

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 использованием 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)			Р
	Медиана	Мин.-Макс.	Ст. откл.	Медиана	Мин.-Макс.	Ст. откл.	
<b>Всего 2 яд. кл. с мя</b>	1,4*	0,3-4,2	0,99	0,65	0,5-1,1	0,17	0,001904
<b>2 яд. кл. с мостами</b>	0,87*	0-3,7	0,89	0,2	0-0,4	0,13	0,000013
<b>2 яд. кл. с протр.</b>	1,68	0-7,48	2,12	1,45	0-2,3	0,75	0,626368
<b>1 яд. кл. с мя</b>	0,95*	0-2,4	0,63	0,63	0-2,4	0,4	0,000020
<b>1 яд. кл. с протр.</b>	0,56*	0-1,92	0,64	0,56	0-1,92	0,3	0,000069

**Примечание:** p\* — 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 влиянии 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 клеткок 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/ru/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. Маффеи, Ф. Частота микроядер в лимфоцитах периферической крови человека как биомаркер для раннего выявления риска развития

колоректального рака / Ф. Маффеи, Дж. М. Золесци 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 цитокинетического 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  $\gamma$ -излучением  $^{60}\text{Co}$  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 репарации 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. Саидова, З. Х. Анализ микроядер как биомаркера состояния организма / З. Х. Саидова, Ф. Х. Саидова // 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. Сеницкий [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – № 5. – С. 455-459.

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