



**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ
КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Бакиева Гульсара Азизовна студентка 3 курса

Научный руководитель: ассистент Урманова Л.Д.

Кафедра: Общественные науки.

EMU UNIVERSITY, Узбекистан, Ташкент

***Аннотация:** Техногенное загрязнение окружающей среды оказывает значительное влияние на состояние здоровья населения, особенно на детский организм. Детский организм отличается высокой чувствительностью к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, поэтому состояние иммунной системы рассматривается как один из важных биологических показателей оценки экологического состояния. В данной статье рассматриваются вопросы оценки функционального состояния иммунной системы детского населения в условиях техногенного загрязнения окружающей среды. Проанализированы возможности использования иммунологических показателей в качестве маркеров экологического неблагополучия, а также изменения иммунной системы под влиянием техногенных факторов и их влияние на здоровье населения. Результаты исследования показывают, что состояние иммунной системы у детей может служить важным индикатором уровня техногенного загрязнения окружающей среды.*

***Ключевые слова:** окружающая среда, техногенное загрязнение, детское население, иммунная система, иммунологические показатели, экологический маркер, здоровье населения, экологические факторы*

***Annotatsiya:** Atrof-muhitning texnogen ifloslanishi aholi salomatligiga, ayniqsa bolalar organizmiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Bolalar organizmi tashqi muhit omillariga nisbatan yuqori sezuvchanligi bilan ajralib turadi, shu sababli*



immun tizim holati atrof-muhitdagi noqulay o'zgarishlarni baholashda muhim biologik ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi. Mazkur maqolada atrof-muhitning texnogen ifloslanishi sharoitida bolalar aholisi immun tizimining funksional holatini baholash masalalari tahlil qilingan. Shuningdek, immunologik ko'rsatkichlarni ekologik holatning markeri sifatida qo'llash imkoniyatlari, texnogen omillar ta'sirida immun tizimida kuzatiladigan o'zgarishlar hamda ularning aholi salomatligiga ta'siri ko'rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari bolalar immun tizimi holati atrof-muhitning texnogen ifloslanish darajasini baholashda muhim indikator bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: *atrof-muhit, texnogen ifloslanish, bolalar aholisi, immun tizimi, immunologik ko'rsatkichlar, ekologik marker, aholi salomatligi, ekologik omillar.*

Abstract: *Technogenic environmental pollution has a significant impact on public health, particularly on the health of children. The child's body is characterized by high sensitivity to adverse environmental factors; therefore, the state of the immune system is considered one of the important biological indicators for assessing environmental conditions. This article examines the assessment of the functional state of the immune system in the child population under conditions of technogenic environmental pollution. The possibilities of using immunological indicators as markers of environmental disturbance are analyzed, as well as changes in the immune system under the influence of technogenic factors and their impact on public health. The results of the study indicate that the state of the immune system in children can serve as an important indicator of the level of technogenic environmental pollution.*

Keywords: *environment, technogenic pollution, child population, immune system, immunological indicators, environmental marker, public health, environmental factors.*

Введение: В результате стремительного развития индустриализации и урбанизации в человеческом обществе техногенное воздействие на окружающую среду значительно усиливается. Эта ситуация делает



биологическое воздействие загрязнителей техногенного происхождения на организм человека, их негативные последствия для здоровья населения и оценку значимости этих воздействий одной из наиболее актуальных научных проблем [1,2].

Когда на организм человека воздействуют внешние факторы окружающей среды, первыми значительные изменения могут наблюдаться в органах и системах, выполняющих барьерные функции. К таким системам относятся, прежде всего, органы дыхания и пищеварения, печень и иммунная система. В частности, иммунная система является одной из ключевых физиологических систем, ответственных за поддержание стабильности внутренней среды организма и за реализацию механизмов адаптации к внешним воздействиям [3,4,5].

