

*Я.Г. Труханович*

**РОЛЬ ПОЛЛЮТАНТОВ В ПАТОГЕНЕЗЕ ХОБЛ. СВЯЗЬ  
ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА МИНСКА  
С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ПОЛЛЮТАНТОВ  
В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ**

*Научный руководитель: ассист. Е.В. Шуляк*

*Кафедра патологической физиологии*

*Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск*

*Y.G. Trukhanovich*

**ROLE OF POLLUTANTS IN THE PATHOGENESIS OF COPD.  
RELATIONSHIP OF INCIDENCE OF THE POPULATION OF THE CITY OF  
MINSK WITH THE CONCENTRATION OF POLLUTANTS  
IN THE ATMOSPHERIC AIR**

*Tutor: assist. E.V. Shulyak*

*Department of Pathological Physiology*

*Belarusian State Medical University, Minsk*

**Резюме.** В результате исследования выявлена прямая зависимость уровня заболеваемости населения хроническими обструктивными болезнями легких от загрязнения поллютантами атмосферного воздуха в г. Минске. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости более тщательного проведения мониторинга качества атмосферного воздуха, а также разработки и дальнейшего усовершенствования профилактических мероприятий с целью снижения заболеваемости.

**Ключевые слова:** индикаторы загрязнения атмосферы, заболеваемость населения, болезни органов дыхания, хроническая обструктивная болезнь лёгких.

**Resume.** As a result of the study, a direct dependence of the level of morbidity of the population with chronic obstructive pulmonary diseases on pollutant pollution of the atmospheric air in Minsk was revealed. The results obtained indicate the need for more thorough monitoring of atmospheric air quality, as well as the development and further improvement of preventive measures in order to reduce the incidence.

**Keywords:** air pollution indicators, population morbidity, respiratory diseases, chronic obstructive pulmonary disease.

**Актуальность.** Хроническая обструктивная болезнь легких является одной из ведущих причин заболеваемости и смертности в области пульмонологии [1]. Развитие ХОБЛ зависит от внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) факторов риска [2]. К внутренним факторам риска этих заболеваний относят генетику, пол, реактивность дыхательных путей. Внешние факторы риска включают в себя вдыхание токсических веществ, курение, загрязнение воздушного бассейна, социальный и экономический статус, профессиональные факторы риска, характер и статус питания. Причиной обострения и развития ХОБЛ могут быть факторы неинфекционной природы, среди которых ведущая роль принадлежит атмосферным поллютантам [3].

Современный этап технологического прогресса характеризуется активным вмешательством человека в баланс окружающей среды [4]. Наблюдается прямая зависимость между факторами риска внешней среды и здоровьем человека и

населения в целом [4]. В связи с этим, важность научных исследований в экологии, в частности, в области влияния воздуха на здоровье населения весьма высока, что требует постоянного развития научной деятельности в этой сфере.

Установлено, что с повышением в атмосфере концентраций диоксида серы, диоксида азота, которые являются наиболее патогенными в отношении респираторной системы, и других повреждающих факторов увеличивает риск обострений ХОБЛ, которые требуют госпитализации [5].

Состояние атмосферного воздуха представляет собой приоритетный показатель, влияющий на здоровье человека, так как ингаляционный путь поступления повреждающих веществ является одним из наиболее опасных [6]. Всасывание патогенных агентов через дыхательную систему обеспечивает быстрое поступление повреждающих веществ в организм. За счет особенностей строения дыхательной системы поллютанты, поступающие ингаляционным путем, способны оказывать воздействие на органы-мишени, не подвергаясь предварительной инактивации и дезинтоксикации в аэрогематическом барьере [7].

**Цель:** рассмотреть основные патофизиологические механизмы развития ХОБЛ. Установить наличие причинно-следственных связей в системе «загрязнение атмосферного воздуха – заболеваемость населения» г. Минск. Оценить степень загрязнения воздуха городе Минске.

**Задачи:**

1. Провести анализ влияния атмосферы на заболеваемость болезнями органов дыхания населения г. Минска за 2019-2021 гг.
2. Выявить взаимосвязь между динамикой выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и первичной неинфекционной заболеваемостью органов дыхания.

