявлялись при изменчивости радиационных показателей. Другим признаком, значимо зависящим от влияния факторов среды обитания, было формирование окружности грудной клетки.

В первые дни антенатального развития, на стадии бластогенеза и раннего эмбриогенеза, такие факторы среды природного происхождения, как $t^{\circ}\text{C}$ воздуха, АД, оказывали отрицательное влияние на формирование массы тела, в дополнение к ним все типы радиации с гендерным эффектом – на формирование длины тела. Этот эффект проявляли $t^{\circ}\text{C}$ воздуха, РБ, УФР, влиявшие на формирование окружности грудной клетки.

В заключительном периоде антенатального развития (в течение 9-го месяца) и в первые часы жизни новорожденных детей проявлялось сопряженное изменение массы тела и всех эколого-климатических характеристик на уровне значимой для организма регрессионной зависимости (рис. 1, табл. 1). Статистически она выражалась в большей степени в виде высоких значений коэффициента корреляции. При этом важные для определения гармоничности физического развития признаки (длина тела и окружность грудной клетки не проявляли такой «чувствительности» к воздействию факторов среды обитания природного происхождения. Исключение составило варьирование длины тела (роста) мальчиков по отношению к изменчивости величины радиационного баланса.

Таким образом, на фоне сезонной изменчивости природных факторов среды обитания происходило развитие человека в течение всего антенатального периода; формирование морфологических структур, созревание тканей и органов, реализация их функциональной активности, самоорганизация систем адаптации и защиты от воздействующих факторов.

Выводы

1. В периоде антенатального развития обследованных нами новорожденных детей наблюдалось варьирование эколого-климатических характеристик (ЭКХ) среды обитания с особенностями их проявления. Эти особенности выразились в количественном разнообразии всех, в том числе предельных, значений ЭКХ.

2. С учетом предельных суммарных значений ЭКХ происходила коррекция реализации эволюционно и генетически закрепленных контролирующих механизмов развития организма. Особенно «чувствительное» влияние

Таблица 1. Межгрупповая изменчивость показателей физического развития новорожденных мальчиков (♂) и девочек (♀) в зависимости от времени рождения (месяцы года)

Table 1. Intergroup differences in measurements of physical development of newborn boys (♂) and girls (♀) by the month of birth

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	X	XI	XII
МТ (♂)	(**)	(**)	(*)			(**)	(**)(***)	*				(***)
ВМ (♂)	3,682 ± 0,048	3,587 ± 0,051	3,550 ± 0,081	3,457 ± 0,078	3,464 ± 0,088	3,349 ± 0,068	3,321 ± 0,073	3,620 ± 0,094	3,577 ± 0,063	3,600 ± 0,080	3,495 ± 0,057	3,617 ± 0,037
МТ (♀)		(**)				(**)					(*)	
ВМ (♀)	3,363 ± 0,073	3,515 ± 0,061	3,418 ± 0,085	3,460 ± 0,060	3,374 ± 0,051	3,272 ± 0,077	3,400 ± 0,076	3,421 ± 0,070	3,420 ± 0,059	3,481 ± 0,087	3,508 ± 0,088	3,415 ± 0,052
ДТ (♂)	(***)	***(*)	(**)	(*)			(***)	(***)				(*)
ВЛ (♂)	0,540 ± 0,002	0,530 ± 0,002	0,530 ± 0,004	0,530 ± 0,003	0,530 ± 0,004	0,530 ± 0,004	0,520 ± 0,004	0,540 ± 0,004	0,530 ± 0,004	0,530 ± 0,004	0,530 ± 0,004	0,530 ± 0,002
ДТ (♀)		*(**)	*	*	**		(**)	*	*			(**)
ВЛ (♀)	0,520 ± 0,003	0,530 ± 0,003	0,520 ± 0,004	0,530 ± 0,003	0,520 ± 0,002	0,520 ± 0,005	0,520 ± 0,002	0,530 ± 0,004	0,520 ± 0,003	0,520 ± 0,004	0,520 ± 0,004	0,520 ± 0,002
ОГК(♂)		***						**	***	**	***	***
СС (♂)	0,350 ± 0,002	0,340 ± 0,001	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,003	0,340 ± 0,003	0,350 ± 0,001	0,340 ± 0,002	0,350 ± 0,002	0,340 ± 0,001	0,350 ± 0,001
ОГК(♀)						(***)*	**				*(***)	**
СС (♀)	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,003	0,340 ± 0,001	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,002	0,330 ± 0,002	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,003	0,340 ± 0,002	0,350 ± 0,003	0,340 ± 0,001
ОГК/ДТ (♂)												
СС/ВЛ (♂)	0,643 ± 0,004	0,648 ± 0,004	0,644 ± 0,004	0,651 ± 0,009	0,645 ± 0,006	0,652 ± 0,009	0,655 ± 0,011	0,646 ± 0,006	0,648 ± 0,008	0,648 ± 0,011	0,653 ± 0,006	0,650 ± 0,006
ОГК/ДТ (♀)								(***)		(***)		
СС/ВЛ (♀)	0,653 ± 0,007	0,650 ± 0,006	0,650 ± 0,002	0,652 ± 0,006	0,644 ± 0,009	0,659 ± 0,006	0,654 ± 0,010	0,639 ± 0,006	0,647 ± 0,015	0,677 ± 0,005	0,656 ± 0,005	0,654 ± 0,005

