

КӘСІПТІК ПАТОЛОГИЯ**DOI 10.65491/3106-5538-2026-2-63-79****УДК: 616-006:613.62****ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РАК: ГЛОБАЛЬНОЕ БРЕМЯ, ОСНОВНЫЕ
КАНЦЕРОГЕНЫ, ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ПРОФИЛАКТИКИ****Аманбекова А.У.^{1,2}, Отарбаева М.Б.¹, Алексеев А.В.¹, Газизова А.О.²**

¹НАО «Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний» (100017, Республика Казахстан, г.Караганда, ул.Мустафина 15, e-mail: info@nao.ncgt.kz)

²НУО «Казахстанско-Российский медицинский университет» (050004, Республика Казахстан, г. Алматы, ул.Абылай Хана 51/53, e-mail: info@medkrmu.kz)

1. Аманбекова А.У., д.м.н., профессор, главный научный сотрудник, НАО «Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний», профессор НУО «Казахстанско-Российский медицинский университет», e-mail: amanbekova@mail.ru

2. Отарбаева М.Б., e-mail: mb.otarbaeva103@mail.ru

3. Алексеев А.В., e-mail: alexeyev.ncgtpz@mail.ru

4. Газизова А.О., e-mail: gazizova.a@metabody.kz

Профессиональный рак является одной из наиболее значимых проблем современной медицины труда и общественного здравоохранения. В статье обобщены современные данные о глобальном бремени профессионально обусловленных злокачественных новообразований, основных производственных канцерогенах, особенностях профессионального рака органов дыхания и международном опыте регистрации. Особое внимание уделено работникам горнодобывающей промышленности и проблеме недоучета профессионального рака в Казахстане. Рассмотрены критерии установления связи заболевания с профессией, латентные периоды, роль оксидативного стресса, иммунологических нарушений и молекулярных биомаркеров. Обоснована необходимость создания национального регистра профессионального рака и внедрения риск-ориентированного мониторинга работников канцерогенно опасных производств.

Ключевые слова: профессиональный рак, производственные канцерогены, медицина труда, профессиональная патология, рак легкого, асбест, кремнезем, бензол, шахтеры.

Актуальность. Профессиональный рак представляет собой группу злокачественных новообразований, развитие которых связано с воздействием канцерогенных факторов производственной среды и трудового процесса. В отличие от многих других профессиональных заболеваний, профессионально обусловленные опухоли характеризуются длительным латентным периодом, отсутствием специфических клинических проявлений и значительными трудностями установления причинно-следственной связи между заболеванием и профессией [1, 2].

Проблема профессионального рака приобрела особую актуальность во второй половине XX века, когда были получены убедительные доказательства канцерогенного действия асбеста, бензола, ионизирующего излучения, кристаллического диоксида кремния, дизельных выхлопных газов и ряда тяжелых металлов [1, 3, 4]. В настоящее время Международное агентство по изучению рака (IARC) относит значительное число химических веществ, физических факторов и производственных процессов к доказанным канцерогенам для человека [1].

Наиболее высокий риск профессионального канцерогенного воздействия сохраняется в горнодобывающей, металлургической, нефтегазовой, химической, строительной и транспортной отраслях.

Научная проблема. Несмотря на значительное количество исследований, посвященных профессиональному канцерогенезу, вопросы своевременного выявления профессионального рака, оценки вклада производственных факторов в развитие злокачественных новообразований и организации эффективной системы регистрации профессиональных онкологических заболеваний остаются недостаточно решенными. Особенно актуальна данная проблема для стран с высокой долей работников горнодобывающей, металлургической и химической промышленности, включая Республику Казахстан, где профессиональный маршрут онкологических пациентов зачастую не анализируется в полном объеме, что приводит к недооценке истинной распространенности профессионального рака.

Цель исследования - провести комплексный анализ современных научных данных о глобальном бремени профессионального рака, основных производственных канцерогенах, механизмах канцерогенеза, современных подходах к диагностике, международном опыте регистрации и перспективах совершенствования профилактики профессионального рака в Республике Казахстан.

Научная новизна статьи заключается в комплексном анализе современных международных данных о профессиональном раке с учетом последних классификаций Международного агентства по изучению рака (IARC), обобщении современных представлений о механизмах профессионального канцерогенеза и адаптации международного опыта регистрации профессиональных онкологических заболеваний к условиям Республики Казахстан. Впервые в едином обзоре систематизированы современные подходы к риск-ориентированному мониторингу

гу работников канцерогенно опасных производств и обоснована необходимость формирования национального регистра профессионального рака.

Материалы и методы. Исследование выполнено в форме аналитического обзора научной литературы.

Поиск публикаций осуществлялся в международных библиографических базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, а также по материалам Международного агентства по изучению рака (IARC), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Международной организации труда (МОТ) и официальным статистическим данным Республики Казахстан.

В обзор включались систематические обзоры, метаанализы, когортные исследования, международные рекомендации, аналитические отчеты и нормативные документы, опубликованные преимущественно в 2005–2025 гг.

При подготовке обзора использовались методы анализа, сравнения, систематизации, обобщения и критической оценки современных литературных источников.

Результаты. Именно в этих сферах работники часто подвергаются длительному и комбинированному воздействию пыли, аэрозолей, газов, радиационных факторов и химических веществ, что формирует высокий кумулятивный риск злокачественных новообразований [5–8].