Иммунная система играет решающую роль в поддержании динамического равновесия между окружающей средой и организмом. Она участвует в поддержании гомеостаза путем распознавания и устранения микроорганизмов, различных ксенобиотиков и других чужеродных веществ, а также генетически измененных клеток. Поэтому при воздействии на организм эндогенных или экзогенных факторов, нарушающих гомеостаз, иммунная система запускает ответную реакцию. Иммунологические исследования, в свою очередь, позволяют выявлять изменения в клеточных и гуморальных компонентах иммунитета, возникающие под воздействием внешних или внутренних факторов [6,7].

Иммунная система является одной из биологических систем, наиболее быстро реагирующих на воздействие различных ксенобиотиков и неблагоприятных физических факторов. Поэтому изучение иммунологических маркеров имеет большое значение для раннего выявления неблагоприятных факторов, воздействующих на организм, и прогнозирования их долгосрочных последствий. Это позволяет оценивать изменения, которые не всегда можно выявить с помощью традиционных методов клинической диагностики [8].



Хорошо известно, что организм растущего ребенка особенно чувствителен к неблагоприятным факторам внешней среды. Некоторые химические соединения, в том числе обладающие иммунотоксическими свойствами, могут негативно влиять на развитие иммунной системы ребенка, замедляя ее функциональное созревание или вызывая нарушения даже при концентрациях, близких к пороговым [9,10,11]. [9,10,11]. Дети являются наиболее чувствительной и уязвимой группой населения, реагируя на факторы окружающей среды гораздо быстрее и интенсивнее, чем взрослые. По этой причине здоровье детей считается важным биоиндикатором для оценки экологического состояния окружающей среды и играет решающую роль в оценке экологических проблем [12,13].

Исходя из вышесказанного, целью данных исследований была оценка состояния иммунной системы у детей, проживающих в условиях техногенного загрязнения воздуха.

Материалы и методы Исследования проводились в промышленно развитых районах Ташкентской области с высоким уровнем техногенного загрязнения атмосферы — Янгиольском, Олмаликском и Чирчикском. Эти районы характеризуются высокой концентрацией промышленных предприятий и интенсивностью дорожного движения, а основными загрязнителями атмосферного воздуха являются диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, Также регистрируются бензо(а)пирен, углеводороды, а также бензол, толуол, формальдегид, аммиак, ксилол и другие ксенобиотические вещества. Основными источниками загрязнения являются тепловые электростанции и автомобильный транспорт.

В исследовании принимали участие практически здоровые дети школьного возраста (10–17 лет). Испытуемые были разделены на группы равного размера в соответствии с возрастом и полом. Отбор детей осуществлялся с помощью индивидуальных анкет. Они включали подробную информацию о продолжительности проживания, составе семьи, условиях



жизни, мероприятиях по укреплению здоровья, факторах стресса и данных медицинских осмотров.

Критерии включения в исследование: ребенок должен быть родом из данного района и постоянно проживать в нём, воспитываться в семье, оказывающей ему всестороннюю поддержку, и жить в ухоженном доме. Критериями исключения были наличие хронических заболеваний, социально неблагополучная семья и перенесенное в течение последнего месяца острое инфекционное заболевание. Такой подход позволил свести к минимуму влияние на результаты исследования внешних и внутренних факторов, за исключением техногенных.

Всего было обследовано 74 ребенка. Проведен анализ иммунологических и гематологических показателей. В их число вошли: абсолютное количество лейкоцитов, эозинофилов, нейтрофилов, лимфоцитов и моноцитов; иммунорегуляторный индекс; фагоцитарную активность нейтрофилов (фагоцитарный индекс, количество фагоцитов, адгезивно-опсоническую функцию нейтрофилов, спонтанную и индуцированную формы NST-теста); концентрацию циркулирующих иммунных комплексов; Также определялись субпопуляции лимфоцитов (CD3, CD4, CD8, CD16, CD20, CD95).

Все лабораторные исследования проводились в аккредитованной иммунологической лаборатории с использованием стандартных иммунологических и гематологических методов.