Примечание: Символы антропометрических признаков: МТ (масса тела), ДТ (длина тела), ОГК (окружность грудной клетки), ОГК/ДТ (индекс – отношение ОГК к ДТ). Достоверность показана на уровне последовательного сравнения групп (без скобок), с общей средней величиной (в скобках), межгрупповых различий (двойных скобках) при $p < 0.05$ – *, $p < 0.01$ – **, 0.001 – ***.

Note: Statistical significance is demonstrated at the level of sequential comparison of groups (without brackets), with the total average value (in brackets), intergroup differences (in double brackets) at $p < 0.05$ – *, $p < 0.01$ – **, and 0.001 – ***.

Abbreviations: BM, body mass; BL, body length; CC, chest circumference.

Таблица 2. Количественная характеристика взаимосвязи между варьированием параметров физического развития новорожденных мальчиков (♂) и девочек (♀) и изменчивостью эколого-климатических показателей (ЭКП) в течение всего периода антенатального развития – АР (1), его первых 30 дней (2) и последних 30 дней (3)

Table 2. Quantitative characteristics of the relationship between the variation of physical development measurements in newborn boys (♂) and girls (♀) and variability of environmental and climatic indices during the entire period of antenatal development – AD (1), its first (2) and last 30 days (3)

	Антропометрические признаки / Anthropometric measurements	Эколого-климатические показатели в течение всего АР / Environmental and climatic conditions throughout AD											
		t, °C		АТД / AP		ВЖ / RH		СР / TR		РБ / RB		УФР / UVR	
		♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
1	МТ / ВМ	0,74	0,52	-0,63	-0,50	-0,58	-0,47	0,46	0,25	0,49	0,26	0,40	0,51
	ДТ / ВЛ	0,34	НП / NF	НП / NF	НП / NF	НП / NF	0,25	0,25	-0,20	0,30	НП / NF	НП / NF	0,20
	ОГК / СС	0,46	0,49	НП / NF	0,20	НП / NF	0,53	0,52	0,53	0,52	0,51	0,52	0,52
2	Эколого-климатические показатели в начале АР / Environmental and climatic conditions at the beginning of AD												
	МТ / ВМ	-0,24	-0,26	-0,82	-0,20	-0,22	НП / NF	НП / NF					
	ДТ / ВЛ	НП / NF	0,37	-0,24	-0,30	НП / NF	НП / NF	НП / NF	0,30	НП / NF	0,40	НП / NF	0,32
	ОГК / СС	-0,38	-0,41	НП / NF	НП / NF	НП / NF	НП / NF	НП / NF	НП / NF	-0,59	НП	-0,32	-0,20
3	Эколого-климатические показатели в последние месяцы АР (перед рождением) / Environmental and climatic conditions in the last month of AD (before birth)												
	МТ / ВМ	-0,67	0,46	-0,71	0,20	0,92	0,43	-0,59	-0,31	-0,59	-0,31	-0,77	-0,54
	ДТ / ВЛ	-0,26	НП / NF	НП / NF	0,20	0,20	НП / NF	-0,35	НП / NF	0,73	НП / NF	-0,28	НП / NF
	ОГК / СС	НП / NF	-0,43	НП / NF	НП / NF	0,38	0,42	-0,37	НП / NF	-0,23	0,20	-0,37	-0,54

Примечание: Цифровые значения коэффициента корреляции r отражают уровень взаимосвязи между признаками. Приведены только достоверные значения r. НП – сопряжённость между признаками не проявилась.