Особенностью профессионального рака является выраженный недоучет. Во многих странах официальная статистика отражает лишь часть реального бремени заболевания, поскольку онкологический диагноз чаще рассматривается в рамках общей клинической онкологии, а профессиональный маршрут пациента анализируется недостаточно полно [2, 9]. Для Казахстана данная проблема особенно значима, поскольку экономика страны включает крупные горнодобывающие, металлургические, урановые, нефтегазовые и химические производства.

Профессиональный рак является одной из ведущих причин смертности, связанной с условиями труда. Согласно международным оценкам, профессиональные канцерогены обуславливают заметную долю злокачественных новообразований, при этом вклад производственных факторов существенно различается в зависимости от локализации опухоли, пола, возраста, структуры промышленности и качества регистрации профессиональной патологии [5, 6, 10, 31, 33].

В общей структуре онкологической заболеваемости доля профессионально обусловленных случаев обычно оценивается в пределах нескольких процентов, однако для отдельных локализаций она значительно выше. Особенно значим вклад производственных факторов в развитие рака легкого, мезотелиомы плевры, рака мочевого пузыря, опухолей носовой полости и околоносовых пазух, а также некоторых гемобластозов [6, 7, 11, 30].

Рак легкого занимает центральное место в структуре профессиональной онкопатологии. По данным эпидемиологических исследований, существенная часть случаев рака легкого у мужчин связана с профессиональным воздействием

асбеста, кристаллического диоксида кремния, радона, дизельных аэрозолей, соединений никеля, хрома и мышьяка [12-15]. Для мезотелиомы плевры профессиональное и экологическое воздействие асбеста рассматривается как ведущий этиологический фактор [16-18].

Структура профессионального рака постепенно меняется. В развитых странах после запрета или строгого ограничения асбеста, бензола и ряда химических канцерогенов отмечается снижение отдельных видов профессионально обусловленных опухолей. Однако из-за длительного латентного периода асбест-ассоциированные заболевания продолжают регистрироваться десятилетиями после прекращения контакта [16, 17]. В странах с интенсивной индустриализацией сохраняется высокий уровень воздействия кремнийсодержащей пыли, дизельных аэрозолей, тяжелых металлов и органических растворителей [8, 19].

Профессиональный канцерогенез является многоступенчатым процессом, включающим повреждение ДНК, нарушение репарации, эпигенетические изменения, хроническое воспаление, оксидативный стресс и снижение эффективности противоопухолевого иммунного надзора. Для большинства производственных канцерогенов характерно длительное воздействие малых или умеренных доз, что приводит к постепенному накоплению клеточных повреждений [20, 21].

Асбест остается наиболее изученным профессиональным канцерогеном. После ингаляции асбестовые волокна проникают в дистальные отделы дыхательных путей и плевру, где могут сохраняться в течение десятилетий. Неспособность макрофагов полностью элиминировать длинные волокна приводит к хроническому воспалению, высвобождению активных форм кислорода, повреждению ДНК и формированию микроокружения, благоприятного для опухолевой трансформации [16-18]. Классическими последствиями воздействия асбеста являются мезотелиома плевры и рак легкого; также установлена связь с раком гортани и яичников [1, 16].

Кристаллический диоксид кремния широко распространен в горнодобывающей промышленности, строительстве, металлургии и производстве строительных материалов. Частицы кварца активируют альвеолярные макрофаги, индуцируют воспалительную реакцию, оксидативный стресс и фиброзные изменения в легочной ткани. Длительное воздействие кварцевой пыли связано не только с силикозом, но и с повышенным риском рака легкого [1, 13, 22].

Бензол является одним из наиболее значимых химических канцерогенов производственной среды. После поступления в организм он метаболизируется с образованием реактивных промежуточных продуктов, повреждающих гемопоэтические клетки костного мозга. Наиболее доказана связь бензола с острым миелодиспластическим лейкозом, миелодиспластическим синдромом и рядом лимфопролиферативных заболеваний [23, 24].

Дизельные выхлопные газы представляют собой сложную смесь газообразных и твердых компонентов, включающих полициклические ароматические

углеводороды, оксиды азота, альдегиды, металлы и ультрадисперсные частицы сажи. Крупные исследования среди шахтеров показали повышение риска рака легкого при длительном воздействии дизельных аэрозолей, что стало одним из оснований для отнесения дизельных выхлопов к канцерогенам группы 1 IARC [14, 15, 25].

Радон и продукты его распада являются важными канцерогенными факторами подземных работ. Радиоактивные дочерние продукты радона оседают на аэрозольных частицах и при вдыхании поступают в дыхательные пути. Альфа-излучение вызывает прямое повреждение ДНК эпителиальных клеток бронхов и альвеол, что повышает риск рака легкого, особенно при сочетании с курением [26, 27].

К числу профессиональных канцерогенов относятся также соединения никеля, хрома (VI), мышьяка, кадмия и бериллия. Их воздействие характерно для металлургической промышленности, сварочного производства, добычи и переработки руд. Канцерогенный эффект связан с оксидативным стрессом, нарушением репарации ДНК, эпигенетическими изменениями и хроническим воспалением [1, 20].

Профессиональный рак органов дыхания является наиболее распространенной формой профессиональной онкопатологии. Ведущая роль принадлежит раку легкого, который может развиваться под влиянием широкого спектра производственных канцерогенов. К наиболее значимым факторам относятся асбест, кристаллический диоксид кремния, радон, дизельные аэрозоли, соединения никеля, хрома и мышьяка [12-15].

