

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»  
Кафедра анатомии и физиологии

**М.А. Щербакова**

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА  
НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ  
БОЛЕЗНЯМИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ  
В СИСТЕМЕ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА**

*Методические рекомендации*

*Витебск  
ВГУ имени П.М. Машерова  
2013*

УДК 502:613:574.3:616.24-008.4(075.8)  
ББК 20.18я73+28.081я73+52.527.2я73  
Щ61

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 1 от 24.10.2013 г.

Автор: старший преподаватель кафедры анатомии и физиологии ВГУ имени П.М. Машерова **М.А. Щербакова**

Р е ц е н з е н т ы :

проректор по научной работе ВГУ имени П.М. Машерова,  
доктор биологических наук, профессор *И.М. Прищеп*;  
доцент кафедры общей гигиены и экологии УО «ВГМУ»,  
кандидат биологических наук *О.А. Черкасова*

**Щ61** **Щербакова, М.А.** Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения болезнями органов дыхания в системе социально-гигиенического мониторинга : методические рекомендации / М.А. Щербакова. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2013. – 40 с.

Методические рекомендации позволят проводить комплексную оценку влияния загрязнения воздуха на заболеваемость населения промышленного города болезнями органов дыхания. Разработанный алгоритм рекомендуется применять центрам гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, а также заинтересованным организациям при изучении здоровья населения и внедрении социально-гигиенического мониторинга.

Данное учебное издание предназначено для работников санитарно-эпидемиологической службы, специалистов, работающих в области охраны окружающей среды, медиков и студентов.

УДК 502:613:574.3:616.24-008.4(075.8)  
ББК 20.18я73+28.081я73+52.527.2я73

© Щербакова М.А., 2013  
© ВГУ имени П.М. Машерова, 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

Перечень условных обозначений .....	4
Экология и здоровье населения промышленного города ...	5
Влияние антропогенных факторов окружающей среды на дыхательную систему взрослого населения .....	9
Методика оценки влияния загрязнения воздуха на заболеваемость населения болезнями органов дыхания в системе социально-гигиенического мониторинга .....	12
Мониторинг состояния атмосферного воздуха .....	24
Статистические методы медико-экологического мониторинга .....	27
Эпидемиологический анализ оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения промышленного города болезнями органов дыхания (на примере города Витебска) .....	29
Практические рекомендации по оздоровлению окружающей среды и оптимизации здоровья городского населения .....	37
Литература .....	39

## ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БА		бронхиальная астма
ДО	TV (Vt)	дыхательный объем
ЖЕЛ	VC	жизненная емкость легких
ИЗА		индекс загрязнения атмосферы
ИТ	ИТ	индекс (тест) Тиффно
(ОФВ <sub>1</sub> /ЖЕЛ)	(FEV <sub>1</sub> /VC)	(отношение ОФВ <sub>1</sub> /ЖЕЛ)
ЛПУ		лечебно-профилактические учреждения
МОС <sub>25</sub>	MEF <sub>25</sub>	максимальная объемная скорость при выдохе 25% ФЖЕЛ
МОС <sub>50</sub>	MEF <sub>50</sub>	максимальная объемная скорость при выдохе 50% ФЖЕЛ
МОС <sub>75</sub>	MEF <sub>75</sub>	максимальная объемная скорость при выдохе 75% ФЖЕЛ
ОРЗ		острые респираторные заболевания
ОФВ <sub>1</sub>	FEV <sub>1</sub>	объем форсированного выдоха за первую секунду маневра ФЖЕЛ
ОФВ <sub>1</sub> /ФЖЕЛ	FEV <sub>1</sub> /FVC	отношение ОФВ <sub>1</sub> /ФЖЕЛ
ПДК		предельно допустимые концентрации
ПОСвыд	PEF	пиковая (максимальная) объемная скорость выдоха при выполнении пробы ФЖЕЛ
Р		суммарный показатель загрязнения воздуха
Ровд	IRV	резервный объем вдоха
Ровыд	ERV	резервный объем выдоха
СГМ		социально-гигиенический мониторинг
СОС <sub>25-75</sub>	FEF <sub>25-75</sub> , MMEF	объемная скорость форсированного выдоха, усредненная за определенный период измерения – от 25 до 75% ФЖЕЛ
ФВД		функции внешнего дыхания
ФЖЕЛ	FVC	форсированная жизненная емкость легких
ХБ		хронический бронхит
ХНЗЛ		хронические неспецифические заболевания легких
ХОБЛ		хроническая обструктивная болезнь легких

## ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА

К числу первостепенных задач современной глобальной экологии относятся изучение антропогенных изменений в среде обитания и обоснование методов сохранения и улучшения этой среды. При этом важным становится прогнозирование изменений экологической ситуации в будущем и на этой основе разработка на ближайшую и отдаленную перспективу мероприятий, направленных на сохранение и улучшение среды обитания населения и предотвращение загрязнения биосферы. Поэтому, можно говорить о том, что в последнее время проблема установления связи между воздействием факторов окружающей среды и состоянием здоровья населения выдвинулась в число наиболее актуальных и сложных не только клинической и фундаментальной медицины, а также гигиены и экологии [4, 21].

Окружающая среда продолжает изменяться под воздействием человеческой деятельности. Уровень загрязнения территорий определяется структурой промышленности, энергетикой, особенностями природно-климатических условий. Все это и определяет качество, количество и характер влияния техногенных загрязнений на состояние здоровья человека. На современном этапе здоровье населения является основным системообразующим фактором при решении всех важнейших экологических, социальных и экономических проблем. Так как от состояния здоровья населения зависит уровень общественного производства и экономики страны в целом. Многочисленность химических загрязнителей, не всегда четкие данные о механизме их воздействия, особенно при их комбинации и сочетании различных путей поступления в организм: всё это усложняет количественную и качественную оценку уровня здоровья популяции или отдельных групп, а также интегральный анализ в системе «окружающая среда – здоровье». Следовательно, перед санитарно-эпидемиологической службой Беларуси стоит задача своевременного внесения научно-обоснованных рекомендаций и коррекций в формируемую технологическую схему социально-гигиенического мониторинга.

В современных условиях ухудшение качества окружающей и производственной среды в сочетании с неблагоприятными социально-экономическими условиями определили негативную динамику состояния здоровья населения, рост заболеваемости органов дыхания, особенно в условиях крупных промышленных городов. Одним из основных приоритетов государственной политики в области обеспечения национальной безопасности является охрана здоровья населения. Возрастающие процессы урбанизации территорий требуют реализации доктрины по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения в промышленных центрах путем изучения взаимосвязи между уровнем популяционного здоровья населения и качеством окружающей среды [23, 26].

Здоровье населения формируется под воздействием сложного комплекса биологических, гигиенических, социальных и экономических факторов, которые чрезвычайно сложно переплетаются между собой, воздействуя на организм. Среди факторов, формирующих здоровье населения, существенную роль играет качество среды обитания – социально-гигиенические условия и состояние окружающей природной среды [21, 24, 26].

Здоровье отдельного человека и целых групп населения зависит от воздействия различных показателей подсистем природной и социальной среды, реализующегося через физиологические и биофизические механизмы регуляции и отражающегося на физиологическом состоянии человека. Возрастающие темпы изменения среды обитания приводят к нарушению взаимосвязи между ней и человеком, снижению адаптационных возможностей организма. Среда обитания мо-

жет содержать такие вещества, с которыми организм в ходе эволюции не сталкивался и поэтому не имеет соответствующих анализаторных систем, сигнализирующих об их наличии. В связи с этим оценить состояние здоровья человек, понять характер патологии в отрыве от анализа происходящих изменений в окружающей среде невозможно [19, 30].

Многочисленные исследования убедительно доказывают воздействие факторов окружающей среды разной природы на состояние здоровья населения, что выражается в увеличении смертности, заболеваемости, ухудшении физического развития и увеличении распространенности преморбидных состояний [10, 28].

Реакция организма на воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды характеризуется широким спектром проявления – от незначительных физиологических сдвигов, до развития донозологических состояний. Известно, что длительное действие вредных примесей атмосферного воздуха в малых концентрациях приводит к формированию специфической реакции, что проявляется функциональными и нейрогуморальными сдвигами в организме [6, 9].

В современных условиях организм человека, будучи тесно связанным с биосферой посредством обменно-трофических и рекреационных связей и подвергаясь постоянному воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, вынужден постоянно мобилизовывать свои компенсаторно-приспособительные механизмы, резервы которых ограничены и со временем могут истощаться. В итоге постоянное интенсивное и хроническое воздействие экологически неблагоприятных факторов окружающей среды сопровождается перенапряжением и нарушением адаптационных возможностей организма, что предрасполагает к срыву адаптации, развитию предболезненных состояний и хронизации основных патологических процессов организма, которые вследствие этого являются экологически обусловленными. Химическое загрязнение среды обитания человека способствует снижению иммунологической реактивности организма и, кроме того, является дополнительным источником его сенсibilизации. Следовательно, можно говорить о том, что в настоящее время давление окружающей среды на человека значительно превышает его адаптивные возможности [7, 17].

В настоящее время неоспоримо, что большинство болезней имеют ярко выраженную экологическую составляющую, а возникновение некоторых из них в значительной мере обусловлено именно несоответствием экологических параметров среды обитания требованиям человеческого организма. Патогенетическая роль экологических загрязнений в развитии хронических патологических процессов признается современными отечественными и зарубежными учеными. Следовательно, в настоящее время нет оснований отрицать наличие экологически обусловленных болезней, а следует искать их в общем потоке патологических проявлений вызванных экзогенными химическими, физическими и другими факторами.

Следовательно, категория здоровья в настоящее время рассматривается как индикатор соответствия экологических характеристик и научно-технического прогресса. Реакция человека на значительные изменения окружающей среды выражается в форме экологообусловленных заболеваний. Большинство ученых рассматривают здоровье человека как биоиндикатор экологического риска и важную составную часть экологического мониторинга. Экологический мониторинг необходим для оценки состояния окружающей среды. Его методологической основой является биомониторинг. Биомониторинг представляет собой определение состояния живых систем на всех уровнях организации и их отклика на загрязнение среды. Реакция живого организма позволяет оценить антропогенное воздействие на среду обитания в показателях, имеющих биологический смысл [15, 23].

Зарубежные ученые установили, что инвалидность на 25 % обуславливается уровнем заболеваемости, а на 12 % – экологическими факторами. По оценкам различных специалистов, состояние здоровья человека на 30-40 % зависит от состояния окружающей среды. Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) признано, что здоровье населения на 20-25 % обусловлено загрязнением окружающей среды. Совместные исследования, проведенные в 2004 году НИИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина, Санкт-Петербургской государственной академией им. И.И. Мечникова и институтом комплексных проблем гигиены, установили, что 13 нозологических форм заболеваний у взрослых и 10 – у детей обусловлены влиянием факторов окружающей среды, вклад которых в заболеваемость составляет: 81 % – болезни лёгких, взрослые; 37 % – болезни периферической нервной системы и крови, взрослые; 38 % – бронхиальная астма, дети; 28,8 % – пневмония, дети [4, 13].

По мнению Ю.П. Гичева (1998) и З.М. Мустафаевой (2005) следует принять долевой вклад экологического фактора в ухудшение здоровья и основные патологии в пределах 40-60%. Заболевание является одной из форм биологического ответа организма на неблагоприятное воздействие окружающей среды, а заболеваемость может рассматриваться как следствие этого воздействия и быть одним из показателей его интенсивности [16, 21].

В мировых классификаторах сейчас насчитывается более 6000 нозологических форм болезней, причем более 80 % из них являются производными от экологического напряжения. Неблагоприятные антропогенные факторы действуют не только на экосистемы, но и способствуют снижению резервов здоровья на индивидуальном и популяционном уровнях, нарастанию степени психофизиологического и генетического напряжения, росту специфической патологии и появлению новых форм экологических болезней [19, 24].

Поэтому, в современных условиях активные взаимоотношения человека и среды обитания обуславливают актуальность и необходимость научно-практических исследований, направленных на обстоятельное изучение здоровья населения, поиск эффективных критериев оценки состояния среды обитания и её влияния на здоровье. Важным моментом при оценке влияния отдельных факторов окружающей среды на здоровье различных групп населения является установление причинно-следственных связей развития нозологических форм с конкретными факторами окружающей среды и количественным уровнем их воздействия.

Таким образом, оптимальное функционирование человеческого организма и биосферы определяются и лимитируются ёмкостью рекреационно-метаболического потенциала экосистем – в случае биосферы и регенераторно-восстановительного потенциала и адаптивных физиологических резервов – в случае человеческого организма. Взаимосвязь экологических факторов, их взаимное усиление или ослабление определяют характер воздействия на организм, условия его жизни и ответную реакцию [9, 21].

Одним из основных показателей качества окружающей среды является здоровье, как отдельного человека, так и населения (городской популяции) в целом. При этом здоровье необходимо рассматривать как динамический процесс в условиях постоянного влияния природных и искусственных факторов окружающей среды на организм человека [17].

Воздействие факторов окружающей среды не всегда сразу проявляется в формировании клинически выраженных форм патологии. Изменения сначала носят функциональный характер, затем нарушаются адаптационные возможности организма, и только через определенный промежуток времени увеличивается ве-

роятность появления клинической картины той или иной болезни. В связи с этим представляет интерес исследование отдаленного эффекта воздействия загрязнения окружающей среды на заболеваемость населения различными болезнями [10, 11].

