

## ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ НА ИММУННЫЙ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СТАТУС ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ 12–14 ЛЕТ, ПРОЖИВАЮЩИХ В РАЗНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОНАХ ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Резюме.** Изучение факторов, влияющих на состояние здоровья, остается одним из актуальных медико-социальных направлений, особенно в обществе, где до сих пор не преодолена тенденция к снижению уровня жизни населения, обусловленная демографическими и экономическими кризисами; необходимо разработать патогенетически обоснованный способ коррекции иммунных и метаболических показателей у детей среднего школьного возраста, подвергающихся влиянию промышленных аэрополлютантов. Промышленные аэрополлютанты отрицательно влияют на иммунный статус практически здоровых детей. Наибольшие иммунологические нарушения имеют место у детей, проживающих в промышленной зоне, при отсутствии нарушений у жителей сельскохозяйственной зоны.

**Ключевые слова:** здоровье детей, промышленные аэрополлютанты, иммунный и метаболический статус детей.

### Введение

Здоровье детей и подростков является, с одной стороны, неотъемлемой составляющей понятия богатства нации, а с другой — наиболее ярким показателем ее благополучия, состояния экономической и социальной сфер [2, 8, 10, 11]. Следовательно, изучение факторов, влияющих на состояние здоровья, остается одним из актуальных медико-социальных направлений, особенно в обществе, где до сих пор не преодолена тенденция к снижению уровня жизни населения, обусловленная демографическими и экономическими кризисами [14, 16, 17].

В настоящее время из-за экологического неблагополучия более 90 % детей рождаются с наличием какой-либо патологии или предпатологии. В связи с этим около 20 % всех трудовых потерь по болезни в системе производства материальных благ происходит из-за болеющих детей [4, 13].

До настоящего времени комплексно не исследовалось влияние промышленных аэрополлютантов на иммунные и метаболические показатели детей 12–14 лет, проживающих в разных хозяйственных зонах Луганской области. Не изучалось состояние фагоцитарной, клеточной, гуморальной систем иммунитета, интерлейкиновый и интерфероновый статусы. Имеются единичные работы, в которых приведены данные об активности перекисного окисления липидов (ПОЛ), ферментов системы антиокислительной защиты (АОЗ) [6, 15], а также о состоянии простагландиновой системы [7] организма детей среднего школьного возраста. Недостаточно исследованным аспек-

том остается также профилактика развития иммунных и метаболических нарушений у детей, проживающих в экологически загрязненных регионах [3, 5, 12].

**Цель исследования:** разработать патогенетически обоснованный способ коррекции иммунных и метаболических показателей у детей среднего школьного возраста, подвергающихся влиянию промышленных аэрополлютантов.

### Материалы и методы

Под нашим наблюдением находилось 233 ребенка в возрасте от 12 до 14 лет (средний возраст —  $13,4 \pm 0,7$  года), в том числе 129 мальчиков (55,4 %) и 104 девочки (44,6 %). Их относили к среднему школьному возрасту, или подростковому (10, 11–15 лет, возраст IV–VIII классов) [1].

Для выполнения задач нашего исследования мы обследовали детей, проживающих в разных зонах Луганской области, на территории которой достаточно обособленно сосредоточились 3 типа перерабатывающей антропогенной деятельности: промышленно-производственная, сельскохозяйственная и рекреационная [9].

Адрес для переписки с авторами:  
Витрищак С.В.  
E-mail: hygieneldmu@gmail.com

© Витрищак С.В., Савина Е.Л., Жук С.В.,  
Клименко А.К., 2016  
© «Актуальная инфектология», 2016  
© Заславский А.Ю., 2016

Изучался иммунный и метаболический статус детей 12–14 лет, проживающих в разных хозяйственных зонах Луганской области; влияние промышленных аэрополлютантов на количественные и качественные характеристики клеточного и гуморального звеньев иммунитета, а также на активность ПОЛ, ферментативной системы АОЗ и систему простагландинов детей 12–14 лет, проживающих в трех хозяйственных зонах Луганской области.

Методы исследования: химические (определение в воздухе пыли, сажи, диоксида серы, сероводорода, оксидов углерода и азота, аммиака, фенола, формальдегида, серной кислоты, бенз(а)пирена, фтористого водорода, хлористого водорода, нитрохлорбензола, анилина, бензола, солей тяжелых металлов (железа, кадмия, марганца, меди, никеля)), иммунологические (определение в крови нейтрофилов, моноцитов и их фагоцитарной активности; Т-лимфоцитов и их субпопуляций, В-лимфоцитов, натуральных киллеров (НК-лимфоцитов) и их цитотоксичности, иммуноглобулинов (Ig) классов М, G и А); биохимические (количественное определение диеновых конъюгатов (ДК), малонового диальдегида (МДА), простагландинов — ПГЕ2, ПГF2 $\alpha$ , 6-кето-ПГF1 $\alpha$ , тромбосана — ТхВ2, активности каталазы и супероксиддисмутазы (СОД)); статистические (метод вариационной статистики).

## Результаты исследования

Установлено, что повышенное содержание промышленных загрязнителей в воздушных массах промышленных зон угнетает функциональную активность нейтрофилов и моноцитов крови детей 12–14 лет. Отмечено, что степень снижения показателей фагоцитоза и секреции моноцитами и нейтрофилами медиаторов прямо зависит от степени загрязнения поллютантами воздуха промышленных зон. Результаты проведенного исследования фагоцитарной активности нейтрофилов и моноцитов, изолированных из периферической крови детей среднего школьного возраста, проживающих в разных промышленных зонах Луганской области, представлены в табл. 1.