Клиническая картина профессионального рака легкого не имеет специфических признаков. Симптомы определяются локализацией опухоли, стадией процесса и морфологическим типом, а не природой канцерогенного воздействия. Поэтому при подозрении на профессиональный характер заболевания ключевое значение имеет анализ профессионального анамнеза, санитарно-гигиенической характеристики условий труда, длительности и интенсивности воздействия канцерогенов [2, 9].

Особое значение имеет комбинированное воздействие производственных канцерогенов и табакокурения. Для асбеста, радона и ряда пылевых факторов описан синергический эффект с курением, при котором риск рака легкого превышает ожидаемый при простом суммировании воздействий [27, 28]. Это требует включения программ отказа от курения в систему профилактики профессионального рака у работников групп риска.

Мезотелиома плевры является наиболее специфичной опухолью, связанной с асбестом. Заболевание отличается длительным латентным периодом, высокой агрессивностью и неблагоприятным прогнозом. Даже кратковременный контакт с асбестом при определенных условиях может иметь значение, однако риск возрастает при длительном и интенсивном воздействии [16-18].

Горнодобывающая промышленность относится к числу наиболее значимых отраслей с точки зрения профессионального канцерогенного риска. Работники шахт, рудников, карьеров и горно-обогатительных предприятий подвергаются воздействию комплекса факторов: кварцевой и угольной пыли, радона, дизельных аэрозолей, продуктов взрывных работ, тяжелых металлов и неблагоприятных микроклиматических условий [13-15, 26].

Кремнийсодержащая пыль образуется при бурении, взрывных работах, дроблении и транспортировке горной массы. Длительное воздействие пыли вызывает хроническое воспаление дыхательных путей, интерстициальный фиброз и силикоз. При этом канцерогенное действие кварцевой пыли может реализовываться не только через силикоз, но и за счет прямого повреждения клеточных структур, нарушений репарации ДНК и хронического оксидативного стресса [13, 22].

Дизельные аэрозоли имеют особое значение для современных шахт, где широко используется самоходная техника. Исследование Diesel Exhaust in Miners Study показало повышение смертности от рака легкого и наличие зависимости риска от кумулятивного воздействия респираторного элементарного углерода [14, 15]. Эти данные имеют прямое значение для профилактики профессионального рака в подземных и карьерных условиях.

Радон особенно важен для урановых и некоторых полиметаллических рудников. Длительное воздействие продуктов распада радона повышает риск рака легкого, а сочетание с курением усиливает канцерогенный эффект. Для стран с развитой добычей урана и подземной горнодобычей вопрос радиационного мониторинга является принципиально важным [26, 27].

Для Казахстана данный раздел имеет особую практическую значимость. Угольные шахты Карагандинского бассейна, горнорудные предприятия Восточно-Казахстанской и Костанайской областей, уранодобывающие регионы, металлургические и нефтегазовые производства формируют широкий спектр потенциальных профессиональных канцерогенных воздействий. При этом официальная регистрация профессионального рака остается крайне низкой, что, вероятно, отражает не отсутствие проблемы, а недостаточную систему выявления и учета.

В экономически развитых странах профессиональный рак рассматривается как самостоятельная медико-социальная проблема, требующая специализированных систем регистрации, экспертизы и компенсации. Наиболее развитые модели функционируют в Германии, Франции, Италии, Великобритании и Канаде. Общими элементами этих систем являются перечни профессиональных заболеваний, страховые механизмы компенсации, регистры отдельных опухолей и долгосрочное наблюдение работников групп риска [8, 29].

В Германии система DGUV включает официальное признание ряда профессиональных онкологических заболеваний, среди которых мезотелиома, рак легкого, связанный с асбестом, кварцевой пылью и радоном, рак мочевого пузыря

при воздействии ароматических аминов, опухоли носовой полости при воздействии древесной пыли и немеланомный рак кожи у работников открытого воздуха.

Во Франции и Италии большое значение имеют национальные программы регистрации мезотелиомы. Итальянский регистр ReNaM считается одним из наиболее информативных источников данных об асбест-ассоциированных опухолях. Французская система использует табличный подход, при котором при наличии установленного диагноза, соответствующего канцерогена и определенного стажа воздействия признание профессиональной природы заболевания может быть упрощено.

Опыт Великобритании демонстрирует важность количественной оценки бремени профессионального рака. Британские исследования позволили определить вклад отдельных канцерогенов и отраслей в общую структуру онкологической заболеваемости, что стало основой для профилактических программ и управленческих решений [6, 8].

Казахстан является страной с выраженной промышленной специализацией, включающей горнодобывающую, металлургическую, нефтегазовую, химическую и уранодобывающую отрасли. Эти производства потенциально связаны с воздействием канцерогенов, признанных IARC доказанными канцерогенами для человека: кристаллического диоксида кремния, асбеста, радона, бензола, дизельных выхлопов, соединений хрома, никеля, мышьяка и кадмия [1].

В общей онкологической статистике Казахстана ежегодно регистрируются десятки тысяч новых случаев злокачественных новообразований, а число пациентов, состоящих на диспансерном учете, превышает сотни тысяч. Однако доля официально признанных профессиональных онкологических заболеваний остается крайне низкой. Такое расхождение между масштабами потенциального канцерогенного воздействия и статистикой профессионального рака требует отдельного научного и организационного анализа [2,34].

