

УДК 57.085.23

<https://doi.org/10.21603/-I-IC-82>

## ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ГЕНОМА У РАБОЧИХ УГОЛЬНЫХ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ КУЗБАССА С ПОМОЩЬЮ МИКРОЯДЕРНОГО ТЕСТА В ЛИМФОЦИТАХ КРОВИ

Марущак А. В.\*, Елисейкин А. М.\*, Заушинцена А. В.\*\*

\* Институт экологии человека Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кемерово, Россия

\*\* Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

### Аннотация

Цель: изучение цитотоксических эффектов у работников угольных теплоэлектростанций.

В работе проведён анализ цитогенетических и пролиферативных параметров клеток крови 50 работников ТЭЦ и ГРЭС и 50 неработающих на производстве жителей Кемеровской области. Полученные данные свидетельствуют о цитотоксическом влиянии соединений, присутствующих в воздухе промышленной среды, на организм работников угольных теплоэлектростанций.

**Ключевые слова:** микроядерный тест, цитотоксичность, работники ТЭЦ и ГРЭС, лимфоциты.

В процессе профессиональной деятельности на угольных теплоэлектростанциях работники взаимодействуют с широким перечнем факторов, вызывающих окислительный стресс, и, как следствие, различные нарушения в структуре ДНК. К негативным детерминантам, которые оказывают влияние на геномную стабильность рабочих, относятся: уголь и его производные (зола, пыль), полициклические ароматические углеводороды, оксид углерода, активные формы кислорода, радон и продукты и его распада и пр. [1].

В исследовании принимали участие 50 работающих на заводах Кузбасса: 25 доноров – работники Ново-Кемеровской угольной теплоэлектростанции (ТЭЦ), 25 – рабочие Государственной районной электрической станции (ГРЭС) города Кемерово. Контрольную группу составили 50 неработающих на производстве условно-здоровых жителей Кемеровской области.

Для изучения цитотоксичности производственной среды на ТЭЦ и ГРЭС использовался микроядерный тест в условиях цитокинетического блока на лимфоцитах периферической крови. Данный метод позволяет выявить широкий спектр как цитогенетических параметров 2-ядерных клеток – частоты микроядер, мостов и протрузий, – так и определить пролиферативную активность лимфоцитов, регистрируя частоты клеток на стадиях митоза и апоптоза, а также рассчитав индексы репликации и пролиферации.

На обоих заводах производится электроэнергия, причём ГРЭС отличается от ТЭЦ мощностью её выработки. Однако, в ТЭЦ вырабатывается ещё и тепло, тем самым обеспечивая городское теплоснабжение. Изучая различия в регистрируемых показателях микроядерного теста у работников обоих заводов, выявлены статистически значимые повышения параметров частот микроядер ( $p=0.03$ ) и протрузий ( $p=0.003$ ) у рабочих ТЭЦ (2,43 % и 2,23 % соответственно) по сравнению с работающими на ГРЭС (2,19 % и 1,81 % соответственно).

В таблице представлены результаты микроядерного тестирования работников теплоэлектростанций и жителей Кемеровской области.

Таблица

**Цитогенетические и пролиферативные параметры микроядерного теста, %**

Показатели	Работники ТЭС		Контрольная группа	
	$\mu$	$\pm$	$\mu$	$\pm$
Частота микроядер	2,32*	0,47	0,75	0,69
Частота мостов	1,01*	0,88	0,48	0,75
Частота протрузий	2,00*	1,70	0,52	0,72
Частота митозов	0,84	0,39	2,44*	1,05
Частота апоптозов	1,06*	0,32	0,62	0,50
Индекс пролиферации	1,61	0,13	1,77*	0,15
Индекс репликации	1,96	0,23	1,93	0,17

Примечание.  $\mu$  – среднее значение,  $\pm$  – стандартное отклонение, \* - при U-критерии Манна-Уитни  $p < 0.05$ .

