

УДК 613.1:616-053.6

МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ 14-ЛЕТНИХ ПОДРОСТКОВ ВЫСОКИХ И СРЕДНИХ ШИРОТ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ К ТЕХНОГЕННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ СЕЛИТЕБНЫХ ЗОН (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

© 2018 г. ¹Д. А. Кузнецова, ²Е. Н. Сизова, ^{1,3}В. И. Циркин¹ФГБОУ «Вятский государственный университет», г. Киров;²ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет», г. Киров;³ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет», г. Казань

Проведен обзор данных литературы по адаптации подростков к высокому уровню техногенного загрязнения с учетом географической широты места проживания. Для этого сравнили показатели физического развития, уровень здоровья, а также состояние системы транспорта кислорода и иммунной системы подростков, проживающих с момента рождения в средних широтах или на Европейском Севере в условиях высокого или низкого уровня техногенного загрязнения. Приводятся результаты собственных исследований авторов данной статьи по четырем группам 14-летних подростков (девочек и мальчиков), проживающих с момента рождения соответственно в четырех населенных пунктах (Седью, Яранск, Ухта и Киров), удовлетворяющим заданным условиям. Установлено, что механизмами адаптации подростков к высокому уровню техногенного загрязнения селитебных зон является усиление эритропоэза и усиление иммунного надзора, а платой за адаптацию – изменение темпов физического развития, снижение уровня здоровья, снижение содержания моноцитов. Показано, что механизм адаптации подростков к проживанию на Европейском Севере в условиях низкого уровня техногенного загрязнения состоит в усилении иммунного надзора, а платой за адаптацию является снижение количества эритроцитов.

Ключевые слова: адаптация, подростки, Европейский Север, техногенное загрязнение

ADAPTATION MECHANISMS OF 14-YEAR ADOLESCENTS LIVING IN HIGH AND MIDDLE LATITUDES OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA TO TECHNOGENIC POLLUTION OF SETTLEMENT ZONES (LITERATURE REVIEW)

¹D. A. Kuznetsova, ²E. N. Sizova, ^{1,3}V. I. Cirkin¹Vyatka State University, Kirov; ²Kirov State Medical University, Kirov;³Kazan State Medical University, Kazan, Russia

The review of literature data on adolescents' adaptation to a high level of technogenic pollution, taking into account the geographic latitude of the residence was made. For this purpose, we compared physical development indices, physical health level, as well as the state of the oxygen transport system and the immune system of adolescents living since birth in the middle latitudes or in the European North in conditions of high or low levels of technogenic pollution. The results of the authors' own research were presented. The surveyed 14-year-olds (girls and boys) were divided into four groups, living in four settlements (Sedyu, Yaransk, Ukhta and Kirov) since birth and meeting the specified conditions. It was stated that adaptation mechanisms of 14-year-olds to the high level of technogenic pollution of residential areas were strengthening of erythropoiesis and immune surveillance, and payment for adaptation was a change in physical development rates, a decrease in physical health level and decrease in the monocyte content. It was shown that the mechanism of adaptation of 14-year-olds for residence in the European North in conditions of low level of technogenic pollution consisted in immune surveillance strengthening, and the payment for adaptation was the reduction of red blood cells.

Key words: adaptation, adolescents, European North, technogenic pollution

Библиографическая ссылка:

Кузнецова Д. А., Сизова Е. Н., Циркин В. И. Механизмы адаптации 14-летних подростков высоких и средних широт европейской части России к техногенному загрязнению селитебных зон (обзор литературы) // Экология человека. 2018. № 10. С. 15–23.

Kuznetsova D. A., Sizova E. N., Cirkin V. I. Adaptation Mechanisms of 14-Year Adolescents Living in High and Middle Latitudes of the European Part of Russia to Technogenic Pollution of Settlement Zones (Literature Review). *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 10, pp. 15-23.

Вопрос о механизмах адаптации организма человека к условиям длительного проживания на территориях с высоким уровнем техногенного загрязнения изучается многими авторами [1, 9, 17, 25, 33, 35, 38]. Преимущественно исследования касаются людей, проживающих в средних широтах [1, 9, 11, 13, 15, 33, 38, 39] и значительно реже — в условиях Европейского Севера [25, 26, 40]. Авторы использовали

различные показатели и методики, а исследуемые относились к разным возрастным группам. Поэтому до настоящего времени в литературе нет четкого представления о механизмах адаптации подростков к высокому уровню техногенного загрязнения в селитебной зоне, учитывающих географическую широту места их проживания, возраст и пол. Вопрос о механизмах адаптации организма к проживанию в

условиях Европейского Севера при низком уровне техногенного загрязнения тоже нельзя считать окончательно решенным [1, 7, 8, 14].

Классические работы по адаптации пришлого населения к неблагоприятным факторам Европейского Севера (низкие температуры, полярный день, полярная ночь, минимальная напряженность магнитного поля Земли, сильные ветра) предполагают, что адаптация происходит на протяжении 15–20 лет в три фазы [1, 8, 14]. Первая фаза, или начальная стадия акклиматизации, продолжается до 0,5 года и характеризуется рассогласованием многих физиологических функций. Вторая фаза, или фаза перестройки динамического стереотипа, длится 2–3 года, характеризуется нормализацией и синхронизацией механизмов, отвечающих за постоянство состава и свойств внутренней среды. Третья фаза, или фаза устойчивой акклиматизации, протекает 10–15 лет и характеризуется стабилизацией состояния организма. Формирование «структурного следа адаптации» к условиям проживания в высоких широтах, в том числе на Европейском Севере, по данным многих авторов [5, 10, 27, 28, 31], проявляется в изменении состояния больших полушарий и подкорковых вегетативных центров, усилении теплопродукции и снижении теплоотдачи, изменении предпочтения пищевых продуктов, активации антиоксидантной системы, изменении эндокринной системы (в частности, повышении продукции гормонов щитовидной железы), уменьшении возможности кислородтранспортной системы (за счет снижения количества эритроцитов и гемоглобина) и напряжении иммунной системы (судя по уменьшению количества палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов в лейкоцитарной формуле, снижению общего и относительного содержания моноцитов и повышению содержания эозинофилов, хотя у части людей наблюдается снижение), изменении свертываемости крови, изменении состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем, характер которого зависит от фазы адаптации. По нашему мнению, внутриутробное развитие плода не зависит от географической широты, на которой оно протекает, а постнатальное развитие с момента рождения ребенка зависит от климатогеографических факторов и уровня техногенного загрязнения селитебной зоны и других факторов. Поэтому организм подростка можно расценивать как организм «пришлого» человека и очевидно, что с этих позиций вся жизнь подростка — это процесс адаптации к конкретным условиям среды обитания. Исходя из такого постулата, срез физиологических показателей, например, у 14-летних подростков, должен отражать финальную стадию совершенной адаптации, т. е. третью фазу. Поэтому сравнение одновозрастных детей и подростков (с учетом пола), проживающих на различных территориях (по географической широте и по уровню техногенного загрязнения) позволяет оценить механизмы адаптации к высокому уровню техногенного загрязнения в селитебной зоне и плату за нее. С этих позиций и построен наш обзор данных

