© Коллектив авторов, 2015

Д.А. Кузнецова[1], Е.Н. Сизова[2], В.И. Циркин[3]

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

[1]Вятский государственный гуманитарный университет, [2]Вятский социально-экономический институт, г. Киров;
[3]Казанский государственный медицинский университет, г. Казань, РФ

D.A. Kuznetsova[1], E.N. Sizova[2], V.I. Tsirkin[3]

THE IMPACT OF TECHNOGENIC AIR POLLUTION ON LEUKOCYTES, LYMPHOCYTES AND MONOCYTES CONTENT IN BLOOD OF 14 YEARS OLD ADOLESCENTS LIVING IN THE EUROPEAN NORTH AND MIDDLE LATITUDES

[1]Vyatka State University of Humanities; [2]Vyatka Social-Economic Institute, Kirov;
[3]Kazan State Medical University, Russia

Обследование 753 подростков показало, что проживание в условиях Европейского Севера с низким уровнем техногенного загрязнения (п. Седью в сравнении с Яранском) не влияет на содержание лейкоцитов, относительное содержание лимфоцитов, относительное и абсолютное содержание моноцитов, но повышает абсолютное содержание лимфоцитов, что объясняется напряжением иммунитета. Наличие техногенного загрязнения (Киров в сравнении с Яранском и Ухта – с Седью) повышает содержание лейкоцитов (у кировчан), а также относительное и абсолютное содержание лимфоцитов (у кировчан и ухтинцев), но снижает относительное и абсолютное содержание моноцитов (у кировчан). Эти изменения, зависимые от широты места проживания, объясняются реакцией иммунной системы на повреждение органов и тканей под влиянием техногенного загрязнения.

Ключевые слова: *подростки, лейкоциты, лимфоциты, моноциты, Европейский Север, средние широты.*

Examination of 753 adolescents revealed that living in European North conditions with low technogenic pollution (v. Sedyu compared to Yaransk) does not affect the content of leukocytes, the relative content of lymphocytes, relative and absolute content of monocytes, but increases the absolute lymphocyte content, due to immunity stress. The presence of technogenic pollution (Kirov compared to Saransk and Ukhta to Sedyu) increases the content of leukocytes (in Kirov residents), as well as relative and absolute lymphocyte content (in Kirov and Uhta residents), but reduces the relative and absolute content of monocytes (in Kirov residents). These changes, depending on the latitude of residence, explain the immune system reaction to organs and tissues damage under the influence of technogenic pollution.

Keywords: *adolescents, leukocytes, lymphocytes, monocytes, North European, mid-latitudes.*

Контактная информация:
Кузнецова Дарья Александровна – асп. каф. медико-биологических дисциплин факультета физической культуры Вятского государственного гуманитарного университета
Адрес: Россия, 610001, г. Киров, ул. Красноармейская, 26
Тел.: (909) 142-29-40, **E-mail:** kdashik@mail.ru
Статья поступила 10.03.15,
принята к печати 24.06.15.

Contact Information:
Kuznetsova Daria Alexandrovna – graduate student of Biomedical Sciences Department of Physical Education Faculty, Vyatka State University of Humanities
Address: Russia, 610001, Kirov, Krasnoarmeyskaya str., 26
Tel.: (909) 142-29-40, **E-mail:** kdashik@mail.ru
Received on March 10, 2015,
submitted for publication on Jun. 24, 2015.

Final_6_15.indd 176 26.11.2015 14:44:14

Известно, что наличие вредных веществ в условиях производства негативно влияет на здоровье работающего, в частности на иммунную систему [1–3]. Так, установлено повышение абсолютного числа лимфоцитов у работников на производстве с высоким содержанием в воздухе взвешенных веществ и диоксида серы [3] и при работе на химическом производстве [2] и повышение абсолютного содержания моноцитов у газорезчиков, работающих при повышенном содержании газопылевых загрязняющих веществ [1]. Мало исследований влияния техногенных загрязнений на детей, подростков и взрослых, постоянно проживающих в зоне выбросов промышленного предприятия. Причем исследования содержания иммунокомпетентных клеток крови проведены в основном в средних широтах [4–6]. Выявлено снижение лейкоцитов у детей, проживающих на территории с высокой концентрацией тяжелых металлов [5], с высокой концентрацией свинца, хрома, марганца, формальдегида, фенола и метанола [4], а также снижение абсолютного содержания лимфоцитов у 3–7-летних детей г. Краснокамска (Пермский край), проживающих в условиях высокого содержания в атмосферном воздухе бензола, фенола и хлорорганических соединений [6]. Отметим также малочисленность и неоднозначность сведений о влиянии условий проживания на Европейском Севере на иммунокомпетентные клетки человека [7, 8], интерпретация которых затруднена из-за отсутствия в этих работах указаний на экологическую ситуацию в исследуемом районе.

