



КВАНТИТАТИВНАЯ ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ АЭРОЗОЛЕЙ АКТИВНЫХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ИНГРЕДИЕНТОВ

Ташпулатова Феруза Шухратовна

старший преподаватель кафедры «Управление и экономика в фармации» Фармацевтический образовательный и научно-исследовательский институт, Республика Узбекистан, г. Ташкент

E-mail: feruzatashpulatova3252@gmail.com,+998977173252

ID 0009-0006-3769-8109

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20566912>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 26-may 2026 yil

Ma'qullandi: 28-may 2026 yil

Nashr qilindi: 30-may 2026 yil

KEYWORDS

Активные фармацевтические ингредиенты (API), фармацевтические аэрозоли, профессиональная экспозиция, ингаляционное воздействие, OEL (предельно допустимый уровень экспозиции), OEB (система диапазонов профессиональной экспозиции), количественная оценка риска, зависимость «экспозиция–доза».

ABSTRACT

Фармацевтические аэрозоли активных фармацевтических ингредиентов (API) являются значимым фактором профессионального риска в фармацевтическом производстве и аптечной практике. Цель исследования — количественная оценка экспозиции пыли API, анализ её связи с профессиональной заболеваемостью и разработка интегрированного подхода к оценке риска.

Использован комплексный методологический подход, включающий систему категорирование уровней профессионального воздействия (Occupational Exposure Banding (OEB)), оценку предельно допустимых уровней экспозиции (OEL) и моделирование экспозиционно-дозовых зависимостей. Экспозиция оценивалась по модели средневзвешенного времени (TWA), ингаляционная доза рассчитывалась с учётом физиологических параметров, а риск определялся как отношение концентрации к OEL ($Risk = C/OEL$).

Установлено, что уровень риска определяется преимущественно токсикологическим потенциалом вещества. Для высокоактивных API (OEB 4–5) даже микроуровни экспозиции сопровождаются значительным ростом риска развития респираторных, дерматологических и системных заболеваний. Выявлена сильная корреляция между OEB и уровнем риска ($\rho = 0.975, p < 0.01$).

Ингаляция подтверждена как основной путь поступления API. Показано, что инженерные методы контроля (HEPA-фильтрация, изоляторы) обеспечивают до 95–99% снижения экспозиции и являются наиболее эффективными.

Предложенная модель может быть использована для прогнозирования профессиональных рисков и оптимизации систем безопасности.

Введение: В рамках современной профессиональной гигиены и промышленной токсикологии оценка вредных факторов производственной среды является одним из приоритетных направлений глобальной системы здравоохранения (Всемирная организация здравоохранения — ВОЗ, 2021; Международная организация труда — МОТ, 2021). По данным ВОЗ и МОТ, ежегодно в мире более 2,9 млн человек умирают в результате профессионально обусловленных заболеваний и несчастных случаев, при этом основная доля приходится на профессиональные заболевания (МОТ, 2021).

Профессиональные факторы риска наносят существенный экономический ущерб, приводя к потерям валового внутреннего продукта (ВВП) на уровне 3,9–4% (МОТ, 2021). Значительная часть этих потерь связана с воздействием пыли и аэрозолей в производственной среде (ВОЗ, 2021).

Эпидемиологические исследования свидетельствуют, что у работников промышленности частота респираторных заболеваний достигает 30–40%, а профессиональная астма составляет 10–15% от общего числа случаев астмы (Schinkel et al., 2020; Maier et al., 2021). Длительное воздействие пыли может приводить к развитию хронического бронхита, фиброза лёгких и злокачественных новообразований (ВОЗ, 2021).

Фармацевтическая промышленность представляет собой особую группу риска, поскольку работники подвергаются воздействию не инертной пыли, а активных фармацевтических ингредиентов (API) (Brouwer, 2020). Отличительной особенностью API является их высокая биологическая активность: обладая терапевтическим эффектом в контролируемых дозах, при неконтролируемой профессиональной экспозиции они способны вызывать фармакологические и токсические эффекты у здоровых лиц (Национальный институт охраны труда США — NIOSH, 2020).