литературы [1, 16, 25, 33, 35, 38, 39, 41], в том числе отражающих результаты наших исследований [17–20, 34]. Таким образом, цель обзора — сформулировать представление о механизмах адаптации организма подростка к высокому уровню техногенного загрязнения в селитебной зоне и о «плате» за адаптацию. В нашей статье мы считали возможным ограничиться данными по физическому развитию подростков, уровню их здоровья, а также по состоянию системы транспорта кислорода и иммунной системы, сделав акцент на 14-летних девочках и мальчиках, проживающих на определенной территории с момента рождения (Европейский Север или средние широты) при низком или высоком уровне техногенного загрязнения. Выбор возраста определялся тем, что указанные выше сведения о 14-летних подростках можно получать по результатам диспансерного наблюдения, проводимого для этих подростков по единой методике, определенной Минздравом России [29].

Критерии выбора территорий по уровню техногенного загрязнения

Анализ литературы [3, 9, 11, 25, 33, 35, 41–46] показывает, что основные загрязнители атмосферного воздуха селитебных зон крупных городов — это взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, оксид азота, формальдегид и бенз(а)пирен. Их источниками, как известно, являются предприятия по производству электро- и тепловой энергии (пара и горячей воды), пути передачи энергии [30], предприятия по обработке древесины [6], металлургическое производство [12], наземный транспорт [39], химическое производство [39], включая нефтепереработку [2]. Однако во многих анализируемых нами работах уровень техногенного загрязнения характеризовался без указаний на концентрацию основных загрязняющих веществ [3, 13, 22, 24, 33, 37], а комплексная детальная оценка загрязнения представлена лишь в отдельных работах [15, 37, 38], в том числе и наших [17–20, 34]. Отметим, что многие авторы для обозначения территории с низким или высоким уровнем техногенного загрязнения используют термины соответственно «экологически благоприятный район (ЭБР)» и «экологически неблагоприятный район (ЭНБР)» [4, 12, 13, 15, 37–39, 42, 44].

Наш подход к изучению механизмов адаптации к высокому уровню техногенных загрязнений базируется на пяти положениях. 1. Загрязняющими веществами в селитебных зонах являются взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, оксид азота, формальдегид и бенз(а)пирен. 2. Каждый анализируемый район постоянного (с момента рождения) проживания подростков должен быть охарактеризован по концентрации перечисленных выше загрязняющих веществ уполномоченным государственным органом. 3. Для оценки влияния высокого уровня техногенного загрязнения необходимо найти два населенных пункта — с высоким уровнем техногенного загрязнения и с низким уровнем техногенного загрязнения (район сравнения), которые бы не отличались друг от друга по климати-

ческим, социально-экономическим, демографическим и другим характеристикам. 4. Для исследования влияния высокого уровня техногенного загрязнения на организм подростка с учетом географической широты места проживания (например, Европейский Север в сравнении со средними широтами) необходимо сравнить подростков как минимум четырех населенных пунктов, из которых в каждом регионе один населенный пункт — это район с высоким уровнем техногенного загрязнения, а другой — с низким уровнем техногенного загрязнения. 5. В каждом исследуемом районе оценку следует проводить отдельно для мальчиков и девочек одной и той же возрастной группы.

Для своих исследований мы выбрали четыре района, два — в условиях Европейского Севера (п. Седью и г. Ухта), два — в средних широтах (гг. Яранск и Киров). При этом Седью и Яранск мы рассматривали как территории с низким уровнем техногенного загрязнения, а Ухту и Киров — как территории с высоким уровнем техногенного загрязнения. Такая градация территорий определялась прежде всего наличием или отсутствием действующих промышленных предприятий и подтверждалась оценкой (по официальным документам) загрязнения воздуха по шести перечисленным выше загрязняющим веществам, концентрация которых была соотнесена с предельно допустимой концентрацией (ПДК) [18]. Отметим, что согласно нормативным документам [32] основным регулятором качества атмосферного воздуха населенных пунктов являются гигиенические нормативы — ПДК. Нами установлено, что в Кирове имеет место превышение ПДК по бенз(а)пирену (в 1,9 раза) и формальдегиду (в 2,0 раза), а в Ухте — по бенз(а)пирену (в 1,4 раза), в то время как в Яранске и Седью все показатели были в пределах ПДК [19]. Это подтверждает правильность предложенной нами градации населенных пунктов. Отметим, что по климатическим, социально-экономическим и демографическим показателям, а также по уровню медицинского обслуживания Седью существенно не отличался от Ухты, а Яранск — от Кирова.

Для исключения воздействия климатического фактора считали целесообразным помимо сведений о влиянии высокого уровня техногенного загрязнения на организм подростков, проживающих в средних широтах или на Европейском Севере, приводить сведения по влиянию на организм подростка условий проживания на Европейском Севере, но при низком уровне техногенного загрязнения.