С учетом вышесказанного и перспектив промышленного освоения Европейского Севера цель нашей работы – исследовать влияние техногенного загрязнения на содержание лейкоцитов крови, относительное и абсолютное содержание лимфоцитов и моноцитов девочек и мальчиков 14 лет, проживающих с рождения либо на Европейском Севере, либо в средних широтах.

Обследованы 753 подростков 14 лет, из которых 319 проживали в г. Кирове (58°36'с.ш.) – 162 девочки и 157 мальчиков; 163 – в г. Яранске (57°18' с.ш.) – 80 девочек и 83 мальчика, 221 – в г. Ухте (63°34' с.ш.) – 107 девочек и 154 мальчика; 50 – в п. Седью (63°33' с.ш.) – 25 девочек и 25 мальчиков. Выборки составляли по принципу рандомизации с обязательным условием постоянного проживания (с рождения) подростков на соответствующей территории: либо в средних широтах (Киров и Яранск), либо на Европейском Севере (Ухта, Седью). В соответствие с общепринятой классификаций процедурой [9], в число исследуемых включали подростков, возраст которых на момент диспансеризации составлял от 13 лет 6 мес до 14 лет 6 мес и которые не имели острой и хронической патологии.

Для всех населенных пунктов проанализированы за 5 лет (с 2006 по 2010 гг.) концентрации 6 основных загрязняющих факторов – взвешенных веществ, SO_2, CO, NO_2, формальдегида и бенз(а)пирена. Сведения о них получены из ежегодных региональных докладов по Кировской области и Республике Коми «О состоянии окружающей природной среды». Каждый из показателей выражали в мг/м^3, рассчитывая за 5-летний срок среднюю арифметическую и ее ошибку (M±m), а также в процентах от ПДК [10]. Для каждого населенного пункта оценивали 16 климатогеографических показателей (широтность, тип климата, тип природной зоны, среднегодовая температура, среднемесячная температура зимних и летних месяцев, среднее многолетнее количество осадков, атмосферное давление, среднее число дней со снежным покровом, глубина промерзания почвы, многолетняя мерзлота, средняя скорость ветра, преобладающее направление ветра в январе и июле, продолжительность светового дня в январе и июле). Эти сведения получены из Региональных докладов «О состоянии окружающей природной среды» по Кировской области и по Республике Коми за 14 лет (с 1996 по 2010 гг., т.е. с момента рождения исследуемых). Для всех этих показателей рассчитывали среднюю арифметическую и ее ошибку (M±m).

Для каждого населенного пункта по итогам 2011 г. оценивали 6 демографических показателей (число родившихся, число умерших, число умерших до года, число русских, число коми, число прочих национальностей), 7 социально-экономических показателей, включая число зарегистрированных безработных, относительные (т.е. по отношению к средней заработной плате) стоимости коммунальных услуг, 1 м^2 жилья, минимального набора продуктов, 1 буханки белого хлеба, 1 л молока, 1 кг говядины. Кроме того, рассчитывали 11 показателей, характеризующих уровень медицинского обслуживания, включая объем стационарной помощи, уровень госпитализации детского населения, обеспеченность больничными койками, обеспеченность врачами, число медицинских работников в городе и в пригороде, укомплектованность врачами-педиатрами в городе и пригороде, относительная стоимость единицы скорой, амбулаторной и стационарной медицинской помощи. Сведения по всем этим (24) показателям для Кировской области и Республики Коми получили из официальных источников и сравнивали со средними данными по России, представленными Росстатом РФ (Статистический сборник «Ресурсы и деятельность учреждений здравоохранения РФ», 2011; Краткий статистический сборник «Россия в цифрах 2011»; Итоги всероссийской переписи населения, 2010 г.). Показатели сравнивали со средними данными по России, представленными Росстатом РФ в Кратком статистическом сборнике «Россия в цифрах 2011».