Адаптация популяции к воздействию загрязнителей приводит к стабилизации уровней заболеваемости, а при исчерпании резервов иммунорезистентности могут возникнуть её пики. Вполне вероятно, что по мере роста разнообразия и уровня загрязнения окружающей среды, качественно меняются биологические механизмы адаптации, резистентности, компенсации в целой популяции [5, 19]. Аэрополлютанты могут напрямую внедриться в различные звенья патогенеза заболеваний органов дыхания и усугубить воспалительный процесс.

Важная роль в формировании здоровья различных возрастных групп населения принадлежит комплексному действию, как техногенного загрязнения городской среды обитания, так и производственным условиям, о чем свидетельствуют данные исследований риска для здоровья неблагоприятной экологической ситуации. Однако до настоящего времени мало исследований, посвященных комплексному изучению совместного воздействия на взрослое работающее население факторов городской и производственной сред.

Важное место в обеспечении экологической и гигиенической безопасности принадлежит осуществлению социально-гигиенического мониторинга. Необходимость социально-гигиенического мониторинга воздействия аэрополлютантов на население Витебска определяется сосредоточением на его территории крупных промышленных предприятий, большого количества автомобильного и железнодорожного транспорта, создающих значительные антропогенные химические нагрузки на окружающую среду. Кроме того, необходимо отметить, что в Витебске проблема воздействия окружающей среды на распространение и формирование бронхолегочной патологии практически не изучена [15, 23].

В настоящее время известно о существовании тенденции нарастания неспецифической заболеваемости населения. Опыт современных отечественных и зарубежных исследований свидетельствует о том, что в максимальной степени негативные антропогенные последствия выражены в основной среде обитания человека - атмосфере. В значительной мере это обусловлено усиливающейся нагрузкой на человека загрязнений атмосферного воздуха. Атмосферные загрязнители в наибольшей степени истощают адаптационные возможности человеческого организма. Воздушная среда, загрязненная химическими компонентами, определяет характер контакта человека с этими веществами и пути их поступления в организм. Содержание загрязнителей в воздухе обуславливает преимущественно ингаляционное воздействие. Особенностью химического воздействия является возможность их сочетания с воздействием других факторов (повышенная температура и влажность воздуха, характер и скорость ветра, расчлененность рельефа, корректирующие свойства архитектурно-планировочной застройки) [28, 29, 30].

Высокая распространенность заболеваний органов дыхания связана с тем, что дыхательная система относится к первичным защитным барьерам организма и реагирует одной из первых на воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды, особенно аэрополлютантов. Изучение заболеваний органов дыхания на какой-либо территории предусматривает оценку влияния на возникновение и распространение этой патологии комплекса природно-климатических и антропогенных факторов и их взаимосвязи. Влияние неблагоприятной экологической ситуации может приводить к дезадаптационным изменениям: субклиническим (динамическая обструкция дыхательных путей) и клинически выраженным формам респираторной патологии. По мнению большинства исследователей, патология



дыхательной системы является индикатором экологического состояния территории. Возникновению функциональных и органических изменений предшествуют «пограничные состояния», характеризующиеся снижением адаптационных возможностей организма к изменяющимся условиям среды обитания. Химическое воздействие токсичных соединений на организм неизбежно сопровождается комплексом нарушений состояния здоровья, которое можно квалифицировать как «экологическую патологию» [4, 5, 19].

В настоящее время здоровье рассматривается как критерий качества среды обитания, ее влияния на жизнедеятельность людей и эффективность природоохранных мероприятий. Причем особое значение принадлежит разработке и совершенствованию системы показателей комплексной оценки качества окружающей среды и реакций организма на разных уровнях для выявления донозологических признаков, возникающих из-за нарушения процессов адаптации под действием неблагоприятных факторов окружающей среды. Заболеваемость населения болезнями органов дыхания, как один из критериев оценки качества среды обитания приобретает все большую социальную значимость и может использоваться как важный элемент при оценке эколого-гигиенического неблагополучия населения в каждом конкретном населенном пункте.

Изучение заболеваний органов дыхания на какой-либо территории предусматривает оценку влияния на возникновение и распространение этой патологии комплекса природных и антропогенных факторов и их взаимосвязи [16, 21]. Разработанные подходы к оценке опасности для здоровья человека определены, в основном, относительно отдельных факторов. В то же время, находясь в состоянии единства с окружающей средой, здоровье человека зависит от совокупного воздействия на него природных и техногенных факторов. С этих позиций здоровье населения можно рассматривать как интегральный показатель среды обитания [9].

Однако, несмотря на значительное количество работ, посвященных формированию патологии органов дыхания, остаются малоизученными вопросы причинно-следственных взаимоотношений факторов окружающей и производственной среды в развитии дыхательной патологии. Представленные результаты научно-исследовательских изысканий в большинстве случаев носят фрагментарный, констатирующий и описательный характер без всесторонней оценки факторов риска и углубленного анализа формирования и распространения болезней органов дыхания среди городского населения с учетом региональных особенностей. В связи с этим существует необходимость проведения исследований, направленных на выявление роли отдельных факторов в формировании заболеваемости населения с учетом региональных особенностей.

Кроме того, сложившаяся практика изучения данных медицинской статистики изолированно от показателей загрязнения окружающей среды не позволяет в настоящее время анализировать корреляционные связи этих величин и накапливать базы данных, отражающих взаимосвязь «окружающая среда – здоровье» [8].

## **ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ДЫХАТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ**

Состояние здоровья как экопатологическая проблема в последнее десятилетие является актуальной, поскольку отмечается тенденция к увеличению частоты и тяжести заболеваний. По мнению многих ученых, оценка роли неблагоприятных воздействий на организм человека, связанных с загрязнением окружающей

среды, представляет важнейшую задачу биологической науки на современном этапе [26, 19]. По прогнозам специалистов, XXI век станет веком легочной патологии из-за резких экологических изменений.

Результаты исследований по изучению показателей здоровья в связи с загрязнением атмосферного воздуха, проводимых, как правило, методами сопоставления показателей в условно «чистой» и «грязной» зонах, широко представлены в литературе. Согласно данным, полученным Першиным С.Е. (1998), в условно-грязных зонах наблюдения удельный вес болезней органов дыхания на 10-12% выше, чем в условно чистой зоне [18]. Установлено, что для промышленных территорий экозависимыми можно считать аллергические заболевания органов дыхания (БА и астматический бронхит). Эпидемиологические исследования, проведенные ведущими аллергологами, показали, что в загрязнённых районах распространённость аллергических заболеваний в 1,5-2 раза выше, чем в «чистых».

Исследования, выполненные за последние 10 лет, показывают, что загрязнение атмосферы приводит к увеличению смертности и потере трудоспособности [1, 30]. Причиной смерти в основном являются кардиопульмональные заболевания. В то время как одни эффекты связаны с кратковременной экспозицией, другие могут рассматриваться как эффекты, обусловленные долговременным воздействием. Уникальные эпидемиологические исследования позволили определить существенную когерентную связь между загрязнением атмосферы и вредными эффектами для здоровья.

Рост числа лёгочных заболеваний, угрожающих жизни пациентов, очевидно, связан с совместным комплексным воздействием аллергенов и химических загрязнителей окружающей среды. Анализ современной литературы позволяет считать, что промышленные токсические вещества влияют не только на людей, занятых на производстве, но и на население так называемых селитебных зон путем загрязнения окружающей среды.

Установлено, что комплекс факторов, характерных для окружающей среды современного города, оказывает существенное влияние на рост общей заболеваемости населения, увеличение распространенности ОРЗ, ХНЗЛ, аллергических заболеваний, а также на средний возраст развития и тяжесть течения таких распространенных хронических заболеваний, как БА [1, 9]. ХНЗЛ к началу XXI века стали одной из наиболее распространённых патологий, в связи с усиливающейся урбанизацией и индустриализацией. В последнее время в промышленно развитых странах динамика этих заболеваний приобрела угрожающий характер, причём каждые 10 лет эти показатели удваиваются. Лица с данной группой заболеваний составляют от 5 до 20% по отношению ко всему населению. Наличие биологической предрасположенности в значительной мере уравнивает шансы развития ХНЗЛ у лиц, подвергающихся воздействию одного или нескольких вредных факторов внешней среды, в том числе и при разной их интенсивности.

В структуре ХНЗЛ ведущее место занимает ХБ, который в последние годы представляет одну из главных медико-социальных проблем. Данные, собранные колледжем терапевтов в Великобритании, показали, что заболеваемость ХБ выше в 3-4 раза у городских жителей, чем у населения сельских районов. Несмотря на наличие убедительных данных о роли атмосферного загрязнения как причинного фактора ХБ, существует мнение, что оно играет более важную роль как фактор, усугубляющий симптомы данного заболевания. В развитии ХБ, наряду с промышленными, определённую роль играют и бытовые поллютанты (курение), которые у работающих в комбинации с пылью заметно доминируют в качестве этиологического фактора [2, 6].

Большинство исследователей подчеркивают прямую зависимость распространенности ХБ от степени загрязнения воздушной среды различными поллютантами и длительности их воздействия на организм. Множество ученых демонстрировало, что загрязнение воздуха ухудшает симптомы ХБ [6, 14]. Так Lefther et al. коррелировал клинические признаки ХБ с окружающими уровнями диоксида серы и макрочастицами. Vuck и Brown выявили связь между летальными случаями от бронхита и уровнями диоксида серы и дыма.

По современным представлениям примером экологически обусловленной болезни, характер и течение которой во многом определяется состоянием окружающей среды, является БА. Целые группы исследователей описывают влияние социально-экологических условий, промышленных факторов на изменение состояния бронхолегочного дерева, в частности на развитие и течение БА и ХБ. Заболеваемость астмой преобладает в индустриальных странах. Условия окружающей среды не только играют определенную роль в возникновении болезни, но и обуславливают её тяжесть и прогрессирование.

Как отмечает Зайцева С.А. (2000), частота клинически значимой БА и аллергического ринита в районе с выраженным антропогенным загрязнением воздушного бассейна составила 5,6% и 20,4%, что в 1,4 и в 1,6 раза превышает показатели распространенности среди населения, проживающего в районе сравнения. При сравнении показателей заболеваемости было установлено, что пораженность жителей старого района аллергическими заболеваниями более чем в  $\frac{1}{2}$  раза выше, чем в районе новостроек [9].

Установлено, что у жителей района с высоким загрязнением воздуха в лёгких чаще, чем у жителей района с более чистым воздухом, встречаются патологические процессы: интерстициальный фиброз, периваскулярный и перибронхиальный склероз, хроническая эмфизема, дистелектазы и ателектазы, пневмонии.

Хроническое негативное влияние атмосферных загрязнений на здоровье населения описано в многочисленных публикациях [6, 9]. Разноречивые выводы авторов, возможно, связаны с разнообразием химических веществ, их комбинированным и сочетанным действием, комплексным поступлением в организм. Не однозначна информация о характере влияния химических веществ, содержащихся в воздухе при различных природно-климатических и погодных условиях.

Большинство ксенобиотиков поступают в организм через органы дыхания. Результатом комбинированного воздействия антигенов и ксенобиотиков и являются аллергические заболевания населения в промышленных центрах [1, 28, 30].

Анализ экспериментальных данных позволяет предположить, что пусковым моментом легочной патологии в городах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха является срыв адаптационных механизмов, представленных сурфактантной и антисурфактантной системой легких. Поверхностная активность фосфолипидов сурфактанта у жителей района города с повышенным загрязнением атмосферного воздуха снижена.

При превышении ПДК химических веществ в атмосфере в 1,5 раза отмечаются достоверные сдвиги иммунологических, биохимических и физиологических параметров. Превышение ПДК в 2–3 раза обычно сопровождается статистически достоверными сдвигами острой заболеваемости бронхиального дерева [7].

В многочисленных эпидемиологических исследованиях установлены прямые корреляционные связи между высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха и частотой заболеваний легких [13, 32]. Эти заболевания обусловлены содержанием в воздухе фенола, ацетона, толуола, формальдегида, марганца, оксида азота. Многие авторы связывают острые и рецидивирующие заболевания ор-

ганов дыхания с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Эпидемиологические исследования, проводимые Скачковым М.В. (2004), выявили наличие высокой корреляционной связи заболеваемости ОРЗ с суммарными показателями загрязнения воздуха, с содержанием в воздухе диоксида серы, а также групп суммации: диоксид серы + диоксид азота, диоксид серы + сероводород, диоксид серы + диоксид азота + оксид углерода + фенол, диоксид серы + фенол.

Суржиковым В.Д., Олещенко А.М. и Суржиковым Д.В. (2003) были изучены риски для здоровья различных групп населения под влиянием загрязнений атмосферы. Наиболее детерминирована была связь общего загрязнения атмосферного воздуха с заболеваемостью пневмониями, ангинами и ОРЗ. Наибольшее влияние на уровень смертности от болезней органов дыхания оказывали пыль и сернистый газ [19, 26].

При проведении эпидемиологических исследований установлено, что существует сильная степень прямой линейной связи между уровнем загрязнения атмосферного воздуха (Р) и болезнями верхних дыхательных путей у населения. Согласно данным литературы, минимальный эффективный уровень суммарного загрязнения с которого начинается рост заболеваемости органов дыхания, колеблется от 1,6 до 3,6 Р при расчете по годовым концентрациям [12, 22].