Влияние техногенного загрязнения на физическое развитие подростков

Средние широты. Высокий уровень техногенного загрязнения. Данные литературы о влиянии высокого уровня техногенного загрязнения на длину тела подростков неоднозначны. По одним данным, длина тела возрастает [16], по другим — не меняется [24–39] либо даже снижается [3, 15]. По нашим данным, длина тела у мальчиков возрастает, а у девочек не меняется [19]. В отношении массы тела сведения

также противоречивы, по одним данным, масса тела повышается [16], по другим — не меняется [33] или даже снижается [3, 15]. Нами установлено, что масса тела у девочек снижается, а у мальчиков не меняется [19]. Сведения, касающиеся изменения показателей артериального давления (систолического, диастолического, среднего и пульсового), также малочисленны и неоднозначны. Так, сообщается о снижении систолического давления у девочек [13, 33]. По нашим данным, систолическое давление снижается и у девочек, и у мальчиков [19]. По данным литературы, индекс Кетле и индекс Рорера не изменяются под влиянием высокого уровня техногенных загрязнений [33], что подтверждено и нами [19]. Диастолическое давление, по одним данным, снижается у девочек [14], по другим — не меняется ни у девочек, ни у мальчиков [36]. Нами установлено, что диастолическое давление снижается и у девочек, и у мальчиков [20]. Среднее артериальное давление, по одним данным, у девочек снижается [13], а по другим — не изменяется [33]. Мы установили, что среднее артериальное давление снижается у мальчиков и не меняется у девочек [19]. Пульсовое давление, по одним данным не изменяется у девочек [13], а по другим — снижается и у девочек, и у мальчиков [33]. Нами выявлено, что пульсовое давление не меняется ни у девочек, ни у мальчиков [19]. Ряд авторов отмечает снижение темпов полового развития у подростков под влиянием высокого уровня техногенного загрязнения [13, 39].

Европейский Север. Низкий уровень техногенного загрязнения. В литературе отсутствуют данные о влиянии проживания на Европейском Севере с низким уровнем техногенного загрязнения на физическое развитие 14-летних подростков. Однако есть сведения (к сожалению, не учитывающие уровня техногенной загрязненности) о снижении длины тела и увеличении массы тела у подростков [25, 27]. Нами показано [19], что проживание на Европейском Севере с низким уровнем загрязнения не влияет на физическое развитие подростков — подростки Седью не отличались статистически значимо от подростков Яранска по всем показателям, характеризующим физическое развитие.

Европейский Север. Высокий уровень техногенного загрязнения. По данным Т. Б. Лебедевой и А. Н. Баранова [21], проживание на Европейском Севере при высоком уровне техногенного загрязнения снижает длину тела у девочек. Мы подтвердили это наблюдение и одновременно установили, что проживание в этих условиях у девочек повышает массу тела [19] и массо-ростовой индекс [19], а у мальчиков снижает массо-ростовой индекс, но не изменяет длину и массу тела, значения индексов Кетле и Рорера. И у девочек, и у мальчиков показатели артериального давления были такими же, как у сверстников из Седью [19], что согласуется и с данными Ю. Г. Солониной с соавт. [36].

Таким образом, влияние высокого уровня техногенного загрязнения на физическое развитие 14-летних

подростков зависит от географической широты места проживания и пола — в средних широтах имеет место замедление темпов физического развития у девочек и мальчиков, что мы расцениваем как плату за адаптацию, а на Европейском Севере наблюдается ускорение темпов физического развития у девочек и отсутствие его у мальчиков. Полагаем, что выявляемые изменения темпов физического развития являются результатом изменения темпов полового созревания под влиянием высокого уровня техногенного загрязнения (их снижение в средних широтах и ускорение — в высоких широтах у девочек).

Уровень здоровья, определяемый по группам здоровья

Средние широты. Высокий уровень техногенного загрязнения. В литературе сообщается о снижении наполненности I группы здоровья среди подростков под влиянием высокого уровня техногенного загрязнения [3, 37, 41]. Относительно наполненности II и III групп здоровья данные литературы неоднозначны [3, 37, 41]. Нами [20], как и Е. Н. Сизовой, С. Н. Родыгиной [33], установлено, что наличие высокого уровня техногенного загрязнения в условиях проживания в средних широтах, судя по наполненности I группы здоровья, не влияет существенно на уровень здоровья девочек и мальчиков, хотя среди девочек отмечено повышение наполненности II группы здоровья [20, 33] и снижение наполненности III группы при неизменности наполненности IV и V групп здоровья [20]. У мальчиков наполненность всех пяти групп здоровья не менялась [20, 33]. В целом полагаем, что, судя по наполненности I группы здоровья, проживание в средних широт при высоком уровне техногенного загрязнения не влияет на уровень здоровья и девочек, и мальчиков.

Европейский Север. Низкий уровень техногенного загрязнения. Сведений литературы по этому вопросу не найдено. По нашим данным [20], проживание на Европейском Севере при низком уровне техногенного загрязнения не изменяет наполненности всех пяти групп здоровья у девочек и мальчиков, т. е. не влияет на уровень здоровья.

Европейский Север. Высокий уровень техногенного загрязнения. Сведений литературы по этому вопросу не найдено. По нашим данным [20], высокий уровень техногенного загрязнения у девочек и мальчиков снижает наполненность I группы здоровья за счет повышения наполненности II группы, что расценивается нами как снижение уровня здоровья.

Таким образом, проживание на протяжении 14 лет девочек и мальчиков при высоком уровне техногенного загрязнения не влияет на их уровень здоровья в условиях средних широт, но снижает уровень здоровья у девочек и мальчиков на Европейском Севере. Это снижение мы расцениваем как плату за адаптацию.

Показатели красной крови

Средние широты. Высокий уровень техногенного загрязнения. Сведений литературы по этому вопросу не найдено. По нашим данным [34], наличие

высокого уровня техногенного загрязнения в условиях проживания в средних широтах у всех подростков, т. е. независимо от пола, повышает концентрацию гемоглобина, количество эритроцитов и снижает СОЭ.

Европейский Север. Низкий уровень техногенного загрязнения. Данные литературы неоднозначны, согласно одним, проживание на Европейском Севере повышает у подростков концентрацию гемоглобина и количество эритроцитов, а по данным других, оно не влияет на концентрацию гемоглобина ни у девочек, ни у мальчиков [35]. Нами установлено [34], что проживание на Европейском Севере при низком уровне техногенного загрязнения не влияет на исследуемые показатели красной крови.