Как следует из приведенных в табл. 1 данных, наиболее высокая фагоцитарная активность нейтрофи-

лов и моноцитов крови наблюдалась у здоровых детей 12–14 лет, проживающих в сельскохозяйственной зоне Луганской области, где имела место наименьшая степень загрязнения воздуха промышленными поллютантами. Зарегистрированные при этом показатели были приняты нами в качестве референтной нормы. В отличие от практически здоровых детей среднего школьного возраста, проживающих в сельскохозяйственной зоне, в группе аналогичных детей, проживающих в зоне металлургической и коксохимической промышленности, изучаемые показатели фагоцитарной активности нейтрофилов и моноцитов периферической крови оказались существенно сниженными. Так, фагоцитарный индекс (ФИ) нейтрофилов в анализируемой группе детей составил в среднем  $69,7 \pm 3,5$  %, что оказалось в 1,2 раза ниже, чем у детей, проживающих в сельскохозяйственной зоне ( $p < 0,05$ ). Кроме того, сниженной оказалась и поглощательная способность нейтрофилов, о чем свидетельствовало уменьшение фагоцитарного числа (ФЧ) нейтрофилов до среднего уровня  $7,7 \pm 0,4$  у.е. против  $9,4 \pm 0,5$  у.е. у здоровых детей — жителей сельскохозяйственной зоны (степень снижения 1,22 раза,  $p < 0,05$ ).

У практически здоровых детей 12–14 лет, проживающих в зоне металлургической и коксохимической промышленности, ФИ моноцитов был в 1,19 раза ниже аналогичного показателя в группе детей, проживающих в зоне сельского хозяйства. Для ФЧ моноцитов подобное снижение составило 1,18 раза. В обоих приведенных сопоставлениях различия между сравниваемыми показателями были статистически достоверными —  $p < 0,05$ . ФИ нейтрофилов в названной группе детей составил в среднем  $66,8 \pm 3,3$  %, а ФЧ нейтрофилов —  $7,3 \pm 0,4$  у.е., что оказалось в 1,25 и в 1,29 раза ниже аналогичных показателей в группе здоровых детей того же возраста, но проживающих в экологически чистой сельскохозяйственной зоне соответственно ( $p < 0,01$  в обоих случаях сравнения). ФИ нейтрофилов у здоровых детей, проживающих в зоне химической промышленности с наибольшим уровнем промышленных загрязнителей в воздухе, был в 1,25 раза ниже, чем в группе здоровых детей 12–14 лет — жителей сельскохозяйственной зоны

**Таблица 1. Фагоцитарная активность нейтрофилов и моноцитов в крови детей 12–14 лет, проживающих в промышленных зонах Луганской области**

Показатель	Зона сельского хозяйства (референтная норма) (n = 68)	Зона металлургической и коксохимической промышленности (n = 72)	Зона химической промышленности (n = 93)
ФИ нейтрофилов, %	$83,6 \pm 4,2$	$69,7 \pm 3,5^*$	$66,8 \pm 3,3^{**}$
ФЧ нейтрофилов, у.е.	$9,4 \pm 0,5$	$7,7 \pm 0,4^*$	$7,3 \pm 0,4^{**}$
ФИ моноцитов, %	$75,8 \pm 3,7$	$63,2 \pm 3,2^*$	$60,6 \pm 3,0^{**}$
ФЧ моноцитов, у.е.	$6,7 \pm 0,3$	$5,7 \pm 0,3^*$	$5,4 \pm 0,3^{**}$

**Примечания:** ФИ — фагоцитарный индекс; ФЧ — фагоцитарное число; \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$  по отношению к группе детей, проживающих в сельскохозяйственной зоне (референтная норма).

( $p < 0,01$ ), а также в 1,04 раза ниже ( $p > 0,1$ ) показателя, зарегистрированного в группе детей этого же возраста, но проживающих в зоне металлургической и коксохимической промышленности. Подобные различия для ФЧ моноцитов составили 1,24 и 1,06 раза соответственно ( $p < 0,01$  и  $p < 0,05$ ). Существенный интерес представляло также изучение влияния промышленных загрязнителей, содержащихся в воздухе, на секреторную способность нейтрофилов и моноцитов крови практически здоровых детей — жителей разных промышленных зон. Результаты проведенных исследований представлены в табл. 2.

Как следует из приведенных в табл. 2 данных, наиболее высокие концентрации изучаемых медиаторов, спонтанно секретируемые *in vitro* культурами нейтрофилов и моноцитов, были зарегистрированы у практически здоровых детей, проживающих в сельскохозяйственной зоне Луганской области как в наиболее благополучной по показателям содержания в воздухе промышленных загрязнителей. Полученные при этом результаты исследования были приняты в качестве референтной нормы.

В культурах нейтрофилов, изолированных из крови практически здоровых детей 12–14 лет, проживающих в зоне металлургической и коксохимической промышленности, секреция интерлейкина (ИЛ)-6 оказалась в 1,19 раза ниже аналогичного показателя практически здоровых детей 12–14 лет, проживающих в сельскохозяйственной зоне Луганской области ( $p < 0,05$ ), что свидетельствовало о недостаточности секреторной активности нейтрофилов по данному показателю.