Note: Values of the correlation coefficient r reflect the level of the relationship. Only significant r values are presented.

Abbreviations: BM, body mass; BL, body length; CC, chest circumference; AP, atmospheric pressure; RH, relative humidity; TR, total radiation; RB, radiation balance; UVR, ultraviolet radiation; NF, no relationship found.

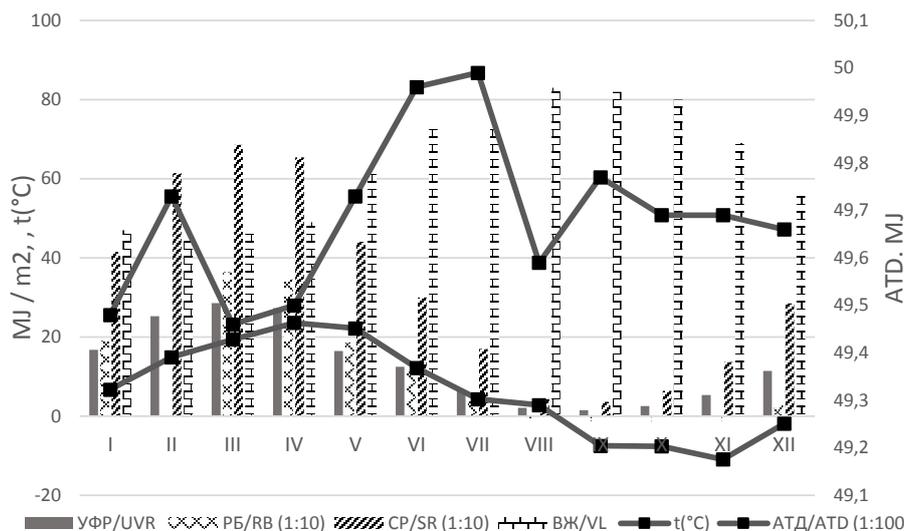


Рис. 2. Значения эколого-климатических показателей, характеризующих состояние атмосферы в начале антенатального периода: бластогенеза (с момента оплодотворения до 15 дня и первых 15 дней эмбриогенеза)
Fig. 2. Environmental and climate conditions at the beginning of antenatal period: blastogenesis (from the moment of fertilization to the fifteenth day and the first 15 days of embryogenesis)

Abbreviations: UVR, ultraviolet radiation; RB, radiation balance; SR, total radiation; VL, relative humidity; ATD, atmospheric pressure.

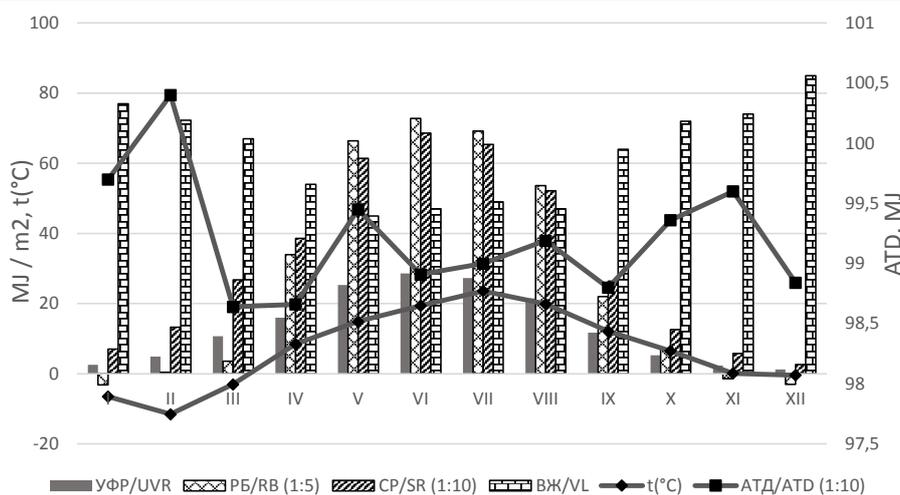


Рис. 3. Значения эколого-климатических показателей, отражающих состояние атмосферы в заключительные дни антенатального развития и первые часы после рождения
 Остальные обозначения представлены в примечании рис. 1

Fig. 3. Environmental and climate indices in the last days of the antenatal development and first hours of life.
 See notes to Fig. 1 for the legend

этого сложного комплекса воздействующих факторов происходило на уровне формирования такого антропометрического параметра, как масса тела. Этот признак включает множество активных клеток и, соответственно, всю активную клеточную массу, определяющую контроль и функционирование тканей, органов, систем и развитие всего организма, в том числе формирование его адаптационной системы. Новорожденные дети, антенатальное развитие которых проходило в разные месяцы при не одинаковом влиянии факторов среды обитания, проявляли различия по всем антропометрическим признакам.