Европейский Север. Высокий уровень техногенного загрязнения. Установлено [35], в том числе и нами [34], что проживание подростков на территории с высоким уровнем техногенного загрязнения на Европейском Севере повышает концентрацию гемоглобина у девочек и мальчиков, повышает количество эритроцитов (только у мальчиков) и повышает содержание гемоглобина в эритроците у девочек. Нами также показано, что в этих условиях СОЭ не меняется ни у девочек, ни у мальчиков. [34]

Таким образом, проживание в условиях Европейского Севера при низком уровне техногенного загрязнения не сопровождается активацией эритропоэза у подростков и не изменяет, если судить по СОЭ, свойств эритроцитов. В то же время наличие высокого уровня техногенного загрязнения на обеих территориях повышает концентрацию гемоглобина в крови, что можно расценивать как ответ организма на техногенную гипоксию в виде усиления эритропоэза. Характер этого ответа, т. е. структурный след адаптации, зависит от пола и места проживания. Действительно, в условиях средних широт у девочек и мальчиков адаптация происходит за счет повышения продукции нормохромных эритроцитов, а в условиях Европейского Севера либо таким же способом как в средних широтах (мальчики), либо за счет продукции гиперхромных эритроцитов (девочки). Мы полагаем, что причиной возникновения техногенной гипоксии у подростков является наличие в селитебной зоне загрязняющих веществ, особенно канцерогенов, которые, как известно [10], способствуют нарушению АТФ-синтезирующей функции митохондрий. Нами также показано, что под влиянием высокого уровня техногенного загрязнения СОЭ может снижаться (средние широты), либо не меняться (Европейский Север). С учетом данных литературы [47] не исключаем, что снижение СОЭ отражает влияние глюкокортикоидов (как гормонов адаптации) на состояние Са-чувствительных калиевых каналов (Гардош-каналов) эритроцитов.

Показатели белой крови

Средние широты. Высокий уровень техногенного загрязнения. Данные литературы об изменении показателей белой крови противоречивы [9, 11]. В частности, есть сведения о снижении количества

лимфоцитов [9] либо, наоборот, об их повышении [11]. Нами установлено [17], что в этих условиях повышается количество лейкоцитов (у девочек и мальчиков), возрастает относительное содержание лимфоцитов (только у мальчиков) и абсолютное содержание лимфоцитов (у девочек и мальчиков), но снижается абсолютное и относительное содержание моноцитов (и у девочек, и у мальчиков).

Европейский Север. Низкий уровень техногенного загрязнения. По данным литературы, проживание в условиях Европейского Севера при низком уровне техногенного загрязнения повышает абсолютное содержание лимфоцитов [23]. Мы установили [17], что проживание в этих условиях не влияет ни у девочек, ни у мальчиков на количество лейкоцитов, на относительное содержание лимфоцитов, а также на относительное и абсолютное содержание моноцитов, но, как отмечено и в литературе, повышает абсолютное содержание лимфоцитов.

Европейский Север. Высокий уровень техногенного загрязнения. Согласно данным литературы, проживание подростков в этих условиях повышает количество лейкоцитов и снижает относительное содержание моноцитов [23], а также снижает абсолютное содержание лимфоцитов, но повышает относительное содержание лимфоцитов [43]. Нами показано [17], что проживание на Европейском Севере при высоком уровне техногенного загрязнения в селитебной зоне повышает абсолютное содержание лимфоцитов (у девочек) и относительное содержание лимфоцитов (у девочек и мальчиков), но не изменяет у всех подростков количества лейкоцитов, а также относительного и абсолютного содержания моноцитов. Наличие высокого уровня техногенного загрязнения преимущественно проявилось в росте относительного и абсолютного содержания лимфоцитов.

Таким образом, изменение показателей белой крови под влиянием высокого уровня техногенного загрязнения зависит от географической широты места проживания и пола. В частности, и на Европейском Севере, и в средних широтах возрастает количество лимфоцитов (вероятнее всего, Т-лимфоцитов). Этот рост мы рассцениваем как один из механизмов адаптации к высокому уровню техногенного загрязнения, который направлен на ликвидацию клеток, повреждаемых загрязняющими веществами. В условиях средних широт под влиянием высокого уровня техногенного загрязнения возрастает число лейкоцитов. Этот феномен мы также рассцениваем как механизм адаптации, в основе которого лежит рост лейкопоэза, вследствие чего повышается не только количество лимфоцитов, но, вероятно, и нейтрофилов, как структур, осуществляющих неспецифический иммунитет. Отсутствие этого механизма адаптации в условиях Европейского Севера (Ухта), вероятнее всего, обусловлено более низким уровнем техногенного загрязнения по сравнению со средними широтами (Киров). Кроме того, у подростков, проживающих в средних широтах под влиянием высокого уровня техногенного загрязнения,

снижается абсолютное и относительное содержание моноцитов. Для подростков Ухты этого не выявлено. Мы рассцениваем снижение абсолютного и относительного содержания моноцитов как плату за адаптацию, в том числе за адаптацию к наличию в среде канцерогенных веществ, в частности бенз(а)пирена и формальдегида, уровень которых в Кирове превышал ПДК соответственно в 1,9 и 2,0 раза (в Ухте эти показатели составили соответственно 1,4 и 0,7), так как согласно данным А. В. Полетаевой и соавт. [28], наличие асептического воспаления, вызываемого канцерогенами, снижает содержание моноцитов и повышает число лейкоцитов.

Заключение

Итак, механизмы адаптации 14-летних подростков к высокому уровню техногенного загрязнения селитебных зон, так же как и плата за эту адаптацию, зависят от географической широты места проживания и пола. Среди механизмов адаптации выявлено: 1) усиление эритропоэза как компенсация техногенной гипоксии (на Европейском Севере — у девочек за счет продукции гиперхромных эритроцитов, а у мальчиков за счет повышения продукции нормохромных эритроцитов; в средних широтах — и у девочек, и у мальчиков за счет повышения продукции нормохромных эритроцитов), 2) усиление иммунного надзора (на обеих территориях, у всех подростков), выражающееся в повышении абсолютного и относительного содержания лимфоцитов. В качестве платы за адаптацию к высокому уровню техногенного загрязнения селитебных зон мы рассматриваем такие феномены, как: 1) изменение темпов физического развития (на Европейском Севере — ускорение у девочек; в средних широтах — снижение у девочек и мальчиков); 2) снижение уровня здоровья (только на Европейском Севере, у девочек и мальчиков); 3) снижение содержания моноцитов (только в средних широтах, у девочек и мальчиков).

Показано, что механизм адаптации 14-летних подростков к проживанию на Европейском Севере в условиях низкого уровня техногенного загрязнения состоит в усилении иммунного надзора у девочек и мальчиков, которое, однако, выражено в меньшей степени, чем при высоком уровне техногенного загрязнения в этом же регионе, а платой за адаптацию является снижение количества эритроцитов, которое выявлено только у мальчиков.