Аналогичная ситуация наблюдалась и в отношении секреции нейтрофилами ИЛ-8 и фактора некроза опухоли альфа (ФНО- $\alpha$ ). Еще более выраженное угнетение способности нейтрофилов периферической крови секретировать ИЛ-6, ИЛ-8 и ФНО- $\alpha$  наблюдали в группе практически здоровых детей 12–14 лет,

проживающих в наиболее загрязненной промышленными поллютантами зоне химической промышленности. Полученные результаты позволили отметить следующее.

В конце инкубации *in vitro* культур нейтрофилов, изолированных из крови указанных выше детей, уровень ИЛ-6 в культуральной жидкости составил в среднем  $1,78 \pm 0,09$  пг/мл против  $2,30 \pm 0,12$  пг/мл и  $1,91 \pm 0,10$  пг/мл в группах детей, проживающих в сельскохозяйственной зоне и зоне металлургической и коксохимической промышленности (снижение — 1,29 и 1,09 раза соответственно;  $p < 0,01$  в первом случае сравнения,  $p > 0,05$  — во втором случае). Для ИЛ-8 и ФНО- $\alpha$  аналогичные различия составили 1,29, 1,08 и 1,28, 1,06 раза соответственно (различия статистически значимы в первом и третьем случаях сопоставления).

Уровень спонтанной секреции ИЛ-6 в культурах моноцитов крови у детей группы референтной нормы (зона сельского хозяйства) в конце эксперимента составил в среднем  $3,10 \pm 0,15$  пг/мл. Вместе с тем у детей — жителей зоны металлургической и коксохимической промышленности аналогичный показатель был в среднем равен  $2,64 \pm 0,13$  пг/мл, что оказалось в 1,17 раза ниже ( $p < 0,05$ ). Снижение секреции ИЛ-6 в культурах моноцитов, изолированных от практически здоровых детей 12–14 лет, проживающих в зоне химической промышленности, составило 1,26 раза, то есть было наибольшим ( $p < 0,01$ ).

Спонтанная продукция ИЛ-8 в культурах моноцитов *in vitro* была также наиболее высокой у детей — жителей сельскохозяйственной зоны —  $2,6 \pm 0,1$  пг/мл. По сравнению с приведенным показателем спонтанная продукция ИЛ-8 в суспензиях моноцитов, изолированных от детей, проживающих в зоне металлургической и коксохимической промышленности, оказалась ниже, чем в указанных выше группах детей, — в 1,19 и в 1,05 раза соответственно ( $p < 0,01$

**Таблица 2. Секреторная активность интактных нейтрофилов и моноцитов в крови детей 12–14 лет, проживающих в промышленных зонах Луганской области**

Показатель, пг/мл	Зона сельского хозяйства (референтная норма) (n = 68)	Зона металлургической и коксохимической промышленности (n = 72)	Зона химической промышленности (n = 93)
<b>Нейтрофилы</b>			
ИЛ-6	$2,30 \pm 0,12$	$1,94 \pm 0,10^*$	$1,78 \pm 0,09^{**}$
ИЛ-8	$1,50 \pm 0,08$	$1,25 \pm 0,06^*$	$1,16 \pm 0,06^{**}$
ФНО- $\alpha$	$1,70 \pm 0,09$	$1,41 \pm 0,07^*$	$1,33 \pm 0,07^{**}$
<b>Моноциты</b>			
ИЛ-1	$15,7 \pm 0,8$	$13,1 \pm 0,7^*$	$12,4 \pm 0,6^{**}$
ИЛ-6	$3,10 \pm 0,15$	$2,64 \pm 0,13^*$	$2,46 \pm 0,12^{**}$
ИЛ-8	$2,6 \pm 0,1$	$2,28 \pm 0,11^*$	$2,18 \pm 0,11^{**}$
ФНО- $\alpha$	$3,9 \pm 0,2$	$3,24 \pm 0,16^*$	$3,02 \pm 0,15^{**}$

**Примечания:** ИЛ — интерлейкин; ФНО- $\alpha$  — фактор некроза опухоли альфа; \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$  по отношению к группе детей, проживающих в сельскохозяйственной зоне (референтная норма).

и  $p > 0,1$ ). Уровень промышленных загрязнителей, содержащихся в воздушных массах, влиял и на индуцированную способность нейтрофилов и моноцитов продуцировать указанные ранее медиаторы. Результаты проведенного исследования представлены в табл. 3. Секретция изучаемых медиаторов была наибольшей в культурах нейтрофилов и моноцитов, выделенных из крови практически здоровых детей 12–14 лет, проживающих в сельскохозяйственной зоне Луганской области. Полученные при этом данные были приняты в качестве референтной нормы. Аналогичные уровни секретции изучаемых медиаторов в группах практически здоровых детей 12–14 лет, проживающих в зоне металлургической и коксохимической промышленности, а также в зоне химической промышленности, оказались существенно ниже.

