

ВНУТРЕННИЕ БОЛЕЗНИ

INTERNAL DISEASES

УДК 616.24.001-613-96
doi: 10.21685/2072-3032-2025-3-6

Воздействие электронных курительных устройств на респираторную систему (обзор литературы)

В. В. Васильев¹, Е. А. Гусев², М. В. Лукьянова³, Е. В. Васильев⁴

^{1,2,3,4}Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹vvv1755@yandex.ru, ²Gusev.cz@yandex.ru,

³mavlu2002@gmail.com, ⁴vostok.2023@bk.ru

Аннотация. Проведен анализ эпидемиологических данных распространенности курения электронных сигарет и вейпов (ЭСиВ) и современных научных исследований по вейп-ассоциированным поражениям респираторной системы. Основными потребителями ЭСиВ в России являются подростки – около 90 %, взрослые – менее 10 %. По данным различных источников, не менее 30 % опрошенных подростков пробовали или курят ЭСиВ регулярно. Распространенность потребления электронных сигарет и электронных средств нагревания табака среди подростков и молодежи начинает приобретать эпидемический характер. Отсутствие в предыдущие годы цельной системы защиты подрастающего поколения от потребления ЭСиВ способствовало тому, что в этой среде сформировалось устойчивое мнение, что вейперство является безопасной альтернативой курению обычных сигарет. Между тем результаты многочисленных зарубежных и отечественных исследований свидетельствуют, что курение ЭСиВ может запустить процесс разрушения легочной ткани и снизить защитную функцию организма. Регулярное вдыхание аэрозоля провоцирует у вейперов развитие острых и хронических заболеваний легких, в том числе вейп-ассоциированное поражение легких (ПЛАВЭС, или EVALI), внесенное в международную классификацию болезней. Патологически ПЛАВЭС представлен острым воспалительным процессом в легочной ткани, характерным повреждением альвеолярно-капиллярной мембранны с нарушением газообмена, с дисфункцией эндотелиальных и эпителиальных барьеров, с повышением проницаемости сосудистого русла и вовлечением лейкоцитарных клеток с высвобождением провоспалительных медиаторов. В настоящее время, по данным зарубежных публикаций, летальность госпитализированных пациентов от EVALI доходит до 2,4 %, что, несомненно, повышает актуальность исследований, посвященных проблеме потребления электронных курительных устройств и их влияния на респираторную систему.

Ключевые слова: электронные курительные устройства, ПЛАВЭС, подростки

Для цитирования: Васильев В. В., Гусев Е. А., Лукьянова М. В., Васильев Е. В. Воздействие электронных курительных устройств на респираторную систему (обзор литературы) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2025. № 3. С. 55–69. doi: 10.21685/2072-3032-2025-3-6

The impact of electronic smoking devices on the respiratory system (literature review)

V.V. Vasilyev¹, E.A. Gusev², M.V. Luk'yanova³, E.V. Vasilyev⁴

^{1,2,3,4}Penza State University, Penza, Russia

¹vvv1755@yandex.ru, ²Gusev.cz@yandex.ru,

³mavlu2002@gmail.com, ⁴vostok.2023@bk.ru

Abstract. The review analyzes epidemiological data on the prevalence of smoking electronic cigarettes (EC), vapes (V) and modern scientific research on vaping-associated respiratory system damage. The main consumers of EC and V in Russia are teenagers – about 90 %, adults – less than 10 %. According to various sources, at least 30 % of the surveyed teenagers have tried or smoke EC and V regularly. The prevalence of EC and electronic tobacco heating devices consumption among teenagers and young people is beginning to acquire an epidemic character. The absence in previous years of a comprehensive system for protecting the younger generation from EC and V consumption contributed to the formation of a persistent opinion in this environment that vaping is a safe alternative to smoking regular cigarettes. Meanwhile, the results of numerous foreign and domestic studies indicate that smoking EC and V can trigger the process of destruction of lung tissue and reduce the protective function of the organ. Regular inhalation of aerosol provokes the development of acute and chronic lung diseases in vapers, including “vape-associated lung injury” EVALI, included in the international classification of diseases. Pathologically, EVALI, is represented by an acute inflammatory process in the lung tissue, characteristic damage to the alveolar-capillary membrane with impaired gas exchange, with dysfunction of the endothelial and epithelial barriers, with increased permeability of the vascular bed and the involvement of leukocyte cells with the release of proinflammatory mediators. Currently, according to foreign publications, the mortality rate of hospitalized patients from EVALI reaches 2.4 %, which undoubtedly increases the relevance of research on the problem of consumption of electronic smoking devices and their impact on the respiratory system.

Keywords: electronic smoking devices, EVALI, teenagers

For citation: Vasilyev V.V., Gusev E.A., Luk'yanova M.V., Vasilyev E.V. The impact of electronic smoking devices on the respiratory system (literature review). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskie nauki = University proceedings. Volga region. Medical sciences.* 2025;(3):55–69. (In Russ.). doi: 10.21685/2072-3032-2025-3-6

Введение

Электронные средства доставки никотина (ЭСДН) – электронные сигареты (ЭС), в которых табак заменяется никотинсодержащей ароматизированной жидкостью, и электронные средства нагревания табака (ЭСНТ) – вейпы, частично вытесняют курение обычных сигарет. Всероссийский центр изучения общественного мнения приводит данные опроса 2023 г., согласно которому около 23 % россиян курят традиционные сигареты, а 6 % используют ЭСДН. Основными потребителями ЭС и ЭСНТ являются подростки – около 90 %, взрослые – менее 10 %. Среди взрослых ЭС в основном употребляют люди в возрасте 25–35 лет, а после 35-летнего возраста распространенность курения электронных сигарет резко снижается. После появления в 2011 г. на российском рынке вейпов число подростков, которые употребляют никотинсодержащую продукцию, увеличилось в 10 раз. По данным опроса, в 2023 г. 35 % опрошенных подростков пробовали или курят электронные сигареты и вейпы (ЭСиВ) регулярно [1].

Вейпинг (парение) – это процесс генерации густого высокодисперсного аэрозоля, когда при нагревании смеси в картридже устройства выделяются продукты окисления и распада. Устройства ЭС претерпели значительные изменения, предлагая потребителю множество ароматических смесей как с содержанием никотина, так и без него. В настоящее время насчитывается более 8 тыс. вариаций вкусовых добавок для ЭСДТ, содержащие в себе тысячи химических соединений [2, 3]. Все поколения ЭСиВ имеют схожие конфигурации, они состоят из атомайзера (испарителя), аккумулятора, картриджа с жидкостью и мундштука. Под действием электрического тока происходит нагрев и превращение жидкости в аэрозоль, который человек затем вдыхает. Интенсивность образования токсичных агентов напрямую зависит от мощности устройств, температуры, материала компонентов устройства, но в большей степени от состава курительных жидкостей [4].