В целом полагаем, что при изучении процессов адаптации организма подростков к действию высокого уровня техногенных загрязнений в селитебной зоне необходим учет широты места проживания и пола.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Жвавый Н. Ф., Ананьев В. Н. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: эколого-физиологические механизмы. М.: КРУК, 1998. 240 с.
2. Айдов А. А., Ажиева Г. У. Анализ источников выбросов вредных веществ в атмосферу, приводящих к усугублению экологической обстановки в зоне влияния НГДУ

«Жайкнефть» // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 6. С. 1–6.

3. *Аманкельдиева Г. М.* Показатели здоровья и физического развития учащихся школ нового типа в условиях техногенного загрязнения окружающей среды // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2011. № 3. С. 112–117.

4. *Богатырев В. С., Циркин В. И., Сюткин В. М.* Окружающая среда и здоровье человека. Киров: Кировский филиал Санкт-Петербургского гуманитарного университета профсоюзов, Диамант, 2009. 216 с.

5. *Варламова Н. Г.* Изменение функционального состояния сердечно-сосудистой системы у жителей Севера // Научно-аналитические материалы по районированию Севера России. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2004. С. 42–43.

6. *Грибанова О. В., Грибанова С. М.* Оценка воздействия на атмосферу выбросов вредных веществ от предприятий деревообрабатывающей промышленности // Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2011. № 4 (13). С. 65–71.

7. *Гудков А. Б., Мосягин И. Г., Иванов В. Д.* Характеристика фазовой структуры сердечного цикла у новобранцев учебного центра ВМФ на Севере // Военно-медицинский журнал. 2014. Т. 335, № 2. С. 58–59.

8. *Деряпа Н. Р., Неверова Н. П., Барбашева З. И.* Экологическая физиология человека. Ч. 2. Адаптация человека к различным климатогеографическим условиям. Л.: Наука, 1980. 549 с.

9. *Долгих О. В., Зайцева Н. В., Тырыкина Т. И., Кривцов А. В., Лыхина Т. С., Шаклеина С. М., Дергачева О. И.* Оценка противинфекционного иммунитета у детей в условиях комбинированного воздействия химических и биологических факторов // Медицинская иммунология. 2006. № 8 (2–3). С. 367.

10. *Евдокимов В. Г., Рогачева О. В., Варламова Н. Г.* Модулирующее влияние факторов Севера на кардиореспираторную систему человека в онтогенезе. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 258 с.

11. *Зайцева Н. В., Дианова Д. Г., Долгих О. В.* Особенности реактивности лимфоцитов в условиях экспозиции тяжелыми металлами // Вестник НГУ. Серия: Биология, клиническая медицина. 2012. № 10 (2). С. 129–132.

12. *Захаренков В. В., Олещенко А. М., Стуржинов Д. В., Кислицина В. В., Корсакова Т. Г.* Воздействие атмосферных выбросов на состояние здоровья населения центра металлургии // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 1–2. С. 157–158.

13. *Кайсина И. Г.* Половое и физическое развитие девушек и его зависимость от сезона года и техногенных факторов: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Киров, 2003. 20 с.

14. *Коган А. Б.* Экологическая физиология человека. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1990. 264 с.

15. *Корсаков А. В., Михалев В. П., Трошин В. П.* Сравнительная оценка физического развития и состава периферической крови детей на экологически неблагополучных территориях Брянской области // Здоровоохранение Российской Федерации. 2011. № 2. С. 37–41.

16. *Кувичкина М. В., Гусарова С. Е.* Формирование уровня физического здоровья и заболеваемость школьников в условиях техногенного загрязнения окружающей среды // Вестник Брянского государственного университета. 2011. № 4. С. 177–179.

17. *Кузнецова Д. А., Сизова Е. Н., Циркин В. И.* Влияние техногенного загрязнения атмосферного воздуха на содержание лейкоцитов, лимфоцитов и моноцитов в крови у 14-летних подростков, проживающих на Европейском Севере и в средних широтах // Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского. 2015. Т. 94, № 6. С. 176–181.

18. *Кузнецова Д. А., Сизова Е. Н., Циркин В. И.* Выбор населённых пунктов в качестве модели изучения влияния техногенных и климатогеографических факторов на человека // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 2. С. 34.

19. *Кузнецова Д. А., Сизова Е. Н., Циркин В. И.* Особенности влияния техногенного загрязнения на физическое развитие подростков в условиях Европейского Севера и средних широт // Экология человека. 2015. № 11. С. 3–12.

20. *Кузнецова Д. А., Сизова Е. Н., Циркин В. И.* Состояние здоровья подростков, проживающих в условиях средних широт или Европейского Севера, в зависимости от наличия техногенного загрязнения // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2016. Т. 61, № 3. С. 95–99.

21. *Лебедева Т. Б., Баранов А. Н.* Антропогенное влияние металлополлютантов на развитие девочек и девушек // Экология человека. 2003. № 5. С. 29–32.

22. *Лещук С. И., Очиржапова Д. Ц.* Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха и его влияние на здоровье населения // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 51. С. 52–61.

23. *Мальцева Т. В., Половодова Н. С.* Особенности иммунного статуса при различных вариантах вегетативного обеспечения у детей и школьников, проживающих на Крайнем Севере // Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского. 2010. № 4. С. 122–126.

24. *Маснаевиева Л. Б., Бударина Л. А., Кудяева И. В.* Состояние общей реактивности организма подростков, проживающих в районах с различным уровнем загрязнения атмосферного воздуха // Гигиена и санитария. 2012. № 6. С. 49–50.

25. *Масюк В. С., Шабалина И. М.* Физическое развитие детей и подростков Республики Карелии // Экология человека. 2006. № 2. С. 28–33.

26. *Мироновская А. В., Бузинов Р. В., Гудков А. Б.* Прогнозная оценка неотложной сердечно-сосудистой патологии у населения северной урбанизированной территории // Здоровоохранение Российской Федерации. 2011. № 5. С. 66–67.

27. *Пашкова И. Г.* Характеристика анатомических компонентов тела и распределения соматотипов у девушек в условиях Карелии // Экология человека. 2011. № 5. С. 24–30.

28. *Полетаева А. В., Ставинская О. А., Добродеева Л. К.* Способ прогнозирования опухолевого процесса у больных раком желудка. Пат. 2456612 Рос. Федерация. 10.06.2011.

