

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЁННОГО ВОЗДУХА НА РИСК РАЗВИТИЯ ИНСУЛЬТА И КОГНИТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ У ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

Рахмонов Сарварбек Ахмаджон угли

Научный руководитель: асс.

Аскарров Элёржон Садиралиевич

ALFRAGANUS UNIVERSITY, г. Ташкент

Введение. Загрязнение атмосферного воздуха сегодня является одной из наиболее значимых угроз для здоровья человека. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), около 99% населения планеты проживает в условиях, где концентрация мелкодисперсных частиц (PM_{2.5}) превышает допустимые нормы [WHO, 2022]. В структуре глобальной смертности загрязнённый воздух занимает четвертое место среди факторов риска, уступая лишь гипертонии, курению и неправильному питанию. На протяжении десятилетий внимание исследователей было сосредоточено преимущественно на влиянии загрязнённого воздуха на дыхательную и сердечно-сосудистую системы. Однако в последние годы накоплено всё больше данных, подтверждающих неблагоприятное воздействие атмосферных загрязнителей на центральную нервную систему. Выявлена связь между хроническим воздействием PM_{2.5}, NO₂ и озона с повышенным риском инсульта, когнитивных нарушений и деменции [Peters et al., 2021; Chen et al., 2022]. Таким образом, изучение экологических факторов как модифицируемых предикторов неврологических заболеваний приобретает особую актуальность, особенно в условиях урбанизации и роста городского населения. Цель данного обзора — проанализировать современные данные о влиянии загрязнённого воздуха на риск инсульта и когнитивных расстройств, рассмотреть патогенетические механизмы и обозначить возможные направления профилактики.

Эпидемиология загрязнения воздуха и его влияние на здоровье.

Согласно данным Global Burden of Disease (2020), загрязнение воздуха ежегодно вызывает более 6,7 миллионов преждевременных смертей, из которых около 30% приходится на инсульты и другие сосудистые заболевания мозга [GBD, 2020].

В городских районах основной вклад вносят:

- автомобильные выбросы (PM_{2.5}, NO₂, CO);
- промышленные источники (тяжёлые металлы, диоксины, сернистые соединения);
- бытовое отопление и сжигание твёрдого топлива.

Эпидемиологические исследования демонстрируют выраженные региональные различия. Например, жители мегаполисов Юго-Восточной Азии и Восточной Европы подвержены наиболее высокому уровню риска инсульта, связанного с воздействием загрязнённого воздуха, по сравнению с жителями стран Северной Европы и США, где действуют более строгие экологические нормы [Liang et al., 2021]. Особенно уязвимы пожилые люди, пациенты с гипертонией, сахарным диабетом и метаболическим синдромом — факторами, которые усиливают негативное воздействие поллютантов на сосудистую систему и мозг.

Загрязнение воздуха и инсульт. Связь между загрязнением воздуха и инсультом подтверждена многочисленными когортными исследованиями. В частности, метаанализ 94 исследований показал, что повышение концентрации PM_{2.5} на каждые 10 мкг/м³ ассоциировано с увеличением риска ишемического инсульта на 7–12% [Shah et al., 2021].

Механизмы включают:

- повреждение эндотелия сосудов под действием свободных радикалов;
- активацию системного воспаления и тромбогенеза;
- повышение вязкости крови и артериального давления.

Особое значение имеет кратковременное воздействие загрязнённого воздуха: всплески концентрации NO₂ и CO в течение нескольких дней значительно повышают вероятность инсульта, особенно у пациентов с атеросклерозом.

Загрязнение воздуха и когнитивные нарушения. Когнитивные расстройства, включая лёгкое когнитивное снижение и деменцию, также ассоциированы с воздействием загрязнённого воздуха. Долгосрочные наблюдения за более чем 2 миллионами человек в США и Китае показали, что проживание в районах с высоким уровнем PM_{2.5} увеличивает риск болезни Альцгеймера и сосудистой деменции на 10–25% [Xue et al., 2022].

Основные механизмы включают:

- хроническое нейровоспаление;
- повреждение гематоэнцефалического барьера;
- ускоренное отложение β-амилоида и тау-белка.

Отмечено, что дети и подростки, живущие в промышленных районах, демонстрируют более низкие показатели памяти, внимания и школьной успеваемости, что подтверждает кумулятивное действие экологических факторов на развивающийся мозг [Calderón-Garcidueñas et al., 2021].

Патогенетические механизмы. Воздействие загрязнённого воздуха реализуется через ряд взаимосвязанных процессов:

- Оксидативный стресс: свободные радикалы, образующиеся при контакте поллютантов с клеточными структурами, повреждают липиды и ДНК нейронов.

- Нейровоспаление: активация микроглии и высвобождение провоспалительных цитокинов (IL-6, TNF- α).
- Дисфункция эндотелия: нарушение регуляции сосудистого тонуса и микроциркуляции мозга.
- Гипоксия: вследствие снижения транспорта кислорода при вдыхании угарного газа.
- Нарушение BBB: проникновение ультрадисперсных частиц в мозг и активация токсических каскадов. Таким образом, неврологические осложнения загрязнённого воздуха можно рассматривать как результат сочетанного действия сосудистых, метаболических и воспалительных механизмов.

Методы оценки воздействия. Современные подходы включают:

1. Экологический мониторинг (данные станций наблюдения, спутниковая телеметрия).
2. Индивидуальные экспозиционные модели (персональные датчики качества воздуха).
3. Биомаркеры (уровень С-реактивного белка, циркулирующие микрочастицы, нейрофиламент-легкая цепь).
4. Нейровизуализация: МРТ и fMRI для оценки микроинсультов, атрофии гиппокампа; ПЭТ-сканирование для оценки амилоидных отложений.