Увеличение концентрации оксида серы (IV) до 0,1-0,2 мг/м<sup>3</sup> в комбинации с концентрацией 250 мг/м<sup>3</sup> взвешенных частиц в течение длительного периода приведет к ухудшению симптомов БА. Wanner Н.-У. показал, что к увеличению заболеваемости ХБ приводит рост концентрации окислов серы в атмосферном воздухе выше 0,1 – 0,2 мг/м<sup>3</sup> [13, 14]. Повышенное содержание двуокиси азота в атмосфере оказывало существенное влияние на уровень заболеваемости взрослого городского населения хроническим фарингитом и ХБ [6, 12].

Однако однозначная связь между загрязнителями атмосферы и обострениями бронхолегочной патологии выявляются только при острых воздействиях химических веществ в больших концентрациях. При хроническом воздействии относительно небольших концентраций химических веществ она прослеживается с трудом или вообще отсутствует. В последнем случае наиболее важны такие загрязнители атмосферы как дисперсные частицы, аммиак, оксиды серы и азота, формальдегид и некоторые другие, которые распространены во всех регионах мира. Существует мнение, что концентрации указанных химических веществ являются маркером экологического неблагополучия, с которым связан рост бронхолегочной патологии, выявляемой при эпидемиологических исследованиях, причём важную роль играет комплексный характер их влияния [4, 16, 21].

Отсутствие стандартного методического и эпидемиологического подхода, так же как и общепринятых критериев оценки данного влияния, создаёт существенные трудности выявления их в общей популяции, получения достоверных и сравнимых данных, оценки эффективности профилактических мероприятий [5].

## **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ БОЛЕЗНЯМИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ В СИСТЕМЕ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

По мнению большинства ученых, одной из актуальных и сложных проблем экологии человека является объективное подтверждение причинно-следственной связи влияния факторов химического загрязнения окружающей среды на здоровье

населения. Факторы окружающей среды играют существенную роль в состоянии здоровья популяции в целом и особенно отдельных возрастных групп, поскольку они имеют различную чувствительность к воздействию неблагоприятных факторов. В свою очередь, динамику изменения показателей здоровья населения необходимо прогнозировать с учетом влияния факторов экологического риска, свойственных тем или иным административным территориям.

Для эффективной реализации экологической политики и действенного экологического управления требуется достоверная и своевременная информация о состоянии окружающей среды. Основным средством получения данной информации в современных условиях должен стать экологический мониторинг окружающей среды, который позволяет анализировать, прогнозировать и принимать результативные решения для стабилизации экологической обстановки. Разработка системы экологического мониторинга в условиях города является важным фактором современной государственной социально-экологической политики.

Факторы окружающей среды играют существенную роль в состоянии здоровья популяции в целом и особенно отдельных возрастных групп, так как они имеют различную чувствительность к воздействию неблагоприятных экологических факторов [5, 19]. Усугубляется ситуация тем, что контроль за состоянием объектов окружающей среды в населенных пунктах ограничивается, как правило, разовыми исследованиями отдельных физических и химических факторов, что не позволяет определить значимость происходящих эколого-гигиенических изменений для здоровья населения.

Несмотря на интерес к изучению качества окружающей человека среды и роли отдельных факторов (экологических, климатических) на состояние здоровья населения, изучение комплексного влияния антропогенных и естественных природных факторов на формирование заболеваемости органов дыхания в городе Витебске не проводилось. Вопрос о путях разработки и усовершенствования методов оценки комплексного влияния воздушной среды на формирование заболеваемости органов дыхания остается актуальным. Таким образом, высокий уровень загрязнения окружающей среды обуславливает потребность в мониторинге, диагностике, лечении и профилактике заболеваний органов дыхания.

Возрастание техногенной нагрузки на среду обитания диктует необходимость разработки и совершенствования мероприятий по снижению опасности воздействия неблагоприятных факторов на здоровье населения. На современном этапе решение этой проблемы основано на развитии методологии оценки риска для здоровья населения и формировании эффективных информационно-аналитических систем социально-гигиенического мониторинга. В последние десятилетия проделана огромная методологическая работа по изучению воздействия факторов среды на человека с использованием статистических методов.

Медико-экологический мониторинг, по мнению С.А. Куролапа (1998), представляет собой систему организационно-технических и профилактических мероприятий, обеспечивающих наблюдение за состоянием среды обитания, здоровья населения, их оценку и прогнозирование, а так же действия направленные на выявление, предупреждение и устранение влияния вредных факторов среды обитания на здоровье населения [12, 26].

Комплекс экологических проблем присущ любой территории, где наблюдается высокая концентрация промышленных предприятий, транспорта и населения. Наиболее ярко он проявляется в условиях города с характерной для него комбинацией достаточно надежных внутренних и внешних связей, потоков населения, ресурсов, энергии и информации, входящих в городскую черту и перерас-

пределяющихся на территории города между отдельными компонентами городской природно-технической экосистемы и населяющими город людьми. Город Витебск, как и любой другой промышленный город, нельзя рассматривать как однородную в медико-экологическом отношении территорию. Это наглядно прослеживается в процессе эколого-гигиенического зонирования [13,14, 23].

На различных этапах экспериментальных исследований по эколого-гигиеническому нормированию содержания вредных веществ в объектах окружающей среды установлена зависимость ответных реакций организма от уровней и времени воздействия токсических веществ. Однако в природных условиях еще существует недостаток достоверных количественных зависимостей показателей заболеваемости населения от загрязнения атмосферного воздуха отдельными аэрополлютантами. В то же время, описаны случаи тяжелых расстройств здоровья и возрастание уровней смертности населения в моменты кратковременных повышений уровней загрязнения атмосферы.

Вместе с тем, хотя и существуют большое количество экспериментальных исследований с установленными некоторыми общими закономерностям на глобальном уровне, в связи с существующими климато-географическими особенностями территорий, качественным и количественным составом выбросов в атмосферу, параметрами источников выбросов, подобные исследования должны носить региональный характер.

Экспертами ВОЗ отмечена тенденция роста загрязнения воздушного бассейна городов, что неблагоприятно действует на здоровье населения, почти 80% всех заболеваний обусловлены экологически и социально. По оценкам ВОЗ, около 1 млрд. городских жителей подвергаются воздействию опасных для здоровья аэрополлютантов. Изменение экологической обстановки, особенно загрязнение атмосферного воздуха в городах, приводит к увеличению заболеваемости. Оценка показателей здоровья свидетельствует о ведущей роли загрязнений окружающей среды в формировании уровня и структуры заболеваемости. Атмосферные загрязнения могут быть определены как один из ведущих факторов, оказывающих неблагоприятное влияние на формирование здоровья населения [1, 21].

Экологические проблемы городов связаны с чрезмерной концентрацией на сравнительно небольших территориях населения, промышленных предприятий и транспорта, с образованием антропогенных ландшафтов, далеких от состояния экологического равновесия. Считается, что в результате интенсивного развития промышленности и транспорта поступление в окружающую среду антропогенных загрязнений удваивается каждое пятилетие. Данные медицинской статистики развитых стран показывают, что в связи с ростом воздействия вредных факторов промышленного производства и загрязнения воздушной среды возрастает частота многих хронических патологических процессов: болезней органов дыхания, почек, крови, хронических отравлений, аллергических процессов, злокачественных опухолей. Анализ опубликованных за последние годы работ не дает возможности выделить приоритетные факторы, оказывающие влияние на формирование и распространение болезней органов дыхания среди городского трудоспособного населения и рабочих промышленных предприятий. Загрязнение окружающей среды приводит к перенапряжению и срыву защитных функций и адаптационных резервов организма человека, за которыми следует развитие острых и хронических патологических процессов. Поэтому, в современных условиях здоровье населения можно использовать как важный критерий функционирования антропоэкологической системы, а болезни человека – как индикатор здоровья экосистемы.

По мнению ВОЗ необходимо определять количественные оценки влияния загрязнения атмосферы так называемыми основными веществами: взвешенными частицами, диоксидом серы, диоксидом азота, озоном – на здоровье населения для того, чтобы установить наивысшие приоритеты проблемы и оптимизировать стратегию управления окружающей средой. Установление количественных зависимостей в системе «среда – здоровье» была впервые поставлена в конце 60-х – начале 70-х годов XX века, и в дальнейшем получила развитие в разработке критериев и методов количественной оценки воздействия факторов окружающей среды с применением методологии оценки риска. Вместе с тем, несмотря на большое число исследований по оценке риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений проведенных в основном в крупных промышленных городах проблема характеристики экспозиций в условиях промышленного города при наличии промышленных предприятий и отсутствии постоянного мониторинга за загрязнением атмосферы до настоящего времени остается актуальной [5, 16].

Несмотря на многочисленные работы, посвященные изучению неблагоприятного влияния факторов среды обитания на здоровье населения, в сложившихся социально-экономических условиях требуют совершенствования критерии и методы оценки и прогнозирования медико-экологической ситуации. Требуют совершенствования также методы оценки долевых вкладов химических факторов в формирование различных патологий. В связи с этим существует необходимость проведения исследований, направленных на выявление роли отдельных факторов в формирование заболеваемости болезнями органов дыхания населения с учетом региональных особенностей.

Доказано, что многокомпонентность среды обитания и многофакторность её воздействия на человека требует комплексного решения экологических проблем взаимодействия факторов окружающей и производственной среды, сочетанного их влияния на здоровье населения с учетом высокой техногенной нагрузки на территории и конкретных социально-гигиенических факторов проживания.

Методика оценки изменения здоровья населения в системе комплексного эколого-гигиенического мониторинга в регионе предусматривает этапность исследования. На первом этапе проводится комплексная эколого-гигиеническая оценка изучаемой территории. На втором этапе осуществляется изучение состояния здоровья населения (на указанной территории) в сравнительном аспекте и выполняется эпидемиологический эксперимент. Общая характеристика территории базируется на географических, климато-метеорологических, экономических, архитектурных сведениях.

Многочисленными исследованиями доказано, что адекватными повреждающему действию атмосферных загрязнений являются болезни органов дыхания [1, 28, 30]. Для осуществления эффективных профилактических мероприятий центрам гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья в ходе социально-гигиенического мониторинга рекомендуется проводить комплексную оценку воздействия эколого-гигиенических, медико-социальных, биологических и наследственных факторов риска на формирование и распространение неспецифических болезней органов дыхания среди городского населения с учетом региональных особенностей [15, 23].

Удельный вес патологии лёгких среди населения городов почти в 2,5 раза выше, чем у жителей сельской местности. Это свидетельствует о том, что в городах, где расположены промышленные предприятия, агрессивность среды на несколько порядков выше и патология дыхательной системы является, по сути, индикатором экологического состояния территории.

Основной контакт с аэрополлютантами в условиях крупного города осуществляется через воздушные пути. Ингаляционный путь поступления токсических веществ в организм человека является ведущим, химические вещества поглощаются организмом более интенсивно. Это объясняется тем, что одной из главных мишеней воздействия экологических факторов различной природы является слизистая дыхательных путей. Диффундируя через слизистую оболочку дыхательных путей и стенки альвеол, они попадают в кровь, минуя печень. Этим объясняется их медленная нейтрализация при ингаляционном пути поступления. Поэтому, наиболее целесообразно изучение влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения болезнями органов дыхания, так как органы дыхания, являясь открытой системой, находятся на первой линии защиты организма от неблагоприятного влияния факторов внешней среды. При этом даже в небольших концентрациях аэрополлютанты, ослабляя защитные силы организма, делают его менее устойчивым к воздействию негативных эндо- и экзогенных факторов.

Поступление аэрополлютантов через органы дыхания является основным и наиболее опасным путем. Поверхность легочных альвеол при среднем их растяжении (спокойное ровное дыхание) составляет 90-100 м<sup>2</sup>, толщина же альвеолярной стенки колеблется от 0,001 до 0,004 мм, в связи с чем в легких создаются условия для проникновения газов, паров, пыли непосредственно в кровь. Вредные вещества поступают в кровь путем диффузии вследствие разницы парциального давления паров или газов в воздухе и крови или за счет растворения в биологических средах организма.

Органы дыхания выполняют не только функцию газообмена между кровью и воздухом, но и многие другие, которые могут нарушаться при действии различных загрязняющих веществ. Поступление с вдыхаемым воздухом аэрополлютантов может способствовать нарушению всех важных функций лёгких, которые приведут к развитию патологических процессов во всех органах и системах организма. Таким образом, загрязняющие вещества, попавшие в организм ингаляционным путем, будут оказывать как прямое, так и опосредованное действие.

Нами был проведен анализ влияния загрязнения атмосферного воздуха на показатели заболеваемости населения. Потому что аэрополлютанты вызывают широкий спектр нарушений состояния здоровья человека, которые можно рассматривать как разные формы проявления токсических эффектов, регистрируемых на молекулярном, клеточном, тканевом, организменном и популяционном уровнях. Последние эффекты наблюдаются в виде повышенной заболеваемости и/или смертности. В первую очередь, что подтверждается результатами собственных исследований, это касается увеличения хронических заболеваний органов дыхания и связанной с этими болезнями смертности [28, 29, 30].

Итогом проведенных исследований явилось формирование алгоритма «Влияние загрязнения воздуха на заболеваемость населения крупного промышленного города болезнями органов дыхания». Назначение его – обеспечить комплексный подход при эколого-гигиеническом изучении здоровья населения в условиях осложненной санитарно-экологической ситуации. Одним из наиболее чувствительных показателей, свидетельствующих об изменении качества окружающей среды, является состояние здоровья населения. Результаты проведенных исследований позволяют оценивать заболеваемость населения по состоянию окружающей среды. Показана достаточная универсальность использованных методик, позволяющая использовать их как в разных масштабах исследований.