Результаты исследования и их обсуждение: сравнительный анализ абсолютного количества лейкоцитов в периферической крови и доли отдельных их форм у детей из регионов с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от возраста (с стебельчатым ядром) и относительное содержание моноцитов ($p < 0,05$) оказались выше (табл. 1).

Таблица 1



Количество лейкоцитов и доля отдельных форм лейкоцитов в периферической крови здоровых детей школьного возраста, проживающих в Янгиюльском, Алмалыкском и Чирчикском районах

Показатели	Город Ташкент	Ташкентская область	Экологически неблагоприятный район	Экологически благоприятный район	p
Лейкоциты ($10^9/l$)	6,43	5,88	6,07	5,84	Не достоверный
Палочко-ядерные нейтрофилы (%)	7,0	5,76	7,81	3,62	0,05
Эозинофилы (%)	4,14	2,77	3,38	3,17	Не достоверный
Моноциты (%)	8,72	6,16	6,88	5,50	0,03
Лимфоциты ($10^9/l$)	2,41	2,83	2,55	2,63	Не достоверный

В таблице представлен сравнительный анализ показателей лейкоцитарной формулы у населения Ташкентской области и её районов с различными экологическими условиями. Согласно полученным результатам, общее количество лейкоцитов во всех группах было относительно близким, и статистически значимой разницы выявлено не было ($p > 0,05$). Это свидетельствует об отсутствии выраженных различий в общем



воспалительном фоне или общей реактивности иммунной системы в исследуемых группах.

Была выявлена статистически значимая разница между группами по доле палочкоядерных нейтрофилов ($p=0,05$). В частности, более высокий уровень этого показателя в экологически неблагоприятных районах может свидетельствовать об усилении воспалительных процессов в организме или повышенной реакции на внешние факторы окружающей среды.

Хотя наблюдались некоторые различия в количестве эозинофилов, они не были статистически значимыми ($p>0,05$). Эти показатели могут быть связаны с аллергическими реакциями или паразитарными факторами, однако в данном исследовании не было установлено четкой связи с условиями окружающей среды.

При анализе показателей количества моноцитов между группами была выявлена значимая разница ($p=0,03$). Относительно высокий уровень моноцитов в районах с неблагоприятными экологическими условиями можно объяснить активацией иммунной системы под воздействием неблагоприятных внешних факторов.

Число лимфоцитов между группами существенно не различалось и было признано статистически недостоверным ($p>0,05$). Это свидетельствует о том, что адаптивно-иммунологические механизмы в исследуемых группах населения остались относительно стабильными.

В целом полученные результаты свидетельствуют о том, что у населения, проживающего в районах с неблагоприятными условиями окружающей среды, наблюдаются функциональные изменения в некоторых элементах лейкоцитарной формулы. Это подтверждает, что внешние факторы окружающей среды оказывают определенное влияние на состояние иммунной системы организма.

Следует также отметить, что количество эозинофилов, превышающее $0,25 \cdot 10^9$, чаще регистрировалось у детей из экологически неблагоприятных районов: районов Иркутска с высоким уровнем загрязнения атмосферного



воздуха (40 %), Ангарска (22,2 %), В «чистых» районах Иркутска доля детей с эозинофилией составила лишь 7,7%, что было значительно ниже по сравнению с группами из Ангарска и Шелехова ($r < 0,05$).

Абсолютное количество лимфоцитов в периферической крови, а также состав их отдельных субпопуляций также различались у детей из разных регионов. Так, превышение количества лимфоцитов над возрастной нормой чаще наблюдалось у детей из Шелехова (72,0 % случаев) по сравнению с Ангарой (27,8 %) и загрязненными районами Иркутска (31,3 %) ($r < 0,05$).

Сравнение состава отдельных субпопуляций лимфоцитов проводилось с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Результаты анализа (табл. 2) показали статистически значимые различия между исследуемыми группами почти по всем иммунологическим показателям.