Многие пользователи считают вейп безопасной альтернативой курению обычных сигарет [5]. Благодаря удачному маркетингу сформировалось устойчивое заблуждение, что ЭСиВ менее вредны, чем табачная продукция. Наиболее частой причиной курения вейпов подростки называли пример друзей и моду – во многих странах распространность курения ЭСиВ подростками приняла эпидемические масштабы.

Исследования *in vitro* продемонстрировали дозозависимое снижение жизнеспособности нормальных клеток бронхиального эпителия человека после воздействия пара от электронных вейп-устройств. Краткосрочные и среднесрочные исследования показывают, что наиболее серьезным и часто сообщаемым побочным эффектом является повреждение легких, вызванное паром [5, 6].

Цель исследования – анализ научных публикаций о негативном влиянии современных ЭСиВ на респираторную систему.

Материалы и методы исследования

Проанализированы печатные работы, опубликованные в он-лайн ресурсах eLIBRARY, Академия Google, КиберЛенинка, PubMed Central и других за последнее десятилетие по запросу: «негативное влияние использования электронных сигарет и вейпов на респираторную систему, включая легкие».

Результаты и обсуждение

Первые случаи поражения легких у вейперов зафиксированы еще в 2012 г. Они характеризовались разнообразной клинической картиной и рассматривались в рамках таких заболеваний легких, как острая эозинофильная, интерстициальная организующаяся пневмония, острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС), гиперчувствительный пневмонит и неспецифические гранулематозы [7–10].

К 2019 г. в США зарегистрировано 142 случая поражений легких, опосредованных использованием ЭСиВ. За 7 месяцев 2019–2020 г. госпитализированы 2800 вейперов, большинство пациентов в возрасте от 18 до 24 лет), при этом 2,4 % госпитализированных случаев закончились летальным исходом [2, 11]. В международную классификацию болезней (МКБ-10) была внесена новая нозология EVALI (e-cigarette, or vaping, product use-associated lung injury), обозначающая заболевание легких, ассоциированное с вейпингом и

электронными сигаретами, «болезнь вейперов», «вейп-ассоциированное поражение легких» (в русскоязычной литературе предлагается использовать термин ПЛАВЭС) [12]. С точки зрения патофизиологии, ПЛАВЭС – это неинфекционный воспалительный пневмонит с острым или подострым течением, вызванный ингаляцией агрессивных химических веществ, и ответно-воспалительной иммунной реакцией легочной паренхимы на повреждение [13].

Жидкости для ЭСиВ имеют сложный химический состав, в котором большинство веществ не идентифицировано. К базовым компонентам относятся растворитель пропиленгликоль (1,2-пропандиол), растительный глицерин (пропан-1,2,3-триол), множественные ароматизаторы, синтетический никотин. Известно, что при нагревании пропиленгликоль и глицерин способны образовывать высокотоксичные соединения формальдегида, ацетальдегида, которые являются вероятными канцерогенами. Химические реакции пиролиза и пиросинтеза могут образовывать акролеин, ацетон, множественные летучие органические и фенольные соединения бензола, толуола, акролеина, глиоксала, оксида пропилена, N-нитрозаминов. Акролеин раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, а также обладает мутагенным свойством; формальдегид оказывает негативное влияние на центральную нервную систему [14]. Помимо этого, нагревательные элементы и камеры устройств ЭС состоят из сплавов тяжелых металлов, которые в процессе температурного воздействия способны проникать в аэрозоль и попадать в организм пользователя [15–17]. Ароматизаторы коричный альдегид, диацетил, ацетилпропионил, бензальдегид связаны с процессом воспаления в легочной ткани, развитием бронхоспазма и облитерирующего бронхиолита [18]. В результате исследования 51 марки электронных сигарет в 39 обнаружено содержание диацетила, который способен снижать частоту биения ресничек эпителия бронхов из-за снижения выработки натриевой аденоцистрифосфорной кислоты и нарушения регуляции митохондрий [19–21]. В целом аэрозоль ЭС вызывает окислительный стресс и воспалительную реакцию респираторного эпителия, гибель эпителиальных клеток нарушает работу иммунной системы [22–24].

Витамин Е является компонентом, входящим в состав сурфактанта, поддерживающего поверхностное натяжение здоровых альвеол. Ацетат витамина Е, являющийся синтетическим эфиром токоферола, выполняет функцию загустителя в курительных смесях. Многие авторы предполагают, что повышение концентрации ацетата витамина Е может влиять на структуру и распределение сурфактанта, что способно нарушать физиологическую роль сурфактанта. При нагревании ацетат витамина Е образует токсичное соединение – газ кетен, который является высокотоксичным раздражителем легочной ткани и может приводить к развитию аллергических реакций, а также обострению заболеваний у людей с хронической патологией респираторного тракта [25–28]. Ацетат витамина Е был обнаружен в образцах жидкости, полученной при бронхоальвеолярном лаваже у лиц, использующих ЭСДН/ЭСДПН [29, 30].

Респираторный эпителий является барьерной защитой на пути в легочные ткани. Токсичные агенты ЭСДН нарушают целостность эпителиального барьера, вызывая нейтрофилию, воспалительные процессы, отек тканей, снижение выработки сурфактанта с повреждением и гибелью клеток [31, 32].

Патологически ПЛАВЭС представлен острый воспалительным процессом в легочной ткани, характеризующимся повреждением альвеолярно-капиллярной мембраны, нарушением газообмена, дисфункцией эндотелиальных и эпителиальных барьеров, повышением проницаемости сосудистого русла и вовлечением лейкоцитарных клеток и высвобождением провоспалительных медиаторов [3, 4].

Пары ЭСДН, воздействуя на комплекс эпителиальных, иммунных клеток дыхательных путей, вызывают секрецию провоспалительных цитокинов, интерлейкинов (IL): IL-1 β , IL-6, IL-8, а также фактор некроза опухоли альфа (TNF- α) [33–35]. Анализ мокроты курильщиков ЭС и ЭСНТ выявил повышение содержания белков нейтрофильных гранул: нейтрофильной эластазы, протеиназы-3, азуроцидина-1, миелопероксидазы и повышение экспрессии чувствительных маркеров активации и дегрануляции нейтрофилов CD11b и CD66b [35, 36]. Также альдегидные соединения способствуют накоплению в клетках 4-гидроксиноненала (4-HNE), который способен вызывать дисфункцию митохондрий, инактивацию белков [37–39].