В структуре алгоритма представлены 6 рекомендуемых методических блоков, определяющих основные разделы работы. Блоки (обозначены римскими



цифрами) состоят из подсистем и элементов, конкретизирующих содержание исследования. Подсистемы обозначены двумя цифрами: 1-ая из них является номером блока, 2-ая – номером подсистемы в составе данного блока.

Выполнение исследований, которые определены блоком, позволяют решать одну или несколько задач и прийти к соответствующим результатам. Последние имеют смешанное (буквенно-цифровое) обозначение. При этом цифры обозначают номер блока, выводом из которого является данный результат, а прописные буквы – его порядковый номер.

Последовательность выполнения операций, предусмотренных алгоритмом, соответствует показанной на схеме 1. Исследования начинаются с информационной рекогносцировки (блок I), позволяющей обосновать необходимость углубленного эколого-гигиенического изучения территории промышленного центра (блок II). Особенности природных факторов и характер загрязнения окружающей среды являются основой для углубленного изучения влияния загрязнения воздуха на заболеваемость городского населения болезнями органов дыхания (блок III), а также для организации углубленного изучения и гигиенической оценки показателей состояния здоровья населения (блок IV). Влияние экологически неблагоприятных производственных условий на функциональное состояние дыхательной системы у рабочих рассматривается в блоке V. Комплекс данных, полученных при реализации блоков I-V, дает возможность определить показатели окружающей среды и здоровья населения при формировании социально-гигиенического мониторинга и обосновать способы эколого-гигиенической коррекции (блок VI). Реализация I блока алгоритма позволила подтвердить необходимость изучения здоровья населения и окружающей среды города Витебска, где сосредоточены крупные промышленные предприятия.

### **Схема 1. Влияние загрязнения воздуха на заболеваемость населения крупного промышленного города болезнями органов дыхания**

#### **I. Первичная оценка санитарно-экологической ситуации**

I.1. Показатели здоровья населения (заболеваемость болезнями органов дыхания).

I.2. Анализ загрязнения воздушной среды:

а) Выбросы в атмосферу.

б) Промышленные отходы.

в) Данные мониторинга фактических уровней концентраций аэрополлютантов на стационарных постах наблюдения.

I.3. Природно-климатическая характеристика (географическое положение, температурный режим, ветровой режим).

I.A. Выявить общие характеристики и тенденции показателей здоровья населения.

I.B. Оценить характер техногенного загрязнения окружающей среды.

I.B. Дать оценку природно-климатических факторов.

I.G. Выделить территории первоочередного гигиенического изучения.

#### **II. Углубленная оценка санитарно-экологической ситуации территории**

II.1. Характер зонирования (жилая и промышленная зоны).

II.A. Оценить соблюдение зонирования территории.

II.2. Источники загрязнения воздушной среды и неблагоприятные природные факторы:

а) Химические.

б) Физические (пыль, шум, тепловой фактор, ионизирующее излучение, УФ радиация).

в) Биологические.

II.3. Гигиеническая оценка атмосферного воздуха:

а) Валовой выброс веществ в динамике и его состав.

в) Данные лабораторного контроля.

II.Б. Установить наличие источников неблагоприятного воздействия техногенного и природного происхождения.

II.В. Оценить степень загрязнения атмосферного воздуха, выявить приоритетные загрязнители и зоны загрязнения.

II.Г. Дать комплексную экологическую оценку среды обитания.

II.Д. Определить условно «чистый» (экологически благополучный) и «грязный» (экологически неблагополучный) районы города.

### **III. Углубленное изучение влияния загрязнения воздуха на заболеваемость городского населения болезнями органов дыхания**

III.1. Количественные показатели эколого-гигиенической характеристики загрязнения атмосферного воздуха.

III.А. Сформировать базу количественных показателей загрязнения атмосферного воздуха: среднегодовые концентрации загрязняющих веществ ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ); максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ, зафиксированные в промышленной зоне ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ); среднегодовые концентрации загрязняющих веществ, зафиксированные в промышленной зоне с учетом среднемесячных концентраций ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ); максимальные уровни загрязнения, зафиксированные в промышленной зоне с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ); минимальные уровни загрязнения, зафиксированные в промышленной зоне с учетом среднемесячных концентраций ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ); максимальные уровни загрязнения с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ); минимальные уровни загрязнения с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ); максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ) (минимально за 5 лет).

III.Б. Рассчитать по формулам комплексные показатели загрязнения атмосферного воздуха и сформировать электронную базу: комплексный индекс загрязнения атмосферы; ИЗА взвешенными веществами; ИЗА диоксидом серы; ИЗА оксидом углерода; ИЗА диоксидом азота; ИЗА аммиаком; ИЗА фенолом; ИЗА формальдегидом; ИЗА оксидом азота; суммационный эффект (сумма концентраций в долях ПДК); коэффициент суммарного загрязнения воздуха; комплексный показатель загрязнения «Р» (минимально за 5 лет).

III.2. Эпидемиологический анализ состояния дыхательной системы городского населения.

III.В. Проанализировать и создать электронную базу общей и первичной заболеваемости городского населения заболеваниями органов дыхания, аллергическим ринитом, БА, ХБ, хроническим фарингитом, назофарингитом и синуситом, хроническими болезнями миндалин, пневмониями (минимально за 5 лет) (на основании данных статистической отчетности – форма №12 «Отчет о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в городе»).

III.3. Влияние загрязнения воздуха на заболеваемость населения промышленного города болезнями органов дыхания.

III.Г. Корреляционный анализ между эколого-гигиеническими показателями содержания аэрополлютантов в атмосферном воздухе и уровнями заболеваемости (общей и первичной) городского населения заболеваниями дыхательной системы.

III.4. Эколого-эпидемиологический сравнительный анализ распространения заболеваний дыхательной системы у городского населения и работников коврового производства.

#### **IV. Выявление и углубленное изучение состояния здоровья репрезентативных групп «риска» (взрослое население)**

(определить наиболее чувствительные группы населения, испытывающие неблагоприятное воздействие техногенных факторов)

IV. 1. Донозологические сдвиги:

а) Функциональные нарушения дыхательной системы

Регистрация спирометрических и пневмотахометрических показателей ФВД (лёгочных объемов и ёмкостей).

Спирометрия: ЖЕЛ (VC) (л), РОвд (IRV) (л), РОвыд (ERV) (л), ДО (TV) (л), МОД (MTV) (л), ЧД (BF) ( $^{\text{л}}/\text{мин}$ ).

Пневмотахометрия: ФЖЕЛ (FVC) (л), ОФВ<sub>1</sub> (FEV<sub>1</sub>) (л), ИТ (FEV<sub>1</sub>/VC) (%), ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ (FEV<sub>1</sub>/FVC) (%), ПОСвыд (PEF) ( $^{\text{л}}/\text{с}$ ), МОС<sub>25</sub> (FEF<sub>25</sub>) ( $^{\text{л}}/\text{с}$ ), МОС<sub>50</sub> (FEF<sub>50</sub>) ( $^{\text{л}}/\text{с}$ ), МОС<sub>75</sub> (FEF<sub>75</sub>) ( $^{\text{л}}/\text{с}$ ), СОС<sub>25-75</sub> (FEF<sub>25-75</sub>; ММЕФ) ( $^{\text{л}}/\text{с}$ ).

б) Другие показатели в связи с региональными особенностями.

IV. А. Выявить доклинические изменения дыхательной системы.

IV.2. Клинические изменения (углубленный анализ общей и первичной заболеваемости городского населения болезнями органов дыхания, аллергическим ринитом, БА, ХБ, хроническим фарингитом, назофарингитом и синуситом, хроническими болезнями миндалин, пневмониями) (на основании данных статистической отчетности – форма № 12 «Отчет о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в городе»).

IV.Б. Выявить истинную заболеваемость и специфическую патологию.

IV.В. Дать комплексную оценку:

а) Состояние здоровья населения.

б) Показатели среды обитания.

#### **V. Функциональное состояние дыхательной системы у рабочих в экологически неблагоприятных условиях (на примере коврового производства)**

V.1. Оценка эколого-гигиенической характеристики условий труда на производстве.

V.А. Определение основных неблагоприятных факторов, действующих на организм рабочих.

V.2. Исследование функции внешнего дыхания (ФВД) (спирографическое и спирометрическое исследования) у лиц основной и контрольной групп.

V.Б. Оценка нарушений вентиляционной способности лёгких и распространение степеней тяжести нарушений ФВД у рабочих.

V.В. Оценка функционального состояния дыхательной системы у рабочих.

V.Г. Установить адаптационные изменения дыхательной системы рабочих в зависимости от пола, возраста, места (цеха) и стажа работы, специальности, длительности контакта с неблагоприятными факторами.

V.Д. Выявление групп риска развития нарушений ФВД у рабочих.

#### **VI. Обоснование способов эколого-гигиенической коррекции**

VI.1. Оздоровление окружающей и производственной среды.

VI.2. Повышение неспецифической резистентности.

VI.3. Восстановление здоровья (лечебно-профилактические меры, реабилитация).

VI.А. Разработать практические рекомендации.

VI.Б. Разработать оздоровительные мероприятия для населения.

В экспериментальных исследованиях рекомендуется использовать прием донозологической эколого-гигиенической диагностики, позволяющий выявить ранние функциональные изменения в организме, достоверно зависящие от конкретных санитарно-экологических условий, например исследования ФВД у населения. Большая чувствительность показателей функционального состояния человеческого организма свидетельствует о том, что их использование при изучении особенностей влияния факторов окружающей среды на здоровье населения является более перспективным, чем использование показателей заболеваемости.

Анализ санитарно-эпидемиологической ситуации в стране показывает, что в последнее десятилетие отдельные показатели, характеризующие состояние здоровья и среду обитания, остаются неудовлетворительными и не имеют тенденции к улучшению. Опираясь на системный метод и результаты собственных исследований, впервые разработан и апробирован алгоритм изучения влияния загрязнения воздуха на заболеваемость населения крупного промышленного города болезнями органов дыхания. Теоретической основой алгоритма явилась концепция, рассматривающая здоровье с позиции единства состояния организма человека и среды обитания. Использование алгоритма позволяет своевременно прогнозировать развитие санитарно-экологической обстановки и на системной основе обеспечивать управление здоровьем населения. Алгоритм дает возможность разрабатывать региональные мероприятия по эколого-гигиенической коррекции здоровья населения и формированию социально-гигиенического мониторинга с учетом, как состояния организма, так и определяющих факторов риска окружающей среды.

При формировании системы СГМ в г. Витебске рекомендовано организовать слежение за следующими экологическими показателями: заболеваемость городского населения заболеваниями органов дыхания, аллергическим ринитом, БА, ХБ, хроническим фарингитом, назофарингитом и синуситом, хроническими болезнями миндалин, пневмониями, спирометрическими (ЖЕЛ, РОвд, РОвыд, ДО, МОД, ЧД) и пневмотахометрическими (ФЖЕЛ, ОФВ<sub>1</sub>, ИТ (FEV<sub>1</sub>/VC), ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ, ПОСвыд, МОС<sub>25</sub>, МОС<sub>50</sub>, МОС<sub>75</sub>, СОС<sub>25-75</sub>) показателями функции внешнего дыхания. В атмосферном воздухе рекомендовано отслеживать следующие аэрополлютанты: взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, аммиак, фенол, формальдегид, оксид азота.

Уровень заболеваемости населения является гораздо более информативным показателем, чем просто число случаев заболеваний в той или иной местности, так как учитывает соотношения заболевших и численность населения в определенной местности. Следует отметить, что в традиционном виде профилактические и противозидемические мероприятия не могут обеспечить дальнейшего снижения заболеваемости. Это положение особенно характерно для инфекций, для которых не разработаны эффективные средства иммунопрофилактики.

Органам, контролирующим загрязнение атмосферного воздуха, рекомендуется предусмотреть создание дополнительных постоянных постов наблюдения с программой, учитывающей специфические выбросы промышленных предприятий. В населенных пунктах промышленного центра выявить среди населения группы риска по болезням органов дыхания и разработать систему оздоровительных мероприятий. Разработка методологии установления взаимосвязей в системе «окружающая среда – здоровье населения» является одной из важнейших задач современной экологической науки.

В результате проведенных экспериментальных исследований разработаны предложения по организации социально-гигиенического мониторинга за загрязнением окружающей среды и здоровьем населения в условиях г. Витебска. Про-

грамма исследований формировалась в соответствии с поставленной целью и задачами исследования на основе принципа взаимосвязи качества атмосферного воздуха и здоровья населения. Разработан и апробирован алгоритм оценки ответной реакции дыхательной системы на воздействие неблагоприятных факторов воздушной среды по данным исследований на популяционном (заболеваемость) и организменном (изменения ФВД, нарушение защитно-адаптационных возможностей) уровнях, предложен подход к их использованию в системе социально-гигиенического мониторинга.

В основу проведенного эпидемиологического исследования (на базе которого разрабатывался рекомендованный алгоритм) был положен поэтапный принцип определения причинно-следственных связей распространения и формирования заболеваний органов дыхания в г. Витебске и ОАО «Витебские ковры», который основан на рассмотрении зависимости между состоянием атмосферного воздуха и показателями заболеваемости органов дыхания на популяционном и организменном уровнях.