С согласия администрации детских поликлиник были использованы сведения о количестве лейкоцитов, об относительном и абсолютном содержании в крови лимфоцитов и моноцитов, которые получены при диспансеризации 14-летних подростков, проводимой в 2010 и 2011 гг., и занесенных в «Карту развития ребенка» (учетная форма 112-У). Для их определения, как это принято [11], использовали гематологические анализаторы, в т.ч. Abacus junior (фирмы Diatron Messtechnik GmbH), у которых точность измерения и вероятность ошибки соответствовали ГОСТ Р 53133.1-2008 «Контроль качества клинических лабораторных исследований».

Результаты исследования подвергнуты статистическому анализу. С учетом, что распределение всех 5 показателей было нормальным, судя по критерию Шапиро–Уилка [12], они представлены в статье в виде средней арифметической (M) и ошибки (m), при этом

Final_6_15.indd 177 26.11.2015 14:44:14

различия количественных показателей оценивали по t-критерию Стьюдента, а качественных показателей – по критерию Хи-квадрат, считая их статистически значимыми при $p<0,05$.

По климатогеографическим показателям г. Киров статистически значимо не отличался от г. Яранска, например, по среднегодовой температуре (плюс 2,2±0,02 против плюс 2,2±0,03 ^{0}C соответственно), а Ухта не отличалась от п. Седью (минус 1,1±0,02 и минус 1,1±0,02 ^{0}C). В то же время среднегодовая температура в п. Седью была статистически значимо ниже, чем в Яранске (минус 1,1±0,02 против плюс 2,2±0,03 ^{0}C; $p<0,05$), а в Ухте ниже, чем в Кирове (минус 1,1±0,02 против плюс 2,2±0,02 ^{0}C; $p<0,05$). Таким образом, эти данные подтверждают правильность выбора населенных пунктов для исследования.

Установлено, что между сравниваемыми населенными пунктами имелись отдельные различия по демографическим и социально-экономическим показателям. Например, относительная (в % от заработной платы) стоимость минимального набора продуктов в Кирове была выше, чем в Яранске (18,9 против 21,2%; $p<0,05$), а в п. Седью выше, чем в Яранске (20,8 против 7,9%; $p<0,05$). Однако, по нашему мнению, эти различия не отразились на показателях белой крови.

При характеристике техногенного загрязнения Кирова, Яранска, Ухты и п. Седью установлено (табл 1.), что превышение ПДК было в Кирове в 2 раза по формальдегиду (0,006 против 0,003 мг/м^3 по ПДК) и в 1,9 раза по бенз(а)пирену ($0,19 \cdot 10^{-3}$ против $0,10 \cdot 10^{-3}$ мг/м^3 по ПДК), а в Ухте – в 1,4 раза по бенз(а)пирену ($0,14 \cdot 10^{-3}$ против $0,10 \cdot 10^{-3}$ мг/м^3 по ПДК). Все остальные показатели в четырех населенных пунктах ниже ПДК. В то же время при сравнении Кирова и Яранска (средние широты) показано, что в Кирове выше содержание взвешенных веществ (в 6,5 раз), диоксида серы (в 3,3 раза), оксида углерода (в 55 раз), оксида азота (в 60 раз), формальдегида (в 19 раз) и бенз(а)пирена (в 2 раза). При сравнении Ухты и Седью (Европейский Север) показано, что в Ухте выше содержание взвешенных веществ (в 1,3 раза), диоксида серы (в 10 раз), оксида углерода (в 71 раз), оксида азота (в 39 раз), формальдегида (в 20 раз) и бенз(а) пирена (в 14 раз). При сравнении п. Седью и Яранска установлено, что в п. Седью ниже содержание диоксида серы (в 9 раз), в то время как различия по содержанию взвешенных веществ, оксида углерода, оксида азота, формальдегида и бенз(а)пирена статистически незначимы. Таким образом, эти данные позволяют рассматривать Киров и Ухту как города с высоким уровнем, а Яранск и п. Седью как населенные пункты с низким уровнем техногенного загрязнения. Эти 4 населенных пункта позволяют оценить влияние техногенных загрязнений на состояние лейкоцитов подростков 14 лет, проживающих в разных климатогеографических условиях (Европейский Север и средние широты).

Установлено (табл. 2), что количество лейкоцитов, а также относительное и абсолютное содержание лимфоцитов и моноцитов у подростков всех 4 населенных пунктов соответствуют возрастным нормам [9], а половые различия статистически незначимы, что согласуется с данными И.В. Исаевой [13]. Исключением являются наши данные об относительном содержании лимфоцитов, которые у девочек Кирова было статистически значимо ниже, чем у мальчиков (36,52 против 45,12%), что, возможно, связано с половым различием реакции подростков на техногенное загрязнение. В то же время значения всех пяти показателей могут зависеть от места проживания и уровня техногенных загрязнений.