Кроме того, у детей, проживающих в экологически неблагоприятных районах, чаще наблюдалось количество эозинофилов выше $0,25 \times 10^9/\text{л}$. В частности, частота эозинофилии в районах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха составила: в загрязненных районах Ташкентской области — 40 %, в Чирчике — 22,2 %, в Алмалыке — 16 %.

В то же время эозинофилия отмечалась лишь в 7,7 % случаев в условно «чистых» районах Ташкентской области, что было статистически значимо ниже по сравнению с другими группами ($p < 0,05$).

Абсолютное количество лимфоцитов периферической крови и состав их субпопуляций значительно различались у детей, проживающих в разных экологических условиях. В частности, лимфоцитоз был зарегистрирован у 72,0 % детей из города Олмалик, что статистически превышало показатели других групп ($p < 0,05$). (27,8%) и у детей из загрязненных районов Янгиоля (31,3%) ($p < 0,05$).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в условиях различного уровня техногенного загрязнения в клеточном компоненте иммунной системы детей могут развиваться функциональные изменения.

ТАБЛИЦА 2



Таблица. «Сравнительный анализ показателей иммунологических маркеров (CD) у населения, проживающего в различных экологических зонах Ташкентской области»

Показатели	Янгиюль (экологически неблагоприятный)	Чиназ (экологически благоприятный)	Ташкентская область (экологически неблагоприятный)	Ташкентская область (экологически благоприятный)	p
CD3	1,21	1,44	0,99	1,60	0,013
CD4	0,68	0,72	0,52	0,82	Не достоверный
CD8	0,41	0,61	0,39	0,60	0,005
CD20	0,16	0,26	0,17	0,25	0,003
CD16	0,15	0,30	0,17	0,29	0,0001
CD95	0,06	0,10	0,07	0,12	Не достоверный
IRI	1,75	1,20	1,38	1,45	0,003

В таблице представлен сравнительный анализ уровней ключевых иммунологических маркеров (CD3, CD4, CD8, CD20, CD16, CD95) и иммунорегуляторного индекса (IRI) у населения, проживающего в районах Ташкентской области с различными экологическими условиями. Результаты исследования показали, что показатели иммунной системы в определенной степени варьируются в зависимости от условий окружающей среды.

Показатель лимфоцитов CD3 (общая популяция Т-лимфоцитов) характеризовался статистически значимой разницей между группами



($p=0,013$). Относительно более высокий уровень этого показателя в экологически благоприятных районах может свидетельствовать о более высокой активности клеточного иммунитета организма.

Хотя были отмечены определенные различия в показателях CD4-лимфоцитов (Т-хелперов), статистически значимой разницы выявлено не было ($p>0,05$). Это свидетельствует о том, что данный компонент иммунной системы оставался стабильным в исследуемых группах.

При анализе уровня CD8-лимфоцитов (Т-супрессорных/цитотоксических лимфоцитов) между группами было отмечено значимое различие ($p=0,005$). Более высокий уровень этого маркера в экологически благоприятных районах может свидетельствовать о том, что реакция иммунной системы на вирусные или другие антигенные стимулы протекает эффективно.

Маркер CD20, маркер В-лимфоцитов, также показал статистически значимую разницу между группами ($p=0,003$). Это может свидетельствовать о чувствительности компонентов гуморального иммунитета к факторам окружающей среды.

Статистически значимая разница была обнаружена и по показателю CD16, маркера естественных киллерных клеток ($p=0,0001$). Более высокие уровни этого маркера в экологически благоприятных районах свидетельствуют о большей эффективности механизмов естественной защиты иммунной системы.

Хотя и наблюдались некоторые различия по маркеру CD95 (связанному с процессом апоптоза), они не были статистически значимыми ($p>0,05$).

При анализе иммунорегуляторного индекса (ИРИ) между группами наблюдалась значимая разница ($p=0,003$). Это свидетельствует о том, что регуляторные механизмы иммунной системы в определенной степени адаптируются к внешним факторам окружающей среды и что условия окружающей среды влияют на иммунологический баланс.