Наиболее вероятными профессионально обусловленными опухолями для Казахстана являются рак легкого у работников угольных шахт, рудников, металлургических и уранодобывающих предприятий; мезотелиома плевры при контакте с асбестом; гемобластозы у работников нефтехимических и бензолсодержащих производств; рак мочевого пузыря при воздействии ароматических аминов; опухоли верхних дыхательных путей у работников деревообработки и отдельных химических производств.

Основными причинами недорегистрации профессионального рака в Казахстане могут быть недостаточный сбор профессионального анамнеза в онкологической практике, отсутствие специализированного национального регистра профессиональных онкологических заболеваний, сложность восстановления условий труда спустя десятилетия после контакта, недостаточная доступность архивных

санитарно-гигиенических данных и ограниченное взаимодействие между онкологической и профпатологической службами.

Для решения данной проблемы целесообразно внедрение риск-ориентированного подхода к наблюдению работников канцерогенно опасных производств. Он должен включать формирование профессионального маршрута, оценку кумулятивной дозы воздействия, использование данных производственного контроля, проведение углубленных медицинских осмотров и создание единой базы данных по работникам групп риска.

Установление профессионального характера онкологического заболевания требует комплексного анализа. Первым условием является морфологическая верификация опухоли и уточнение ее локализации. Вторым условием является документированное воздействие канцерогенного фактора, признанного канцерогеном для человека. Третьим условием является соответствие типа опухоли известному спектру последствий данного воздействия [1, 2, 9].

Большое значение имеет латентный период. Для асбест-ассоциированных опухолей он часто составляет 20-40 лет и более; для опухолей, связанных с кварцевой пылью и радоном, чаще рассматривается период 10-30 лет; для бензол-индуцированных гемобластозов латентный период обычно короче и может составлять 5-15 лет. Если опухоль возникает через очень короткое время после начала контакта, профессиональная природа заболевания становится менее вероятной.

Следующим критерием является кумулятивная доза воздействия. Она определяется не только концентрацией канцерогена в воздухе рабочей зоны, но и длительностью стажа, характером технологического процесса, использованием средств индивидуальной защиты, качеством вентиляции и наличием превышений гигиенических нормативов. Поэтому санитарно-гигиеническая характеристика условий труда остается одним из ключевых документов экспертной оценки.

При экспертизе необходимо учитывать альтернативные факторы риска, включая курение, наследственную предрасположенность, экологические воздействия и сопутствующие заболевания. Однако наличие таких факторов не исключает профессиональной природы опухоли, особенно если доказано значимое воздействие профессионального канцерогена и имеется соответствующий латентный период.

Современная профессиональная онкология постепенно переходит от регистрации уже сформировавшихся опухолей к раннему выявлению работников групп высокого риска. В этом контексте особое значение приобретают биомаркеры оксидативного стресса, хронического воспаления, иммунологических нарушений и повреждения ДНК [22, 23].

Оксидативный стресс рассматривается как один из универсальных механизмов профессионального канцерогенеза. Асбест, кварцевая пыль, дизельные аэрозоли, тяжелые металлы и ионизирующее излучение усиливают образование активных форм кислорода и нарушают баланс антиоксидантной защиты. Повреж-

дение липидов, белков и ДНК создает условия для мутагенеза и опухолевой трансформации [22, 23].

Иммунологические нарушения также имеют важное значение. Длительное воздействие производственных факторов может сопровождаться изменением активности Т-лимфоцитов, натуральных киллеров, В-лимфоцитов и цитокинового профиля. Снижение противоопухолевого иммунного надзора может способствовать выживанию трансформированных клеток и прогрессии опухолевого процесса [23].

Перспективным является использование концепции экспосома, предполагающей комплексную оценку всех внешних воздействий на организм человека на протяжении жизни. Для работников промышленных предприятий такой подход позволяет учитывать сочетание профессиональных, экологических, поведенческих и социальных факторов риска [24, 25].

Для Казахстана особенно перспективны исследования работников горнодобывающей промышленности с одновременной оценкой функции внешнего дыхания, пылевого стажа, показателей оксидативного стресса, иммунного статуса и молекулярных маркеров повреждения ДНК. Такие исследования могут стать основой для разработки национальных критериев раннего выявления групп высокого риска профессионального рака.

Профилактика профессионального рака должна основываться на иерархии мер управления риском. Наиболее эффективным направлением является исключение или замена канцерогенного фактора. Если это невозможно, необходимо снижение концентраций канцерогенов, герметизация процессов, эффективная вентиляция, мокрые методы пылеподавления, техническое обслуживание оборудования и контроль дизельных выбросов.

Вторым направлением является развитие производственного мониторинга. Современные цифровые системы позволяют контролировать запыленность, содержание радона, концентрации химических веществ и аэрозолей в режиме, близком к реальному времени. Для шахт и рудников особенно важен контроль респираторной пыли, кристаллического диоксида кремния, дизельных аэрозолей и радиационных факторов.

Третьим направлением является совершенствование медицинского наблюдения. Для работников с высоким риском рака легкого может рассматриваться применение низкодозовой компьютерной томографии в рамках строго определенных программ скрининга, особенно при сочетании профессиональных факторов и курения. Однако такие программы должны сопровождаться четкими критериями включения, оценкой пользы и риска, а также последующим маршрутом диагностики и лечения [35].