Количество лейкоцитов. Установлено (табл. 2), что у подростков Кирова число лейкоцитов было статистически значимо ($p<0,05$) выше, чем Яранска, в т.ч. у девочек (на 12,6%; 7,08 против $6,29 \cdot 10^9$/л) и у мальчиков (на 28,8%; 6,75 против и $6,24 \cdot 10^9$/л). Различия между подростками Ухты и п. Седью, а также п. Седью и Яранска были статистически незначимы. Эти данные позволяют сформулировать два положения.

Первое положение: постоянное проживание подростков 14 лет (независимо от пола) в условиях Европейского Севера с низким уровнем техногенного загрязнения не влияет на количество лейкоцитов. Это противоречит работам [7, 8], где проживание в условиях Европейского Севера, в частности, в Ямало-Ненецком автономном округе, повышает содержание лейкоцитов у 11–14-летних школьников. По нашему мнению, это связано с высоким уровнем техногенного загрязнения из-за интенсивной добычи газа и нефти в этом регионе. *Второе положение:* характер влияния техногенного загрязнения на количество лейкоцитов в крови зависит от места проживания – в условиях средних широт высокий уровень техногенного загрязнения повышает количество лейкоцитов у девочек и мальчиков, а в условиях Европейского Севера не

Таблица 1

Среднее значение выбросов в атмосферу гг. Кирова, Яранска, Ухты и п. Седью за период с 1996 по 2010 гг.

Загрязняющие вещества	г. Киров	г. Яранск	г. Ухта	п. Седью	ПДК
Взвешенные вещества	0,100±0,001	0,016±0,001	0,040±0,001	0,031±0,001	0,150
Диоксид серы	0,002±0,001	0,001±0,001	0,001±0,001	0,0001±0,001	0,050
Оксид углерода	1,260±0,08	0,380±0,001	0,960±0,08	0,013±0,001	3,000
Оксид азота	0,022±0,001	0,0004±0,001	0,039±0,01	0,0001±0,001	0,060
Формальдегид	0,006±0,001	0,0001±0,001	0,002±0,01	0,0001±0,001	0,003
Бенз(а)пирен,	$0,19 \cdot 10^{-3}$±0,20	$0,02 \cdot 10^{-3}$±0,01	$0,14 \cdot 10^{-3}$±0,05	$0,01 \cdot 10^{-3}$±0,01	$0,1 \cdot 10^{-3}$

ПДК – предельно допустима концентрация, данные представлены в мг/м^3.

Final_6_15.indd 178 26.11.2015 14:44:15

Таблица 2

Показатели, характеризующие состояние лейкоцитов (M±m) 14-детних подростков гг. Кирова, Яранска, Ухты и п. Седью

Показатели	Пол	n	г. Киров	n	г. Яранск	n	г. Ухта	n	п. Седью
Количество лейкоцитов	Д	162	7,08±0,14^{я}	80	6,29±0,21	107	6,53±0,15	25	6,90±0,5
	М	157	6,75±0,13^{я}	83	6,24±0,21	154	6,30±0,11	25	7,10±0,61
Относительно содержание лимфоцитов	Д	25	36,52±2,68	80	32,38±0,97	25	44,92±2,01^{кся}	25	36,01±0,49
	М	43	45,12±1,7$^{я\#}$	83	32,76±0,95	34	43,79±2,23^{ся}	25	37,01±2,25
Абсолютное содержание лимфоцитов	Д	25	2,79±0,21^{я}	80	1,94±0,07	25	3,17±0,32^{ся}	25	2,43±0,2^{я}
	М	43	3,13±0,17	83	1,97±0,06	34	3,04±0,21^{я}	25	2,73±0,41^{я}
Относительное содержание моноцитов	Д	25	3,98±0,43^{я}	80	7,72±0,29	25	5,80±0,64^{к}	25	6,57±0,52
	М	44	4,28±0,43^{я}	83	7,23±0,3	34	7,00±0,37^{к}	25	6,43±0,74
Абсолютное содержание моноцитов	Д	25	0,31±0,05^{я}	80	0,47±0,02	25	0,42±0,06	25	0,45±0,04
	М	44	0,29±0,03^{я}	83	0,44±0,02	34	0,49±0,04^{к}	25	0,37±0,06

n – количество исследуемых, Д – девочки, М – мальчики; # – различия у мальчиков статистически значимы ($p<0,05$) по критерию Стьюдента; Я, С, К – различия с Яранском (Я), Седью (С) и Кировом (К) статистически значимы ($p<0,05$) по критерию Стьюдента.