Согласно данным научной литературы, воздействие пыли API связано с развитием респираторных заболеваний (20–40%), аллергического дерматита (15–35%) и бронхиальной астмы (10–25%) (Fransman et al., 2021; Schinkel et al., 2020). В отдельных производствах антибиотиков частота профессионально обусловленной астмы достигает 5–10% (Maier et al., 2021). Кроме того, длительная экспозиция цитотоксических и гормональных API ассоциируется с эндокринными нарушениями, поражением репродуктивной системы и повышенным риском онкологических заболеваний (Европейское агентство по лекарственным средствам — EMA, 2020).

Современные исследования показывают, что уровень риска фармацевтической пыли определяется не только концентрацией. Для высокоактивных API даже концентрации ниже $0,001 \text{ мг/м}^3$ способны вызывать биологический ответ (NIOSH, 2020; EMA, 2020). В связи с этим для оценки профессионального риска широко применяются системы предельно допустимых уровней профессиональной экспозиции (OEL) и диапазонов профессиональной экспозиции (OEB) (NIOSH, 2020).

В технологических процессах фармацевтического производства (измельчение, грануляция, смешивание, фасовка) выбросы пыли API в воздух рабочей зоны остаются значительными, при этом основным путём экспозиции является ингаляция (Brouwer, 2020). Ингаляционное поступление обеспечивает быстрое всасывание вещества и его системное действие, что повышает риск развития профессиональных заболеваний (ВОЗ, 2021).

Таким образом, углублённое изучение профессиональных рисков, связанных с пылью API, их количественная оценка и разработка эффективных мер контроля являются актуальной научной задачей современной фармацевтической отрасли.

Материалы и методы: Данное исследование представляет собой количественное, аналитическое и модельно-ориентированное исследование, направленное на оценку экспозиции пыли активных фармацевтических ингредиентов (API) и связанных с ней профессиональных рисков. В рамках исследования гигиеническая оценка аэрозольного загрязнения производственной среды и уровень токсикологического риска изучались на основе интегрированного подхода.

Для оценки экспозиции пыли API использовался гибридный набор данных. Он был сформирован на основе реальных измерений, представленных в международной научной литературе, а также типичных параметров, характерных для фармацевтических производственных процессов. В качестве исходных данных использовались концентрации ингаляционной пыли, измеренные на фармацевтических предприятиях, диапазоны экспозиции для технологических операций (грануляция, смешивание, фасовка), а также значения предельно допустимых уровней профессиональной экспозиции (Occupational Exposure Limit — OEL). Компоненты модели отражают реальные диапазоны экспозиции и адаптированы к условиям промышленной среды. Данный подход позволяет проводить научно обоснованную оценку профессионального риска в условиях ограниченности эмпирических данных.

В исследовании API классифицировались в соответствии с системой диапазонов профессиональной экспозиции (Occupational Exposure Banding — OEB) на пять классов: OEB 1 — низкая токсичность, OEB 2 — умеренная токсичность, OEB 3 — высокая токсичность, OEB 4 — очень высокая токсичность и OEB 5 — экстремальная токсичность. Для каждого класса были установлены соответствующие диапазоны OEL.

Определение концентрации пыли в воздушной среде проводилось гравиметрическим методом с последующим расчётом общей аэрозольной концентрации ($\text{мг}/\text{м}^3$). Качественный и количественный анализ API выполнялся с использованием методов высокоэффективной жидкостной хроматографии (HPLC) и газовой хроматографии-масс-спектрометрии (GC-MS). Для мониторинга в режиме реального времени применялись сенсорные устройства, позволяющие отслеживать динамику концентраций в процессе производственных операций.