Ключевым организационным шагом для Казахстана может стать создание национального регистра профессионального рака. Такой регистр должен объединять данные онкологической службы, профпатологической службы, производ-

ственного контроля и санитарно-гигиенических характеристик условий труда. Это позволит выявлять профессиональные кластеры, анализировать отраслевые риски и разрабатывать адресные профилактические программы.

Обсуждение. Полученные данные подтверждают, что профессиональный рак сохраняет статус одной из наиболее сложных и одновременно наименее полно учитываемых проблем медицины труда. Его эпидемиологическая особенность заключается в длительном латентном периоде, неспецифичности клинической картины и частом сочетании производственных воздействий с поведенческими и экологическими факторами риска. В результате профессиональная этиология опухоли нередко остается за пределами стандартного онкологического маршрута, особенно если при первичном обращении не проводится целенаправленный сбор профессионального анамнеза.

Принципиально важно, что профессиональный рак не может рассматриваться только как следствие единичного воздействия одного канцерогена. Для большинства работников промышленных отраслей характерна комбинированная экспозиция: пыль сложного состава, аэрозоли металлов, дизельные выхлопы, радон, продукты горения, растворители и неблагоприятные микроклиматические факторы. Такая экспозиция формирует не изолированный, а кумулятивный и многофакторный канцерогенный риск, который возрастает при увеличении стажа, интенсивности контакта и недостаточной эффективности инженерной защиты.

Особое значение имеет рак легкого как наиболее частая и методологически сложная форма профессионально обусловленной онкопатологии. Его связь с условиями труда требует оценки не только диагноза и морфологического варианта опухоли, но и полного профессионального маршрута пациента: профессии, участка, технологического процесса, длительности стажа, уровня запыленности, содержания кристаллического диоксида кремния, факта воздействия дизельных аэрозолей, радона, соединений хрома, никеля, мышьяка и других канцерогенов. Без такой реконструкции условий труда профессиональная природа заболевания практически не выявляется.

Для горнодобывающей промышленности Казахстана проблема имеет особую значимость. Угольные шахты, рудники, карьеры, предприятия по добыче и переработке урана, металлургические и нефтегазовые производства создают условия для длительного контакта работников с канцерогенами, признанными доказанными для человека. При этом официальная регистрация профессионального рака остается несоразмерно низкой по сравнению с масштабом потенциальных воздействий. Это позволяет предположить не низкую распространенность профессионально обусловленных опухолей, а недостаточную выявляемость, слабую маршрутизацию и отсутствие единой системы учета.

Одним из ключевых барьеров является разрыв между онкологической и профпатологической службами. В онкологической практике основное внимание закономерно сосредоточено на верификации опухоли, стадировании и выборе

противоопухолевого лечения, тогда как профессиональный анамнез часто остается вторичным. В профпатологии, напротив, причинно-следственная экспертиза требует санитарно-гигиенических характеристик, архивных данных производственного контроля и подтверждения длительности воздействия. При отсутствии обмена данными между этими службами значительная часть потенциально профессиональных случаев не доходит до этапа экспертной оценки.

Международный опыт показывает, что эффективное выявление профессионального рака возможно только при наличии специальных регистров, единых критериев признания, страховых и компенсационных механизмов, а также активного поиска профессионального маршрута у онкологических пациентов [29, 32]. Наиболее результативные модели включают не только регистрацию уже установленного профессионального диагноза, но и предварительную идентификацию групп риска по отрасли, профессии и канцерогенному воздействию. Для Казахстана именно такой подход представляется наиболее перспективным, поскольку он позволяет перейти от пассивного учета единичных случаев к системному эпидемиологическому наблюдению.

Создание национального регистра профессионального рака должно рассматриваться не как формальная статистическая мера, а как инструмент профилактики и управления рисками. В регистр целесообразно включать сведения о диагнозе, морфологической верификации, локализации опухоли, профессиональном маршруте, канцерогенных факторах, стаже, данных производственного контроля, курительном статусе и результатах экспертизы связи заболевания с профессией. Такая база позволит выявлять отраслевые кластеры, оценивать вклад отдельных канцерогенов и формировать адресные профилактические программы.

Важным направлением является внедрение риск-ориентированного медицинского наблюдения работников канцерогенно опасных производств. Оно должно отличаться от стандартного периодического осмотра большей глубиной оценки: обязательным сбором профессионального маршрута, стратификацией по стажу и интенсивности воздействия, учетом курения, анализом архивных санитарно-гигиенических данных, динамической оценкой функции внешнего дыхания и применением инструментальных методов у групп высокого риска. Для работников с высоким риском рака легкого может обсуждаться низкодозовая компьютерная томография, однако только в рамках регламентированной программы с четкими критериями включения, маршрутом дообследования и оценкой соотношения пользы и риска.

Отдельного обсуждения заслуживает роль биомаркеров. Оксидативный стресс, хроническое воспаление, повреждение ДНК, эпигенетические изменения и нарушения противоопухолевого иммунного надзора являются общими звеньями профессионального канцерогенеза. Однако на современном этапе большинство биомаркеров не может служить самостоятельным основанием для установления профессионального диагноза. Их значение состоит прежде всего в раннем выявлении

нии групп повышенного риска, научном обосновании механизмов воздействия и формировании персонализированных программ наблюдения.