Активация сигнальных путей NF-кВ (транскрипционный фактор) и МАРК/ERK (митоген-активируемая протеинкиназа) аэрозолями ЭСДН может спровоцировать экспрессию муцинов *mucin-5AC* – компонента слизи, выстилающей поверхность эпителия, что связывают с нарушением функционирования легких [40]. Отдельно отметим, что фактор NF-кВ контролирует экспрессию генов иммунного ответа, клеточный цикл и апоптоз, нарушения фактора NF-кВ связывают с воспалением и аутоиммунными состояниями [41]. В проведенном исследовании на бронхиальном эпителии *in vivo* на овцах продемонстрировано, что аэрозоль, состоящий полностью из пропиленгликоля, повышает концентрацию слизи [42].

Воспалительная реакция является естественной и физиологичной для гомеостаза организма, если активация факторов становится длительной, возникшая хронизация процесса способна провоцировать связанные с ней состояния канцерогенеза и аутоиммунного повреждения тканей [43].

При окислительном стрессе происходят нарушения баланса синтеза и утилизации активных форм кислорода, которые являются высокореактивными соединениями и при воздействии табачного дыма и паров ЭСДН на организм провоцируют воспалительные реакции с повреждением клеточных структур легочной ткани, а также способны вызывать окислительный стресс в сосудистом русле, связанный с изоформой NOX2 ферментного комплекса фагоцитарной НАДФН-оксидазы [34, 44].

Аддукты ДНК, являющиеся продуктом ковалентного связывания молекул с сегментом ДНК, используются в качестве биомаркеров повреждений, возникающих под действием метаболитов и канцерогенного фона. Подобные изменения ведут к мутационным трансформациям и перестройке ДНК. Метаболизм никотина образовывает канцерогенные соединения, такие как нитрозамин-кетон (NNK) и N-нитрозонорникотин (NNN) с появлением аддуктов [45]. Причем в слюне пользователей ЭСиВ обнаружено содержание NNN, концентрация которых может быть аналогичной в слюне традиционных курильщиков [46].

Заявлено, что курение табака увеличивает вероятность мутаций на клетку приблизительно в 3 раза в сравнении с некурящими [47]. В ходе ис-

следования *in vitro* выявлена трансформация бронхиального эпителия после воздействия аэрозолей ЭСиВ, что ведет к онкологическим проявлениям [48].

Клиническая картина ПЛАВЭС состоит из системного воспалительного ответа, респираторных нарушений, желудочно-кишечных проявлений. Важным клиническим наблюдением у пациентов с ПЛАВЭС является картина симптомов, схожая с пневмонией. К общим симптомам относятся повышенная утомляемость, озноб, лихорадка, головная боль, повышенное потоотделение. Частыми респираторными проявлениями становятся приступы кашля, ощущение нехватки воздуха, одышка, тахипноэ, тахикардия, боль в груди, диффузные хрипы, свистящие хрипы, включение в работу вспомогательной мускулатуры [49, 50]. К желудочно-кишечным проявлениям относят боли разной локализации, тошноту, рвоту, диарею, возникающие как отдельно, так и вместе с респираторными признаками. N. Y Tituana и соавторы [2] демонстрируют возможные изменения основных и лабораторных показателей организма (табл. 1 и 2).

Таблица 1
Основные показатели при ПЛАВЭС [2, 50, 53–55]

| Показатель | Значения | Норма |
|--|----------|-----------|
| Температура тела, °С | ≥38 | 36,5–37,5 |
| Тахипноэ, частота дыхательных движений в 1 мин | >20 | 12–20 |
| Тахикардия, частота сердечных сокращений в 1 мин | >100 | 50–90 |
| Артериальное давление, мм рт.ст. | >120/80 | 120/80 |
| Насыщение тканей кислородом | <95 % | >95–100 % |

Таблица 2
Лабораторные данные при ПЛАВЭС [2, 50, 54, 55]

| Показатель | Значения | Норма |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Лейкоциты | >11 000 кл/мм ³ с | 4,00–10,00 × 10 ⁹ /л |
| Нейтрофилы | >60 % | 45–70 % |
| Скорость оседания эритроцитов | >30 мм/ч | 2–15 мм/ч |
| С-реактивный белок | >10 мг/л | 0–5 мг/л |
| Прокальцитонин | >0,07 нг/мл | 0–0,064 нг/мл |
| Лактатдегидрогеназа | >280 Ед/л | 135 до 225 Ед/л |
| Pro BNP (Brain Natriuretic Peptide) | >125 пг/мл | 0–125 пг/мл |
| Респираторный алкалоз | pH ≥ 7,45 | pH 7,35–7,45 |
| PaCO ₂ | <35 мм рт.ст. | 32–48 мм рт.ст. |

По результатам рентгенографии у 94 % пациентов наблюдаются неспецифические двусторонние затемнения или инфильтраты [51]. В серии исследований по компьютерной томографии органов грудной клетки обнаружены двусторонние диффузные и базилярные помутнения в виде матового стекла с сохранением субплеврального слоя, утолщение междольковых перегородок легких, двусторонние консолидации паренхимы, двусторонние плевральные выпоты, пневомедиастинум, лимфаденопатии, отечные явления легких, эмфиземы, фиброзные изменения и признаки «перевернутого ореола» [2, 51, 52].

К ПЛАВЭС относят воспалительные заболевания, поражающие мелкие дыхательные пути и альвеолы: липоидная пневмония, эозинофильная пневмония, диффузное альвеолярное кровотечение, интерстициальное заболевание легких, связанное с респираторным бронхиолитом и гиперчувствительный пневмонит.

Проведенный обзор свидетельствует об однозначном негативном влиянии курения ЭСиВ на респираторную систему, поэтому необходимы превентивные меры по стабилизации, а в дальнейшем снижению и искоренению вейперства начиная с подростковой среды.

Медицинское сообщество обеспокоено создавшейся ситуацией. Еще в 2020 г. в России был принят федеральный закон, приравнивающий никотинсодержащую продукцию электронных устройств к табачным изделиям, и антитабачные меры, предусмотренные ФЗ № 178-ФЗ «Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего табачного дыма и последствий потребления табака» стали распространяться на ЭСиВ [56]. В 2023 г. законодательно введены существенные ограничения и запреты на продажу устройств для потребления никотинсодержащей продукции, в том числе полный запрет продажи вейпов и жидкостей для них (а также без содержания никотина) лицам, не достигшим 18 лет. Принятые меры пресекают популяризацию курения среди несовершеннолетних. Тем не менее без кардинального изменения отношения общества к курению ЭСиВ добиться успехов в профилактике последствий потребления никотинсодержащей продукции будет невозможно. Только совместными усилиями государства и общества возможен перелом в решении проблемы курения табака, ЭСиВ.