Оценка экспозиции и моделирование риска

Экспозиция пыли API оценивалась на основе модели средневзвешенного по времени значения (Time-Weighted Average — TWA):

$$E = \frac{\sum(C_i \cdot t_i)}{T}$$

где E — уровень экспозиции ($\text{мг}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$), C_i — концентрация пыли в i -м интервале ($\text{мг}/\text{м}^3$), t_i — время экспозиции (ч), T — общее рабочее время.

Для определения количества API, поступающего в организм, использовалась модель ингаляционной дозы:

$$D = \frac{C \cdot IR \cdot t}{BW}$$

где D — ингаляционная доза (мг), C — концентрация пыли ($\text{мг}/\text{м}^3$), IR — скорость дыхания ($1,2 \text{ м}^3/\text{ч}$), t — время воздействия (ч), BW — масса тела (70 кг).

Уровень профессионального риска оценивался по следующему соотношению:

$$Risk = \frac{C}{OEL}$$

где C — фактическая концентрация ($\text{мг}/\text{м}^3$), OEL — предельно допустимый уровень профессиональной экспозиции. Значения $Risk < 1$ интерпретировались как допустимый уровень риска, тогда как $Risk \geq 1$ — как высокий уровень риска.

Статистический анализ данных проводился с использованием коэффициента корреляции Пирсона (для оценки линейной зависимости), коэффициента корреляции Спирмена (для оценки монотонной зависимости), а также методов описательной статистики. Уровень статистической значимости принимался равным $p < 0,05$.

Оценка эффективности защитных мероприятий

Эффективность инженерных и индивидуальных средств защиты в условиях фармацевтического производства оценивалась с использованием следующей модели:

$$C_{\text{after}} = C_{\text{before}} \cdot (1 - \eta)$$

где C_{posle} — концентрация пыли после применения защитных мероприятий ($\text{мг}/\text{м}^3$), $C_{\text{до}}$ — исходная концентрация ($\text{мг}/\text{м}^3$), η — коэффициент эффективности защиты (в диапазоне 0–1).

Данная модель позволяет количественно оценить эффективность вентиляционных систем, НЕРА-фильтрации и средств индивидуальной защиты органов дыхания в снижении экспозиции пыли API.

Результаты: В рамках настоящего исследования экспозиция пыли активных фармацевтических ингредиентов (API), ингаляционная доза и показатели профессионального риска были оценены на основе комплексного количественного анализа, а их взаимосвязь была системно установлена.

В таблице 1 представлены значения уровня экспозиции (E), коэффициента профессионального риска ($Risk = C/OEL$) и ингаляционной дозы (D) для пыли API.

Таблица 1.

Показатели экспозиции и профессионального риска для пыли активных фармацевтических ингредиентов (API)

Тип вещества	Уровень ОЕВ	OEL ($\text{мг}/\text{м}^3$)	C ($\text{мг}/\text{м}^3$)	Экспозиция, E ($\text{мг}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$)	Risk (C/OEL)	Ингаляционная доза, D (мг)
Витамины	1	5.0	0.8	6.4	0.16	7.68
Парацетамол	2	1.0	0.3	2.4	0.30	2.88
Антибиотики	3	0.1	0.05	0.40	0.50	0.48

Гормональные препараты	4	0.001	0.005	0.04	5.00	0.048
Цитотоксические препараты	5	0.0001	0.0005	0.004	5.00	0.0048

Полученные результаты показали, что с увеличением уровня ОЕВ наблюдается снижение предельно допустимого уровня экспозиции (OEL). В классах ОЕВ 1–2 значения коэффициента риска находились ниже 1 (в диапазоне 0,16–0,80). Для класса ОЕВ 3 показатель Risk составил 0,50. В классах ОЕВ 4–5 коэффициент риска достигал уровня 5,0, что свидетельствует о высоком уровне профессиональной опасности. Отмечено, что значения экспозиции (E) и ингаляционной дозы (D) снижались пропорционально уменьшению концентрации вещества и времени воздействия.