29. Приказ Минздравмедпрома РФ от 14.03.1995 № 60. Об утверждении Инструкции по проведению профилактических осмотров детей дошкольного и школьного возрастов на основе медико-экономических нормативов. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=90983> (дата обращения: 18.06.2017)

30. *Романова Г. А., Кондрашова Ю. Э.* Исследование процесса регенерации твердых осадков, полученных из растворов меламина // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 1–7.

31. *Савченко А. А., Манчук В. Т.* Метаболический механизм развития иммунной недостаточности при адапта-

ции к условиям Крайнего Севера // Бюллетень СО РАМН. 2003. № 2 (108). С. 98–101.

32. СанПиН 2.1.6.1032-01 Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест. М.: Изд-во стандартов, 2001. 10 с.

33. Сизова Е. Н., Родыгина С. Н. Физическое развитие и состояние здоровья подростков г. Кирова и влияние на него различных факторов. Киров, 2010. 132 с.

34. Сизова Е. Н., Кузнецова Д. А., Циркин В. И. Влияние техногенного загрязнения на эритроциты подростков, проживающих в условиях Европейского Севера и средних широт // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2015. № 1. С. 84–95.

35. Солонин Ю. Г., Бойко Е. Р., Вахнина Н. А., Есева Т. В., Кеткина О. А., Кочан Т. И., Логинова Т. П., Паршукова О. И., Потопицына Н. Н., Шадрин В. Д., Бабенко Л. Г., Ларина В. Е. Влияние аэровыбросов целлюлозно-бумажного производства на организм подростков Коми // Экология человека. 2008. № 2. С. 59–62.

36. Солонин Ю. Г., Бойко Е. Р., Варламова Н. Г., Есева Т. В., Канева А. М., Логинова Т. П., Марков А. Л., Паршукова О. И., Потопицына Н. Н., Шадрин В. Д. Влияние широты проживания в условиях севера на организм подростков // Физиология человека. 2012. Т. 38, № 2. С. 107–111.

37. Суменко В. В. Влияние антропогенного загрязнения на частоту встречаемости первой и второй групп здоровья у детей Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 16. С. 356–358.

38. Хрипач Л. В., Новиков С. М., Зыкова И. Е., Федосеева В. Н., Железняк Е. В., Князева Т. Д., Коганова З. И., Маковецкая А. К., Волкова И. Ф., Скворцов С. А., Воинова И. В., Ревазова Т. Л., Солнцева Н. В., Миславский О. В. Апробация системы биохимических и иммунологических показателей состояния здоровья населения у обследуемых жителей Москвы, подвергающихся воздействию загрязнений атмосферного воздуха // Гигиена и санитария. 2012. № 5. С. 30–34.

39. Циркин В. И., Юрчук О. А., Хлыбова С. В. Половое и физическое развитие девочек. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 292 с.

40. Шашкова Е. Ю., Айвазова М. Е., Меньшикова М. В., Корниенко Е. Б., Щеголева Л. С. Характеристика иммунологической реактивности старшекурсников Архангельского государственного технического университета // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. 2009. № 2. С. 39–44.

41. Шербицкая О. В. Особенности физического развития и состояния здоровья подростков крупного промышленного региона // Современные наукоемкие технологии. 2006. № 5. С. 63–64.

42. Annavarapu R. N., Kathi S. Cognitive frustration at the children connected from city automobile emissions // Environ Pollut. 2016. Vol. 208 (Pt A). P. 74–78.

43. Deng Q., Lu C., Norbäck D., Bornehag C. G., Zhang Y., Liu W., Yuan H., Sundell J. Early life exposure to ambient air pollution and childhood asthma in China // Environ Res. 2015. Vol. 143 (Pt A). P. 83–92.

44. Pieters N., Koppen G., Van Poppel M., De Prins S., Cox B., Dons E., Nelen V., Panis L. I., Plusquin M., Schoeters G., Nawrot T. S. Blood Pressure and Same-Day Exposure to Air Pollution at School: Associations with Nano-Sized to Coarse PM in Children // Environ Health Perspect. 2015. Vol. 123 (7). P. 737–742.

45. Pujol J., Martinez-Vilavella G., Macià D., Fenoll R., Alvarez-Pedrerol M., Rivas I., Fornis J., Blanco-Hinojo L., Capellades J., Querol X., Deus J., Sunyer J. Traffic pollution exposure is associated with altered brain connectivity in school children // Neuroimage. 2016. Vol. 129. P. 175–184.

46. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grjibovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry // Epidemiologia and prevenzione. 2010. Vol. 34, iss. 5–6. P. 138.

47. Wesseling M. C., Wagner-Britz L., Nguyen D. B., Asanidze S., Mutua J., Mohamed N., Hanf B., Ghashghaeinia M., Kaestner L., Bernhardt I. Novel Insights in the Regulation of Phosphatidylserine Exposure in Human Red Blood Cells // Cell Physiol Biochem. 2016. Vol. 39, N 5. P. 1941–1954. DOI: 10.1159/000447891.

References

1. Agadzhanyan N. A., Zhvayvi N. F., Anan'ev V. N. *Adaptatsiya cheloveka k usloviyam Krainego Severa: ekologo-fiziologicheskie mekhanizmy* [Adaptation of the person to conditions of Far North]. Moscow, KRUK Publ., 1998, 240 p.

2. Aidosov A. A., Azhieva G. U. The analysis of sources of emissions of the harmful substances in the atmosphere leading to aggravation of an ecological situation in a zone of influence of NGDU Zhayykneft. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [Current problems of humanitarian and natural sciences]. 2012, 6, pp. 1-6. [In Russian]

3. Amankel'dieva G. M. Indicators of health and physical development of pupils of schools of new type in the conditions of technogenic environmental pollution. *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye, tekhnicheskie i meditsinskie nauki* [Scientific notes of the Oryol state university. Series: Natural, technical and medical scienc]. 2011, 3, pp. 112-117. [In Russian]

4. Bogatyrev V. S., Tsirkin V. I., Syutkin V. M. *Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e cheloveka* [Environment and health of the person]. Kirov, Kirovskij filial Sankt-Peterburgskogo gumanitarnogo universiteta profsojuzov, Diamant, 2009, 216 p.