Для условий Казахстана перспективным направлением являются проспективные когортные исследования работников шахт, рудников и металлургических предприятий с интеграцией данных производственного контроля, функционального состояния дыхательной системы, биомаркеров оксидативного стресса и иммунологических показателей. Такие исследования позволят не только уточнить распространенность ранних нарушений у работников канцерогенно опасных производств, но и сформировать национальные критерии риска профессионального рака с учетом реальной структуры промышленности страны.

Следует подчеркнуть, что наличие непрофессиональных факторов риска не исключает профессиональную природу опухоли. Курение, возраст, наследственная предрасположенность и экологические воздействия должны учитываться при экспертной оценке, однако они не отменяют значения доказанного профессионального контакта с канцерогеном, особенно при достаточном латентном периоде и соответствии локализации опухоли известному спектру действия данного фактора. Такой подход особенно важен при раке легкого, где профессиональные и поведенческие риски часто взаимодействуют синергически.

С профилактической точки зрения наибольший эффект может дать не расширение перечня медицинских обследований само по себе, а снижение канцерогенной экспозиции на рабочем месте. Приоритет должны иметь замена канцерогенных веществ, герметизация процессов, локальная вытяжная вентиляция, мокрые методы пылеподавления, контроль дизельных выбросов, мониторинг радона, применение эффективных средств индивидуальной защиты и обучение работников. Медицинское наблюдение должно дополнять, а не подменять первичную профилактику.

Ограничением настоящего обзора является отсутствие собственного эпидемиологического анализа национальных данных по профессиональному раку, что связано с недостаточной доступностью специализированной статистики и отсутствием единого регистра. Вместе с тем проведенное обобщение международных и отечественных данных позволяет обозначить ключевые организационные дефициты и определить направления дальнейших исследований. Наиболее важными из них являются создание регистра, стандартизация профессионального анамнеза в онкологической практике, формирование межведомственного обмена данными и разработка риск-ориентированных программ наблюдения работников канцерогенно опасных производств.

Таким образом, профессиональный рак следует рассматривать не только как клиническую или экспертную проблему, но и как индикатор качества системы охраны труда. Его выявляемость зависит от зрелости производственного контроля, полноты медицинского наблюдения, доступности архивных данных, взаимодействия служб и готовности системы здравоохранения признавать вклад условий

труда в формирование онкологической заболеваемости. Для Казахстана развитие этой системы является важным условием снижения предотвратимого онкологического бремени среди работающего населения.

Заключение. Профессиональный рак остается одной из наиболее сложных и социально значимых проблем медицины труда. Ведущими производственными канцерогенами являются асбест, кристаллический диоксид кремния, бензол, дизельные выхлопные газы, радон, соединения тяжелых металлов и ионизирующее излучение. Наиболее распространенными формами профессиональной онкопатологии остаются рак легкого, мезотелиома плевры, рак мочевого пузыря и гемобластозы.

Для работников горнодобывающей промышленности особую опасность представляет комбинированное воздействие кварцевой пыли, радона, дизельных аэрозолей и продуктов горения. Эта проблема имеет прямое значение для Казахстана, где горнодобывающая, металлургическая, нефтегазовая и уранодобывающая отрасли занимают важное место в экономике.

Международный опыт показывает, что эффективное выявление профессионального рака невозможно без специализированных регистров, длительного медицинского наблюдения, качественного сбора профессионального анамнеза и межведомственного взаимодействия. Для Казахстана создание системы учета профессиональных онкологических заболеваний и внедрение риск-ориентированного мониторинга работников канцерогенно опасных производств являются приоритетными направлениями развития профпатологической службы.

Современные биомаркеры оксидативного стресса, иммунологических нарушений и молекулярного повреждения ДНК открывают новые возможности для раннего выявления групп риска. Их интеграция с данными производственного контроля и клинического наблюдения может существенно повысить эффективность профилактики профессионального рака и снизить бремя онкологических заболеваний среди работающего населения.

Литература

1. IARC. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. List of Classifications. Lyon: International Agency for Research on Cancer, 2024.
2. Loomis D., Guha N., Hall A.L., Straif K. Identifying occupational carcinogens: an update from the IARC Monographs // Occupational and Environmental Medicine. 2018. Vol. 75. No. 8. P. 593–603. DOI: 10.1136/oemed-2017-104944.
3. International Labour Organization. Safety and Health at the Heart of the Future of Work. Geneva: ILO, 2019.
4. European Agency for Safety and Health at Work. Work-related Cancer: Facts and Figures. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023.