На первом этапе исследования определялось состояние атмосферного воздуха г. Витебска и проводился анализ эколого-гигиенических условий ОАО «Витебские ковры». На втором этапе осуществлялось определение зависимостей в системе «человек – среда». Механизм анализа представляет процедуру сопоставления качественных и количественных показателей загрязнения воздуха с заболеваемостью органов дыхания населения. На третьем этапе исследования осуществлялось выделение наиболее значимых факторов окружающей среды воздействующих на различные нозологические формы дыхательной патологии.

Среди различных групп населения наибольший экологический пресс на дыхательную систему испытывает трудоспособное население. Поэтому, меры эколого-гигиенической коррекции для населения городов в первую очередь должны быть направлены на охрану здоровья рабочих трудоспособного возраста.

Анализ заболеваемости по обращаемости населения основывается на данных официальной медицинской статистики, содержащихся в отчетных формах лечебно-профилактических учреждений. Используются материалы государственной медицинской статистики (годовые отчетные формы № 12 (сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районах обслуживания лечебного учреждения)). Выкапировка первичной информации проводится минимально на глубину пяти лет.

Результаты исследований обрабатываются с использованием статистических и математических методов, включающих анализ и оценку производных величин, средних ошибок, достоверности разности показателей, парного корреляционного анализа.

Таким образом, полученные авторами результаты показали прямую взаимосвязь между уровнем загрязнения атмосферного воздуха и состоянием здоровья населения на территории крупного промышленного центра (заболеваемости населения города болезнями органов дыхания) (г. Витебска).

С целью объективной оценки состояния здоровья населения, выявления факторов среды обитания, негативно влияющих на здоровье, а также разработки эффективных профилактических мероприятий необходим постоянный анализ этих показателей на всей территории Беларуси. Решение этой задачи достигается путем ведения социально-гигиенического мониторинга, что предусмотрено постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 17 июля 2012 г. № 105 «О социально-гигиеническом мониторинге» [15]. В связи с этим особую актуальность приобретает применение новых методических подходов для

выявления причин ухудшения состояния здоровья путем изучения результатов социально-гигиенического и экологического мониторингов, являющихся базовой основой для проведения более глубоких и детальных исследований. При этом привлекает внимание разработка интегральных подходов, позволяющих оценивать нарушения адаптационных процессов задолго до развития заболеваний.

Анализ различных форм ответной реакции организма на воздействие неблагоприятных экологических факторов малой интенсивности и поиск доступных критериев раннего выявления донозологических изменений являются актуальными задачами. Ответную реакцию организма населения на воздействие комплекса неблагоприятных факторов окружающей среды оценивали на популяционном уровне по частоте заболеваемости, в двух измерениях (в динамике и среди разных возрастных групп населения). Источниками информации послужили отчетные формы лечебно-профилактических учреждений. Исследования на популяционном уровне проводились на территории г. Витебска. Исследования на организменном уровне осуществлялись среди рабочих коврового производства, у которых изучали состояние функции органов дыхания.

Уровень ответной реакции организма человека является индикатором благополучия экосистемы. Ответная реакция организма на воздействие неблагоприятных факторов проявляется в виде изменения уровней показателей общей и первичной заболеваемости, ФВД и является признаком нарушения динамического равновесия между организмом и окружающей средой.

Все это позволяет предполагать, что увеличение заболеваемости может произойти не только за счет улучшения диагностики (регистрации) заболеваний, но и может быть обусловлено негативным влиянием на здоровье населения антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Материалы всего комплекса проведенных исследований позволили выделить показатели донозологических изменений и риска здоровью и предложить следующий порядок проведения социально-гигиенического мониторинга: выявление конкретной проблемной ситуации с анализом причинно-следственных связей и факторов риска, определение приоритетных загрязнителей и маркерных веществ в объектах среды обитания на основе использования унифицированных методов анализа, формирование интегральных оценок состояния среды и здоровья населения, основанных на показателях риска поступления вредных веществ в организм человека в условиях комплексной антропогенной нагрузки. Важным элементом формирования современных технологий центров гигиены и санитарии является включение в его содержание оценки напряженности медико-экологической ситуации и ранжирование территорий, исследование причинно-следственных зависимостей между показателями качества окружающей среды и здоровьем населения, прогнозирование здоровья населения.

При принятии управленческих решений по разработке и внедрению оздоровительных мероприятий целесообразно применять показатели донозологических изменений в качестве целевых критериев, а также учитывать комплексную антропогенную нагрузку на окружающую среду, приоритетные для данной территории факторы риска для здоровья населения, приоритетные показатели здоровья, ранжирование территорий по степени напряженности экологической ситуации.

Результаты исследования являются основанием для оптимизации городской системы СГМ с учетом приоритетных аэрополлютантов и экологически обусловленных форм болезней органов дыхания, что способствует более эффективному взаимодействию центров гигиены и эпидемиологии с другими природо-

охранными и медицинскими структурами в обеспечении социально-гигиенического мониторинга и экологической безопасности населения.

Проблема определения причинно-следственных связей состояния здоровья населения с факторами окружающей среды во многом зависит от особенностей процедуры статистической обработки материала, поскольку статистика позволяет выявить и измерить закономерности явлений и процессов, которые неразрывно связаны в каждом отдельном случае со случайностью и лишь во множестве проявляют себя как закон.

Проведенная оценка влияния факторов среды обитания на уровень болезней органов дыхания в г. Витебске позволила установить основные закономерности распространения и формирования дыхательной патологии и дать представление об особенностях развития индикаторной экозависимой патологии. Полученные закономерности распространения и формирования болезней органов дыхания позволили предложить систему медико-профилактических мероприятий, направленных на снижение воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды.

Изучение влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения болезнями органов дыхания начинается с оценки эколого-гигиенического состояния атмосферного воздуха и создания базы данных гигиенических показателей загрязнения атмосферного воздуха (минимально за пятилетний период). За каждый год фиксируется 8 показателей содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. По каждому из этих показателей берется среднее значение за 12 месяцев (с января по декабрь) по четырем постам за пятилетний период. После этого за пятилетний период рассчитывается 12 показателей комплексной оценки загрязнения атмосферного воздуха. Эти 100 значений  $(20(12+8) \times 5 = 100)$  и используются для корреляционного анализа.

Одновременно с этим проводится эпидемиологический анализ заболеваемости органов дыхания всего городского и взрослого населения (болезнями органов дыхания в целом, аллергическим ринитом, бронхиальной астмой, хроническим бронхитом и эмфиземой, хроническим фарингитом, назофарингитом и синуситом, хроническими болезнями миндалин, пневмониями). Создается база данных за пятилетний период по общей и первичной заболеваемости городского населения. Основным первичным источником информации о заболеваемости является медицинская документация (например, медицинская форма № 12 «Отчет о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в городе») за аналогичный период (5 лет).

После этого для выявления силы (тесноты) статистической связи между факторами (показателями загрязнения атмосферного воздуха) и признаком (заболеваемость органов дыхания среди городского населения) проводится эксперимент с помощью статистического анализа.

Для достоверного отображения объективно существующих эпидемиологических процессов необходимо выявить существенные взаимосвязи и не только выявить, но и дать им количественную оценку. Данный подход требует вскрытия причинных зависимостей. Для этого используется корреляционный анализ, основной задачей которого является оценка силы связи и проверка статистических гипотез о наличии и силе корреляционной связи.

## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Рекомендуется использовать данные мониторинга фактических уровней концентраций аэрополлютантов на стационарных постах наблюдения.

На стационарных постах проводятся наблюдения за основными загрязняющими веществами (взвешенные вещества, диоксиды серы и азота, оксид углерода), а также специфическими веществами (формальдегид, аммиак, фенол, сероводород, сероуглерод). Качество воздуха при мониторинге оценивается на основании ежедневных (2-3-кратных) измерений на постах мониторинга. По результатам наблюдений рассчитывается средняя концентрация примеси в воздухе (за сутки, месяц, год), фиксируется наибольшая наблюдаемая концентрация примеси в воздухе (за различные сроки), повторяемость разовых концентраций в воздухе выше ПДК, число случаев разовых концентраций примесей, превышающих ПДК. Проведены расчеты среднегодовых и максимальных разовых концентраций и оценка динамики загрязнения атмосферного воздуха. На основе анализа были получены данные о количественном и качественном составе выбросов, выделены приоритетные вещества, определена кратность превышения ПДК.

Для эколого-гигиенической характеристики загрязнения атмосферного воздуха поллютантами рекомендуется использовать следующие показатели:

- 1) среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в воздухе ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ );
- 2) максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, зафиксированные в промышленной зоне ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ );
- 3) среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, зафиксированные в промышленной зоне с учетом среднемесячных концентраций загрязняющих веществ ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ );
- 4) максимальные уровни загрязнения воздуха, зафиксированные в промышленной зоне с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ );
- 5) минимальные уровни загрязнения воздуха, зафиксированные в промышленной зоне с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ );
- 6) максимальные уровни загрязнения атмосферного воздуха с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ );
- 7) минимальные уровни загрязнения атмосферного воздуха с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ );
- 8) максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ );
- 9) комплексный индекс загрязнения атмосферы;
- 10) ИЗА взвешенными веществами;
- 11) ИЗА диоксидом серы;
- 12) ИЗА оксидом углерода;
- 13) ИЗА диоксидом азота;
- 14) ИЗА аммиаком;
- 15) ИЗА фенолом;
- 16) ИЗА формальдегидом;
- 17) ИЗА оксидом азота;
- 18) суммационный эффект (сумма концентраций в долях ПДК) (по М.К. Ермаковой, В.И. Ощепкову, И.И. Балаболкину, 2000 г.);
- 19) коэффициент суммарного загрязнения воздуха (по Л.Г. Стамовой, Е.А. Чесноковой, 2005 г.);
- 20) комплексный показатель загрязнения «Р» (по Ф.Ф. Даутову, 1985 г.).

Данные показатели рассчитывали по формулам (2.1-2.12):



Суммационный эффект (сумма концентраций в долях ПДК) (по М.К. Ермаковой, В.И. Ощепкову, И.И. Балаболкину, 2000):

$$\text{СУММАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ} = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3}, \quad (2.1)$$

где  $C_1$  – концентрация оксида углерода;  $C_2$  – концентрация диоксида азота;  $C_3$  – концентрация диоксида серы;  $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_3$  – соответственно ПДК этих веществ.

Суммарное загрязнение воздуха (коэффициент суммарного загрязнения воздуха) (по Л.Г. Стамовой, Е.А. Чесноковой, 2005) ( $K_{\text{сум}}$ ):

$$K_{\text{сум}} = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1 \cdot 0,75} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2 \cdot 0,75} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3 \cdot 1,0} + \frac{C_4}{\text{ПДК}_4 \cdot 2,0}, \quad (2.2)$$

где  $K_{\text{сум}}$  – коэффициент суммарного загрязнения воздуха;  
 $C_{1-4}$  – концентрации веществ, соответствующих I-IV классу опасности;  
 $\text{ПДК}_{1-4}$  – ПДК веществ, соответствующих I-IV классу опасности.

Комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА):

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_{\text{ср.с.}i}}{\text{ПДК}_{\text{ср.с.}i}} \right) \cdot K_i, \quad (2.3)$$

где  $n$  – количество загрязняющих веществ;  
 $q_{\text{ср.с.}i}$  – среднесуточные концентрации  $i$ -того вещества;  
 $\text{ПДК}_{\text{ср.с.}i}$  – предельно допустимые среднесуточные концентрации  $i$ -того вещества;  
 $K_i$  – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха  $i$ -тым веществом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы.

Индекс загрязнения атмосферы взвешенными веществами ( $\text{ИЗА}_{\text{взв.в.}}$ ):

$$\text{ИЗА}_{\text{взв.в.}} = \frac{q_{\text{ср.взв.в.}}}{\text{ПДК}_{\text{ср.с.взв.в.}}} \cdot 1,0, \quad (2.4)$$

где  $q_{\text{взв.в.}}$  – среднесуточные концентрации взвешенных веществ;  
 $\text{ПДК}_{\text{ср.с.взв.в.}}$  – предельно допустимые среднесуточные концентрации взвешенных веществ;  
1,0 – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха взвешенными веществами к степени загрязнения воздуха диоксидом серы.

Индекс загрязнения атмосферы диоксидом серы ( $\text{ИЗА}_{\text{SO}_2}$ ):

$$\text{ИЗА}_{\text{SO}_2} = \frac{q_{\text{ср.}SO_2}}{\text{ПДК}_{\text{ср.с.}SO_2}} \cdot 1,0, \quad (2.5)$$

где  $q_{\text{ср.}SO_2}$  – среднесуточные концентрации  $SO_2$ ;  
 $\text{ПДК}_{\text{ср.с.}SO_2}$  – предельно допустимые среднесуточные концентрации  $SO_2$ ;  
1,0 – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха  $SO_2$  к степени загрязнения воздуха диоксидом серы.

Индекс загрязнения атмосферы оксидом углерода ( $\text{ИЗА}_{\text{CO}}$ ):

$$\text{ИЗА}_{\text{CO}} = \frac{q_{\text{ср.}CO}}{\text{ПДК}_{\text{ср.с.}CO}} \cdot 0,85, \quad (2.6)$$

где  $q_{\text{ср.СО}}$  – среднесуточные концентрации СО;  
 $\text{ПДК}_{\text{ср.с.СО}}$  – предельно допустимые среднесуточные концентрации СО;  
0,85 – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха СО к степени загрязнения воздуха диоксидом серы.