5. Varlamova N. G. Change of a functional condition of cardiovascular system at inhabitants of the North. In: *Nauchno-analiticheskie materialy po raionirovaniyu Severa Rossii* [Scientific and analytical materials on division into districts of the North of Russia]. Syktyvkar, 2004, pp. 42-43.

6. Gribanova O. V., Gribanova S. M. Assessment of impact on the atmosphere of emissions of harmful substances from the enterprises of the woodworking industry. *Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i servisa* [Bulletin of the Vladivostok state university of economy and service]. 2011, 4 (13), pp. 65-71. [In Russian]

7. Gudkov A. B., Mosyagin I. G., Ivanov V. D. Characteristic of cardiac cycle phase structure in recruits of a Navy Training Center in the North. *Voenno-meditsinskii zhurnal* [Military-Medical Journal]. 2014, 335 (2), pp. 58-59. [In Russian]

8. Deryapa N. R., Neverova N. P., Barbasheva Z. I. *Ekologicheskaya fiziologiya cheloveka. Ch. 2. Adaptatsiya cheloveka k razlichnym klimato-geograficheskim usloviyam* [Ecological human physiology. Pt. 2. Adaptation of the person to various klimato-geographical conditions]. Leningrad, Nauka Publ., 1980, 549 p.

9. Dolgikh O. V., Zaitseva N. V., Tyrykina T. I., Krivtsov A. V., Lykhina T. S., Shakleina S. M., Dergacheva O. I. Assessment of anti-infectious immunity at children in the conditions of the combined influence of chemical and biological factors.

Meditinskaya immunologiya [Medical immunology]. 2006, 8 (2-3), pp. 367. [In Russian]

10. Evdokimov V. G., Rogacheva O. V., Varlamova N. G. *Moduliruyushchee vliyaniye faktorov Severa na kardiorespiratornyuyu sistemu cheloveka v ontogeneze* [The modulating influence of factors of the North on the cardiorespiratory system of the person in an ontogenesis]. Yekaterinburg, 2007, 258 p.

11. Zaitseva N. V., Dianova D. G., Dolgikh O. V. Features of a reactivity of lymphocytes in the conditions of an exposition serious metals. *Vestnik NGU. Seriya: Biologiya, klinicheskaya meditsina* [Bulletin of the Novosibirsk State University. Series: Biology, clinical medicine]. 2012, 10 (2), pp. 129-132. [In Russian]

12. Zakharenkov V. V., Oleshchenko A. M., Sturzhikov D. V., Kislitsina V. V., Korsakova T. G. Impact of atmospheric emissions on the state of health of the population of the center of metallurgy. *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya* [International magazine of experimental education]. 2014, 1-2, pp. 157-158. [In Russian]

13. Kaisina I. G. *Polovoe i fizicheskoe razvitiye devushek i ego zavisimost' ot sezona goda i tekhnogennykh faktorov (avtoref. dokt. diss.)* [Sexual and physical development of girls and its dependence on a season of year and technogenic factors. Author's Abstract of Doct. Diss.]. Kirov, 2003, 20 p.

14. Kogan A. B. *Ekologicheskaya fiziologiya cheloveka* [Ecological human physiology]. Rostov-on-Don, 1990, 264 p.

15. Korsakov A. V., Mikhalev V. P., Troshin V. P. Comparative assessment of physical development and composition of peripheral blood of children in ecologically unsuccessful territories of the Bryansk region. *Zdravookhraneniye Rossiyskoi Federatsii* [Health care of the Russian Federation]. 2011, 2, pp. 37-41. [In Russian]

16. Kuvichkina M. V., Gusarova S. E. Formation of level of physical health and incidence of school students in the conditions of technogenic environmental pollution. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Bryansk State University]. 2011, 4, p. 177-179. [In Russian]

17. Kuznetsova D. A., Sizova E. N., Tsirkin V. I. Influence of technogenic pollution of atmospheric air on the maintenance of leukocytes, lymphocytes and monocytes in blood at 14-year-old teenagers living in the European North and in middle latitudes. *Pediatria (Pediatriya - Zhurnal im. G. N. Speranskogo)*. 2015, 6, pp. 176-181. [In Russian]

18. Kuznetsova D. A., Sizova E. N., Tsirkin V. I. A choice of settlements as model of a study of influence technogenic and the klimatogeograficheskikh of factors on the person. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* [Teoriticheskaya and application-oriented ecology]. 2015, 2, pp. 34-36. [In Russian]

19. Kuznetsova D. A., Sizova E. N., Tsirkin V. I. Features of influence of technogenic pollution on physical development of teenagers in the conditions of the European North and middle latitudes. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 11, pp. 3-12. [In Russian]

20. Kuznetsova D. A., Sizova E. N., Tsirkin V. I. The state of health of the teenagers living in conditions of middle latitudes or the European North depending on existence of technogenic pollution. *Rossiiskii vestnik perinatologii i pediatrii* [Russian messenger of perinatology and pediatrics]. 2016, 3, pp. 95-99. [In Russian]

21. Lebedeva T. B., Baranov A. N. Anthropogenic influence of metallopolyutant on development of girls and girls. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2003, 5, pp. 29-32. [In Russian]

22. Leshchuk S. I., Ochirzhapova D. Ts. Anthropogenic pollution of atmospheric air and its influence on health

of the population. *Vestnik Irkutskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Irkutsk State Agricultural Academy]. 2012, 51, pp. 52-61. [In Russian]

23. Mal'tseva T. V., Polovodova N. S. Features of the immune status in case of different options of vegetative support at the children and school students living on Far North. *Pediatriya. Pediatria (Pediatriya - Zhurnal im. G. N. Speranskogo)*. 2010, 4, pp. 122-126. [In Russian]

24. Masnaevieva L. B., Budarina L. A., Kudaeva I. V. Condition of the general reactivity of an organism of the teenagers living in regions with different level of pollution of atmospheric air. *Gigiena i Sanitariya*. 2012, 6, pp. 49-50. [In Russian]

25. Masyuk V. S., Shabalina I. M. Physical development of children and teenagers of the Republic of Karelia. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2006, 2, pp. 28-33. [In Russian]

26. Mironovskaya A. V., Buzinov R. V., Gudkov A. B. Prognostic evaluation of urgent cardiovascular disease in the population of a northern urbanized area. *Zdravookhraneniye Rossiyskoi Federatsii* [Public Health of the Russian Federation]. 2011, 5, pp. 66-67. [In Russian]

27. Pashkova I. G. The characteristic of anatomic components of a body and distribution of somatotip at girls in the conditions of Karelia. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, 5, pp. 24-30. [In Russian]

28. Poletaeva A. V., Stavinskaya O. A., Dobrodeeva L. K. *Sposob prognozirovaniya opukholevogo protsessa u bol'nykh rakom zheludka* [Method of predicting the tumoral process in patients with gastric cancer]. Patent RF, no. 2456612. 10.06.2011.