**Материалы и методы.** Дизайн исследования – ретроспективный открытый. Оценка качества атмосферного воздуха проводилась на основании данных исследований ГУ «Минский городской ЦГЭ» по комплексному индексу загрязнения атмосферы в г. Минск в динамике за период 2019-2021 годы. В работе использованы официальные статистические данные о первичной заболеваемости населения по информации информационно-аналитического центра комитета по здравоохранению Минского городского исполнительного комитета за период с 2019 г. по 2021 г.

**Результаты и их обсуждение.** ХОБЛ является экологически опосредованным заболеванием, которое имеет длительный латентный период (около 15 лет). Зачастую диагностируется у лиц, достигших трудоспособного возраста и лиц, являющихся старше трудоспособного возраста.

Легочные альвеолы имеют большую поверхность всасывания, небольшую толщину мембран, усиленный кровоток в системе легочных капилляров, отсутствием дополнительных барьеров для задержки патогенных веществ. Всасывание токсических аэрозолей и пылевых частиц начинается непосредственно в верхних отделах дыхательных путей, после переходит в легочной ацинус согласно закону простой диффузии в наиболее тонких участках альвеолярного барьера и по направлению падения градиента концентрации. Вещества всасываются в кровь и лимфу в малом круге кровообращения и распространяются в организме минуя систему детоксикации. Таким образом, поллютанты, поступающие ингаляционным

путем способны оказывать воздействие на мишени, не подвергаясь предварительной инактивации и дезинтоксикации в аэрогематическом барьере.

Патогенетической основой хронической обструктивной болезни легких является хронический воспалительный процесс трахеобронхиального дерева, легочной паренхимы и сосудов, при котором выявляются повышенные количества макрофагов, Т-лимфоцитоз и нейтрофилия. Воспалительные клетки продуцируют большое количество медиаторов: лейкотриен В<sub>4</sub>, интерлейкин 8, фактор некроза опухоли и так далее. Данные вещества способны повреждать структуру легких и поддерживать нейтрофильное воспаление. Кроме этого, в патогенезе ХОБЛ имеют значение дисбаланс протеолитических ферментов, антипротеиназ и оксидативный стресс.

При морфологическом анализе в трахеобронхиальном дереве выявляются воспалительные клетки, которые инфильтрируют поверхностный эпителий, увеличенные в размере слизистые железы, возрастает число бокаловидных клеток, что ведет к гиперпродукции слизи. В мелких бронхах и бронхиолах воспалительный процесс происходит циклично со структурным ремоделированием бронхиальной стенки, за счет повышением содержания коллагена и образованием рубцовой ткани, что приводит к обструкции дыхательных путей.

В развитии ХОБЛ существует последовательная этапность: заболевание начинается с гиперсекреции слизи с последующим нарушением функции мерцательного эпителия, развивается бронхиальная обструкция, которая приводит к формированию эмфиземы легких, нарушению газообмена, дыхательной недостаточности, легочной гипертензии и развитию легочного сердца. Приведенные данные по причинам, патогенезу, морфологии показывают, что ХОБЛ является результатом хронического бронхита, длительного бронхоспастического синдрома и/или эмфиземы легких и других паренхиматозных деструкций (в том числе врожденных), связанных с уменьшением эластических свойств легких [1].

Патогенез возникновения обострения ХОБЛ при попадании триггерных веществ: воспаление локализовано в мелких дыхательных путях, после распространяется на интерстициальную ткань, паренхиму лёгких, приводит к деструкции эластического каркаса стенок альвеол и формированию эмфиземы лёгких. Происходит аккумуляция нейтрофилов, цитотоксических CD8<sup>+</sup> Т-клеток и макрофагов [1].

Наблюдается зависимость между содержанием твердых частиц и развитием оксидативного стресса, являющимся центральной ступенью провоспалительных реакций, изменением в функционировании вегетативной нервной системы сердца, эндотелиальной и микроциркулярной дисфункции, развитием и прогрессированием атеросклероза. Наиболее пагубное влияние на состояние здоровья человека оказывают мелкие частицы, диаметр которых не превышает 5 мкм, так как они проникают во внутреннюю среду организма, не задерживаясь реснитчатым эпителием верхних дыхательных путей, в результате чего попадают сразу в альвеолы, где и происходит прямой контакт на указанных пылевых частицах поллютанта с кровью [2].