Индекс загрязнения атмосферы диоксидом азота ( $\text{ИЗА}_{\text{NO}_2}$ ):

$$\text{ИЗА}_{\text{NO}_2} = \frac{q_{\text{ср.}\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{ср.с.}\text{NO}_2}} \cdot 1,3, \quad (2.7)$$

где  $q_{\text{ср.}\text{NO}_2}$  – среднесуточные концентрации  $\text{NO}_2$ ;  
 $\text{ПДК}_{\text{ср.с.}\text{NO}_2}$  – предельно допустимые среднесуточные концентрации  $\text{NO}_2$ ;  
1,3 – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха  $\text{NO}_2$  к степени загрязнения воздуха диоксидом серы.

Индекс загрязнения атмосферы аммиаком ( $\text{ИЗА}_{\text{NH}_3}$ ):

$$\text{ИЗА}_{\text{NH}_3} = \frac{q_{\text{ср.}\text{NH}_3}}{\text{ПДК}_{\text{ср.с.}\text{NH}_3}} \cdot 0,85, \quad (2.8)$$

где  $q_{\text{ср.}\text{NH}_3}$  – среднесуточные концентрации  $\text{NH}_3$ ;  
 $\text{ПДК}_{\text{ср.с.}\text{NH}_3}$  – предельно допустимые среднесуточные концентрации  $\text{NH}_3$ ;  
0,85 – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха  $\text{NH}_3$  к степени загрязнения воздуха диоксидом серы.

Индекс загрязнения атмосферы фенолом ( $\text{ИЗА}_{\text{фенол}}$ ):

$$\text{ИЗА}_{\text{фенол}} = \frac{q_{\text{ср.фенол}}}{\text{ПДК}_{\text{ср.с.фенол}}} \cdot 1,3, \quad (2.9)$$

где  $q_{\text{ср.фенол}}$  – среднесуточные концентрации фенола;  
 $\text{ПДК}_{\text{ср.с.фенол}}$  – предельно допустимые среднесуточные концентрации фенола;  
1,3 – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха фенолом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы.

Индекс загрязнения атмосферы формальдегидом ( $\text{ИЗА}_{\text{формальдегид}}$ ):

$$\text{ИЗА}_{\text{формальдегид}} = \frac{q_{\text{ср.формальдегид}}}{\text{ПДК}_{\text{ср.с.формальдегид}}} \cdot 1,3, \quad (2.10)$$

где  $q_{\text{ср.формальдегид}}$  – среднесуточные концентрации формальдегида;  
 $\text{ПДК}_{\text{ср.с.формальдегид}}$  – предельно допустимые среднесуточные концентрации формальдегида;  
1,3 – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха формальдегидом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы.

Индекс загрязнения атмосферы оксидом азота ( $\text{ИЗА}_{\text{NO}}$ ):

$$\text{ИЗА}_{\text{NO}} = \frac{q_{\text{ср.}\text{NO}}}{\text{ПДК}_{\text{ср.с.}\text{NO}}} \cdot 1,0, \quad (2.11)$$

где  $q_{\text{ср.}\text{NO}}$  – среднесуточные концентрации NO;  
 $\text{ПДК}_{\text{ср.с.}\text{NO}}$  – предельно допустимые среднесуточные концентрации NO;  
1,0 – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха NO к степени загрязнения воздуха диоксидом серы.

Комплексный показатель загрязнения атмосферного воздуха «Р» (P):

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2}, \quad (2.12)$$

где n – количество загрязняющих веществ; P – комплексный показатель загрязнения атмосферного воздуха (сумма квадратов нормированных по ПДК концентраций); K – кратность превышения ПДК.

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Среди математических методов, используемых в исследованиях медико-экологического мониторинга, значительное место занимают методы математической статистики [3, 20, 25]. В наибольшей степени задачам количественной оценки отвечают, среди статистических методов, методы корреляционного и регрессионного анализа. Анализ имеющейся в открытой печати медико-экологической информации показывает, что многие характеристики здоровья населения и факторов риска выражаются, с точки зрения математики, количественными непрерывными переменными. Именно для такого типа переменных применяются методы корреляционного и регрессионного анализа [8, 25, 27]. Таким образом, актуальной является тема количественного исследования взаимосвязей между состоянием здоровья населения и факторами риска потери здоровья методами прикладной математической статистики, а именно методами корреляционного анализа.

Еще одной проблемой медико-экологического мониторинга является проблема комплексного учета факторов риска при их совместном действии на организм человека. Большинство заболеваний имеют многофакторную природу и поэтому, актуальной проблемой является задача математической оценки действия нескольких факторов риска одновременно. Эта проблема решается методами многофакторного анализа. При этом существующие методики статистических исследований требуют существенных дополнений, когда речь идет о задачах медико-экологического мониторинга [8].

При исследовании зависимости здоровья населения и уровня состояния окружающей среды возникает необходимость совместного анализа больших объемов информации. Обработку результатов по установлению количественных причинно-следственных зависимостей проводят классическими методами факторного, дисперсионного, регрессионного, корреляционного и других анализов.

Результаты исследований рекомендуется статистически обрабатывать с применением профессионального пакета прикладных программ STATISTICA, версия 6.0 (StatSoft, USA), Biostat 4.03, MS Excel 2003 [3, 25]. При этом необходимо использовать стандартные методы обработки и анализа данных: расчет описательных статистик, оценку характера распределения выборки, оценку достоверности различий между выборочными средними, корреляционный анализ [20, 27].

В результате проведенных исследований показано, что на основе имеющейся информации (данные официальной медико-экологической статистики) с помощью корреляционных и регрессионных моделей можно изучать влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения крупного города. Для оценки влияния выбросов загрязняющих веществ на заболеваемость населения оптимально использовать метод корреляционного анализа. Корреляционный анализ является аналитическим ядром социально-гигиенического мониторинга [27].

На основе выполненной научно-исследовательской работы разработан алгоритм, который позволяет достаточно эффективно проводить научные исследования и практические разработки в области влияния экологических факторов на состояние здоровья населения. Предложенный алгоритм обеспечивает принципиальную возможность разработки социальных стратегий, направленных на улучшение любой актуальной медико-экологической ситуации, и в этом смысле его можно рассматривать как один из базовых научных инструментов для широкого практического применения. Результаты исследований, основанных на разработанном алгоритме, необходимы при разработке программ и стратегий, ориентированных на улучшение здоровья населения.

Проверка закона распределения данных на параметричность (т.е. отличия эмпирического распределения от теоретического нормального распределения) проводится с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Учитывая, что полученные массивы данных подчинялись закону нормального распределения, вариационная статистика включала определение среднего арифметического ( $M$ ) и ошибки среднего арифметического ( $\pm m$ ) вариационного ряда. Следовательно, табличные данные рекомендуется представлять в виде  $M \pm m$ . Достоверность различий показателей основной группы в сравнении с контрольной оценивается по  $t$ -критерию Стьюдента при 95%-ном уровне доверительной вероятности. Вычислению  $t$ -критерия предшествует проверка нормальности распределения и равенства дисперсий в двух сравниваемых группах. При  $p > 0,05$  нулевая гипотеза об отсутствии различий средних не отклоняется. При  $p \leq 0,05$  принимается альтернативная гипотеза о существовании различий средних значений с уровнем статистической значимости  $p$ .

Для достоверного отображения объективно существующих эпидемиологических процессов необходимо выявить существенные взаимосвязи и не только выявить, но и дать им количественную оценку. Данный подход требует вскрытия причинных зависимостей. Для этого используется корреляционный анализ, основной задачей которого является оценка силы связи и проверка статистических гипотез о наличии и силе корреляционной связи. В результате анализа обнаруживаются связи, различные по силе (сильные, слабые, умеренные) и различные по направлению (прямые, обратные). Корреляционный анализ позволяет выявить силу (тесноту) связи между факторами и признаком, установить факторы, оказывающие наибольшее влияние на изменение значений признака. Необходимо отметить, что наличие ассоциации не всегда говорит о наличии причинно-следственной связи.

Основным мерилom связи, существующей между биологическими признаками, служит коэффициент корреляции ( $R$ ,  $r$ ). Он показывает степень приближения корреляционной связи к функциональной (для которой всегда равен единице) и колеблется в пределах от минус (для обратной связи) до плюс (для прямой связи) единицы. Значение коэффициента корреляции, равное нулю или близкое к нулю, говорит лишь об отсутствии прямолинейной связи, но не указывает на наличие или отсутствие криволинейной связи.

Коэффициент корреляции является показателем ассоциации, который отражает степень линейной зависимости между двумя переменными. При  $r < 0,4$  считают, что линейную зависимость между параметрами выявить не удалось. Если коэффициент корреляции ( $r$ ) по абсолютной величине больше чем 0,95, то считают, что между параметрами существует практически линейная зависимость. Если коэффициент корреляции попадал в диапазон от 0,8 до 0,95, то считают, что между параметрами сильная степень линейной связи. При  $0,6 < r < 0,8$  считают, что ус-

тановлена линейная связь между параметрами. Значение коэффициента корреляции оценивается с помощью критерия достоверности Стьюдента.

Значения коэффициента корреляции иллюстрируют тесноту связи между параметрами: меньше 0,30 – слабая; 0,31-0,50 – умеренная; 0,51-0,70 – значительная; 0,71-0,90 – высокая; 0,91 и более – очень высокая корреляционная связь.

## **ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА БОЛЕЗНЯМИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВИТЕБСКА)**

Рассмотрим на примере рекомендованные методические подходы к изучению влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость (общую и первичную) трудоспособного населения промышленного города болезнями органов дыхания. Проведенные нами исследования показывают, что при длительном воздействии на организм человека взвешенные вещества, фенол, растворимые сульфаты, диоксид азота, формальдегид, оксид углерода, сернистый газ могут быть охарактеризованы как факторы, способствующие возникновению аллергического ринита, БА, ХБ, эмфиземы, фарингита, назофарингита, синусита, болезней миндалин и пневмонии в г. Витебске.

Между максимальными концентрациями фенола, зафиксированными в промышленной зоне, и уровнями заболеваемости городского населения болезнями органов дыхания обнаружена практически линейная зависимость (общей ( $r=0,99$ ,  $p<0,0001$ ) и первичной ( $r=0,98$ ,  $p<0,0001$ )). Высокая степень связи выявлена между максимальными значениями растворимых сульфатов, зафиксированными в промышленной зоне, и уровнями заболеваемости общей ( $r=0,91$ ,  $p=0,03$ ) и первичной ( $r=0,92$ ,  $p=0,03$ ) всего городского населения болезнями органов дыхания. Значимая зависимость установлена между максимальными значениями диоксида азота, зафиксированными в промышленной зоне, и уровнями общей ( $r=0,90$ ,  $p=0,04$ ) и первичной ( $r=0,97$ ,  $p=0,01$ ) заболеваемости взрослого населения болезнями органов дыхания (таблица 1).

Сильная степень прямой линейной связи была зафиксирована между общей заболеваемостью городского населения и максимальными уровнями взвешенных веществ ( $r=0,94$ ,  $p=0,02$ ), растворимых сульфатов ( $r=0,94$ ,  $p=0,02$ ), диоксида азота ( $r=0,89$ ,  $p=0,04$ ). Между уровнями первичной заболеваемости городского населения болезнями органов дыхания и максимальным содержанием взвешенных веществ ( $r=0,96$ ,  $p=0,01$ ), а также растворимых сульфатов ( $r=0,93$ ,  $p=0,02$ ) в атмосферном воздухе, была отмечена практически линейная зависимость. Существование сильной степени линейной связи выявлено между уровнями общей заболеваемости взрослого городского населения болезнями органов дыхания и максимальными значениями формальдегида ( $r=0,93$ ,  $p=0,02$ ) и диоксида азота ( $r=0,91$ ,  $p=0,03$ ) в атмосферном воздухе (таблица 2).

Минимальные значения растворимых сульфатов в воздухе значимо коррелируют с уровнями заболеваемости общей ( $r=0,98$ ,  $p=0,01$ ) и первичной ( $r=0,95$ ,  $p=0,01$ ) всего городского населения. Высокая степень корреляции отмечалась между минимальными концентрациями взвешенных веществ и уровнями первичной заболеваемости всех горожан ( $r=0,87$ ,  $p=0,05$ ) (таблица 3). Корреляционные связи между остальными эколого-гигиеническими показателями загрязнения воздуха

крупного индустриального центра и уровнями заболеваемости городского населения болезнями органов дыхания представлены в таблицах 4-10.

Выявлены достоверные корреляционные зависимости между отдельными показателями загрязнения атмосферного воздуха (максимальные уровни загрязнения, зафиксированные в промышленной зоне; максимальные уровни загрязнения; минимальные уровни загрязнения; максимальные разовые концентрации; среднегодовые концентрации; комплексный показатель загрязнения «Р»; ИЗА) и уровнями заболеваемости отдельными дыхательными нозологиями (болезни органов дыхания, аллергический ринит, БА, хронический фарингит, назофарингит, синусит, ХБ и эмфизема, хронические болезни миндалин, пневмонии) всего городского и взрослого населения. Наиболее значимые корреляционные зависимости вскрыты между уровнями заболеваемости всего городского и взрослого населения болезнями органов дыхания и такими аэрополлютантами, как взвешенные вещества, фенол, растворимые сульфаты, диоксид азота и формальдегид.