3. Проведенный нами феногенетический анализ в соответствии с концепцией наследования количественных признаков показал, что воздействие разных эколого-климатических факторов реализуется в контексте генотип-средовых эффектов. Например, изменение массы

тела в случае влияния атмосферного давления определялось в основном влиянием этого фактора. Эффекты радиационных воздействий были сопряжены с влиянием других ЭКХ (в 53,26 % случаев при изменении уровня суммарной радиации и 67,79 % – ультрафиолетовой). Учитывая актуальные научные сведения о влиянии малых доз радиации, в том числе о том, что они могут вызывать повреждения ДНК различного характера (абберации хромосомного и хроматидного типа), необходимо продолжать лонгитудинальные наблюдения с применением цитогенетического анализа у обследованных нами детей.

4. Индекс отношения окружности грудной клетки к длине тела в изученных группах новорожденных детей статистически не различался.

Информация о вкладе авторов: Чернова Г.В. – научное обоснование, научное обеспечение всех этапов исследований с использованием современ-

ных технологий и научно-методического анализа их результатов; Сидоров В.В. — анализ изменчивости эколого-климатических характеристик атмосферы в различные периоды антенатального развития новорожденных детей; Сидоров П.В. — методология и методика биометрического анализа данных в связи реализацией цели исследования; Ширяева Л.В. — организационно-методическое обеспечение исследований при современном подходе к условиям соблюдения биомедицинской этики.

Финансирование: работа не имела спонсорской поддержки, никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы (пп. 11–13 см. References)

1. Иванов Д.О., Петренко Ю.В., Федосеева Т.А. Анализ историй болезней детей, находившихся на лечении в отделении патологии новорожденных // Вестник современной клинической медицины. 2013. Т. 6, № 6. С. 29–35.
2. Антонова И.А., Богачева Е.В., Китаева Ю.Ю. Роль экзогенных факторов в формировании врожденных пороков развития // Экология человека. 2010. № 6. С. 30–35.
3. Устинова О.Ю., Пермьяков И.А. Влияние факторов среды обитания на формирование аномалий развития у детей, проживающих в зоне воздействия предприятий нефтеперерабатывающего комплекса // Вестник Пермского университета. 2012. № 1. С. 64–67.
4. Белова В.Н., Марков Д.С. Влияние атмосферного давления на организм человека // Успехи современного естествознания. 2013. № 8. С. 72.
5. Бруевич Е.А., Якунина Г.В. Циклическая активность Солнца по наблюдениям индексов на разных временных шкалах // Вестник Московского Университета. Серия 3: Физика. Астрономия. 2015. № 4. С. 66–74.
6. Коротаев А.В., Билюга С.Э., Малков С.Ю. и др. О солнечной активности как важном факторе социально-политической дестабилизации // История и современность. 2016. № 2(24). С. 180–209.
7. Абдулнагимов И.Г., Сулейманов Р.А. Здоровье детского населения, проживающего в районе размещения Башкирского биохимкомбината в постэксплуатационном его периоде // Экология человека, 2008. № 2. С. 17–21.
8. Верзилина И.Н., Агарков Н.М., Чурносов М.И. Распространенность и структура врожденных аномалий развития у новорожденных детей г. Белгорода Педиатрия, 2009. Т. 87. № 2. С. 151–154.
9. Антонов О.В. Оценка риска для здоровья человека как путь к снижению врожденной и наследственной патологии // Гигиена и санитария. 2006. № 3. С. 4–6.
10. Антонов О.В. Проблемы изучения экологической ситуации как фактора риска дисэмбриогенеза // Экология человека, 2007. № 8. С.24–26.
14. Беликов И.Б., Горбаренко Е.В., Еремина И.Д. и др. Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2010 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ / Под ред. Н.Е. Чубаровой М.: МАКС Пресс. 2011. 180 с.
15. Беликов И.Б., Горбаренко Е.В., Елохов А.С. и др. Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2011 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ / Под ред. Н.Е. Чубаровой М.: МАКС Пресс, 2012. 230 с.
16. Беликов И.Б., Горбаренко Е.В., Еремина И.Д. и др. Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2012 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ / Под ред. Н.Е. Чубаровой М.: МАКС Пресс, 2013. 207 с.
17. Доброхотов А.В. Определение пространственного распределения суммарной радиации в зависимости от типов и количества облачности с использованием спутниковых данных фактора мутности Линке и цифровой модели рельефа // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета гео-систем и технологий). 2018. Т. 23. № 4. С. 33–45.