У детей 12–14 лет, проживающих в сельскохозяйственной зоне, стимулированная секретция ИЛ-6 нейтрофилами крови составила в среднем  $12,4 \pm 0,6$  пг/мл. В то же время стимулированная секретция ИЛ-6 в культурах нейтрофилов, выделенных из крови практически здоровых детей, жителей зоны металлургической и коксохимической промышленности, оказалась в 1,19 раза ниже ( $p < 0,05$ ). Уровень ИЛ-6 в культурах нейтрофилов детей, проживающих в зоне химической промышленности, также оказался ниже, чем показатель референтной нормы (снижение — 1,27 раза,  $p < 0,01$ ), а также в 1,06 раза ниже ( $p > 0,05$ ), чем в предыдущей анализируемой группе детей. То есть в наиболее благоприятной зоне по содержанию в воздухе промышленных загрязнителей наблюдалась наименьшая стимулированная секретция ИЛ-6.

При сравнении секретции ИЛ-8 между группами практически здоровых детей — жителей разных промышленных зон оказалось, что наиболее высокие концентрации стимулированной продукции ИЛ-8

были у детей из сельскохозяйственной зоны. Средний уровень ИЛ-8 в данной группе детей оказался выше, чем у детей из зоны металлургической и коксохимической промышленности, в 1,19 раза, а против уровня ИЛ-8 в группе детей из зоны химической промышленности — в 1,3 раза (в обоих случаях сравнения различия статистически достоверны).

Стимулированная секретция ФНО- $\alpha$  в культурах нейтрофилов, изолированных из периферической крови практически здоровых детей, проживающих в сельскохозяйственной зоне, составила в среднем  $10,5 \pm 0,5$  пг/мл против  $8,8 \pm 0,4$  пг/мл и  $8,4 \pm 0,4$  пг/мл в группах аналогичных детей, жителей зоны металлургической и коксохимической промышленности соответственно (превышение — 1,19 и 1,25 раза;  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ). В то же время уровни ФНО- $\alpha$  в культурах нейтрофилов от детей двух последних промышленных зон достоверно не отличались (различие составило 1,05 раза).

Результаты исследования показателей клеточного иммунитета у практически здоровых детей 12–14 лет, проживающих в разных зонах Луганской области, представлены в табл. 4. Состояние клеточного звена иммунитета практически здоровых детей 12–14 лет существенно различается в зависимости от зоны их проживания. Наиболее высокие показатели клеточного иммунитета имели место в группе детей, являющихся жителями сельскохозяйственной зоны, в связи с чем все изучаемые показатели данной группы были приняты в качестве референтной нормы.

Напротив, у практически здоровых детей того же возраста, но проживающих в зонах с повышенным содержанием в воздухе промышленных загрязнителей, подавляющее большинство изучаемых показателей клеточного иммунитета было существенно снижено. При этом наиболее значительное снижение имело место в группе практически здоровых детей 12–14 лет,

**Таблица 3. Секреторная активность нейтрофилов и моноцитов в крови детей 12–14 лет, проживающих в промышленных зонах Луганской области, стимулированных бактериальным липополисахаридом в концентрации 10 мкг/мл**

Показатель, пг/мл	Зона сельского хозяйства (референтная норма) (n = 68)	Зона металлургической и коксохимической промышленности (n = 72)	Зона химической промышленности (n = 93)
<b>Нейтрофилы</b>			
ИЛ-6	$12,4 \pm 0,6$	$10,4 \pm 0,5^*$	$9,8 \pm 0,5^{**}$
ИЛ-8	$7,4 \pm 0,4$	$6,2 \pm 0,3^*$	$5,7 \pm 0,3^{**}$
ФНО- $\alpha$	$10,5 \pm 0,5$	$8,8 \pm 0,4^*$	$8,4 \pm 0,4^{**}$
<b>Моноциты</b>			
ИЛ-1	$113,0 \pm 9,0$	$85,0 \pm 5,0^*$	$72,0 \pm 4,0^{**}$
ИЛ-6	$19,2 \pm 1,0$	$16,0 \pm 0,8^*$	$14,8 \pm 0,7^{**}$
ИЛ-8	$15,1 \pm 0,8$	$12,5 \pm 0,6^*$	$11,7 \pm 0,6^{**}$
ФНО- $\alpha$	$25,4 \pm 1,3$	$21,3 \pm 1,1^*$	$19,8 \pm 1,0^{**}$

**Примечания:** \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$  по отношению к группе детей, проживающих в сельскохозяйственной зоне (референтная норма).