Такая мультидисциплинарная диагностика позволяет более точно устанавливать причинно-следственные связи между загрязнением воздуха и неврологическими нарушениями.

Профилактика и стратегии защиты. Профилактика нейротоксического влияния тяжёлых металлов и загрязнителей окружающей среды должна базироваться на мультидисциплинарном подходе, объединяющем экологические, медицинские и социальные меры. На сегодняшний день можно выделить несколько ключевых направлений:

1. Снижение воздействия на популяционном уровне. Международные организации (ВОЗ, ЕРА, Европейское агентство по химическим веществам) рекомендуют поэтапное исключение свинца из промышленности и бытового применения, ужесточение стандартов выбросов ртути и кадмия, а также мониторинг содержания металлов в воде, почве и пище. Исследования показывают, что снижение уровня свинца в крови детей до <5 мкг/дл напрямую коррелирует с уменьшением когнитивных нарушений и улучшением школьной успеваемости (Lanphear et al., 2018). Систематическое внедрение программ «чистой воды» в развивающихся странах позволило снизить распространённость неврологических осложнений, связанных с хроническим воздействием мышьяка (Smith et al., 2020).

2. Индивидуальная профилактика и нутритивная поддержка. Научные данные указывают, что адекватное поступление микроэлементов-антагонистов тяжёлых металлов (кальций, цинк, селен, магний) снижает их всасывание и токсичность. Например, кальций конкурирует со свинцом за связывание с костной тканью, а селен способен образовывать стабильные комплексы с ртутью, снижая её нейротоксичность. Витамины группы В и антиоксиданты (витамин С, витамин Е, полифенолы) уменьшают уровень оксидативного стресса, что подтверждается исследованиями у работников металлургической промышленности (Zhou et al., 2019). Показано, что омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты оказывают нейропротективный эффект, уменьшая воспалительные процессы и улучшая миелинизацию нейронов у людей, подвергающихся профессиональному контакту с токсичными веществами.

3. Медицинские стратегии раннего выявления и защиты. Скрининговые программы для групп риска (дети, проживающие вблизи промышленных зон; рабочие металлургических предприятий; пациенты с хроническими заболеваниями печени и почек) позволяют выявлять субклинические формы поражения нервной системы. Современные методы нейровизуализации (МРТ с диффузионно-тензорным анализом, функциональная МРТ) и биомаркеры (нейрофиламент лёгкой цепи, глиальный фибриллярный кислый белок) демонстрируют перспективность в ранней диагностике токсикоиндуцированных энцефалопатий. Фармакологические подходы включают использование хелатирующих агентов (например, димеркаптосукциновая кислота, DMSA), которые эффективно выводят свинец и ртуть при острых и хронических интоксикациях. Однако их применение должно быть строго регламентировано из-за риска побочных эффектов и нарушения микроэлементного баланса.

4. Комплексные стратегии общественного здравоохранения. Образовательные программы для населения о рисках употребления воды из несертифицированных источников, а также о безопасном питании (снижение потребления рыбы, богатой метилртутью, в районах экологического риска). Внедрение «зелёных технологий» в промышленности, использование биоадсорбентов (например, микроорганизмов и растений для биоремедиации почвы) рассматриваются как перспективные экологические стратегии. Междисциплинарное взаимодействие неврологов, токсикологов, экологов и эндокринологов позволяет выстраивать индивидуальные программы наблюдения и защиты у пациентов из групп риска. Таким образом, профилактика неврологических нарушений, индуцированных токсическими воздействиями окружающей среды, должна включать не только клинические и фармакологические меры, но и более широкие популяционные подходы.

Научные исследования последних лет подтверждают, что сочетание нутритивной поддержки, ранней диагностики и системного экологического контроля является наиболее эффективной стратегией защиты нервной системы.

Заключение. Загрязнение воздуха представляет собой значимый и недооценённый фактор риска инсульта и когнитивных нарушений. Доказана роль мелкодисперсных частиц и газообразных поллютантов в развитии сосудистой дисфункции, нейровоспаления и нейродегенеративных процессов. В условиях урбанизации и роста мегаполисов необходимость комплексной профилактики, включающей экологические, медицинские и индивидуальные меры, становится всё более актуальной. Перспективные направления исследований связаны с использованием нейровизуализации, биомаркеров повреждения мозга и развитием персонализированных стратегий защиты населения.

Список литературы (подборка ключевых источников)

1. WHO. Ambient Air Pollution and Health. Geneva: World Health Organization, 2022.
2. Peters R. et al. Air pollution and dementia: a systematic review. *J Alzheimers Dis.* 2021;79(2):489-502.
3. Chen J., et al. Long-term exposure to PM_{2.5} and risk of stroke: A nationwide cohort study. *Stroke.* 2022;53(1):94-103.
4. Shah A.S.V. et al. Air pollution and ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol.* 2021;20(10):795-806.
5. Liang D. et al. Urban air pollution and stroke burden worldwide. *Environ Int.* 2021;154:106654.
6. Calderón-Garcidueñas L. et al. Air pollution, neuroinflammation, and neurodegeneration in children. *Toxicol Pathol.* 2021;49(8):976-994.
7. Xue T. et al. Air pollution and risk of Alzheimer's disease: cohort study in China. *Environ Health Perspect.* 2022;130(5):57001.
8. Global Burden of Disease (GBD) 2020. Air Pollution and Neurological Disorders. *Lancet Neurol.* 2021;20(12):987-1003.
9. Chen R. et al. Fine particulate matter and mortality from stroke in 200 cities. *NEJM.* 2022;386:144-153.
10. Livingston G. et al. Dementia prevention, intervention, and care. *Lancet.* 2020;396:413-446.