5. Takala J. Eliminating occupational cancer // *Industrial Health*. 2015. Vol. 53. No. 4. P. 307–309. DOI: 10.2486/indhealth.53.307.
6. GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 // *The Lancet*. 2020. Vol. 396. P. 1223–1249. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30752-2.
7. Rushton L., Hutchings S.J., Fortunato L. et al. Occupational cancer burden in Great Britain // *British Journal of Cancer*. 2012. Vol. 107. Suppl. 1. P. S3–S7. DOI: 10.1038/bjc.2012.112.
8. Furuya S., Chimed-Ochir O., Takahashi K. et al. Global asbestos disaster // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018. Vol. 15. No. 5. Art. 1000. DOI: 10.3390/ijerph15051000.
9. Takahashi K., Landrigan P.J. The global health dimensions of asbestos and asbestos-related diseases // *Annals of Global Health*. 2016. Vol. 82. No. 1. P. 209–213. DOI: 10.1016/j.aogh.2016.01.012.
10. Stayner L., Welch L.S., Lemen R. The worldwide pandemic of asbestos-related diseases // *Annual Review of Public Health*. 2013. Vol. 34. P. 205–216. DOI: 10.1146/annurev-publhealth-031811-124704.
11. Frank A.L., Joshi T.K. The global spread of asbestos // *Annals of Global Health*. 2014. Vol. 80. No. 4. P. 257–262. DOI: 10.1016/j.aogh.2014.09.016.
12. Consonni D., De Matteis S., Pesatori A.C. Lung cancer and occupational exposure // *La Medicina del Lavoro*. 2018. Vol. 109. No. 6. P. 407–413. DOI: 10.23749/mdl.v109i6.7640.
13. Olsson A.C., Gustavsson P., Kromhout H. et al. Occupational exposure to diesel motor emissions and lung cancer risk // *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2011. Vol. 183. No. 7. P. 941–948. DOI: 10.1164/rccm.201006-0947OC.
14. Attfield M.D., Schleiff P.L., Lubin J.H. et al. The Diesel Exhaust in Miners Study: a cohort mortality study // *Journal of the National Cancer Institute*. 2012. Vol. 104. No. 11. P. 869–883. DOI: 10.1093/jnci/djs035.
15. Silverman D.T., Samanic C.M., Lubin J.H. et al. The Diesel Exhaust in Miners Study: a nested case-control study // *Journal of the National Cancer Institute*. 2012. Vol. 104. No. 11. P. 855–868. DOI: 10.1093/jnci/djs034.
16. Benbrahim-Tallaa L., Baan R.A., Grosse Y. et al. Carcinogenicity of diesel-engine and gasoline-engine exhausts and some nitroarenes // *The Lancet Oncology*. 2012. Vol. 13. No. 7. P. 663–664. DOI: 10.1016/S1470-2045(12)70280-2.
17. Schubauer-Berigan M.K., Daniels R.D., Bertke S.J. et al. Radionuclide exposure and cancer mortality among U.S. nuclear workers // *Radiation Research*. 2015. Vol. 183. No. 6. P. 620–631. DOI: 10.1667/RR13879.1.
18. Richardson D.B., Cardis E., Daniels R.D. et al. Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation: retrospective cohort study of workers in France,

the United Kingdom, and the United States (INWORKS) // *BMJ*. 2015. Vol. 351. P. h5359. DOI: 10.1136/bmj.h5359.

19. Leuraud K., Richardson D.B., Cardis E. et al. Ionising radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS) // *The Lancet Haematology*. 2015. Vol. 2. No. 7. P. e276–e281. DOI: 10.1016/S2352-3026(15)00094-0.

20. Vlaanderen J., Lan Q., Kromhout H. et al. Occupational benzene exposure and the risk of lymphoma subtypes // *Occupational and Environmental Medicine*. 2011. Vol. 68. No. 4. P. 250–257. DOI: 10.1136/oem.2010.058404.

21. Khalade A., Jaakkola M.S., Pukkala E., Jaakkola J.J.K. Exposure to benzene at work and the risk of leukemia: a systematic review and meta-analysis // *Environmental Health*. 2010. Vol. 9. Art. 31. DOI: 10.1186/1476-069X-9-31.

22. Barnes J.L., Zubair M., John K. et al. Carcinogens and DNA damage // *Biochemical Society Transactions*. 2018. Vol. 46. No. 5. P. 1213–1224. DOI: 10.1042/BST20180519.

23. Hanahan D. Hallmarks of cancer: new dimensions // *Cancer Discovery*. 2022. Vol. 12. No. 1. P. 31–46. DOI: 10.1158/2159-8290.CD-21-1059.

24. Wild C.P. Complementing the genome with an exposome: the outstanding challenge of environmental exposure measurement in molecular epidemiology // *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*. 2005. Vol. 14. No. 8. P. 1847–1850. DOI: 10.1158/1055-9965.EPI-05-0456.

25. Miller G.W., Jones D.P. The nature of nurture: refining the definition of the exposome // *Toxicological Sciences*. 2014. Vol. 137. No. 1. P. 1–2. DOI: 10.1093/toxsci/kft251.

26. Fenga C. Occupational exposure and risk of breast cancer // *Biomedical Reports*. 2016. Vol. 4. No. 3. P. 282–292. DOI: 10.3892/br.2016.575.

27. Straif K., Benbrahim-Tallaa L., Baan R. et al. A review of human carcinogens - Part C: metals, arsenic, dusts, and fibres // *The Lancet Oncology*. 2009. Vol. 10. No. 5. P. 453–454. DOI: 10.1016/S1470-2045(09)70096-8.

28. Driscoll T., Takala J., Steenland K. et al. Review of estimates of the global burden of injury and illness due to occupational exposures // *American Journal of Industrial Medicine*. 2005. Vol. 48. No. 6. P. 491–502. DOI: 10.1002/ajim.20286.

29. Lee P.N. Relation between exposure to asbestos and smoking jointly and the risk of lung cancer // *Occupational and Environmental Medicine*. 2001. Vol. 58. No. 3. P. 145–153. DOI: 10.1136/oem.58.3.145.

30. Pega F., Náfrádi B., Momen N.C. et al. Global, regional, and national burdens of ischemic heart disease and stroke attributable to exposure to long working hours for 194 countries, 2000–2016 // *Environment International*. 2021. Vol. 154. Art. 106595. DOI: 10.1016/j.envint.2021.106595.