Заключение

ЭСДН несут угрозу для состояния дыхательной системы, поскольку способны вызывать острую воспалительную реакцию с развитием фиброзных изменений. Многочисленные компоненты ЭСДН способствуют накоплению в организме канцерогенных соединений, формируют высокие риски развития непредсказуемого прогноза. Клиническая картина ПЛАВЭС (EVALI) и пневмонии схожи, однако на фоне постановки диагноза пневмонии не берется во внимание употребление пациентом ЭСДН и не выделяются легочные заболевания, вызванные высокотоксическим фоном. В силу разнообразия клинических проявлений болезни необходимо рассматривать ПЛАВЭС как диагноз исключения. Превентивные меры по снижению распространенности курения ЭСДН, особенно среди подростков, требуют объединения усилий государства и общества.

Список литературы

1. Немова О. А., Водолагин М. В., Гамбарян М. Г. [и др.]. Анализ факторов, связанных с потреблением электронных сигарет населением в возрасте 18–35 лет // Профилактическая медицина. 2024. Т. 27, № 3. С. 32–38. doi: 10.17116/profmed20242703132
2. Tituana N. Y., Clavijo C. G., Espinoza E. F., Tituana V. A. E-cigarette use-associated lung injury (EVALI) // Pneumology. 2024. Vol. 78, № 1. P. 58–69. doi: 10.1055/a-2161-0105
3. Park Jin-Ah., Crotty Alexander L. E., Christiani D. C. Vaping and Lung Inflammation and Injury // Annu Rev Physiol. 2022. Vol. 84. P. 611–629. doi: 10.1146/annurev-physiol-061121-040014

4. Vogel B., Acevedo M., Appelman Y. [et al.]. The Lancet women and cardiovascular disease Commission: reducing the global burden by 2030 // Lancet. 2021. Vol. 397, № 10292. P. 2385–2438. doi: 10.1016/s0140-6736(21)00684-x
5. Озерская И. В., Малахов А. Б., Седова А. Ю. [и др.]. Вейп-ассоциированное поражение легких у подростка // Терапевтический архив. 2024. Т. 96, № 1. С. 53–57. doi: 10.26442/00403660.2024.01.202561
6. Царькова С. А., Лещенко И. В., Иванова А. И., Липина В. Р., Царева Ж. А. Повреждение легких, связанное с потреблением электронных сигарет (EVALI): диагноз исключения // Пульмонология. 2025. Т. 35, № 1. С. 110–117. doi: 10.18093/0869-0189-2024-4604
7. Public Health Consequences of E-Cigarettes / eds. D. L. Eaton, L. Y. Kwan, K. Stratton // National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine; Health and Medicine Division; Board on Population Health and Public Health Practice; Committee on the Review of the Health Effects of Electronic Nicotine Delivery Systems. Washington, DC : National Academies Press, 2018.
8. Mull E. S., Erdem G., Nicol K. [et al.]. Eosinophilic pneumonia and lymphadenopathy associated with vaping and tetrahydrocannabinol use // Pediatrics. 2020. Vol. 145, № 4. P. 20193007. doi: 10.1542/peds.2019-3007
9. Collins B. N., Lepore S. J., Winickoff J. P. [et al.]. An office-initiated multilevel intervention for tobacco smoke exposure: a randomized trial // Pediatrics. 2018. Vol. 141, № 6. P. 75–86. doi: 10.1542/peds.2018-0894
10. Galiatsatos P., Gomez E., Lin C. T. [et al.]. Secondhand smoke from electronic cigarette resulting in hypersensitivity pneumonitis // BMJ Case Rep. 2020. Vol. 13, № 3. P. 233381. doi: 10.1136/bcr-2019-233381
11. Wold L. E., Tarhan R., Crotty Alexander L. E. [et al.]. Cardiopulmonary Consequences of Vaping in Adolescents: A Scientific Statement from the American Heart Association // Circ Res. 2022. Vol. 131, № 3. P. 70–82. doi: 10.1161/res.000000000000544
12. Cao D. J., Aldy K., Hsu S. [et al.]. Review of Health Consequences of Electronic Cigarettes and the Outbreak of Electronic Cigarette, or Vaping, Product Use-Associated Lung Injury // J Med Toxicol. 2020. Vol. 16, № 3. P. 295–310. doi: 10.1007/s13181-020-00772-w
13. Chadi N., Vyver E., Bélanger R. E. Protecting children and adolescents against the risks of vaping // Paediatr Child Health. 2021. Vol. 26, № 6. P. 358–74. doi: 10.1093/pch/pxab037
14. Карпенко М. А., Овсянников Д. Ю., Фролов П. А. [и др.]. Повреждение легких, ассоциированное с вейпингом и электронными сигаретами // Туберкулез и болезни легких. 2022. Т. 100, № 4. С. 52–61. doi: 10.21292/2075-1230-2022-100-4-52-61
15. Sahu R., Shah K., Malviyaet R. [et al.]. E-Cigarettes and Associated Health Risks: An Update on Cancer Potential // Adv. Respir. Med. 2023. Vol. 91, № 6. P. 516–531. doi: 10.3390/arm91060038
16. Daiber A., Kuntic M., Oelze M. [et al.]. E-cigarette effects on vascular function in animals and humans // Pflugers Arch. 2023. Vol. 475, № 7. P. 783–796. doi: 10.1007/s00424-023-02813-z
17. El-Hellani A., El-Hage R., Salman R. [et al.]. Electronic Cigarettes Are Chemical Reactors: Implication to Toxicity // Chem. Res. Toxicol. 2020. Vol. 33, № 10. P. 2489–2490. doi: 10.1021/acs.chemrestox.0c00412
18. Jenssen B. P., Boykan R. Electronic Cigarettes and Youth in the United States: A Call to Action (at the Local, National and Global Levels) // Children. 2019. Vol. 6, № 2. P. 30. doi: 10.3390/children6020030
19. Bernhard D., Messner B. Vaping Versus Smoking: Are Electronic-Cigarettes the Savior? // Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. 2024. Vol. 44, № 5. P. 1012–1015. doi: 10.1161/atvaha.123.319575