**Таблица 4. Показатели клеточного иммунитета у детей 12–14 лет, проживающих в промышленных зонах Луганской области**

Показатель	Зона сельского хозяйства (референтная норма) (n = 68)	Зона металлургической и коксохимической промышленности (n = 72)	Зона химической промышленности (n = 93)
Лейкоциты, Г/л	7,10 ± 0,36	6,3 ± 0,3	6,7 ± 0,3
Лимфоциты, % Г/л	26,10 ± 1,31 1,85 ± 0,09	22,92 ± 1,15 1,45 ± 0,07***	21,23 ± 1,06** 1,41 ± 0,07***
CD3 <sup>+</sup> -лимфоциты, % Г/л	72,4 ± 3,6 1,34 ± 0,07	70,1 ± 3,5 1,02 ± 0,05***	71,6 ± 3,6 1,00 ± 0,05***
CD4 <sup>+</sup> -лимфоциты, % Г/л	42,6 ± 2,1 0,79 ± 0,04	34,2 ± 1,7** 0,50 ± 0,02***	39,4 ± 2,0 0,56 ± 0,03***
CD8 <sup>+</sup> -лимфоциты, % Г/л	28,3 ± 1,4 0,52 ± 0,03	33,9 ± 1,7* 0,49 ± 0,02	31,1 ± 1,6 0,44 ± 0,02*
CD4 <sup>+</sup> /CD8 <sup>+</sup> , у.е.	1,51 ± 0,08 1,52 ± 0,08	1,00 ± 0,05*** 1,02 ± 0,05***	1,26 ± 0,06* 1,27 ± 0,06*
CD22 <sup>+</sup> -лимфоциты, % Г/л	18,90 ± 0,95 0,35 ± 0,02	16,7 ± 0,8 0,24 ± 0,01***	20,4 ± 1,0 0,29 ± 0,01**
CD16 <sup>+</sup> -лимфоциты, % Г/л	7,8 ± 0,4 0,144 ± 0,007	11,6 ± 0,6*** 0,168 ± 0,008*	6,4 ± 0,1** 0,090 ± 0,002***
CD25 <sup>+</sup> -лимфоциты, % Г/л	3,6 ± 0,2 0,067 ± 0,003	1,53 ± 0,08*** 0,022 ± 0,001***	2,90 ± 0,15** 0,041 ± 0,002***
Индекс цитотоксичности НК, %	27,4 ± 1,4	17,9 ± 0,9***	21,5 ± 1,1**

Примечания: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ , \*\*\* –  $p < 0,001$  по отношению к группе детей, проживающих в сельскохозяйственной зоне (референтная норма).

**Таблица 5. Показатели гуморального иммунитета у детей 12–14 лет, проживающих в промышленных зонах Луганской области**

Показатель	Зона сельского хозяйства (референтная норма) (n = 68)	Зона металлургической и коксохимической промышленности (n = 72)	Зона химической промышленности (n = 93)
ЦИК общие, г/л	1,84 ± 0,09	2,16 ± 0,11*	2,23 ± 0,11*
ЦИК крупномолекулярные, % г/л	58,6 ± 2,9 1,08 ± 0,05	52,9 ± 2,6 1,14 ± 0,06	48,8 ± 2,4* 1,08 ± 0,04
ЦИК средномолекулярные, % г/л	23,3 ± 1,2 0,43 ± 0,02	27,6 ± 1,4* 0,59 ± 0,03***	30,3 ± 1,5*** 0,67 ± 0,03***
ЦИК мелкомолекулярные, % г/л	15,6 ± 0,8 0,29 ± 0,01	18,4 ± 0,9* 0,40 ± 0,02***	19,2 ± 1,0** 0,43 ± 0,02***
Коэффициент К (у.е.), % г/л	1,51 ± 0,08 1,50 ± 0,08	1,15 ± 0,06*** 1,15 ± 0,08***	0,99 ± 0,05*** 0,98 ± 0,05***
IgM, г/л	1,94 ± 0,09	1,65 ± 0,08*	1,57 ± 0,08**
IgG, г/л	8,55 ± 0,43	7,13 ± 0,36*	6,85 ± 0,34**
IgA, г/л	2,47 ± 0,12	2,10 ± 0,10*	1,89 ± 0,09***
ИЛ-1, пг/мл	237,0 ± 21,0	168,0 ± 15,0*	149,0 ± 13,0***
ИЛ-6, пг/мл	21,4 ± 1,1	26,2 ± 1,3**	28,5 ± 1,4***
ФНО-α, пг/мл	2,3 ± 0,1	1,9 ± 0,1**	1,5 ± 0,08***
ИФН-α, пг/мл	39,7 ± 2,0	31,1 ± 1,6**	23,8 ± 1,2***

Примечания: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ , \*\*\* –  $p < 0,001$  по отношению к группе детей, проживающих в сельскохозяйственной зоне (референтная норма).

являющихся жителями зоны химической промышленности. Менее выраженное угнетение клеточного звена иммунитета регистрировали в группе практически здоровых детей среднего школьного возраста, проживающих в зоне металлургической и коксохимической промышленности.

Результаты исследования гуморальных показателей иммунитета у детей 12–14 лет, являющихся жителями разных зон Луганской области, представлены в табл. 5. Как следует из приведенных данных, минимальные концентрации общих циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) и их фракций, а также максимальные уровни иммуноглобулинов, интерлейкинов, ФНО- $\alpha$  и интерферона альфа (ИФН- $\alpha$ ) наблюдали у практически здоровых детей 12–14 лет, проживающих в сельскохозяйственной зоне. Полученные результаты исследования указанной группы детей были приняты в качестве референтной нормы. Напротив, в группах практически здоровых детей 12–14 лет, являющихся жителями промышленных зон с повышенным содержанием в воздушных массах промышленных загрязнителей, изучаемые показатели гуморального звена иммунитета оказались существенно измененными. При этом степень выраженности выявленных нарушений зависела от степени загрязнения воздуха зон проживания промышленными поллютантами.

В группе практически здоровых детей 12–14 лет, проживающих в сельскохозяйственной зоне, средний уровень общих ЦИК в сыворотке крови составил  $1,84 \pm 0,09$  г/л. В то же время содержание общих ЦИК в крови практически здоровых детей аналогичного возраста, но являющихся жителями зоны металлургической и коксохимической промышленности, достигло в среднем  $2,16 \pm 0,11$  г/л, что было в 1,17 раза выше, чем в предыдущей группе детей ( $p < 0,05$ ). Увеличение кон-

центрации общих ЦИК в сыворотке крови практически здоровых детей среднего школьного возраста, жителей зоны химической промышленности, составило 1,21 раза ( $p < 0,05$ ). Этот же показатель был недостоверно (в 1,03 раза) выше такового у детей, проживающих в зоне металлургической и коксохимической промышленности.