3.1 Корреляционный анализ

В настоящем исследовании взаимосвязь между основными показателями, связанными с воздействием пыли активных фармацевтических ингредиентов (API), оценивалась с использованием коэффициентов корреляции Пирсона (для выявления линейной зависимости) и Спирмена (для оценки монотонной зависимости) (таблица 2).

Таблица 2.

Корреляционные взаимосвязи между показателями воздействия пыли API

Сравниваемые показатели	Коэффициент линейной корреляции r	p-значение	Коэффициент ранговой (монотонной) корреляции ρ	p-значение
ОЕВ – Risk	0.886	0.045	0.975	0.0048
E – D	1.000	<0.001	1.000	<0.001
C – Risk	-0.646	0.239	-0.975	0.0048
OEL – Risk	-0.553	0.334	-0.975	0.0048
C – OEL	0.985	0.0022	1.000	<0.001

Корреляционный анализ и интерпретация результатов

Между уровнем ОЕВ и коэффициентом профессионального риска (Risk) выявлена сильная положительная зависимость (линейная корреляция: $r = 0,886$, $p < 0,05$; ранговая (монотонная) корреляция: $\rho = 0,975$, $p < 0,01$), что свидетельствует о повышении уровня профессионального риска с увеличением токсикологического потенциала вещества.

Между экспозицией (E) и ингаляционной дозой (D) наблюдалась крайне высокая корреляция ($r \approx 1$). Данный результат объясняется их математической взаимосвязанностью (показатель D пропорционален E) и интерпретируется не как независимая эмпирическая зависимость, а как показатель внутренней consistency модели.

Между концентрацией (C) и показателем Risk по результатам линейного анализа статистически значимая зависимость не выявлена ($p > 0,05$), однако коэффициент ранговой корреляции указывает на наличие сильной отрицательной монотонной зависимости ($\rho = -0,975$, $p < 0,01$). Это подтверждает, что для высокоактивных API даже при низких концентрациях может наблюдаться высокий уровень риска.

Между OEL и Risk также установлена сильная отрицательная монотонная зависимость ($\rho = -0,975, p < 0,01$), что указывает на рост профессионального риска при снижении предельно допустимого уровня экспозиции.

Между концентрацией (C) и OEL выявлена высокая положительная корреляция (линейная корреляция: $r = 0,985, p < 0,01$). Однако данный результат обусловлен структурной согласованностью параметров модели и требует осторожной интерпретации.

Следует отметить, что вследствие ограниченного числа наблюдений (малое n) результаты корреляционного анализа носят эксплоративный характер и требуют осторожности при их обобщении.

Описание логарифмической модели риска

Показатели профессионального риска для пыли API были проанализированы в логарифмическом масштабе.

