

УДК 575

ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ У ШАХТЕРОВ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ - КУЗБАССА, БОЛЬНЫХ РАКОМ ЛЕГКОГО

Астафьева М.В., инженер-технолог, Марущак А.В., старший инженер-технолог

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского
отделения Российской академии наук
г. Кемерово

Переработка и добыча угля занимают важное место в развитии энергетической промышленности России [1]. Кузбасс является лидером среди регионов по количеству угледобывающих предприятий, всего на область приходится 39 действующих шахт (данные февраля 2025 года) [2]. Ежедневно шахтеры подвергаются негативному влиянию производственной среды, вызывающие заболевания дыхательных путей [3]. Одним из главных факторов риска на шахтах является угольная пыль, которая образуется после бурения и взрывных работ [4]. Основываясь на литературных источниках, полученных через поисковую систему медицинских исследований PubMed, анализ микроядер на лимфоцитах периферической крови считается одним из наиболее информативных и эффективных генетических тестов для выявления воздействия мутантов и канцерогенов окружающей среды на генетический аппарат работников [5]. Угольная пыль, повышенный уровень радиации, влияние тяжелых металлов на организм человека может приводить к нарушению нормальной работы клеток у шахтеров, что создает риски для их здоровья. Такие данные подчеркивают важность изучения генетических последствий работы на угледобывающих предприятиях [6]. Актуальным является анализ микроядерных нарушений у работников шахт, страдающих от рака легкого [7].

В работе приняли участие 40 шахтеров, из которых 20 человек имеют выставленный диагноз – рак легкого, остальные 20 доноров были здоровыми шахтерами без диагнозов. Все работники угледобывающей промышленности, принявшие участие в исследовании, проживают на территории Кемеровской области – Кузбасса. С целью получения достоверных данных в работе были рассмотрены лица, которые не имели наследственных заболеваний и других онкологических заболеваний, а также не проходили рентген. Участие в исследовании осуществлялось на основании добровольного информированного согласия.

Оценка частоты цитогенетических нарушений проводилась благодаря методу микроядерного теста на основе анализа цельной периферической крови, взятой у шахтеров во время прохождения ежегодного профилактического

медицинского осмотра. Учет микроядерных нарушений (микроядра, мосты, протрузии) проводился в соответствии с общепринятыми цитогенетическими требованиями [8]. Все данные были внесены и проанализированы через программу «Statistica 10». Для цитогенетических показателей рассчитывалась медиана, минимально-максимальные значения и стандартные отклонения. Различия между группой больных шахтеров и здоровых проводилась с использование критерия Манна-Уитни.

Превращение нормальных клеток в опухолевые это сложный процесс, который приводит к развитию онкологии. Он включает в себя повреждение генетического аппарата и увеличение числа копий ДНК [9]. Анализ цитогенетических нарушений с помощью микроядерного теста позволил выявить ряд нарушений (табл. 1).

Таблица 1.
Цитогенетические нарушения у шахтеров больных раком легкого и здоровых доноров

Цитогенет. показ.%	Рак легкого (n=20)			Контрольная группа (n=20)			P
	Меди- ана	Мин.- Макс.	Ст. откл.	Медиа- на	Мин.- Макс.	Ст. откл.	
Всего 2 яд. кл. с мя	1,4*	0,3-4,2	0,99	0,65	0,5-1,1	0,17	0,001904
2 яд. кл. с мостами	0,87*	0-3,7	0,89	0,2	0-0,4	0,13	0,000013
2 яд. кл. с протр.	1,68	0-7,48	2,12	1,45	0-2,3	0,75	0,626368
1 яд. кл. с мя	0,95*	0-2,4	0,63	0,63	0-2,4	0,4	0,000020
1 яд. кл. с протр.	0,56*	0-1,92	0,64	0,56	0-1,92	0,3	0,000069

Примечание: р* — достоверные статистические значимые отличия от группы контроля ($p<0,05$) по U-критерию Манна-Уитни

Главным показателем в анализе микроядерного теста является количество нарушений у двуядерных клеток [10]. Появление микроядер в клетках человека говорит о влияние радиационных воздействий и других патологических состояний генома человека [11]. Увеличение числа нуклеоплазматических мостиков и протрузий в клетках так же связано с влиянием канцерогенов, тяжелых металлов, радиации на организм [12]. У шахтеров с РЛ показатели оказались выше в два раза, чем у здоровых работников угледобывающей промышленности: всего двуядерных клеток с микроядрами у РЛ $1,4 \pm 0,99\%$, у группы доноров $0,65 \pm 0,17\%$ по медиане. Соотношение двуядерных клеток с мостами и протрузиями так же значительно выше в группе больных шахте-

ров. Полученные данные схожи с результатами исследований других ученых-генетиков. Основным показателем микроядерного теста является количество двуядерных клеток с нарушением, но при исследовании частота встречаемости одноядерных клеток была выше нормы, поэтому мной были рассмотрены еще и дополнительно одноядерные клетки. Как и с двуядерными клетками, у одноядерных показатели цитогенетических нарушений значительно выше у группы больных раком легкого. Методом статистики был подсчитан критерий Манна-Уитни, из пяти рассматриваемых критериев у четырех были выявлены статистически значимые отличия от группы контроля.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод, что состояние генома шахтеров, задействованных на угольных предприятиях, подвержено негативному влиянию окружающей среды и другим факторам, включая наличие вредных привычек (курение) и профессиональные риски [13]. Выявленные повышенные показатели микроядерных нарушений в группе пациентов с раком легких свидетельствуют о более выраженной геномной нестабильности по сравнению со здоровыми людьми, работающими в той же сфере деятельности [14]. Наличие МЯ в крови является надежным биомаркером канцерогенного воздействия [15]. Полученные результаты свидетельствуют о токсичном воздействии условий работы в угольных шахтах, проявляющемся в повышенной частоте МЯ нарушений у шахтёров [16]. Этот факт подтверждается результатами ряда исследований других ученых [17, 18].