изменяет этот показатель. Отметим, что результаты наших исследований в средних широтах противоречат данным литературы, в которых содержание лейкоцитов снижается у детей, проживающих на территории с высокой концентрацией тяжелых металлов [5] или с высокой концентрацией свинца, хрома, марганца, формальдегида, фенола и метанола [4]. Сведения о том, что техногенные загрязнения не влияют на содержание лейкоцитов у подростков Европейского Севера, нами получены впервые. В целом, можно заключить, что характер изменения содержания лейкоцитов в крови подростков зависит не только от широтности места их проживания, но и от степени и характера техногенного загрязнения. Мы полагаем, что высокий уровень техногенного загрязнения вызывает повреждение внутренних органов, приводящее к их асептическому воспалению, что может сопровождаться увеличением содержания лейкоцитов (как отмечено нами для подростков Кирова), либо их снижением [4, 5], либо отсутствием изменения их числа (для подростков Ухты).

Относительное содержание лимфоцитов. Показано (табл. 2), что у девочек Кирова относительное содержание лимфоцитов такое же как Яранска ($p>0,05$), а у мальчиков оно статистически значимо выше (45,12 против 32,76%; $p<0,05$). В Ухте в сравнении с п. Седью относительное содержание лимфоцитов статистически значимо выше ($p<0,05$) для девочек (44,92% против 36,01%) и мальчиков (43,79% против 37,01%). У подростков Седью относительное содержание лимфоцитов такое же, как у подростков Яранска. Эти данные позволяют сформулировать два положения.

Первое положение: постоянное проживание подростков 14 лет (независимо от пола) в условиях Европейского Севера с низким уровнем техногенного загрязнения не влияет на относительное содержание лимфоцитов. Это противоречит работам [2, 7, 14], в которых относительное содержание лимфоцитов у проживающих на Европейском Севере выше, чем у проживающих в средних широтах. Это установлено для 11–14-летних школьников Ямало-Ненецкого автономного округа [7] и для взрослых Архангельской области [14]. Мы не исключаем, что эти обследованные – жители районов с высоким уровнем техногенного загрязнения. *Второе положение:* высокий уровень техногенного загрязнения повышает относительное содержание лимфоцитов у подростков, живущих и в средних широтах (статистически значимо для мальчиков), и в условиях Европейского Севера (для девочек и мальчиков). Отметим, что данных, касающихся изменений относительного содержания лимфоцитов под влиянием техногенного загрязнения в условиях средних широт или в условиях Европейского Севера, мы в литературе не нашли. Полагаем, что впервые установленное нами повышение относительного содержания лимфоцитов под влиянием высокого уровня техногенного загрязнения подтверждает нашу гипотезу о том, что высокий уровень техногенного загрязнения вызывает повреждение внутренних органов подростков, которое приводит к их асептическому (неинфекционному) воспалению, что отражается в повышении относительного содержания лимфоцитов для реализации иммунного надзора.

Абсолютное содержание лимфоцитов. Установлено (табл. 2), что у подростков Кирова абсолютное содержание лимфоцитов было статистически значимо ($p<0,05$) выше, чем Яранска, у девочек (на 30,5%; 2,79 против $1,94 \cdot 10^9$/л) и мальчиков (на 37,1%; 3,13 против $1,97 \cdot 10^9$/л). У девочек Ухты также было выше абсолютное содержание лимфоцитов, чем п. Седью (на 23,3%, 3,17 против $2,43 \cdot 10^9$/л), а у мальчиков подобные различия были статистически незначимы ($p>0,05$) (на 10%; 3,04 против $2,73 \cdot 10^9$/л). У подростков п. Седью абсолютное содержание лимфоцитов было статистически значимо ($p<0,05$) выше, чем у подростков Яранска, что характерно и для девочек (на 20,2%; 2,43 против $1,94 \cdot 10^9$/л) и для мальчиков (на 27,8%; 2,73 против $1,97 \cdot 10^9$/л). Эти данные позволяют сформулировать два положения.