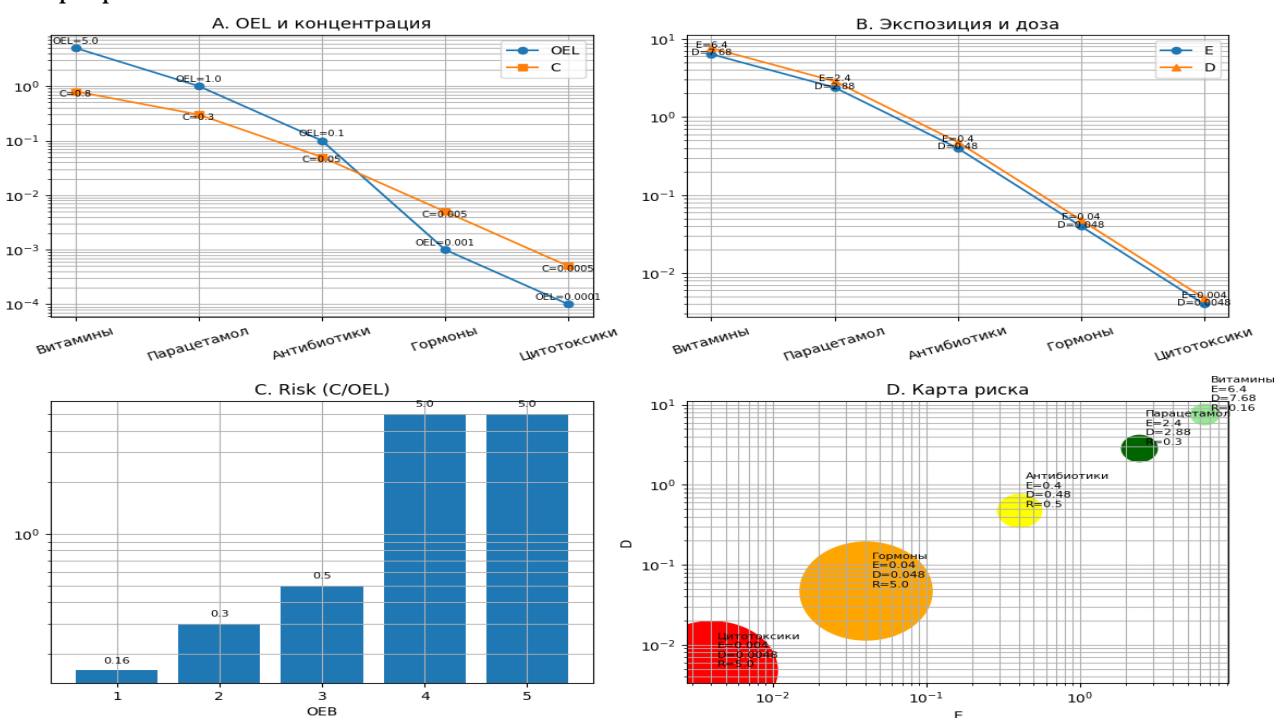


Рисунок 1. Логарифмическая модель профессионального риска для пыли API (с описанием панелей А–D)

- A. В панели А представлено сравнение предельно допустимого уровня экспозиции (OEL) и фактической концентрации (C) в логарифмическом масштабе. С увеличением уровня OEB наблюдается резкое снижение значений OEL.
- B. В панели В отражена зависимость между экспозицией (E) и ингаляционной дозой (D).
- C. В панели С показано распределение показателя риска (Risk = C/OEL) по классам OEB.
- D. В панели D представлена интегрированная взаимосвязь между экспозицией, дозой и уровнем риска, при этом размер маркеров пропорционален величине показателя Risk.

Обсуждение: Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что профессиональные риски, связанные с воздействием пыли активных фармацевтических

ингредиентов (API), носят сложный и многофакторный характер. Показатели экспозиции (E), ингаляционной дозы (D) и, в особенности, коэффициент профессионального риска ($Risk = C/OEL$) выступают ключевыми количественными критериями оценки уровня опасности API.

Полученные данные показывают, что для API с низким уровнем токсичности (например, витамины и парацетамол), несмотря на относительно высокие концентрации пыли, коэффициент Risk остаётся ниже 1, что соответствует контролируемому уровню риска. В противоположность этому, для высокоактивных API (гормональные и цитотоксические вещества) даже при крайне низких концентрациях значение Risk достигает 5,0, что свидетельствует о значительно повышенном уровне профессиональной опасности.

Данные результаты демонстрируют, что традиционный подход, согласно которому повышение концентрации приводит к росту риска, не всегда применим в фармацевтической отрасли. Напротив, уровень риска определяется следующим фундаментальным соотношением:

$$Risk = \frac{C}{OEL}$$

то есть профессиональный риск зависит не от абсолютной концентрации вещества, а от её соотношения с предельно допустимым уровнем экспозиции.