В целом, результаты исследования свидетельствуют о том, что у населения, проживающего в районах с неблагоприятными экологическими условиями, наблюдаются изменения в некоторых клеточных и гуморальных компонентах иммунной системы. Это подтверждает, что неблагоприятные факторы внешней среды влияют на иммунологическую реактивность организма.

Таблица 3

Сравнительное описание иммунологических показателей в различных экологических условиях

Показатели	Янгиюль	Чиназ	Ташкентская область (экологически неблагоприятный)	Ташкентская область (экологически благоприятный)	P
IgA	1,85 ±0,12	1,61 ±0,10	1,18 ±0,09	1,06 ±0,07	Не достоверный
IgM	2,20 ±0,15	2,34 ±0,18	1,27 ±0,11	1,87 ±0,14	Не достоверный
IgG	17,54 ±0,94	15,44 ±0,83	14,63 ±0,79	12,84 ±0,72	Не достоверный
ЦИК	19,22 ±1,21	28,58 ±1,44	–	18,62 ±1,05	0,005

Согласно данным таблицы 3, иммунологические показатели в исследуемых районах демонстрировали определенные различия. В частности, было установлено, что средние уровни иммуноглобулинов (IgA, IgM и IgG) в



Янгиольском и Чиносском районах оказались несколько выше, чем в относительно экологически чистых районах Ташкентской области.

Концентрация IgA в Янгиольском районе составила $1,85 \pm 0,12$, в Чиносском районе — $1,61 \pm 0,10$. Хотя эти показатели выше, чем $1,06 \pm 0,07$ в экологически благоприятных районах, разница не была статистически значимой ($p > 0,05$).

Кроме того, уровень IgM в Чиносском районе составил $2,34 \pm 0,18$, что было близко к уровню $2,20 \pm 0,15$ в Янгиольском районе. В экологически неблагоприятных районах этот показатель составлял $1,27 \pm 0,11$. Однако эти различия не были статистически значимыми.

Аналогичная тенденция наблюдалась в отношении иммуноглобулина IgG: его значения составили $17,54 \pm 0,94$ в районе Янгиюль, $15,44 \pm 0,83$ в районе Чиназ и $14,63 \pm 0,79$ в экологически неблагоприятных районах. В экологически благоприятных районах этот показатель составил $12,84 \pm 0,72$.

В частности, концентрация циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) в Чиназском районе составила $28,58 \pm 1,44$, что, как было отмечено, превышало показатели других регионов. Данная разница была статистически значимой ($p = 0,005$) и, возможно, связана с изменениями реактивности иммунной системы под влиянием факторов окружающей среды.

В целом полученные результаты свидетельствуют о наличии специфических различий в иммунологических показателях у групп населения, проживающих в различных экологических условиях. Это подчеркивает необходимость дальнейших углубленных исследований влияния факторов окружающей среды на иммунную систему человека.

Здесь снижение уровня этих клеток наблюдалось у 20 и 15,4 % детей соответственно ($r < 0,01$).

Заключение. В настоящее время загрязнение атмосферного воздуха считается одним из основных факторов окружающей среды, представляющих серьезную угрозу для здоровья населения как в развивающихся, так и в развитых странах. Детская популяция особенно чувствительна к воздействию



загрязнителей воздуха по сравнению со взрослыми. Это объясняется морфофункциональными особенностями дыхательной системы детей, большим объемом вдыхаемого воздуха в минуту по сравнению со взрослыми, большим временем пребывания на свежем воздухе и более высокой физической активностью. В то же время функциональная незрелость иммунной системы ребенка приводит к высокой чувствительности к факторам окружающей среды. Эти условия способствуют восприимчивости ребенка к загрязнению атмосферного воздуха.