20. Freeman B., Peters M. J., Bitton R. [et al.]. National Health and Medical Research Council statement on electronic cigarettes: 2022 update // *Med J Aust.* 2024. Vol. 220, № 2. P. 100–106. doi: 10.5694/mja2.52163
21. Winnicka L., Shenoy M. EVALI and the Pulmonary Toxicity of Electronic Cigarettes: A Review // *J Gen Intern Med.* 2020. Vol. 35, № 2. P. 2130–2135. doi: 10.1007/s11606-020-05813-2
22. Ciapponi A., Cairoli F., Solioz G. [et al.]. Switching from cigarettes to electronic nicotine delivery system: Rapid Systematic Review and Meta-analysis and economic aspects // *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2021. Vol. 38, № 4. P. 537–550. doi: 10.17843/rpmesp.2021.384.7776
23. Clapp P. W., Lavrich K. S., van Heusden C. A. [et al.]. Cinnamaldehyde in flavored e-cigarette liquids temporarily suppresses bronchial epithelial cell ciliary motility by dysregulation of mitochondrial function // *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.* 2019. Vol. 316, № 3. P. 470–86. doi: 10.1152/ajplung.00304.2018
24. Park H. R., O'Sullivan M., Vallarino J. [et al.]. Transcriptomic response of primary human airway epithelial cells to flavoring chemicals in electronic cigarettes // *Sci. Rep.* 2019. Vol. 9, № 1. P. 1400. doi: 10.1038/s41598-018-37913-9
25. Blount B. C., Karwowski M. P., Shields P. G. [et al.]. Vitamin E Acetate in Bronchoalveolar-Lavage Fluid Associated with EVALI // *N. Engl. J. Med.* 2020. Vol. 382, № 8. P. 697–705. doi: 10.1056/nejmoa1916433
26. Attfield K. R., Chen W., Cummings K. J. [et al.]. Potential of Ethenone (Ketene) to Contribute to Electronic Cigarette, or Vaping, Product Use-associated Lung Injury // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2020. Vol. 202, № 8. P. 1187–1189. doi: 10.1164/rccm.202003-0654le
27. Lee H. Vitamin E acetate as linactant in the pathophysiology of EVALI // *Med. Hypotheses.* 2020. Vol. 144, № 110182. doi: 10.1016/j.mehy.2020.110182
28. Wu D., O'Shea D. F. Potential for release of pulmonary toxic ketene from vaping pyrolysis of vitamin E acetate // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2020. Vol. 117, № 12. P. 6349–6355. doi: 10.1073/pnas.1920925117
29. Krishnasamy V., Hallowell B., Ko J. [et al.]. Update: Characteristics of a Nationwide Outbreak of E-cigarette, or Vaping, Product Use-Associated Lung Injury – United States // *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2020. Vol. 69, № 3. P. 90–94. doi: 10.15585/mmwr.mm6903e2
30. Marrocco A., Singh D., Christiani D. [et al.]. E-cigarette vaping associated acute lung injury (EVALI): state of science and future research needs // *Crit Rev Toxicol.* 2022. Vol. 52, № 3. P. 188–220. doi: 10.1080/10408444.2022.2082918
31. Muthumalage T., Lucas J. H., Wang Q. [et al.]. Pulmonary toxicity and inflammatory response of e-cigarette vape cartridges containing medium-chain triglycerides oil and vitamin E acetate: implications in the pathogenesis of EVALI // *Toxics.* 2020. Vol. 8, № 3. P. 46. doi: 10.3390/toxics8030046
32. Matsumoto S., Fang X., Traber M. G. [et al.]. Dose-dependent pulmonary toxicity of aerosolized vitamin E acetate // *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 2020. Vol. 63, № 6. P. 748–757. doi: 10.1165/rccm.2020-0209oc
33. Sundar I. K., Javed F., Romanos G. E., Rahman I. E-cigarettes and flavorings induce inflammatory and pro-senescence responses in oral epithelial cells and periodontal fibroblasts // *Oncotarget.* 2016. Vol. 7, № 47. P. 77196–77204. doi: 10.18632/oncotarget.12857
34. Scott A., Lugg S. T., Aldridge K. [et al.]. Pro-inflammatory effects of e-cigarette vapour condensate on human alveolar macrophages // *Thorax.* 2018. Vol. 73, № 12. P. 1161–1169. doi: 10.1136/thoraxjnl-2018-211663
35. Higham A., Rattray N. J., Dewhurst J. A. [et al.]. Electronic cigarette exposure triggers neutrophil inflammatory responses // *Respir. Res.* 2016. Vol. 17, № 1. P. 56. doi: 10.1186/s12931-016-0368-x

36. Reidel B., Radicioni G., Clapp P. W. [et al.]. E-cigarette use causes a unique innate immune response in the lung, involving increased neutrophilic activation and altered mucin secretion // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2018. Vol. 197, № 4. P. 492–501. doi: 10.1164/rccm.201708-1590oc
37. Azimi P., Keshavarz Z., Lahaie Luna M. [et al.]. An unrecognized hazard in e-cigarette vapor: preliminary quantification of methylglyoxal formation from propylene glycol in e-cigarettes // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021. Vol. 18, № 2. P. 385. doi: 10.3390/ijerph18020385
38. Breitzig M., Bhimineni C., Lockey R., Kolliputi N. 4-Hydroxy-2-nonenal: A critical target in oxidative stress? // *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* 2016. Vol. 311, № 4. P. 537–543. doi: 10.1152/ajpcell.00101.2016
39. Xiao M., Zhong H., Xia L. [et al.]. Pathophysiology of mitochondrial lipid oxidation: role of 4-hydroxynonenal (4-HNE) and other bioactive lipids in mitochondria // *Free Radic. Biol. Med.* 2017. Vol. 111. P. 316–327. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2017.04.363
40. Song S. Y., Na H. G., Kwak S. Y. [et al.]. Changes in Mucin Production in Human Airway Epithelial Cells after Exposure to Electronic Cigarette Vapor with or without Nicotine // *Clin. Exp. Otorhinolaryngol.* 2021. Vol. 14, № 3. P. 303–311. doi: 10.21053/ceo.2020.01907
41. Auschwitz E., Almeda J., Andl C. D. Mechanisms of E-Cigarette Vape-Induced Epithelial Cell Damage // *Cells.* 2023. Vol. 21, № 21. P. 2552. doi: 10.3390/cells12212552
42. Kim M. D., Chung S., Baumlin N. [et al.]. E-cigarette aerosols of propylene glycol impair BK channel activity and parameters of mucociliary function // *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.* 2023. Vol. 324, № 4. P. 468–479. doi: 10.1152/ajplung.00157.2022
43. Furman D., Campisi J., Verdin E. [et al.]. Chronic inflammation in the etiology of disease across the life span // *Nat. Med.* 2019. Vol. 25, № 12. P. 1822–1832. doi: 10.1038/s41591-019-0675-0
44. Kuntic M., Oelze M., Steven S. [et al.]. Short-term e-cigarette vapour exposure causes vascular oxidative stress and dysfunction: Evidence for a close connection to brain damage and a key role of the phagocytic NADPH oxidase (NOX-2) // *Eur. Heart J.* 2020. Vol. 41, № 26. P. 2472–2483. doi: 10.1093/eurheartj/ehz772
45. Hwa Yun B., Guo J., Bellamri M., Turesky R. J. DNA adducts: Formation, biological effects, and new biospecimens for mass spectrometric measurements in humans // *Mass Spectrom. Rev.* 2020. Vol. 39, № 1-2. P. 55–82. doi: 10.1002/mas.21570
46. Bustamante G., Ma B., Yakovlev G. [et al.]. Presence of the carcinogen n'-nitrosonornicotine in saliva of e-cigarette users // *Chem. Res. Toxicol.* 2018. Vol. 31, № 8. P. 731–738. doi: 10.1021/acs.chemrestox.8b00089
47. Huang Z., Sun S., Lee M. [et al.]. Single-cell analysis of somatic mutations in human bronchial epithelial cells in relation to aging and smoking // *Nat. Genet.* 2022. Vol. 54, № 4. P. 492–498. doi: 10.1038/s41588-022-01035-w
48. Tellez C. S., Grimes M. J., Juri D. E. [et al.]. Flavored e-cigarette product aerosols induce transformation of human bronchial epithelial cells // *Lung Cancer.* 2023. Vol. 179, № 107180. doi: 10.1016/j.lungcan.2023.107180
49. Chaumont M., de Becker B., Zaher W. [et al.]. Differential Effects of E-Cigarette on Microvascular Endothelial Function, Arterial Stiffness and Oxidative Stress: A Randomized Crossover Trial // *Sci Rep.* 2018. Vol. 8, № 1. P. 10378. doi: 10.1038/s41598-018-28723-0
50. Layden J. E., Ghinai I., Pray I. [et al.]. Pulmonary Illness Related to E-Cigarette Use in Illinois and Wisconsin – Final Report // *N Engl J Med.* 2020. Vol. 382, № 10. P. 903–916. doi: 10.1056/nejmoa1911614
51. Kligerman S., Raptis C., Larsen B. [et al.]. Radiologic, Pathologic, Clinical, and Physiologic Findings of Electronic Cigarette or Vaping Product Use-associated Lung Injury