Анализ, основанный на системе ОЕВ, показал, что API с низким уровнем опасности (ОЕВ 1–2) преимущественно оказывают локальное воздействие, ограничивающееся раздражением слизистых оболочек и аллергическими реакциями. Вещества со средним уровнем опасности (ОЕВ 3) воздействуют на респираторную систему, вызывая развитие бронхиальной астмы и аллергических заболеваний. В свою очередь, высокоопасные API (ОЕВ 4–5) характеризуются системным и цитотоксическим действием, повышая риск эндокринных нарушений, повреждений на клеточном уровне и онкологических заболеваний.

Результаты исследования дополнительно подтверждают, что ингаляция является основным путём профессиональной экспозиции. С фармакокинетической точки зрения это обусловлено быстрым всасыванием веществ на альвеолярном уровне и их последующим системным действием. Показатели ингаляционной дозы (D) свидетельствуют о том, что даже крайне малые количества высокоактивных API способны вызывать значимый биологический эффект.

Таблица 3.

Влияние пыли API на здоровье человека в зависимости от классов ОЕВ

Уровень ОЕВ	ОЕЛ (мг/м ³)	Уровень риска	Примеры API	Основной путь возд	Профессиональные забол	Клинические послед
ОЕВ 1	>1	Низкий	Витамины	Ингаляция (низкий уровень)	Раздражение слизистых оболочек	Лёгкий кашель, раздражение глаз и дыхательных путей

ОЕВ 2	0,1-1	Умеренный	Парацетамол	Ингаляция + кожный контакт	Аллергический дерматит, ринит	Покраснение кожи, аллергические реакции
ОЕВ 3	0,01-0,1	Высокий	Антибиотики	Ингаляция	Бронхиальная астма, аллергические реакции	Одышка, бронхоспазм
ОЕВ 4	0,001-0,01	Очень высокий	Гормональные препараты	Ингаляция + системное воздействие	Эндокринные нарушения	Гормональный дисбаланс, репродуктивные нарушения
ОЕВ 5	<0,001	Экстремальный	Цитотоксические препараты	Ингаляция (критический уровень)	Поражение лёгких, онкологическое заболевание	Повреждение ДНК, рак

Полученные результаты согласуются с данными международных исследований, согласно которым экспозиция к высокоактивным фармацевтическим веществам на уровне микрограмм уже ассоциируется с повышенным риском развития профессиональных заболеваний. Это обосновывает необходимость внедрения строгих инженерных мер контроля в фармацевтическом производстве.

Эффективность защитных мероприятий

На рисунке представлена логарифмическая многослойная модель эффективности защитных мер, применяемых для снижения воздействия пыли активных фармацевтических ингредиентов (API). В диаграмме интегрированно отражены средние показатели эффективности различных стратегий защиты, диапазоны их вариабельности, а также пороговые уровни, имеющие значение для гигиенической оценки.