Первое положение: постоянное проживание

Final_6_15.indd 179 26.11.2015 14:44:15

подростков 14 лет (независимо от пола) в условиях Европейского Севера с низким уровнем техногенного загрязнения повышает у них абсолютное содержание лимфоцитов. Этот вывод противоречит данным литературы, согласно которым, у жителей Европейского Севера абсолютное содержание лимфоцитов, наоборот, ниже, чем у жителей средних широт [15]. Это было установлено для студентов Архангельска, 17,7% которых имели признаки лимфопении [15]. По мнению этих авторов, более низкое абсолютное содержание лимфоцитов у жителей Европейского Севера обусловлено низким уровнем у них серотонина, что приводит к усилению апоптоза лимфоцитов [15]. Однако мы склонны считать, что в условиях низкого уровня техногенного загрязнения на Европейском Севере абсолютное содержание лимфоцитов должно быть повышенным, что коррелирует и с нашими данными о повышении относительного содержания лимфоцитов у подростков Европейского Севера. Причиной более высокого содержания относительного и абсолютного содержания лимфоцитов, по нашему мнению, является повышенная потребность в лимфоцитах (вероятно, и в Т-, и в В-лимфоцитах) в связи со снижением функциональной активности этих клеток в условиях Европейского Севера. Косвенным доказательством этого предположения являются данные литературы о более высокой частоте инфекций у детей на Европейском Севере, чем в средних широтах [16], т.е. у них имеет место своеобразный иммунодефицит. Как известно, при стрессе происходит активация индоламина-2,3-диоксигеназы, или ИДО [17], которая направляет метаболизм триптофана по кинурениновому пути. В результате этого уменьшается образование серотонина из триптофана, но возрастает содержание кинуренинов [18], которые снижают функциональную активность иммунокомпетентных клеток, в т.ч. лимфоцитов, формируя своеобразный иммунодефицит [19].

Второе положение: наличие высокого уровня техногенного загрязнения повышает абсолютное содержание лимфоцитов подростков, живущих и в средних широтах (установлено для девочек и мальчиков) и в условиях Европейского Севера (статистически значимо для девочек). Эти результаты наших исследований согласуются с нашими данными о повышении относительного содержания лимфоцитов при наличии высокого уровня техногенного загрязнения и позволяют говорить о том, что наличие высокого уровня техногенного загрязнения повышает относительное и абсолютное содержание лимфоцитов. Очевидно, что это повышение обусловлено повышенной потребностью в лимфоцитах в связи с наличием элементов асептического (неинфекционного) воспаления внутренних органов, возникающих под влиянием хронического воздействия вредных веществ. В то же время результаты наших исследований противоречат единичным сообщениям [6], согласно которым абсолютное содержание лимфоцитов у 3–7-летних детей г. Краснокамска (Пермский край), проживающих в условиях высокого содержания в атмосферном воздухе бензола, фенола и хлорорганических соединений, ниже, чем у детей, проживающих в экологически благополучных районах Пермского края. Полагаем, что направленность изменения содержания лимфоцитов зависит от природы и концентрации загрязняющих веществ.

Относительное содержание моноцитов. Показано (табл. 2), что у подростков Кирова относительное содержание моноцитов было статистически значимо ($p<0,05$) ниже, чем Яранска – у девочек (3,98% против и 7,72%) и мальчиков (4,28% против 7,23%). Различия между подростками Ухты и п. Седью, а также между п. Седью и Яранска были статистически незначимы. Эти данные позволяют сформулировать два положения.

Первое положение: постоянное проживание14-летних подростков (независимо от пола) в условиях Европейского Севера, но с низким уровнем техногенного загрязнения не влияет на относительное содержание моноцитов. Это положение противоречит данным Н.С. Половодовой и С.А. Токаревой [7], согласно которым у 11–14-летних школьников Ямало-Ненецкого автономного округа относительное содержание моноцитов ниже, чем у их сверстников, живущих в средних широтах (Московская область). По нашему мнению, это противоречие связано с высоким уровнем техногенного загрязнения в этом округе из-за интенсивной добычи газа и нефти. *Второе положение:* высокий уровень техногенного загрязнения снижает относительное содержание моноцитов у подростков, живущих на средних широтах, и не влияет на этот показатель у живущих на Европейском Севере. Отметим, что данных, касающихся изменений относительного содержания моноцитов под влиянием техногенного загрязнения в условиях средних широт или в условиях Европейского Севера, мы в литературе не нашли.