Таблица 1 - Корреляционные отношения между заболеваемостью городского населения болезнями органов дыхания и максимальными уровнями загрязнения атмосферного воздуха, зафиксированными в промышленной зоне г. Витебска с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ

Заболеваемость городского населения болезнями органов дыхания г. Витебска (на 1000 человек)	Коэффициенты корреляции между показателями заболеваемости и максимальными уровнями загрязнения атмосферного воздуха, зафиксированные в промышленной зоне (пост №5) г. Витебска с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ:							
	взвешен. вещества	диоксид серы	оксид углерода	диоксид азота	аммиак	фенол	формальдегид	сульф. раств.
Общая городского населения	0,77	0,86	0,44	0,60	-0,48	0,99***	0,13	0,91*
Первичная городского населения	0,80	0,84	0,40	0,57	-0,42	0,98***	0,15	0,92*
Общая взрослого населения	0,32	0,62	0,15	0,90*	-0,74	0,82	-0,21	0,62
Первичная взрослого населения	-0,18	0,05	-0,50	0,97**	-0,55	0,44	-0,48	0,16

Примечание: Достоверность коэффициентов корреляции: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,0001$ .

31

Таблица 2 - Корреляционные отношения между заболеваемостью городского населения болезнями органов дыхания и максимальными уровнями загрязнения атмосферного воздуха г. Витебска с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ

Заболеваемость городского населения болезнями органов дыхания г. Витебска (на 1000 человек)	Коэффициенты корреляции между показателями заболеваемости и максимальными уровнями загрязнения атмосферного воздуха г. Витебска с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ:								
	взвешен. вещества	диоксид серы	оксид углерода	диоксид азота	аммиак	фенол	формальдегид	сульфаты раств.	оксид азота
Общая заболеваемость всего городского населения	0,94*	0,86	0,62	0,89*	-0,42	0,51	0,67	0,94*	-0,99***
Первичная заболеваемость всего городского населения	0,96**	0,84	0,57	0,83	-0,35	0,58	0,59	0,93*	-0,96**
Общая заболеваемость взрослого населения	0,63	0,65	0,42	0,91*	-0,70	0,39	0,93*	0,67	-0,89*
Первичная заболеваемость взрослого населения	0,21	0,08	-0,23	0,49	-0,51	0,48	0,76	0,15	-0,48

Примечание: Достоверность коэффициентов корреляции: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,0001$ .

Таблица 3 - Корреляционные отношения между заболеваемостью городского населения болезнями органов дыхания и минимальными уровнями загрязнения атмосферного воздуха г. Витебска с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ

Заболеваемость городского населения болезнями органов дыхания г. Витебска (на 1000 человек)	Коэффициенты корреляции между показателями заболеваемости и минимальными уровнями загрязнения атмосферного воздуха г. Витебска с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ:								
	взвешен. вещества	диоксид серы	оксид углерода	диоксид азота	аммиак	фенол	формальдегид	сульфаты раств.	оксид азота
Общая городского населения	0,81	0,08	0,51	-0,81	-0,18	-0,24	-0,65	0,98**	-0,73
Первичная городского населения	0,87*	0,15	0,56	-0,84	-0,11	-0,17	-0,60	0,95**	-0,70
Общая заболеваемость взрослого населения	0,41	-0,42	0,01	-0,39	-0,18	-0,54	-0,40	0,85	-0,45
Первичная взрослого населения	0,09	-0,72	-0,48	0,09	0,15	-0,39	0,24	0,48	0,18

Примечание: Достоверность коэффициентов корреляции: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,0001$ .

32

Таблица 4 - Корреляционные отношения между заболеваемостью городского населения болезнями органов дыхания и среднегодовыми концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Витебска

Заболеваемость городского населения болезнями органов дыхания г. Витебска (на 1000 человек)	Коэффициенты корреляции между показателями заболеваемости и среднегодовыми концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Витебска ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ):								
	взвеш. вещества	диоксид серы	оксид углерода	диоксид азота	аммиак	фенол	формальдегид	сульфаты раств.	оксид азота
Общая городского населения	0,63	0,68	0,50	-0,63	-0,81	-0,94*	-0,87*	0,19	-0,22
Первичная заболеваемость городского населения	0,69	0,68	0,49	-0,66	-0,75	-0,95**	-0,86	0,25	-0,22
Общая заболеваемость взрослого населения	0,14	0,35	0,11	-0,15	-0,88*	-0,87*	-0,57	-0,35	0,19
Первичная заболеваемость взрослого населения	-0,27	-0,23	-0,51	0,36	-0,44	-0,64	0,01	-0,71	0,65

Примечание: Достоверность коэффициентов корреляции: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,0001$ .



Таблица 5 - Корреляционные отношения между заболеваемостью городского населения болезнями органов дыхания и максимальными разовыми концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, зафиксированными в промышленной зоне г. Витебска

Заболеваемость городского населения болезнями органов дыхания г. Витебска (на 1000 человек)	Коэффициенты корреляции между показателями заболеваемости и максимальными разовыми концентрациями аэрополлютантов, зафиксированные в промышленной зоне (мкг/м <sup>3</sup> ):							
	взвешенные вещества	диоксид серы	оксид углерода	диоксид азота	аммиак	фенол	формальдегид	сульфаты раств.
Общая городского населения	-0,56	-0,18	-0,44	-0,83	-0,54	-0,28	-0,35	-0,28
Первичная заболеваемость городского населения	-0,52	-0,22	-0,36	-0,88*	-0,46	-0,24	-0,39	-0,21
Общая заболеваемость взрослого населения	-0,88*	-0,37	-0,69	-0,64	-0,85	-0,68	-0,43	-0,69
Первичная заболеваемость взрослого населения	-0,98***	-0,81	-0,62	-0,57	-0,68	-0,97**	-0,78	-0,74

Примечание: Достоверность коэффициентов корреляции: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,0001$ .

33

Таблица 6 - Корреляционные отношения между заболеваемостью городского населения болезнями органов дыхания и среднегодовыми концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, зафиксированные в промышленной зоне г. Витебска с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ

Заболеваемость городского населения болезнями органов дыхания г. Витебска (на 1000 человек)	Коэффициенты корреляции между показателями заболеваемости и среднегодовыми концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, зафиксированные в промышленной зоне (пост №5) г. Витебска с учетом среднемесячных концентраций загрязняющих веществ (мкг/м <sup>3</sup> ):							
	взвешен. вещества	диоксид серы	оксид углерода	диоксид азота	аммиак	фенол	формальдегид	сульф. раств.
Общая заболеваемость городского населения	0,79	0,67	0,54	-0,52	-0,77	0,69	-0,77	0,18
Первичная заболеваемость городского населения	0,83	0,67	0,54	-0,51	-0,71	0,71	-0,69	0,25
Общая заболеваемость взрослого населения	0,34	0,34	0,11	-0,15	-0,86	0,66	-0,78	-0,36
Первичная заболеваемость взрослого населения	-0,11	-0,24	-0,49	0,48	-0,44	0,69	-0,25	-0,71

Примечание: Достоверность коэффициентов корреляции: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,0001$ .

Таблица 7 - Корреляционные отношения между заболеваемостью городского населения болезнями органов дыхания и минимальными уровнями загрязнения атмосферного воздуха, зафиксированными в промышленной зоне г. Витебска с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ

Заболеваемость городского населения болезнями органов дыхания г. Витебска (на 1000 человек)	Коэффициенты корреляции между показателями заболеваемости и минимальными уровнями загрязнения атмосферного воздуха, зафиксированные в промышленной зоне (пост №5) г. Витебска с учетом среднемесячных концентраций вредных веществ (мкг/м <sup>3</sup> ):							
	взвешенные вещества	диоксид серы	оксид углерода	диоксид азота	аммиак	фенол	формальдегид	сульф. раств.
Общая городского населения	0,25	0,44	0,37	-0,35	-0,75	-0,84	-0,40	-0,74
Первичная городского населения	0,35	0,50	0,44	-0,36	-0,67	-0,78	-0,34	-0,69
Общая взрослого населения	-0,26	-0,04	-0,16	0,07	-0,78	-0,99***	0,17	-0,97**
Первичная взрослого населения	-0,42	-0,41	-0,56	0,65	-0,36	-0,77	0,47	-0,90*

Примечание: Достоверность коэффициентов корреляции: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,0001$ .

34

Таблица 8 - Корреляционные отношения между заболеваемостью городского населения болезнями органов дыхания и максимальными разовыми концентрациями загрязняющих веществ в воздухе г. Витебска

Заболеваемость городского населения болезнями органов дыхания г. Витебска (на 1000 человек)	Коэффициенты корреляции между показателями заболеваемости и максимальными разовыми концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Витебска (мкг/м <sup>3</sup> ):								
	взвешен. вещества	диоксид серы	оксид углерода	диоксид азота	аммиак	фенол	формальдегид	сульфаты раств.	оксид азота
Общая заболеваемость городского населения	-0,57	-0,18	-0,88*	-0,83	-0,59	-0,34	-0,45	-0,28	-0,74
Первичная заболеваемость городского населения	-0,52	-0,22	-0,84	-0,88*	-0,52	-0,31	-0,50	-0,21	-0,72
Общая заболеваемость взрослого населения	-0,88*	-0,37	-0,78	-0,64	-0,85	-0,72	-0,47	-0,69	-0,47
Первичная взрослого населения	-0,98***	-0,81	-0,41	-0,57	-0,64	-0,98***	-0,75	-0,74	0,14

Примечание: Достоверность коэффициентов корреляции: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,0001$ .

Таблица 9 - Корреляционные отношения между заболеваемостью городского населения болезнями органов дыхания и индексами загрязнения атмосферного воздуха г. Витебска

Заболеваемость городского населения болезнями органов дыхания г. Витебска (на 1000 человек)	Коэффициенты корреляции между показателями заболеваемости и ИЗА г. Витебска:								
	комплексным	взвешен. в-вами	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	фенолом	формальдегидом	NO
Общая заболеваемость городского населения	-0,93*	0,64	0,73	0,48	-0,59	-0,82	-0,96**	-0,87*	-0,61
Первичная заболеваемость городского населения	-0,89*	0,70	0,72	0,47	-0,62	-0,75	-0,95**	-0,86	-0,61
Общая заболеваемость взрослого населения	-0,89*	0,15	0,41	0,08	-0,10	-0,88*	-0,91*	-0,57	-0,24
Первичная заболеваемость взрослого населения	-0,41	-0,26	-0,18	-0,53	0,41	-0,45	-0,68	0,01	0,33

Примечание: Достоверность коэффициентов корреляции: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,0001$ .

35

Таблица 10 - Корреляционные отношения между заболеваемостью городского населения болезнями органов дыхания и комплексной оценкой загрязнения атмосферного воздуха г. Витебска

Заболеваемость городского населения болезнями органов дыхания г. Витебска (на 1000 человек)	Коэффициенты корреляции между показателями заболеваемости и показателями комплексной оценки загрязнения атмосферного воздуха г. Витебска:		
	суммационный эффект	коэффициент суммарного загрязнения воздуха	комплексный показатель загрязнения Р
Общая городского населения	0,41	-0,95**	-0,56
Первичная городского населения	0,38	-0,91*	-0,58
Общая взрослого населения	0,12	-0,85	-0,68
Первичная взрослого населения	-0,51	-0,36	-0,91*

Примечание: Достоверность коэффициентов корреляции: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,0001$ .

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЗДОРОВЛЕНИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ОПТИМИЗАЦИИ ЗДОРОВЬЯ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ**

1. К способам эколого-гигиенической коррекции относится совокупность административно-технических, воспитательно-образовательных, экологических и медицинских мер, направленных на укрепление, сохранение и восстановление индивидуального и общественного здоровья. Меры эколого-гигиенической коррекции для населения промышленных городов в первую очередь должны быть направлены на охрану здоровья рабочих трудоспособного возраста.

2. Экспериментально изученная форма ответной реакции организма на воздействие комплекса неблагоприятных факторов окружающей среды на популяционном и организменном уровнях может использоваться в системе социально-гигиенического мониторинга здоровья населения, что позволит выполнять более качественно задачи, предусмотренные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 17 июля 2012 г. № 105 «О социально-гигиеническом мониторинге» [15]. Для оптимизации функционирования социально-гигиенического мониторинга, при планировании и проведении оздоровительных мероприятий среди населения различных возрастных групп, необходимы критерии и показатели эколого-гигиенического и медико-социального изучения их здоровья.

3. Данные о количественной связи загрязнения атмосферного воздуха с заболеваемостью городского населения могут быть использованы для прогнозирования заболеваемости населения в связи с изменением антропогенной нагрузки.

4. Проведенные нами исследования показали, что влияние факторов окружающей среды на взрослый организм в условиях г. Витебска может проявляться в виде широкого спектра реакций – от нарушений функционирования физиологических систем до повышенного уровня заболеваемости. Изучение преморбидных и патологических реакций организма позволяет наиболее полно отразить состояние здоровья населения в зависимости от особенностей экологической среды.

5. Нами были разработаны методические указания, которые позволяют проводить комплексную оценку влияния загрязнения воздуха на заболеваемость населения промышленного города болезнями органов дыхания. Разработанный и апробированный алгоритм «Влияние загрязнения воздуха на заболеваемость населения крупного промышленного города болезнями органов дыхания» рекомендуется применять центрам гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, а также заинтересованным организациям при изучении здоровья населения и внедрении социально-гигиенического мониторинга в условиях неблагоприятной экологической ситуации. Результаты проведенных исследований рекомендовано использовать центрам гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, экологическим службам, администрации города и района, руководителям промышленных предприятий.