- (EVALI): Evolving Knowledge and Remaining Questions // Radiology. 2020. Vol. 294, № 3. P. 491–505. doi: 10.1148/radiol.2020192585
52. Jonas A. M., Raj R. Vaping-Related Acute Parenchymal Lung Injury: A Systematic Review // Chest. 2020. Vol. 158, № 4. P. 1555–1565. doi: 10.1016/j.chest.2020.03.085
53. Kligerman S., Kay F., Raptis C. [et al.]. CT Findings and Patterns of e-Cigarette or Vaping Product Use-Associated Lung Injury: A Multicenter Cohort of 160 Cases // Chest. 2021. Vol. 160, № 4. P. 1492–1511. doi: 10.1016/j.chest.2021.04.054
54. Zou R. H., Tiberio P. J., Triantafyllou G. A. [et al.]. Clinical Characterization of E-Cigarette, or Vaping, Product Use-associated Lung Injury in 36 Patients in Pittsburgh, Pennsylvania // Am J Respir Crit Care Med. 2020. Vol. 201, № 10. P. 1303–1306. doi: 10.1164/rccm.202001-0079le
55. Heinzerling A., Armatas C., Karmarkar E. [et al.]. Severe Lung Injury Associated With Use of e-Cigarette, or Vaping, Products-California, 2019 // JAMA Intern Med. 2020. Vol. 180, № 6. P. 861–869. doi: 10.1001/jamainternmed.2020.0664
56. Федеральный закон от 31.07.2020 № 303-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросу охраны здоровья граждан от последствий потребления никотинсодержащей продукции». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007310084>

References

1. Nemova O.A., Vodolagin M.V., Gambaryan M.G. et al. Analysis of factors associated with the consumption of electronic cigarettes by the population aged 18–35 years. *Profilakticheskaya meditsina = Preventive medicine*. 2024;27(3):32–38. (In Russ.). doi: 10.17116/profmed20242703132
2. Tituana N.Y., Clavijo C.G., Espinoza E.F., Tituana V.A. E-cigarette use-associated lung injury (EVALI). *Pneumology*. 2024;78(1):58–69. doi: 10.1055/a-2161-0105
3. Park Jin-Ah., Crotty Alexander L.E., Christiani D.C. Vaping and Lung Inflammation and Injury. *Annu Rev Physiol*. 2022;84:611–629. doi: 10.1146/annurev-physiol-061121-040014
4. Vogel B., Acevedo M., Appelman Y. et al. The Lancet women and cardiovascular disease Commission: reducing the global burden by 2030. *Lancet*. 2021;397(10292):2385–2438. doi: 10.1016/s0140-6736(21)00684-kh
5. Ozerskaya I.V., Malakhov A.B., Sedova A.Yu. et al. VEIP-associated lung disease in an adolescent. *Terapevticheskiy arkhiv = Therapeutic archive*. 2024;96(1):53–57. (In Russ.). doi: 10.26442/00403660.2024.01.202561
6. Tsar'kova S.A., Leshchenko I.V., Ivanova A.I., Lipina V.R., Tsareva Zh.A. E-cigarette use-associated lung injury (EVALI): a diagnosis of exclusion. *Pul'monologiya = Pulmonology*. 2025;35(1):110–117. (In Russ.). doi: 10.18093/0869-0189-2024-4604
7. Eaton D.L., Kwan L.Y., Stratton K. (eds.). *Public Health Consequences of E-Cigarettes*. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine; Health and Medicine Division; Board on Population Health and Public Health Practice; Committee on the Review of the Health Effects of Electronic Nicotine Delivery Systems. Washington, DC: National Academies Press, 2018.
8. Mull E.S., Erdem G., Nicol K. et al. Eosinophilic pneumonia and lymphadenopathy associated with vaping and tetrahydrocannabinol use. *Pediatrics*. 2020;145(4):20193007. doi: 10.1542/peds.2019-3007
9. Collins B.N., Lepore S.J., Winickoff J.P. et al. An office-initiated multilevel intervention for tobacco smoke exposure: a randomized trial. *Pediatrics*. 2018;141(6):75–86. doi: 10.1542/peds.2018-0894
10. Galiatsatos P., Gomez E., Lin C.T. et al. Secondhand smoke from electronic cigarette resulting in hypersensitivity pneumonitis. *BMJ Case Rep*. 2020;13(3):233381. doi: 10.1136/bcr-2019-233381