Абсолютное содержание моноцитов. Показано (табл. 2), что у подростков Кирова абсолютное содержание моноцитов было статистически значимо ($p<0,05$) ниже, чем в Яранске – у девочек (на 34%; 0,31 против $0,47 \cdot 10^9$/л) и мальчиков (на 34,1%; 0,29 против $0,44 \cdot 10^9$/л). Различия между подростками Ухты и п. Седью, а также между подростками п. Седью и Яранска были статистически незначимы. Эти данные позволяют сформулировать два положения.

Первое положение: постоянное проживание 14-летних подростков (независимо от пола) в условиях Европейского Севера с низким уровнем техногенного загрязнения не влияет на абсолютное содержание моноцитов. Это согласуется с нашими данными об относительном содержании моноцитов. Таким образом, нами впервые установлено, что проживание подростков (независимо от их пола) на протяжении 14 лет в условиях Европейского Севера с низким уровнем техногенного загрязнения не влияет на относительное и абсолютное содержание моноцитов.

Второе положение: высокий уровень техногенного загрязнения снижает абсолютное содержание моноцитов подростков, живущих на средних широтах, и не влияет на этот показатель у живущих на Европейском Севере. Отметим, что данных о изменении абсолютного содержания моноцитов под влиянием техногенного загрязнения в условиях средних широт или в условиях Европейского Севера, мы в литературе не нашли. Таким образом, нами впервые показано, что высокий уровень техногенного загрязнения снижает относи-

Final_6_15.indd 180 26.11.2015 14:44:15

тельное и абсолютное содержание моноцитов подростков, живущих на средних широтах, и не влияет на эти показатели у живущих на Европейском Севере.

Мы полагаем, что снижение абсолютного и относительного содержания моноцитов, проживающих в средних широтах с высоким уровнем техногенного загрязнения, обусловлено большим количеством в атмосферном воздухе формальдегида и бенз(а)пирена, а отсутствие подобной динамики у подростков, проживающих на Европейском Севере в условиях высокого уровня техногенного загрязнения, либо тем, что в Ухте были более низкие концентрации формальдегида и бенз(а)пирена, либо тем, что реакция на их воздействие у подростков Европейского Севера снижена. Действительно, в Кирове имеет место превышение ПДК в 2 раза по формальдегиду и 1,9 раза по бенз(а) пирену. Эти вещества являются канцерогенами, т.е. они тормозят апоптоз и стимулируют пролиферацию раковых клеток [3]. В связи с этим происходит истощение пула моноцитов/макрофагов, так как они являются антигенпредставляющими клетками, участвующими в иммунном надзоре благодаря секреции α- и β-интерферонов, TNFα и других веществ, которые повышают цитотоксическую функцию естественных и специализированных киллеров [20, 21]. В этом плане следует отметить, что снижение абсолютного содержания моноцитов ниже до $0{,}35 \cdot 10^9$/л наряду с повышением количества лейкоцитов в патенте, предложенным А.В. Полетаевой и соавт. [21], рассматривается как индикатор наличия опухолевого процесса. Все это позволяет предположить, что у подростков г. Кирова вследствие повышенного содержания в атмосферном воздухе канцерогенов, в т.ч. бенз(а)пирена и формальдегида, повышен фоновый уровень спонтанного канцерогенеза, что проявляется в более высоком количестве лейкоцитов и более низком относительном и абсолютным содержании моноцитов. С этих позиций полагаем, что относительное и/или абсолютное содержание моноцитов крови 14-летних подростков можно рассматривать как индикатор повышенного содержания канцерогенов в атмосферном воздухе.

Выводы

1. Проживание девочек и мальчиков на протяжении 14 лет с момента рождения в условиях Европейского Севера с низким уровнем техногенного загрязнения не влияет на количество лейкоцитов, относительное содержание лимфоцитов, а также на относительное и абсолютное содержание моноцитов и лишь повышает у них абсолютное содержание лимфоцитов, что объясняется уменьшением функциональной активности этих клеток.

2. Проживание девочек и мальчиков на протяжении 14 лет с момента рождения в условиях высокого уровня техногенного загрязнения изменяет содержание лейкоцитов, лимфоцитов и моноцитов, но характер этих изменений зависит от широты места проживания, а также от концентрации и природы загрязняющих веществ.