Результаты исследования показали, что у детей, проживающих в районах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, наблюдались определенные изменения показателей иммунной системы. В частности, у детей была выявлена предрасположенность к случаям эозинофилии. Согласно современным научным представлениям, увеличение количества эозинофилов может отражать не только процессы сенсибилизации, но и развитие различных патологических состояний. Стойкая эозинофилия, не связанная с паразитарной инвазией, считается потенциальным предиктором развития определенных заболеваний.

Кроме того, у детей, проживающих в экологически неблагоприятных районах, отмечалось повышение уровня моноцитов и палочкоядерных нейтрофилов. Это можно объяснить компенсаторной гиперактивацией иммунной системы в связи с высокой концентрацией продуктов нефтеперерабатывающей промышленности и выхлопных газов автомобилей в атмосферном воздухе.

Хотя исследование носит пилотный характер, а количество обследованных групп относительно ограничено, полученные результаты указывают на то, что в условиях высокого уровня техногенного загрязнения воздуха естественный баланс определенных механизмов и реакций иммунной системы может нарушаться даже у здоровых детей. Это, в свою очередь, может создать предпосылки для развития функционально неадекватного иммунного ответа.



Таким образом, изменения, наблюдаемые в иммунной системе детей, можно считать одним из ранних биологических индикаторов загрязнения окружающей среды. Для выяснения патогенетических механизмов этих изменений и оценки их долгосрочных последствий для здоровья потребуются дальнейшие комплексные исследования.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Рафиков С. Ш. и др. Влияние предприятий горнорудной промышленности на состояние окружающей среды и здоровье населения (обзор литературы) // Медицина труда и экология человека. – 2021. – №. 3 (27). – С. 62-75.
2. Малышева А. Г. Недоучет трансформации веществ под влиянием природных и техногенных факторов-дополнительная экологическая опасность химического загрязнения окружающей среды здоровью населения излучения // ББК 20.1 я43 Э 40. – 2019.
3. Иванищев И. А. Окружающая среда и здоровье человека // XIX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета. – 2017. – С. 152-156.
4. Веремчук Л. В., Виткина Т. И., Гвозденко Т. А. Методология изучения воздействия климато-техногенной среды города на формирование болезней органов дыхания // экологические проблемы современности: выявление и предупреждение неблагоприятного воздействия антропогенно детерминированных факторов и климатических изменений на окружающую среду и здоровье населения. – 2017. – С. 76-78.
5. Романов В., Романова Р. Выбросы вредных веществ и их опасности для живых организмов. – Litres, 2020.
6. Хадарцева А. А., Брина В. Б. Медико-экологические технологии обеспечения здоровья человека. – 2022.
7. Хотунцев Ю. Человек, технологии, окружающая среда. – ЛитРес, 2019.
8. Горбачева Т. С. Состояние воздушной среды города Казани и ее влияние на организм человека // Материалы Региональной научно-исследовательской



олимпиады школьников и студентов" ФИЛИН: Физкультура, Личность, Наука". – 2019. – С. 27-34.

9. Сулейманов Р. А. и др. Эколого-гигиеническая характеристика окружающей среды и состояние здоровья населения на территориях добычи и транспорта нефти //Ульяновский медико-биологический журнал. – 2018. – №. 4. – С. 124-142.

10. Шопина О. В. Медицинская геохимия ландшафтов. Влияние особенностей элементного состава окружающей среды на здоровье населения //Russian Journal of Rehabilitation Medicine. – 2019. – №. 4. – С. 47-67.

11. Ахмадиев Г. М. Оценка и прогнозирование состояния окружающей среды и живых сложных систем //НАУКА 2015: Итоги, перспективы. – 2016. – С. 101-122.

12. Рахимбеков М. С. Влияние электромагнитных излучений на человека //Гигиена труда и медицинская экология. – 2017. – №. 3 (56). – С. 3-11.

13. Качурин Н. М. и др. Техногенное воздействие минеральных образований на компоненты окружающей среды //Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2023. – №. 3. – С. 305-314.