Оксиды азота. Функциональный эффект диоксида азота, вызываемый вдыханием воздуха с концентрацией вещества значительно превышающей ПДК,

проявляется в виде вынужденного увеличения числа дыхательных актов за счет развития отека верхних дыхательных путей, в тяжелых формах – к асфиксии, отёку лёгких. Патологические эффекты  $\text{NO}_2$ , возникающие при вдыхании воздуха с концентрацией вещества значительно превышающей ПДК, заключаются в снижении неспецифическую резистентности организма человека, снижая активность иммунной системы, скорость и эффективность метаболических процессов, сопротивляемость организм к негативным факторам [6]. При контакте с влагой данный поллютант образует азотистую и азотную кислоты, под действием которых нарушается физиологическая целостность стенки альвеол, что приводит к повышенной проницаемости и накоплению сыворотки крови в полости легких. В результате взаимодействия с воздухом происходит вспенивание, препятствующее газообмену, что непосредственно приводит к отеку легких. Раздражающее действие на слизистые дыхательных путей, в зависимости от локализации, приводит к развитию рефлекторных реакций, проявляющихся в виде кашля, тахипноэ или брадипноэ. В результате действия оксида азота наблюдается расширение клеток корешков бронхиального дерева (тонких разветвлениях воздушных путей альвеол), ухудшение сопротивляемости легких к бактериям, расширение альвеол.

Отравление угарным газом является острым патологическим состоянием, которое может привести к летальному исходу. Эффект монооксида определяется продолжительностью действия и свойствами. Вступая в активную связь с гемоглобином крови за счет высокого сродства происходит образование устойчивой молекулы карбоксигемоглобина, который обладает более сильной связью с гемоглобином, нежели оксигемоглобин. Данное вещество блокирует процесс тканевого дыхания, что становится причиной для развития гипоксии гемического типа. Угарный газ обладает способностью связывать миоглобин, что снижает насосную функцию сердца и вызывает появление мышечной слабости. СО вступает в каскад метаболических окислительных реакции, тем самым нарушает биохимический баланс в тканях и клетках. Степень выраженности эффекта напрямую зависит от концентрации карбоксигемоглобина в крови: эффект по принципу обратной связи – при увеличении концентрации карбоксигемоглобина в крови снижается количество оксигемоглобина, что усиливает эффект и проявление типовых патологических процессов.

Оксиды серы оказывают раздражающее действие на слизистые дыхательных путей. При воздействии диоксида серы в концентрациях выше предельно допустимой наблюдаются нарушение функций дыхания, патологическое действие на слизистые оболочки, воспалительные процессы носоглотки, трахеи, бронхиты, кашель. Наиболее высокой чувствительностью к действию диоксида серы обладают у людей с хроническими болезнями органов дыхания (астмой) [3].

В период с 2019 по 2021 г. комплексный индекс загрязнения атмосферы веществами, входящими в состав выбросов, был оценен как низкий ( $\text{КИЗА} \leq 5$ ). Суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха соответствовал допустимой степени загрязнения атмосферы («Р» до 3,0), что соответствует низкому уровню загрязнения атмосферного воздуха [7]. Приоритетными поллютантами атмосферного воздуха являются диоксид серы, взвешенные вещества, оксид углерода, диоксид азота, фенол и формальдегид с ацетилацетоном. В результате

исследования была выявлена высокая прямая зависимость между уровнем первичной заболеваемости хронической обструктивной болезнью легких и КИЗА, а также хронической обструктивной болезнью легких и суммарным показателем загрязнения атмосферного воздуха.

Вклад различных веществ в загрязнение атмосферного воздуха в 2019–2021 гг. представлен на рисунке 1.