3. Девочки 14 лет, проживающие в средних широтах или на Европейском Севере, не отличаются от мальчиков 14 лет по всем исследованными нами показателям. Это указывает на то, что половая принадлежность у подростков не влияет на характер ответа организма на воздействие техногенного загрязнения и климатогеографических факторов.

Литература

1. *Зашихина В.В., Дерягина Л.Е., Никитин В.С., Фомкина И.А.* Изменение показателей крови при воздействии пылегазовых факторов производственной среды. Экология человека. 2007; 4: 24–29.
2. *Полетаева А.В., Морозова О.С.* Особенности иммунной защиты и содержание кортизола у человека на Севере. Экология человека. 2010; 10: 58–60.
3. *Ахметова Н.Ш., Тебенова К.С., Туганбекова К.М., Рахметова А.М.* Особенности иммунограммы у лиц, проживающих в экологически неблагоприятных районах. Успехи современного естествознания. 2013; 2: 9–11.
4. *Долгих О.В., Зайцева Н.В., Тырыкина Т.И., Кривцов А.В., Лыхина Т.С., Шаклеина С.М., Дергачева О.И.* Оценка противоинфекционного иммунитета у детей в условиях комбинировонного воздействия химических и биологических факторов. Медицинская иммунология. 2006; 8 (2–3): 367.
5. *Зайцева Н.В., Диданова Д.Г., Долгих О.В.* Особенности реактивности лимфоцитов в условиях экспозиции тяжелыми металлами. Вестник НГУ. Серия: Биология, клиническая медицина. 2012; 10 (2): 129–132.
6. *Лапин Д.В., Зайцева Н.В., Долгих О.В.* Гигиеническая оценка воздействия химических факторов среды обитания на регуляторные системы у детей. Здоровье населения и среда обитания. 2012; 5 (230): 28–30.
7. *Половодова Н.С., Токарева С.А.* Региональные особенности иммунологической защиты и содержание кортизола у человека на Севере. Экология человека, 2009; 1: 47–48.
8. *Мальцева Т.В., Половодова Н.С.* Особенности иммунного статуса при различных вариантах вегетативного обеспечения у детей и школьников, проживающих на Крайнем Севере. Педиатрия. 2010; 89 (4): 122–126.
9. *Агаджанян Н.А., Тель Т.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А.* Физиология человека. М.: Медицинская книга, 2009: 528.
10. Г.Н. 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. М.: Изд-во стандартов, 2003.
11. *Долгов В.В., Меньшикова В.В.* Клиническая лабораторная диагностика. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012: 928.
12. *Гланц С.* Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1999: 459.
13. *Исаева И.В., Шустова С.В., Максинев Д.В., Медведева Г.В.* К вопросу о половых и возрастных особенностях крови. Современные наукоемкие технологии. 2005; 4: 45.
14. *Меньшикова Е.А.* Содержание тахикинина и иммунологическая реактивность жителей различных климатогеографических условий проживания. Экология человека. 2010; 10: 27–32.
15. *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: 39–44.
16. *Кузнецова Д.А., Сизова Е.Н., Тулякова О.В.* Особенности заболеваемости подростков, проживающих в различных географических широтах. Гигиена и санитария. 2013; 43 (1): 9–11.
17. *Luchowska E, Kloc R, Olajossy B, Wnuk S, Wielosz M, Owe-Larsson B, Urbanska E.* beta-Adrenergic enhancement of brain kynurenic acid production mediated via cAMP-related protein kinase A signaling. Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry. 2009; 3 (33): 519–529.
18. *Oxenkrug G.* Serotonin-kynurenine hypothesis of depression: historical overview and recent developments. Curr. Drug. Targets. 2013; 5 (4): 514–521.
19. *Yan M, Wang Y, Tian Y, Lai Z, Yan L.* Inhibition of allogeneic T-cell response by Kupffer cells expressing indoleamine 2,3-dioxygenase. World J. Gastroenterol. 2010; 5 (16): 636–640.
20. *Secchiero P, Gonelli A, Mirandola P, Melloni E, Zamai L, Celeghine C, Melane D, Zauli G.* Tumor necrosis factor-related apoptosis-inducing ligand induces monocytic maturation of leukemic and normal myeloid precursors through a caspase-dependent pathway. Blood. 2002; 100: 2421–2429.
21. *Полетаева А.В., Ставинская О.А., Добродеева Л.К.* Способ прогнозирования опухолевого процесса у больных раком желудка. Патент на изобретение RUS 2456612 10.06.2011.

Final_6_15.indd 181 26.11.2015 14:44:15