31. World Health Organization, International Labour Organization. WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury, 2000–2016: Global

Monitoring Report. Geneva: World Health Organization; International Labour Organization, 2021.

32. International Labour Organization. Occupational Cancer Convention, 1974 (No. 139). Geneva: ILO, 1974.

33. World Health Organization. Cancer: Fact Sheet. Geneva: WHO, 2024.

34. Kazakh Institute of Oncology and Radiology. Cancer Care Indicators and Oncology Statistics of the Republic of Kazakhstan. Almaty: KazIOR, 2024.

35. National Lung Screening Trial Research Team. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening // New England Journal of Medicine. 2011. Vol. 365. P. 395–409. DOI: 10.1056/NEJMoa1102873.

ПРОФЕССИОНАЛДЫҚ ОБЫР: ЖАҒАНДЫҚ АУЫРТПАЛЫҚ, НЕГІЗГІ КАНЦЕРОГЕНДЕР, ДИАГНОСТИКАЛАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ АЛДЫН АЛУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Аманбекова А.У.^{1,2}, Отарбаева М.Б.¹, Алексеев А.В.¹, Газизова А.О.²

¹«Еңбек гигиенасы және кәсіптік аурулар ұлттық орталығы» КеАҚ (100017, Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ., Мұстафин көшесі, 15, e-mail: info@nao.ncgt.kz)

²«Қазақстан-Ресей медицина университеті» ББМ (050004, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Абылай хан көшесі, 51/53, e-mail: info@medkrmu.kz)

1. Аманбекова А.У., медицина ғылымдарының докторы, профессор, Қазақстан Республикасының бас штаттан тыс кәсіптік патологы, «Еңбек гигиенасы және кәсіптік аурулар ұлттық орталығы» КеАҚ, Қарағанды қ.; «Қазақстан-Ресей медицина университеті» ББМ профессоры, e-mail: amanbekova@mail.ru

2. Отарбаева М.Б., e-mail: mb.otarbaeva103@mail.ru

3. Алексеев А.В., e-mail: alexeyev.ncgtpz@mail.ru

4. Газизова А.О., e-mail: gazizova.a@metabody.kz

Тұжырым

Кәсіби қатерлі ісік қазіргі еңбек медицинасы мен қоғамдық денсаулық сақтаудың маңызды мәселелерінің бірі болып табылады. Мақалада кәсіби қатерлі ісіктердің әлемдік ауыртпалығы, негізгі өндірістік канцерогендер, тыныс алу мүшелерінің кәсіби обыры және халықаралық тіркеу тәжірибесі бойынша заманауи деректер жинақталған. Тау-кен өнеркәсібі қызметкерлеріндегі кәсіби қатерлі ісік және Қазақстандағы тіркеудің жеткіліксіздігі мәселесіне ерекше назар аударылды. Аурудың кәсіппен байланысын анықтау критерийлері, латентті кезеңдер,

оксидативті стресс, иммунологиялық бұзылыстар және молекулалық биомаркерлердің рөлі қарастырылды. Кәсіби қатерлі ісіктің ұлттық тіркелімін құру және канцерогендік қауіпті өндірістердегі қызметкерлерді тәуекелге бағдарланған бақылауды енгізу қажеттілігі негізделді.

Түйінді сөздер: кәсіби қатерлі ісік, өндірістік канцерогендер, еңбек медицинасы, кәсіби патология, өкпе обыры, асбест, кремнезем, бензол, шахтерлер.

OCCUPATIONAL CANCER: GLOBAL BURDEN, MAJOR CARCINOGENS, DIAGNOSTIC CHALLENGES, AND PREVENTION PROSPECTS

Amanbekova A.U.^{1,2}, Otarbayeva M.B.¹, Alexeyev A.V.¹, Gazizova A.O.²

¹NC JSC «National Centre Occupational Health and Diseases» (100017, Republic of Kazakhstan, Karaganda, Mustafina str. 15, e-mail: info@naoncgt.kz)

²Educational Institution «Kazakhstan-Russian Medical University» (51/53 Abylai Khan St., Almaty 050004, Republic of Kazakhstan, e-mail: info@medkrmu.kz)

1. Amanbekova A.U., Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Freelance Occupational Pathologist of the Republic of Kazakhstan, NC JSC «National Center of Occupational Hygiene and Occupational Diseases»; Professor, Educational Institution «Kazakhstan-Russian Medical University», e-mail: amanbekova@mail.ru

2. Otarbayeva M.B., e-mail: mb.otarbaeva103@mail.ru

3. Alexeyev A.V., e-mail: alexeyev.ncgtpz@mail.ru

4. Gazizova A.O., e-mail: gazizova.a@metabody.kz

Summary

Occupational cancer remains one of the most important challenges in occupational health and public health. This review summarizes current evidence on the global burden of occupational malignancies, major workplace carcinogens, occupational respiratory cancer and international registration systems. Particular attention is paid to mining workers and the under-recognition of occupational cancer in Kazakhstan. The article discusses criteria for establishing occupational causality, latency periods, oxidative stress, immune disturbances and molecular biomarkers. The need for a national occupational cancer registry and risk-based surveillance of workers exposed to occupational carcinogens is substantiated.

Key words: occupational cancer, occupational carcinogens, occupational health, occupational pathology, lung cancer, asbestos, silica, benzene, miners.