11. Wold L.E., Tarran R., Crotty Alexander L.E. et al. Cardiopulmonary Consequences of Vaping in Adolescents: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circ Res.* 2022;131(3):70–82. doi: 10.1161/res.0000000000000544
12. Cao D.J., Aldy K., Hsu S. et al. Review of Health Consequences of Electronic Cigarettes and the Outbreak of Electronic Cigarette, or Vaping, Product Use-Associated Lung Injury. *J Med Toxicol.* 2020;16(3):295–310. doi: 10.1007/s13181-020-00772-w
13. Chadi N., Vyver E., Bélanger R.E. Protecting children and adolescents against the risks of vaping. *Paediatr Child Health.* 2021;26(6):358–74. doi: 10.1093/pch/pxab037
14. Karpenko M.A., Ovsyannikov D.Yu., Frolov P.A. et al. Vaping and E-Cigarette-Associated Lung Injury. *Tuberkulez i bolezni legkikh = Tuberculosis and lung diseases.* 2022;100;(4):52–61. (In Russ.). doi: 10.21292/2075-1230-2022-100-4-52-61
15. Sahu R., Shah K., Malviyaet R. et al. E-Cigarettes and Associated Health Risks: An Update on Cancer Potential. *Adv. Respir. Med.* 2023;91(6):516–531. doi: 10.3390/arm91060038
16. Daiber A., Kuntic M., Oelze M. et al. E-cigarette effects on vascular function in animals and humans. *Pflugers Arch.* 2023;475(7):783–796. doi: 10.1007/s00424-023-02813-z
17. El-Hellani A., El-Hage R., Salman R. et al. Electronic Cigarettes Are Chemical Reactors: Implication to Toxicity. *Chem. Res. Toxicol.* 2020;33(10):2489–2490. doi: 10.1021/acs.chemrestox.0c00412
18. Jenssen B.P., Boykan R. Electronic Cigarettes and Youth in the United States: A Call to Action (at the Local, National and Global Levels). *Children.* 2019;6(2):30. doi: 10.3390/children6020030
19. Bernhard D., Messner B. Vaping Versus Smoking: Are Electronic-Cigarettes the Savior? *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology.* 2024;44(5):1012–1015. doi: 10.1161/atvaha.123.319575
20. Freeman B., Peters M.J., Bittoun R. et al. National Health and Medical Research Council statement on electronic cigarettes: 2022 update. *Med J Aust.* 2024;220(2):100–106. doi: 10.5694/mja2.52163
21. Winnicka L., Shenoy M. EVALI and the Pulmonary Toxicity of Electronic Cigarettes: a review. *J Gen Intern Med.* 2020;35(2):2130–2135. doi: 10.1007/s11606-020-05813-2
22. Ciapponi A., Cairoli F., Solioz G. et al. Switching from cigarettes to electronic nicotine delivery system: Rapid Systematic Review and Meta-analysis and economic aspects. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2021;38(4):537–550. doi: 10.17843/rpmesp.2021.384.7776
23. Clapp P.W., Lavrich K.S., van Heusden C.A. et al. Cinnamaldehyde in flavored e-cigarette liquids temporarily suppresses bronchial epithelial cell ciliary motility by dysregulation of mitochondrial function. *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.* 2019;316(3):470–86. doi: 10.1152/ajplung.00304.2018
24. Park H.R., O'Sullivan M., Vallarino J. et al. Transcriptomic response of primary human airway epithelial cells to flavoring chemicals in electronic cigarettes. *Sci. Rep.* 2019;9(1):1400. doi: 10.1038/s41598-018-37913-9
25. Blount B.C., Karwowski M.P., Shields P.G. et al. Vitamin E Acetate in Bronchoalveolar-Lavage Fluid Associated with EVALI. *N. Engl. J. Med.* 2020;382(8):697–705. doi: 10.1056/nejmoa1916433
26. Attfield K.R., Chen W., Cummings K.J. et al. Potential of Ethenone (Ketene) to Contribute to Electronic Cigarette, or Vaping, Product Use-associated Lung Injury. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2020;202(8):1187–1189. doi: 10.1164/rccm.202003-0654le
27. Lee H. Vitamin E acetate as inactant in the pathophysiology of EVALI. *Med. Hypotheses.* 2020;144(110182). doi: 10.1016/j.mehy.2020.110182
28. Wu D., O'Shea D.F. Potential for release of pulmonary toxic ketene from vaping pyrolysis of vitamin E acetate. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2020;117(12):6349–6355. doi: 10.1073/pnas.1920925117