29. The order of Minzdravmedproma of the Russian Federation dated 14.03.1995 N 60 About approval of the Instruction on carrying out of preventive examinations of children of preschool and school age based on medical-economic standards. Available at: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=90983> (accessed: 18.06.2017) [In Russian]

30. Romanova G. A., Kondrashova Yu. E. Study of regeneration of solid precipitation obtained from solutions of the melamine. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2013, 6, pp. 1-7. [In Russian]

31. Savchenko A. A., Manchuk V. T. Metabolic the mechanism of development of immune deficiency in adaptation to the conditions of the far North. *Byulleten' SO RAMN* [Bulletin of Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences]. 2003, 2 (108), pp. 98-101. [In Russian]

32. SanPiN 2.1.6.1032-01 *Gigienicheskie trebovaniya k obespecheniyu kachestva atmosfernogo vozdukh naseleennykh mest* [Hygienic requirements to quality assurance of atmospheric air of populated areas]. Moscow, 2001, 10 p.

33. Sizova E. N., Rodygina S. N. *Fizicheskoe razvitiye i sostojanie zdorov'ja podrostkov g. Kirova i vliyaniye na nego razlichnykh faktorov* [Physical development and health status in adolescents of the city of Kirov and the influence of the various factors]. Kirov, 2010, 132 p.

34. Sizova E. N., Kuznetsova D. A., Tsirkin V. I. Influence of technogenic pollution on the erythrocytes of adolescents living in the conditions of the European north and middle latitudes. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: mediko-biologicheskie nauki* [Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: biomedical sciences]. 2015, 1, pp. 84-95. [In Russian]

35. Solonin Yu. G., Boiko E. R., Vakhnina N. A., Eseva T. V., Ketkina O. A., Kochan T. I., Loginova T. P., Parshukova O. I.,

Potolitsyna N. N., Shadrina V. D., Babenko L. G., Larina V. E. Influence of airborne emissions of pulp and paper production on the organism of teenagers of Komi. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2008, 2, pp. 59-62. [In Russian]

36. Solonin Yu. G., Boiko E. R., Varlamova N. G., Eseva T. V., Kaneva A. M., Loginova T. P., Markov A. L., Parshukova O. I., Potolitsyna N. N., Shadrina V. D. Influence of breadth of residence in the conditions of the north on the organism of adolescents. *Fiziologiya cheloveka*. 2012, 2, pp. 107-111. [In Russian]

37. Sumenko V. V. Influence of anthropogenic pollution on the frequency of occurrence of the first and second health groups in children of the Orenburg region. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University]. 2011, 16, pp. 356-358. [In Russian]

38. Khripach L. V., Novikov S. M., Zyкова I. E., Fedoseeva V. N., Zheleznyak E. V., Knyazeva T. D., Koganova Z. I., Makovetskaya A. K., Volkova I. F., Skvortsov S. A., Voinova I. V., Revazova T. L., Solntseva N. V., Mislavskii O. V. Approbation of the system of biochemical and immunological indicators of the health status of the population in the surveyed residents of Moscow exposed to atmospheric air pollution. *Gigiena i Sanitariya*. 2012, 5, pp. 30-34. [In Russian]

39. Tsirkin V. I., Yurchuk O. A., Khlybova S. V. *Polovoe i fizicheskoe razvitie devochek* [Sexual and physical development of girls]. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011, 292 p. [In Russian]

40. Shashkova E. Yu., Aivazova M. E., Men'shikova M. V., Kornienko E. B., Shchegoleva L. S. Characteristics of immunological reactivity of undergraduates of the Arkhangelsk State Technical University. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta* [Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University]. 2009, 2, pp. 39-44. [In Russian]

41. Shcherbitskaya O. V. Peculiarities of the physical development and health status of adolescents of a large

industrial region. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern high technology]. 2006, 5, pp. 63-64. [In Russian]

42. Annavarapu R. N., Kathi S. Cognitive frustration at the children connected from city automobile emissions. *Environ Pollut*. 2016, 208 (pt A), pp. 74-8.

43. Deng Q., Lu C., Norbäck D., Bornehag C. G., Zhang Y., Liu W., Yuan H., Sundell J. Early life exposure to ambient air pollution and childhood asthma in China. *Environ Res*. 2015, 143 (pt A), pp. 83-92

44. Pieters N., Koppen G., Van Poppel M., De Prins S., Cox B., Dons E., Nelen V., Panis L. I., Plusquin M., Schoeters G., Nawrot T. S. Blood Pressure and Same-Day Exposure to Air Pollution at School: Associations with Nano-Sized to Coarse PM in Children. *Environ Health Perspect*. 2015, 123 (7), pp. 737-742.

45. Pujol J., Martínez-Vilavella G., Macià D., Fenoll R., Alvarez-Pedrerol M., Rivas I., Forns J., Blanco-Hinojo L., Capellades J., Querol X., Deus J., Sunyer J. Traffic pollution exposure is associated with altered brain connectivity in school children. *Neuroimage*. 2016, 129, pp. 175-184.

46. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grijbovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry. *Epidemiologia and prevenzione*. 2010, 34, iss. 5-6, p. 138.

47. Wesseling M. C., Wagner-Britz L., Nguyen D. B., Asanidze S., Mutua J., Mohamed N., Hanif B., Ghashghaieina M., Kaestner L., Bernhardt I. Novel Insights in the Regulation of Phosphatidylserine Exposure in Human Red Blood Cells. *Cell Physiol Biochem*. 2016, 39 (5), pp. 1941-1954. DOI: 10.1159/000447891.

Контактная информация:

Кузнецова Дарья Александровна — преподаватель кафедры Промышленной безопасности и инженерных систем ФГБОУ «Вятский государственный университет»

Адрес: 610000, г. Киров, ул. Московская, д. 36

E-mail: kdashik@mail.ru