У детей, жителей промышленных зон, содержание иммуноглобулинов указанных классов в сыворотке крови было существенно ниже. Так, в группе практически здоровых детей 12–14 лет, проживающих в зоне металлургической и коксохимической промышленности, концентрация сывороточного IgM оказалась в 1,18 раза ниже, чем это имело место у детей, являющихся жителями сельскохозяйственной зоны. У практически здоровых детей старшей школьной группы — жителей зоны химической промышленности концентрация IgM в сыворотке крови была ниже таковой в двух предыдущих группах в 1,24 и 1,05 раза ( $p < 0,01$  и  $p > 0,05$ ).

Сходная ситуация наблюдалась и в отношении IgG и IgA. Так, по сравнению с референтной нормой содержание IgA в крови практически здоровых детей 12–14 лет, проживающих в зоне металлургической и коксохимической промышленности, а также в зоне химической промышленности, оказалось соответственно в 1,2 и в 1,25 раза ниже ( $p < 0,05$  и  $p < 0,01$ ). Для IgA подобные различия в указанных группах детей составили 1,18 и 1,31 раза (в обоих случаях сравнения разница статистически достоверна).

Результаты проведенного исследования метаболического статуса здоровых детей среднего школьного возраста, проживающих в разных промышленных зонах, представлены в табл. 6. Наименьшие концентрации продуктов метаболизма ПОЛ и арахидоновой кислоты, играющих существенную роль в воспалительных процессах, имели место у практически здоровых детей

**Таблица 6. Показатели метаболического статуса у детей 12–14 лет, проживающих в промышленных зонах Луганской области**

Показатель	Зона сельского хозяйства (референтная норма) (n = 68)	Зона металлургической и коксохимической промышленности (n = 72)	Зона химической промышленности (n = 93)
ДК, мкмоль/л	$20,7 \pm 1,4$	$26,1 \pm 1,3^*$	$29,6 \pm 1,5^{***}$
МДА, мкмоль/л	$38,4 \pm 1,9$	$44,5 \pm 2,3^*$	$51,4 \pm 2,6^{***}$
Каталаза, мкат/ч × л	$12,7 \pm 0,6$	$15,3 \pm 0,8^*$	$18,6 \pm 0,9^{***}$
СОД, МЕ/мг Hb	$2,14 \pm 0,11$	$3,07 \pm 0,15^{***}$	$3,27 \pm 0,16^{***}$
Коэффициент Ф, у.е.	$3,98 \pm 0,19$	$3,84 \pm 0,19$	$3,70 \pm 0,19$
ПГЕ2, нг/мл	$1,48 \pm 0,07$	$1,73 \pm 0,09^*$	$2,04 \pm 0,10^{***}$
ПГФ2 $\alpha$ , нг/мл	$0,69 \pm 0,03$	$0,78 \pm 0,04^*$	$0,98 \pm 0,05^{***}$
ПГЕ2/ПГФ2 $\alpha$ , у.е.	$2,14 \pm 0,11$	$2,22 \pm 0,11$	$2,08 \pm 0,10$
6-кето-ПГФ1 $\alpha$ , нг/мл	$1,06 \pm 0,05$	$1,24 \pm 0,06^*$	$1,36 \pm 0,07^{***}$
ТxB2, нг/мл	$0,53 \pm 0,03$	$0,65 \pm 0,03^{**}$	$0,74 \pm 0,04^{***}$
6-кето-ПГФ1 $\alpha$ /ТxB2, у.е.	$2,0 \pm 0,1$	$1,90 \pm 0,09$	$1,83 \pm 0,09$

**Примечания:** \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$ , \*\*\* —  $p < 0,001$  по отношению к группе детей, проживающих в сельскохозяйственной зоне (референтная норма).

12–14 лет, проживающих в сельскохозяйственной зоне Луганской области, в связи с чем данные показатели были приняты в качестве референтной нормы. Кроме того, к референтной норме были отнесены активность ключевых ферментов системы АОЗ — каталазы и СОД, а также значения коэффициентов Ф, ПГЕ2/ПГФ2α и 6-кето-ПГЕ1α/ТхВ2, выведенные из полученных данных, характеризующих ПОЛ и метаболизм арахидоновой кислоты. Все последующие сравнения проводили относительно этих референтных показателей.

У практически здоровых детей 12–14 лет, проживающих в промышленных зонах, наблюдается существенное увеличение в сыворотке крови концентраций как промежуточных, так и конечных метаболитов ПОЛ — ДК и МДА соответственно. При этом степень указанного увеличения этих метаболитов оказалась неодинаковой, а зависела от концентрации промышленных загрязнителей в воздухе зон проживания детей.

Так, в крови практически здоровых детей среднего школьного возраста, проживающих в зоне металлургической и коксохимической промышленности, содержание ДК в сыворотке крови оказалось в 1,26 раза выше аналогичного показателя, принятого в качестве референтной нормы ( $p < 0,05$ ). Увеличение уровня МДА для детей зоны металлургической и коксохимической промышленности составило 1,16 раза ( $p < 0,05$ ).