В настоящем исследовании установлено, что у шахтёров, больных раком легкого, наблюдается статистически значимое увеличение частоты микроядерных нарушений по сравнению со здоровыми работниками шахт. Таким образом, профессиональные воспалительные заболевания лёгких влияют на частоту встречаемости микроядер.

Список литературы

1. Личковаха, Д. В. Роль российского угля в современной мировой энергетике / Д. В. Личковаха // Общество: политика, экономика, право. – 2024. – № 8. – С. 125-130.
2. Министерство угольной промышленности Кузбасса / Информационный источник: <https://mupk42.ru/tu/industry/> (дата обращения: 31.03.25)
3. Ханин, А. Л. Распространенность хронической обструктивной болезни легких и профилактика пылевых поражений бронхов у шахтеров / А. Л. Ханин, Н. И. Кравченко, Н. С. Верещагина // Медицина в Кузбассе. – 2004. – № 2 спецвыпуск. – С. 63-68.
4. Фомин, А. И. Исследование влияния угольной пыли на безопасность ведения горных работ / А. И. Фомин, Я. С. Ворошилов, Д. Ю. Палеев // Горная промышленность. – 2019. – № 1 (143). – С. 33-37.
5. Маффей, Ф. Частота микроядер в лимфоцитах периферической крови человека как биомаркер для раннего выявления риска развития

колоректального рака / Ф. Маффеи, Дж. М. Золецци Морага, С. Анджелини [и др.] // Мутагенез. – 2014. – № 29(3). – С. 221-225.

6. Фоменко, Д. В. Медико-биологическое исследование влияния угольной пыли как фактора интоксикации / Д. В. Фоменко, Е. В. Уланова, К. Г. Громов [и др.] // Acta Biomedica Scientifica. – 2009. – № 1. – С. 278-283.

7. Глушков, А. Н. Иммуноанализ антител к бензо[а]пирену в определении риска развития рака лёгких у работников угольных шахт / А. Н. Глушков, Е. Г. Поленок, М. В. Костянко [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – № 3. – С. 174-178.

8. Сланина, С. В. Оценка цитогенетических эффектов малых доз профессионального облучения с помощью микроядерного теста / С. В. Сланина, В. Ф. Кириллов, В. И. Далечин [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2006. – № 10. – С. 13-19.

9. Лыжко, Н. А. Молекулярно-генетические механизмы инициации, промоции и прогрессии опухолей / Н. А. Лыжко // Российский биотерапевтический журнал. – 2017. – № 4. – С. 6-17.

10. Ингель, Ф. И. Перспективы использования микроядерного теста на лимфоцитах крови человека, культивируемых в условиях цитокинового блока. Часть 1. Пролиферация клеток / Ф. И. Ингель // Экологическая генетика. – 2006. – № 3. – С. 7-19.11.

11. Мельнов, С. Б. Влияние меланина на индукцию микроядер и апоптоз при радиационном воздействии / С. Б. Мельнов, П. М. Морозик, Н. И. Мельникова // Проблемы здоровья и экологии. – 2004. – № 2. – С. 28-33.

12. Цай, Т. Дж. Влияние возраста и пола на исходную частоту нуклеоплазменных мостиков и частоту мостиков, индуцированных γ -излучением ^{60}Co в 2 Гр, в лимфоцитах периферической крови у населения Китая / Т. Дж. Цай, С. Лу, С. Л. Тянь [и др.] // Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen. – 2018. – № 832-833. – С. 29-34.

13. Рыжкова, А. В. Полиморфизмы генов ферментов reparации ДНК и показатели нестабильности генома у работников угольных шахт / А. В. Рыжкова, В. И. Минина, А. О. Соколова [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2020. – № 1. – С. 12-18.

14. Асанов, М. А. Генная нестабильность лимфоцитов у больных раком легкого с сопутствующей ишемической болезнью сердца / М. А. Асанов, М. Ю. Синицкий, А. В. Понасенко, В. И. Минина // Гены и клетки. – 2021. – № 2. – С. 61-65.

15. Сайдова, З. Х. Анализ микроядер как биомаркера состояния организма / З. Х. Сайдова, Ф. Х. Сайдова // Научные известия. – 2020. – № 19. – С. 79-82.

16. Тихонова, Г. И. Влияние продолжительности и интенсивности воздействия производственных факторов на уровень смертности шахтеров-угольщиков / Г. И. Тихонова, Т. Е. Пиктушанская, Т. Ю.

Горчакова [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2018.
– № 7. – С. 16-21.

17. Кулемин, Ю. Е. Условия возможного повреждения хромосом
у шахтеров / Ю. Е. Кулемин, В. И. Минина, М. Ю. Синицкий [и др.] //
Гигиена и санитария. – 2017. – № 5. – С. 455-459.

18. Дружинин, В. Г. Микроядра в лимфоцитах крови действую-
щих и бывших шахтёров: оценка влияния антракосиликоза / В. Г. Дру-
жинин, С. В. Апалько, Е. Д. Баранова [и др.] // Экологическая генетика.
– 2019. – № 4. – С. 57-64.