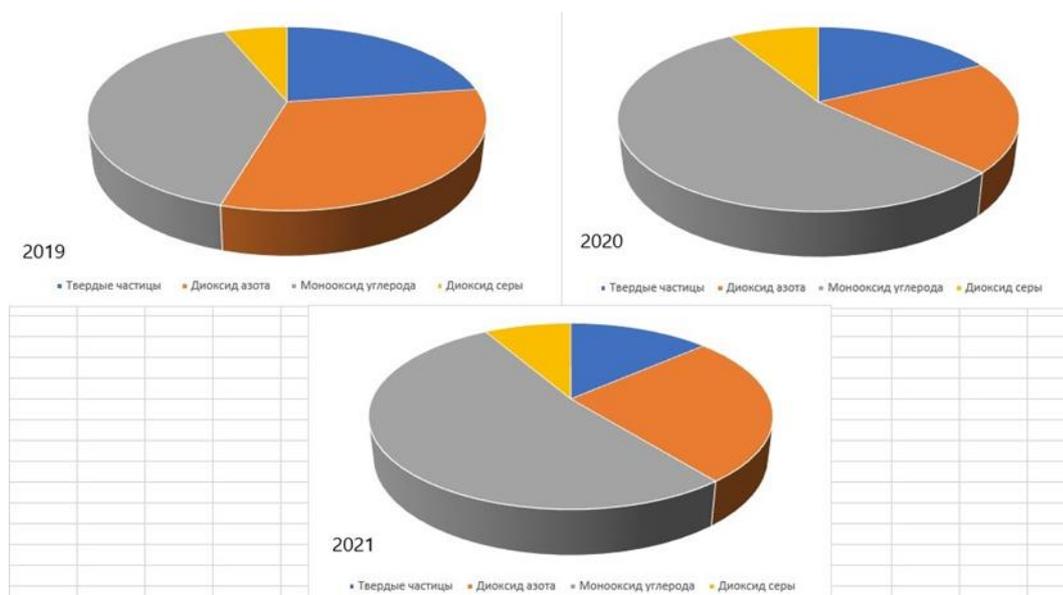


Рис. 1 – Вклад различных веществ в загрязнение атмосферного воздуха в 2019 – 2021 гг.

**Выводы:** при анализе влияния поллютантов, содержащихся в атмосферном воздухе г. Минска за 2019-2021 гг., выявлена взаимосвязь между динамикой выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и первичной неинфекционной заболеваемостью органов дыхания. Выявленная в результате исследования прямая зависимость уровня заболеваемости населения ХОБЛ свидетельствует о необходимости более тщательного проведения мониторинга качества атмосферного воздуха, а также разработки и дальнейшего усовершенствования профилактических мероприятий, направленных на снижение уровня заболеваемости населения, в том числе повышения информированности о дополнительных, не связанных с промышленным загрязнением атмосферы, факторах риска развития данной патологии.

### Литература

1. Хроническая обструктивная болезнь легких: федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению / А. Г. Чечулин, С. Н. Авдеев, З. Р. Асанов и др. // Пульмонология. – 2022. – Т. 32, № 3. – С. 356–392.
2. Овчаренко, С. И. Факторы, влияющие на развитие обострений хронической обструктивной болезни легких / С. И. Овчаренко // Форматка. – 2010. – № 4. – С. 17–19.
3. Богушева, Н. В. Состояние окружающей среды и заболеваемость хронической обструктивной патологией легких / Н. В. Богушева // Кубанский научный медицинский вестник. – 2009. – С. 6 (111). – С. 87–90.
4. Сыска, А. Г. Гигиена окружающей среды / А. Г. Сыска, М. А. Дубина. – Минск: МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, 2015. – 40 с.

5. Динамика клинических и функциональных показателей у больных обострением ХОБ, в зависимости от условий проживания / М. А. Балашов, Н. А. Айтымбетова, А. М. Булешова и др. // Результаты современных научных исследований и разработок: сборник статей VI Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2019. – С. 225–231.
6. Алексеев, С. В. Гигиена труда / С. В. Алексеев, В. Р. Усенко. – М.: Медицина, 1988. – 575 с.
7. Инструкции по применению № 004-0617 от 31.08.2017 «Оценка риска для жизни и здоровья населения от воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе», утвержденная РУП «НПЦ Г», – 103 с.