Сходная ситуация наблюдалась и в группе практически здоровых детей, проживающих в зоне химической промышленности, однако зарегистрированные при этом концентрации сывороточных ДК и МДА были заметно выше таковых у детей — жителей зоны металлургической и коксохимической промышленности.

Существенный интерес представляло также изучение в крови детей активности ключевых ферментов системы АОЗ — каталазы и СОД. Как оказалось, активность указанных ферментов в сыворотке крови детей из промышленных зон была повышенной относительно таковой у детей сельскохозяйственной зоны проживания, что, вероятно, являлось компенсаторной реакцией системы АОЗ на активацию процессов пероксидации липидов.

## Выводы

— Промышленные аэрополлютанты угнетают фагоцитарную и секреторную функции нейтрофилов и моноцитов периферической крови практически здоровых детей 12–14 лет, что проявляется снижением ФИ, ФЧ, спонтанной и индуцированной липополисахаридом секреции ИЛ-1, ИЛ-6, ИЛ-8 и ФНО-α. Угнетение фагоцитарной и секреторной активности нейтрофилов и моноцитов возрастает по мере увеличения концентрации промышленных аэрополлютантов.

— Проживание в зонах с повышенным содержанием в воздухе промышленных поллютантов отрицательно влияет на состояние клеточного звена иммунной системы детей 12–14 лет, что проявляется снижением в периферической крови содержания лейкоцитов, лимфоцитов, CD4<sup>+</sup>-, CD8<sup>+</sup>-, CD22<sup>+</sup>- и CD25<sup>+</sup>-клеток, формированием супрессорного варианта иммуноде-

фицита и нарушением количества CD16<sup>+</sup>-лимфоцитов при угнетении их цитотоксической активности. С увеличением концентрации промышленных аэрополлютантов нарушения клеточного звена иммунитета возрастают. Наиболее значительные изменения имеют место у детей, проживающих в зоне металлургической и коксохимической промышленности, тогда как менее выраженные нарушения с формированием в 24,7 % случаев гипосупрессорного варианта иммунодефицита наблюдают у детей, проживающих в зоне химической промышленности. Нарушения клеточного звена иммунитета отсутствуют у детей — жителей зоны сельского хозяйства.

— Промышленные аэрополлютанты вызывают у детей 12–14 лет нарушения гуморального звена иммунитета, что выражается в накоплении в крови ЦИК, преимущественно за счет наиболее патогенных средне- и низкомолекулярных фракций, при снижении удельного веса крупномолекулярных иммунных комплексов; развитии гипои иммуноглобулинемии; в снижении в крови содержания ИЛ-1, ФНО-α при увеличении концентрации ИЛ-6. Степень выраженности изменений гуморального звена иммунитета прямо зависит от концентрации в воздухе промышленных поллютантов. Наибольшие нарушения показателей гуморального звена иммунной системы имеют место у детей, проживающих в зоне химической промышленности, при отсутствии нарушений у детей — жителей сельскохозяйственной зоны.

— Промышленные аэрополлютанты отрицательно влияют на метаболический статус практически здоровых детей 12–14 лет, что выражается в интенсификации в организме детей процессов ПОЛ с увеличением в крови ДК и МДА; в накоплении ПГЕ2, ПГФ2α, 6-кето-ПГФ1α и ТхВ2; в повышении активности сывороточных ферментов системы АОЗ (каталазы и СОД), при тенденции к снижению баланса в системах ПОЛ/АОЗ, ПГЕ2/ПГФ1α и 6-кето-ПГФ1α/ТхВ2. Наибольшие метаболические нарушения имеют место у детей, проживающих в зоне химической промышленности, при отсутствии нарушений у жителей сельскохозяйственной зоны.

## Список литературы

1. Аршавский И.А. Основы возрастной периодизации / И.А. Аршавский // *Возрастная физиология*. — Л.: Наука, 1985. — С. 5-67.
2. Бережков Н.М. Динамика состояния здоровья детей школьного возраста и значение медико-биологических факторов в его формировании / Л.Ф. Бережков, Н.М. Бондаренко, С. Зутер [и др.] // *Вестник РАМН*. — 1993. — № 5. — С. 8-15.
3. Додина Л.Г. Эффективность антиоксидантов и адаптогенов в повышении защитных реакций организма при воздействии факторов производственной и окружающей среды / Л.Г. Додина, Е.Е. Агамова // *Медицина труда и промышленная экология*. — 2000. — № 2. — С. 28-31.
4. Ефимова Н.В. Оценка медико-социального и экономического ущерба, связанного с техногенным загрязнением атмосферного воздуха / Н.В. Ефимова // *Гигиена и санитария*. — 2006. — № 5. — С. 20-22.

5. Жук С.В. Профілактичне застосування антиоксидантів і адаптогенів при захворюваннях бронхолегеневої системи у дітей, які народилися в сім'ях ліквідаторів аварії на Чорнобильській атомній електростанції, в умовах метеорологічно-синаптичних впливів у регіоні Луганської області / С.В. Жук, О.В. Січанова, С.В. Вітрищак, О.В. Саніна // Український журнал клінічної та лабораторної медицини. — 2011. — Т. 6, № 1. — С. 136-138.