6. Экспериментально выявленная корреляционная связь между эколого-гигиеническими показателями аэрополлютантов и уровнями заболеваемости (общей и первичной) городского трудоспособного населения болезнями органов дыхания позволяет дифференцировано корректировать основные факторы риска с целью первичной и вторичной профилактики хронических неспецифических заболеваний легких.

7. Для осуществления эффективных профилактических мероприятий центрам гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья в ходе социально-гигиенического мониторинга рекомендуется проводить комплексную оценку воздействия эколого-гигиенических, медико-социальных, биологических факторов

риска на формирование и распространение неспецифических болезней органов дыхания среди городского населения с учетом региональных особенностей.

8. Выявление тенденций изменения в состоянии здоровья на популяционном уровне даёт возможность разработать и обосновать управленческие решения в области развития территорий, обеспечения эколого-эпидемиологического благополучия. При принятии управленческих решений по разработке и внедрению оздоровительных мероприятий целесообразно применять показатели донозологических изменений в качестве целевых критериев, а также учитывать комплексную антропогенную нагрузку на окружающую среду, приоритетные показатели здоровья.

9. Результаты физиологических (ФВД) и эпидемиологических (распространение заболеваний органов дыхания) исследований должны учитываться при планировании мероприятий по предупреждению загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов взвешенными веществами, оксидами азота и серы.

10. В рамках программы социально-гигиенического мониторинга в городе необходима организация сети непрерывного мониторинга факторов среды обитания на территории города. Совершенствовать программу социально-гигиенического мониторинга путем внедрения в нее биологического мониторинга с последующей статистической обработкой результатов.

11. Для количественной оценки реальных уровней воздействия аэрополлютантов на организм городских жителей, выявления источников и маршрутов воздействия необходимо усовершенствовать систему контроля за качеством окружающей среды промышленных городов, расширить спектр и объем контролируемых веществ в атмосферном воздухе. В г. Витебске необходимо довести число постов наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха до 8 вместо 4 действующих из-за большого количества источников загрязнения.

12. В промышленных центрах, в которых наблюдается интенсификация производства, как по числу промышленных предприятий, так и объемам валовых воздушных выбросов в атмосферный воздух, необходимо предусмотреть финансирование для проведения регулярного контроля за уровнем загрязнений атмосферного воздуха в населенных пунктах по программе социально-гигиенического мониторинга.

13. Для координации деятельности по реализации мероприятий по уменьшению негативного воздействия загрязненного атмосферного воздуха на здоровье населения г. Витебска целесообразно создание экологической службы, состоящей из ведущих специалистов заинтересованных управлений.

14. На современном этапе развития центров гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья целесообразно включение в содержание центров разделов по оценке напряженности медико-экологической ситуации и гигиеническому ранжированию территорий, исследованию методами многофакторного анализа причинно-следственных связей между качеством окружающей среды и здоровьем населения.

15. Программа мероприятий по профилактике вредного воздействия атмосферного аэрозоля должна быть направлена на: предотвращение поступления аэрозоля в диапазоне респираторной фракции в приземные слои атмосферы; усиление выведения из организма аэрополлютантов; всеобщее применение методов ранней диагностики нарушений состояния дыхательной системы.

16. С целью снижения в г. Витебска риска, связанного с формальдегидом, органам исполнительной власти города необходимо принять меры по постепенному снижению загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта и доведению концентрации формальдегида в атмосферном воздухе до уровня ПДК.

17. Лечебно-профилактическим учреждениям в рамках СГМ ежегодно проводить комплексную оценку состояния здоровья городского населения на базе углубленных медицинских осмотров с учетом наличия профессиональных неблагоприятных факторов и эколого-гигиенического состояния территории проживания, медико-социальных особенностей, образа жизни. Экспериментально полученные результаты обосновывают целесообразность периодического эпидемиологического исследования.

18. Работникам ЛПУ при проведении диспансеризации рекомендуется использование разработанного алгоритма «Влияние загрязнения воздуха на заболеваемость населения крупного промышленного города болезнями органов дыхания» с учетом возрастных и профессиональных особенностей, как на нозологическом, так и на донозологическом уровнях.

19. Лечебно-профилактическим учреждениям г. Витебска при проведении диспансеризации населения усилить внимание на раннее выявление, своевременное лечение и профилактику болезней органов дыхания, учитывать результаты эколого-гигиенических исследований для выявления групп риска распространения заболеваний органов дыхания и организации мероприятий по оптимизации физиологического статуса организма. Полученные экспериментальные данные о связи между показателями состояния атмосферного воздуха и заболеваемости городского населения болезнями органов дыхания рекомендуется учитывать при проведении и планировании оказания пульмонологической помощи городскому населению.

20. Рекомендуется проводить систематическое изучение состояния дыхательной системы (исследование ФВД) каждой возрастной группы населения г. Витебска.

21. Терапевтам, врачам общей практики, пульмонологам и аллергологам при проведении лечебно-оздоровительных мероприятий необходимо учитывать выявленную корреляционную зависимость между отдельными показателями загрязнения атмосферного воздуха (максимальные уровни загрязнения, зафиксированные в промышленной зоне; максимальные уровни загрязнения; минимальные уровни загрязнения; максимальные разовые концентрации; среднегодовые концентрации; комплексный показатель загрязнения «Р»; ИЗА) и уровнями общей и первичной заболеваемости болезнями органов дыхания (болезни органов дыхания, аллергический ринит, БА, хронический фарингит, назофарингит, синусит, ХБ и эмфизема, хронические болезни миндалин, пневмонии) всего городского и взрослого трудоспособного населения.

22. Специалистам санитарно-эпидемиологического профиля, врачам лечебно-профилактических и санаторно-курортных учреждений, профпатологам, терапевтам, пульмонологам и аллергологам рекомендуется проводить профилактику и лечение болезней органов дыхания в промышленных центрах с учетом полученных экспериментальных результатов.

23. Лицам, работающим в неблагоприятных экологических условиях, а также детям, проживающим в промышленном центре и в сопряженных с ним районах, необходимы регулярные оздоровительные мероприятия за пределами места их постоянного жительства.

24. Большое внимание следует уделять обеспечению студентов ВУЗов знаниями об экологической обстановке на территории Республики Беларусь, закономерностях ее воздействия на распространенность дыхательной патологии в различных возрастных группах.

25. Проведенный эпидемиологический анализ позволил определить заболеваемость населения болезнями органов дыхания как биологический индикатор загрязнения окружающей среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Адрианова, С.Т. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха областных промышленных городов Республики Беларусь / С.Т. Адрианова, Т.Е. Науменко, В.И. Курлович // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. Вып.9 / ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены»; гл. ред. С.М. Соколов. – Минск, 2007. – С. 134–140.
2. Божатков, Д.К. Эколого-гигиеническая оценка микротерриторий жилой зоны промышленного центра по показателям здоровья населения и загрязнению атмосферного воздуха : автореф. дис. ... канд. мед наук : 14.00.07 / Д.К. Божатков ; Нижегород. гос. мед. акад. – Н.Новгород, 1998. – 24 с.
3. Боровиков, В.П. Популярное введение в программу STATISTICA / В.П. Боровиков. – М.: Компьютер Пресс, 1998. – 267 с.
4. Величковский, Б.Т. Проблема профессиональных и экологически обусловленных заболеваний органов дыхания / Б.Т. Величковский // Гигиена и санитария. – 1992. – № 4. – С. 46–49.
5. Гичев, Ю. Экологическая медицина и её основные направления / Ю. Гичев // Врач. – 1996. – № 11. – С. 28–29.
6. Даутов, Ф.Ф. Изучение связи между загрязнением окружающей среды и уровнем заболеваемости детского населения города / Ф.Ф. Даутов, И.А. Яруллин // Гигиена и санитария. – 1993. – № 8. – С. 4–7.
7. Додина, Л.Г. Некоторые аспекты влияния антропогенного загрязнения окружающей среды на здоровье населения / Л.Г. Додина // Гигиена и санитария. – 1998. – № 3. – С. 48–52.
8. Жаворонок, Л.Г. Совершенствование статистики профессиональной заболеваемости в современных условиях на основе компьютерных технологий : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.16 / Л.Г. Жаворонок ; НИИ мед. труда. – М., 2004. – 48 с.
9. Зайцева, С.А. Клинико-иммунологические особенности и распространенность аллергических заболеваний дыхательных путей в экологически неблагоприятном районе промышленного центра : автореф. дис. ... канд. мед наук : 14.00.43 / С.А. Зайцева ; НИЦ Самар. гос. мед. ун-та. – Самара, 2000. – 24 с.
10. Здоровье человека и факторы окружающей среды в индустриальных городах / В.Д. Суржиков [и др.] // Гигиена и санитария. – 2003. – № 6. – С. 85–87.
11. Кузьмина, Л. Биохимические аспекты индивидуальной чувствительности к производственным и экологическим факторам / Л. Кузьмина // Врач. – 2001. – № 5. – С. 11–17.
12. Маркин, С.П. Методологические аспекты изучения механизмов влияния факторов внешней среды на состояние здоровья населения / С.П. Маркин, В.А. Борисов, А.Я. Чижов // Систем. анал. и упр. в биомед. системах. – 2003. – Т. 2, № 3. – С. 228–232.
13. Маркин, С.П. Оценка влияния факторов внешней среды на здоровье людей / С.П. Маркин, А.Я. Чижов // Вестн. Рос. ун-та дружбы народов. Сер. Экол. и безопас. жизнедеятельности. – 2003. – № 9. – С. 162–170.
14. Новиков, И.И. Гигиенические проблемы окружающей среды и здоровья населения крупного промышленного центра / И.И. Новиков, Г.А. Оглезнев // Гигиена и санитария. – 2003. – № 3. – С. 66–68.
15. О социально-гигиеническом мониторинге: постановление Министерства здравоохранения Респ. Беларусь от 17 июля 2012 г. № 105 // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2012. – № 3. – С. 93–96.

16. Омирбаева, С.М. Риск развития экологически обусловленных заболеваний (обзор литературы) / С.М. Омирбаева // Медицина труда и промышленная экология. – 2004. – № 11. – С. 28–32.
17. Онищенко, Г.Г. Влияние состояния окружающей среды на здоровье населения. Нерешённые проблемы и задачи / Г.Г. Онищенко // Гигиена и санитария. – 2003. – № 1. – С. 3–13.
18. Першин, С. Е. Здоровье населения как показатель экологического состояния территории промышленного города : автореф. дис. ... канд. мед наук : 03.00.16 / С.Е. Першин ; Волгогр. мед. акад. – Волгоград, 1998. – 23 с.
19. Прищепа, И.М. Роль факторов внешней среды в возникновении и течении БА и ХБ в различных регионах Республики Беларусь : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 14.00.36 / И.М. Прищепа ; НИИ вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова. – М., 1997. – 40 с.
20. Пузаченко, Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях / Ю.Г. Пузаченко. – М. : Изд. центр «Академия», 2004. – 416 с.
21. Пукаев, Р.Д. Постановка проблемы экологических болезней. Подходы к этиопатогенезу, систематике и диагностике экологических болезней химической природы / Р.Д. Пукаев // Медицина труда и промышленная экология. – 1996. – № 11. – С. 21–28.
22. Ситало, С.Г. Загрязнение окружающей среды Криворожского железорудного бассейна и его влияние на здоровье населения / С.Г. Ситало, Н.М. Паранько // Гигиена и санитария. – 2005. – № 3. – С. 22–25.
23. Современные проблемы совершенствования системы гигиенического нормирования факторов среды обитания человека / С.М. Соколов [и др.] // Медицинские новости. – 2000. – № 8. – С. 21–24.
24. Тукаев, Р.Д. Постановка проблемы экологических болезней, подходы к этиопатогенезу, систематике и диагностике экологических болезней химической природы // Медицина труда и промышленная экология. – 1996. – № 11. – С. 21–28.
25. Флетчер, Р. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины / Р. Флетчер, С. Флетчер, Э. Вагнер. – М. : Медиа Сфера, 1998. – 352 с.
26. Худницкий, С.С. Основные проблемы и перспективы научных исследований по экологии человека и гигиене окружающей среды / С.С. Худницкий // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. Вып. 9 / ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены» ; гл. ред. С.М. Соколов. – Минск, 2007. – С. 95–102.
27. Чуканов, В.Н. Регрессионный анализ в установлении связей между здоровьем населения и состоянием окружающей среды / В.Н. Чуканов, А.Н. Вараксин, В.Н. Шершнева // Гигиена и санитария. – 2000. – № 5. – С. 76–78.
28. Щербакова, М.А. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха в районах промышленного центра, отличающихся по степени экологической нагрузки (на примере, г. Витебска) / М.А. Щербакова // Эпизоотология, иммунобиология, фармакология и санитария. – 2007. – № 1. – С. 67–72.
29. Щербакова, М.А. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха химическими примесями и взаимосвязь качества воздушного бассейна в различных экологических зонах города Витебска / М.А. Щербакова // Эпизоотология, иммунобиология, фармакология и санитария. – 2007. – № 2. – С. 74–79.
30. Щербакова, М.А. Эколого-гигиеническая характеристика загрязнения атмосферного воздуха промышленной и селитебной зон города Витебска / М.А. Щербакова // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены ; гл. ред. С.М. Соколов. – Минск, 2007. – Вып. 9. – С. 736–745.