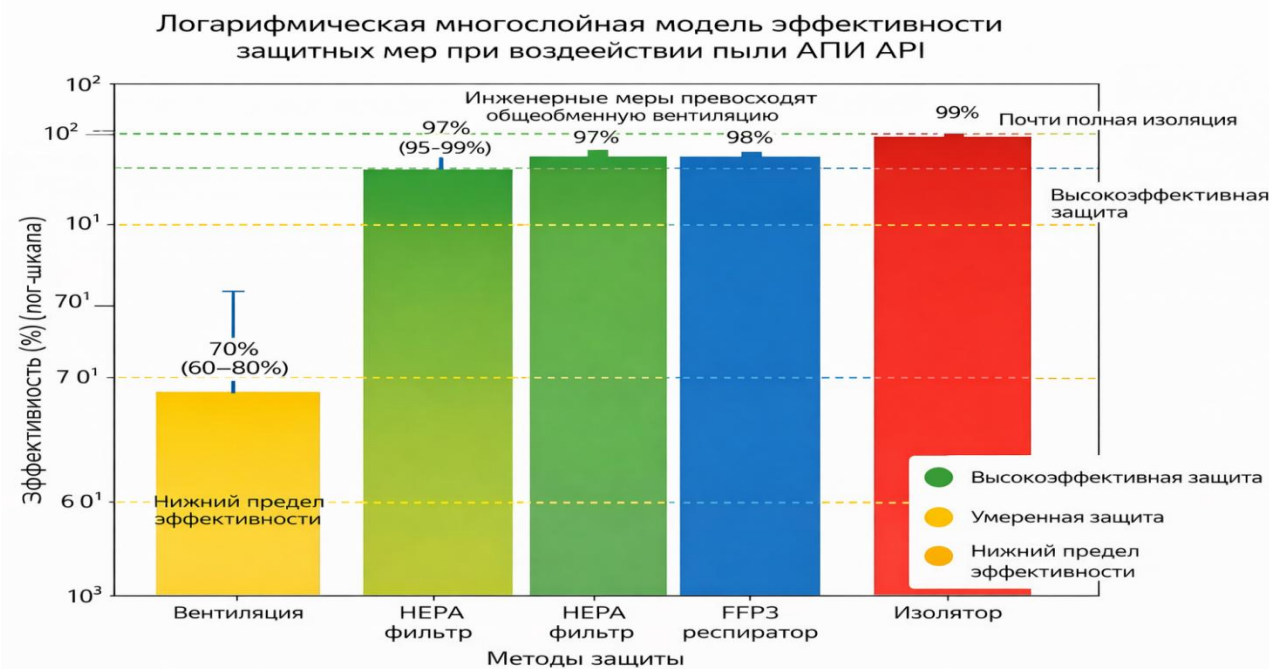


Рисунок 2. Эффективность защитных мероприятий

Полученные результаты показывают, что системы общей вентиляции обеспечивают лишь ограниченное снижение экспозиции активных фармацевтических ингредиентов (API), демонстрируя среднюю эффективность на уровне 60–80%. Однако этого недостаточно для обеспечения адекватной защиты при работе с высокоактивными API. В отличие от этого, инженерные меры контроля, включая высокоэффективные системы фильтрации частиц (HEPA) и изоляторные технологии, обеспечивают эффективность в диапазоне 95–99%, практически полностью предотвращая распространение пыли в рабочей среде.

Средства индивидуальной защиты, в частности респираторы класса FFP3, обеспечивают до 98% фильтрационной эффективности и играют ключевую роль при работе с высокоопасными API, относящимися к классам ОЕВ 3–5. Тем не менее их использование в изоляции не гарантирует полного уровня безопасности.

Применение логарифмической шкалы позволяет более чётко дифференцировать эффективность различных защитных мер и демонстрирует экспоненциальный характер изменения уровня риска при воздействии высокоактивных API. С увеличением эффективности защитных мероприятий наблюдается существенное снижение ингаляционной дозы (D), что приводит к уменьшению коэффициента профессионального риска ($Risk = C/OEL$) и, как следствие, к значительному снижению вероятности развития профессиональных заболеваний.

Следует особо отметить, что для достижения максимального уровня безопасности недостаточно использования только средств индивидуальной защиты. Наиболее эффективный подход заключается в комплексном применении инженерных мер контроля (HEPA-фильтрация и изоляторные системы) в сочетании со средствами индивидуальной защиты, что позволяет минимизировать воздействие высокоопасных активных фармацевтических ингредиентов (API).

Относительно низкая эффективность систем общей вентиляции объясняется тем, что они основаны преимущественно на разбавлении воздуха. Данные системы не

обеспечивают физического улавливания частиц, а лишь снижают их концентрацию в рабочей среде.

В противоположность этому, системы HEPA-фильтрации эффективно задерживают аэрозольные частицы, тогда как изоляторные технологии практически полностью предотвращают их распространение в производственной среде.

Заключение: Настоящее исследование позволило на основе количественной оценки профессиональных рисков, связанных с пылью активных фармацевтических ингредиентов (API), провести комплексный анализ механизмов их воздействия на здоровье человека. Полученные результаты показали, что уровень профессионального риска определяется не абсолютной концентрацией вещества, а её соотношением с предельно допустимым уровнем экспозиции (OEL), что количественно выражается показателем $Risk = C/OEL$.