6. Камилов Ф.Х. Влияние факторов окружающей среды на биохимические показатели детского населения города Стерлитамака / Ф.Х. Камилов, В.А. Соцкова, Т.Х. Агизев, И.В. Климов // Сборник материалов межвузовской научно-практической конференции «Биоразнообразие, проблемы его сохранения в Южном регионе Республики Башкортостан и на отдельных территориях». — Стерлитамак, 2003. — С. 125-128.

7. Кац П.Д. Сывороточные простагландины и их динамика при аллергических заболеваниях у детей / П.Д. Кац, А.С. Аметов, И.М. Ларина, Л.И. Юсуф-заде // Педиатрия. — 1983. — № 12. — С. 12-15.

8. Конвенция о правах ребенка и ее реализация в современной России: Материалы научно-практической конференции, посвященной 10-летию ООН Конвенции о правах ребенка. — М.: Государственный научно-исследовательский институт семьи и воспитания, 2001. — 100 с.

9. Луганицина — край турботи та надії (Річний звіт про стан навколишнього природного середовища в Луганській області у 2009 р.). — Луганськ, 2009. — 144 с.

10. Лук'янова О.М. Проблема здоров'я здорової дитини та наукові аспекти профілактики його порушень / О.М. Лук'янова // Мистецтво лікування. — 2007. — № 9. — С. 42-47.

11. Няньковський С.Л. Сучасні тенденції структури та вікового поширення захворюваності у дітей / С.Л. Няньковський // Acta Medica Leopoliensia. — 1999. — № 2. — С. 78-82.

12. Нагорная Н.В. Оксидативный стресс у детей, проживающих в экологически неблагоприятных условиях. Возможности нейровитана в его коррекции / Н.В. Нагорная, Н.А. Четверик, А.В. Дубовая [и др.] // Современная педиатрия. — 2009. — № 1. — С. 124-129.

13. Оди́нец Т.Н. Состояние антиэндотоксинового иммунитета и метаболической интоксикации при острых кишечных инфекциях / Т.Н. Оди́нец, И.З. Каримов, Д.К. Шмойлов [и др.] // Актуальная инфектология. — 2014. — № 2(3). — С. 27-29.

14. Официальный сайт ВОЗ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [www.who.int](http://www.who.int).

15. Панорама охорони здоров'я населення України / А.В. Підаєв, О.Ф. Возіанов, В.Ф. Москаленко, В.М. Пономаренко. — К.: Здоров'я, 2003. — 396 с.

16. Рахманин Ю.А. Исследование влияния химического загрязнения окружающей среды на состояние здоровья детского населения методами неинвазивной биохимической диагностики / Ю.А. Рахманин, Л.Х. Мухамбетова, М.А. Пинигин // Гигиена и санитария. — 2004. — № 2. — С. 6-9.

17. Ребрик Б.А. Экологическая эпидемиология / Б.А. Ребрик, С.Л. Авалиани, Г.И. Тихонова. — М.: Академия, 2004. — 384 с.

18. Румянцев А.Г. Актуальные проблемы подростковой медицины / А.Г. Румянцев, Д.Д. Панков. — М., 2002. — 376 с.

Получено 18.06.16 ■

Вітрищак С.В., Савіна Є.Л., Жук С.В., Клименко А.К.  
ДЗ «Луганський державний медичний університет»

### ВПЛИВ ПРОМИСЛОВИХ ПОЛЮТАНТІВ НА ІМУННИЙ І МЕТАБОЛІЧНИЙ СТАТУС ЗДОРОВИХ ДІТЕЙ 12–14 РОКІВ, ЯКІ ПРОЖИВАЮТЬ У РІЗНИХ ПРОМИСЛОВИХ ЗОНАХ ЛУГАНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Резюме.** Вивчення факторів, що впливають на стан здоров'я, залишається одним з актуальних медико-соціальних напрямків, особливо у суспільстві, де донині не подолана тенденція до зниження рівня життя населення, обумовлена демографічними та економічними кризами; необхідно розробити патогенетично обґрунтований спосіб корекції імунних і метаболічних показників у дітей середнього шкільного віку, які піддаються

впливу промислових аерополітантів. Промислові аерополітанти негативно впливають на імунний статус практично здорових дітей. Найбільші імунологічні порушення мають місце у дітей, які проживають у промисловій зоні, за відсутності порушень у жителів сільськогосподарської зони.

**Ключові слова:** здоров'я дітей, промислові аерополітанти, імунний і метаболічний статус дітей.

Vitrichchak S.V., Savina Ye.L., Zhuk S.V., Klimenko A.K.  
SI «Luhansk State Medical University»

### IMPACT OF INDUSTRIAL POLLUTANT ON IMMUNE AND METABOLIC STATUS OF HEALTHY CHILDREN AGED 12–14 YEARS OLD LIVING IN VARIOUS INDUSTRIAL AREAS OF LUHANSK REGION

**Summary.** The study of factors affecting the health status remains one of the most urgent medical and social areas, especially in a society that has not yet overcome the tendency to reduce the standard of living, due to demographic and economic crisis. It is necessary to develop a pathogenetically sound method of correction of immune and metabolic parameters in children of secondary school age that are affected by industrial aeropol-

lutants. Industrial aeropollutants have the negative impact on the immune status of almost healthy children. The greatest immunological disorders occur in children living in the industrial area, in the absence of violations of the inhabitants of the agricultural zone.

**Key words:** children's health, industrial aeropollutants, immune and metabolic status of children.