29. Krishnasamy V., Hallowell B., Ko J. et al. Update: Characteristics of a Nationwide Outbreak of E-cigarette, or Vaping, Product Use-Associated Lung Injury – United States. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2020;69(3):90–94. doi: 10.15585/mmwr.mm6903e2
30. Marrocco A., Singh D., Christiani D. et al. E-cigarette vaping associated acute lung injury (EVALI): state of science and future research needs. *Crit Rev Toxicol.* 2022;52(3):188–220. doi: 10.1080/10408444.2022.2082918
31. Muthumalage T., Lucas J.H., Wang Q. et al. Pulmonary toxicity and inflammatory response of e-cigarette vape cartridges containing medium-chain triglycerides oil and vitamin E acetate: implications in the pathogenesis of EVALI. *Toxics.* 2020;8(3):46. doi: 10.3390/toxics8030046
32. Matsumoto S., Fang X., Traber M.G. et al. Dose-dependent pulmonary toxicity of aerosolized vitamin E acetate. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 2020;63(6):748–757. doi: 10.1165/rcmb.2020-0209oc
33. Sundar I.K., Javed F., Romanos G.E., Rahman I. E-cigarettes and flavorings induce inflammatory and pro-senescence responses in oral epithelial cells and periodontal fibroblasts. *Oncotarget.* 2016;7(47):77196–77204. doi: 10.18632/oncotarget.12857
34. Scott A., Lugg S.T., Aldridge K. et al. Pro-inflammatory effects of e-cigarette vapour condensate on human alveolar macrophages. *Thorax.* 2018;73(12):1161–1169. doi: 10.1136/thoraxjnl-2018-211663
35. Higham A., Rattray N.J., Dewhurst J.A. et al. Electronic cigarette exposure triggers neutrophil inflammatory responses. *Respir. Res.* 2016;17(1):56. doi: 10.1186/s12931-016-0368-x
36. Reidel B., Radicioni G., Clapp P.W. et al. E-cigarette use causes a unique innate immune response in the lung, involving increased neutrophilic activation and altered mucin secretion. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2018;197(4):492–501. doi: 10.1164/rccm.201708-1590oc
37. Azimi P., Keshavarz Z., Lahaie Luna M. et al. An unrecognized hazard in e-cigarette vapor: preliminary quantification of methylglyoxal formation from propylene glycol in e-cigarettes. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021;18(2):385. doi: 10.3390/ijerph18020385
38. Breitzig M., Bhimineni C., Lockey R., Kolliputi N. 4-Hydroxy-2-nonenal: A critical target in oxidative stress? *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* 2016;311(4):537–543. doi: 10.1152/ajpcell.00101.2016
39. Xiao M., Zhong H., Xia L. et al. Pathophysiology of mitochondrial lipid oxidation: role of 4-hydroxynonenal (4-HNE) and other bioactive lipids in mitochondria. *Free Radic. Biol. Med.* 2017;111:316–327. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2017.04.363
40. Song S.Y., Na H.G., Kwak S.Y. et al. Changes in Mucin Production in Human Airway Epithelial Cells after Exposure to Electronic Cigarette Vapor with or without Nicotine. *Clin. Exp. Otorhinolaryngol.* 2021;14(3):303–311. doi: 10.21053/ceo.2020.01907
41. Auschwitz E., Almeda J., Andl C.D. Mechanisms of E-Cigarette Vape-Induced Epithelial Cell Damage. *Cells.* 2023;21(21):2552. doi: 10.3390/cells12212552
42. Kim M.D., Chung S., Baumlin N. et al. E-cigarette aerosols of propylene glycol impair BK channel activity and parameters of mucociliary function. *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.* 2023;324(4):468–479. doi: 10.1152/ajplung.00157.2022
43. Furman D., Campisi J., Verdin E. et al. Chronic inflammation in the etiology of disease across the life span. *Nat. Med.* 2019;25(12):1822–1832. doi: 10.1038/s41591-019-0675-0
44. Kuntic M., Oelze M., Steven S. et al. Short-term e-cigarette vapour exposure causes vascular oxidative stress and dysfunction: Evidence for a close connection to brain damage and a key role of the phagocytic NADPH oxidase (NOX-2). *Eur. Heart J.* 2020;41(26):2472–2483. doi: 10.1093/eurheartj/ehz772
45. Hwa Yun B., Guo J., Bellamri M., Turesky R.J. DNA adducts: Formation, biological effects, and new biospecimens for mass spectrometric measurements in humans. *Mass Spectrom. Rev.* 2020;39(1-2):55–82. doi: 10.1002/mas.21570

46. Bustamante G., Ma B., Yakovlev G. et al. Presence of the carcinogen n'-nitrosornicotine in saliva of e-cigarette users. *Chem. Res. Toxicol.* 2018;31(8):731–738. doi: 10.1021/acs.chemrestox.8b00089
47. Huang Z., Sun S., Lee M. et al. Single-cell analysis of somatic mutations in human bronchial epithelial cells in relation to aging and smoking. *Nat. Genet.* 2022;54(4):492–498. doi: 10.1038/s41588-022-01035-w
48. Tellez C.S., Grimes M.J., Juri D.E. et al. Flavored e-cigarette product aerosols induce transformation of human bronchial epithelial cells. *Lung Cancer.* 2023;179(107180). doi: 10.1016/j.lungcan.2023.107180
49. Chaumont M., de Becker B., Zaher W. et al. Differential Effects of E-Cigarette on Microvascular Endothelial Function, Arterial Stiffness and Oxidative Stress: A Randomized Crossover Trial. *Sci Rep.* 2018;8(1):10378. doi: 10.1038/s41598-018-28723-0
50. Layden J.E., Ghinai I., Pray I. et al. Pulmonary Illness Related to E-Cigarette Use in Illinois and Wisconsin – Final Report. *N Engl J Med.* 2020;382(10):903–916. doi: 10.1056/nejmoa1911614
51. Kligerman S., Raptis C., Larsen B. et al. Radiologic, Pathologic, Clinical, and Physiologic Findings of Electronic Cigarette or Vaping Product Use-associated Lung Injury (EVALI): Evolving Knowledge and Remaining Questions. *Radiology.* 2020;294(3):491–505. doi: 10.1148/radiol.2020192585
52. Jonas A.M., Raj R. Vaping-Related Acute Parenchymal Lung Injury: A Systematic Review. *Chest.* 2020;158(4):1555–1565. doi: 10.1016/j.chest.2020.03.085
53. Kligerman S., Kay F., Raptis C. et al. CT Findings and Patterns of e-Cigarette or Vaping Product Use-Associated Lung Injury: A Multicenter Cohort of 160 Cases. *Chest.* 2021;160(4):1492–1511. doi: 10.1016/j.chest.2021.04.054
54. Zou R.H., Tiberio P.J., Triantafyllou G.A. et al. Clinical Characterization of E-Cigarette, or Vaping, Product Use-associated Lung Injury in 36 Patients in Pittsburgh, Pennsylvania. *Am J Respir Crit Care Med.* 2020;201(10):1303–1306. doi: 10.1164/rccm.202001-0079le
55. Heinzerling A., Armatas C., Karmarkar E. et al. Severe Lung Injury Associated With Use of e-Cigarette, or Vaping, Products-California, 2019. *JAMA Intern Med.* 2020;180(6):861–869. doi: 10.1001/jamainternmed.2020.0664
56. Federal Law of July 31, 2020 No. 303-FZ “On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation on the Issue of Protecting Citizens’ Health from the Consequences of Consuming Nicotine-Containing Products”. (In Russ.). Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007310084>

Информация об авторах / Information about the authors

Валерий Валентинович Васильев
доктор медицинских наук, доцент,
профессор кафедры гигиены,
общественного здоровья
и здравоохранения, Медицинский
институт, Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: vvv1755@yandex.ru

Евгений Андреевич Гусев
студент, Медицинский институт,
Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: Gusev.cz@yandex.ru

Valeriy V. Vasilyev
Doctor of medical sciences, associate
professor, professor of the sub-department
of hygiene, public health and healthcare,
Medical Institute, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Evgeniy A. Gusev
Student, Medical Institute, Penza
State University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

Марина Владимировна Лукьянова
кандидат медицинских наук, доцент,
доцент кафедры терапии, Медицинский
институт, Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: mavlu2002@gmail.com

Marina V. Luk'yanova
Candidate of medical sciences, associate
professor, associate professor of the
sub-department of therapy, Medical
Institute, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Евгений Валерьевич Васильев
ассистент кафедры гигиены,
общественного здоровья
и здравоохранения, Медицинский
институт, Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: vostok.2023@bk.ru

Evgeniy V. Vasilyev
Assistant of the sub-department of hygiene,
public health and healthcare, Medical
Institute, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 16.05.2025

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 09.06.2025

Принята к публикации / Accepted 16.06.2025