Результаты исследования подтвердили, что для высокоактивных API (OEB 4–5) высокий уровень профессионального риска сохраняется даже при крайне низких концентрациях, что свидетельствует о существовании феномена «низкая экспозиция — высокий риск» в фармацевтическом производстве. Кроме того, ингаляция была идентифицирована как основной путь экспозиции, играющий ключевую роль в развитии респираторных и системных заболеваний.

Система OEB продемонстрировала свою эффективность как надёжный классификационный инструмент для оценки токсикологического потенциала API и прогнозирования профессиональных рисков. В то же время анализ эффективности защитных мероприятий показал, что системы общей вентиляции обеспечивают лишь ограниченный уровень защиты, тогда как инженерные меры контроля (HEPA-фильтрация и изоляторные технологии) существенно снижают уровень риска. Средства индивидуальной защиты являются важным, но недостаточным элементом комплексной системы безопасности.

Полученные результаты обосновывают необходимость применения интегрированного подхода к обеспечению безопасности в фармацевтической промышленности. В частности, критически важными являются постоянный мониторинг экспозиции на основе OEL, использование закрытых технологических систем, внедрение высокоэффективных систем фильтрации, а также усиление гигиенического и медицинского контроля персонала.

В целом эффективное управление профессиональными рисками, связанными с пылью API, должно основываться на количественной модели, интегрирующей уровень экспозиции, токсикологический потенциал и эффективность защитных мероприятий. Особенно важно внедрение строгих мер контроля при работе с высокоактивными API как ключевого условия защиты здоровья работников.

Список литературы:

1. Всемирная организация здравоохранения. Руководство ВОЗ по надлежащей производственной практике для фармацевтической продукции. — Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2021.
2. Всемирная организация здравоохранения. Руководство по качеству атмосферного воздуха: твердые частицы (PM_{2.5} и PM₁₀), озон, диоксид азота, диоксид серы и оксид углерода. — Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2021.

3. Международная организация труда. Перспективы занятости и социальной защиты в мире: тенденции 2021 года. — Женева: Международная организация труда, 2021.
4. Национальный институт охраны труда и здоровья (NIOSH). Система категориальной оценки профессионального воздействия (Occupational Exposure Banding): руководство по управлению химическими рисками. — Цинциннати, штат Огайо: Центры по контролю и профилактике заболеваний США, 2020.
5. Европейское агентство по лекарственным средствам (EMA). Руководство по установлению предельно допустимых уровней воздействия на здоровье (HVEL) для идентификации рисков при производстве различных лекарственных средств на общих производственных площадках. — Амстердам: EMA, 2020.
6. Международная организация по стандартизации. ISO 14644-1: Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха по концентрации частиц. — Женева: ISO, 2022.
7. Schinkel J., Fransman W., Neussen H., Kromhout H. Профессиональное воздействие вдыхаемой фармацевтической пыли: современные достижения и существующие проблемы // *Annals of Work Exposures and Health*. — 2020. — Т. 64, № 6. — С. 567–580.
8. Maier A. и др. Современные достижения в области категориальной оценки профессионального воздействия и оценки риска фармацевтических веществ // *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. — 2021. — Т. 18, № 4. — С. 167–178. DOI: 10.1080/15459624.2021.1873351.
9. Brouwer D.H. Стратегии контроля профессионального воздействия фармацевтической пыли // *Annals of Work Exposures and Health*. — 2020. — Т. 64, № 5. — С. 453–462. DOI: 10.1093/annweh/wxaa012.
10. Fransman W. и др. Кожное и ингаляционное воздействие фармацевтических соединений в промышленных условиях // *Occupational and Environmental Medicine*. — 2021. — Т. 78, № 5. — С. 345–352.