References

1. Ivanov DO, Petrenko YuV, Fedoseeva TA. Analysis of case histories of children receiving treatment at the department of pathology of the newborn. *Vestnik Sovremennoy Klinicheskoy Meditsiny*. 2013; 6(6):29–35. (In Russian).
2. Antonova IV, Bogacheva EV, Kitayeva YuYu. Role of exogenous factors in malformations formini. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2010; (6):30–35. (In Russian).
3. Ustinova OYu, Permyakov IA. Impact of habitat factors on congenital abnormality of development in children residing in areas of influence oil-processing complex. *Vestnik Permskogo Universiteta*. 2012; (1):64–67. (In Russian).
4. Belova VN, Markov DS. [The influence of atmospheric pressure on the human body.] *Uspekhi Sovremennogo Estestvoznaniya*. 2013; (8):72. (In Russian).
5. Bruevich EA, Yakunina GV. The cyclic activity of the Sun from observations of the activity indices at different time scales. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 3: Fizika. Astronomiya*. 2015; (4):66–74. (In Russian).
6. Korotaev AV, Bilyuga SE, Malkov SYu, et al. [About solar activity as a possible factor of socio-political destabilization.] *Istoriya i Sovremennost'*. 2016; (2(24)):180–209. (In Russian).
7. Abdunagimov IG, Sulejmanov RA. Children's population health living in area of the Bashkir biochemical industry after his closing. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2008; (2):17–21. (In Russian).
8. Verzilina IN, Agarkov NM, Churnosov MI. [Prevalence and structure of congenital developmental anomalies in newborns in Belgorod.] *Pediatrics*. 2009; 87(2):151–154. (In Russian).
9. Antonov OV. Assessment of a risk to health as a way of reducing congenital and hereditary pathology in children. *Gigiena i Sanitariya*. 2006; (3):4–6. (In Russian).
10. Antonov OV. Research problems in ecological situation as disembiogenesis risk factors. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2007; (8):24–26. (In Russian).
11. Lindberg HK, Wang X, Jarventaus H, et al. Origin of nuclear buds and micronuclei in normal and folate-deprived human lymphocytes. *Mutat Res*. 2007; 617(1-2):33–45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2006.12.002>
12. Okamura M, Watanabe T, Kashida Y, et al. Possible mechanisms underlying the testicular toxicity of oxfendazole in rats. *Toxicol Pathol*. 2004; 32(1):1–8. DOI: <https://doi.org/10.1080/01926230490260655>
13. Vrijheld M, Martines D, Manzanares S, et al. Ambient air pollution and risk of congenital anomalies: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2011; 119(5):598–606. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.1002946>
14. Belikov IB, Gorbarenko EV, Eremina ID, et al. [Environmental and climate characteristics of the atmosphere in 2010 according to the measurements of the Meteorological Observatory of Moscow State University.] Chubarova NE, editor. Moscow: MAX Press Publ., 2011. 180 p. (In Russian).
15. Belikov IB, Gorbarenko EV, Elokho AS, et al. [Environmental and climate characteristics of the atmosphere in 2011 according to the measurements of the Meteorological Observatory of Moscow State University.] Chubarova NE, editor. Moscow: MAX Press Publ., 2012. 230 p. (In Russian).
16. Belikov IB, Gorbarenko EV, Eremina ID, et al. [Environmental and climate characteristics of the atmosphere in 2012 according to the measurements of the Meteorological Observatory of Moscow State University.] Chubarova NE, editor. Moscow: MAX Press Publ., 2013. 207 p. (In Russian).
17. Dobrokhoto AV. Estimation of the global radiation spatial distribution depending on forms and amount of clouds with the satellite data of Linke turbidity coefficient and digital elevation model. *Vestnik SGUGIT*. 2018; 23(4):33–45. (In Russian).