Изучив цитогенетические показатели в 2-ядерных лимфоцитах работающих и неработающих на производстве, установлено, что частоты микроядер (2,32 %), мостов (1 %), протрузий (2%) значительно повышены у работников ТЭС по сравнению с контролем (0,75 %, 0,48 %, и 0,52 % соответственно). Формирование микроядер и мостов связано с ошибками на стадии клеточного деления, в то время как протрузии образуются при нарушениях в репарационных механизмах клетки. Воздействие таких соединений, как АФК, тяжёлые металлы, ПАУ, находящихся в воздухе промышленной среды, способствует повреждению нормального функционирования иммунных механизмов в организме, что напрямую влияет на повышенную частоту микроядер и мостов в лимфоцитах [2]. Помимо этого, протрузии являются маркерами онкологических заболеваний.

Анализ пролиферативной активности 2-ядерных лимфоцитов показал, что работники теплоэлектростанций обладают повышенными частотами апоптозов (1,06 %), однако, пониженными частотами клеток на стадии митоза (0,84 %) по сравнению с контрольными донорами (0,62 % и 2,44 % соответственно). Известно, что при повреждении структуры ДНК запускаются механизмы клеточной гибели с целью удаления клеток с генетическими нарушениями. Повышенная частота апоптотических клеток может быть связана с воздействием тяжёлых металлов на организм работников. В некоторых работах [3, 4] выдвигается предположение о частоте клеток с апоптозом как предикторе риска развития злокачественных новообразований.

Таким образом, в работе произведена оценка уровня генотоксического воздействия факторов производственной среды на рабочих ТЭС и ГРЭС. Частоты регистрируемых цитогенетических параметров микроядерного тестирования лимфоцитов рабочих теплоэлектростанций статистически значимо повышены по сравнению с группой контрольных доноров. Показатели пролиферативной активности, такие как индекс пролиферации и клетки на стадии митоза, значительно понижены в группе работников по сравнению с контрольной выборкой. Частота клеток на стадии апоптоза значительно повышена в рабочей группе. Представленные данные предоставляют расширенную информацию о воздействии канцерогенных эффектов производственной среды теплоэлектростанций на стабильность генома работников.

### Список литературы

1. Kirsch-Volders, M. Validity of the Lymphocyte Cytokinesis-Block Micronucleus Assay (L-CBMN) as biomarker for human exposure to chemicals with different modes of action: a synthesis of systematic reviews / M. Kirsch-Volders // Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. – 2018. – V. 836(Pt. A). – P. 47-52.
2. Fenech, M. Cytokinesis-block micronucleus assay evolves into a «cytome» assay of chromosomal instability, mitotic dysfunction and cell death / Fenech M. // Mutat Res. – 2006. – V. 600. – № 2. – P. 58-66.
3. Fenech, M. Cytokinesis-block micronucleus cytome assay / Fenech M. // Nat Protoc. – 2007. – V. 2. – № 5. P. 1084-1104.
4. Thomas, P. Nucleoplasmic bridges are a sensitive measure of chromosome rearrangement in the cytokinesis-block micronucleus assay / Thomas P., Umegaki K., Fenech M. // Mutagenesis. – 2003. – V. 18. – № 2. – P. 187-194.

### ASSESSMENT OF GENOME STABILITY IN WORKERS OF THE COAL-BORNE THERMAL POWER PLANTS OF KUZBASS WITH MICRONUCLEAR TEST IN BLOOD LYMPHOCYTES

Marushchak A. V. \*, Elisejkin A. M. \*, Zaushintsena A. V. \*\*

\*Institute Human Ecology Federal Research Center of Coal and Coal-Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russia

\*\*Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

#### Abstract

Objective: to study the cytotoxic effects in workers of coal-fired thermal power plants.

The paper analyzes the cytogenetic and proliferative parameters of blood cells in 50 employees of thermal power plants and state district power plants and 50 non-working residents of the Kemerovo region. Data have been obtained on the cytotoxic compound of compounds present in the environment of industrial enterprises at the plant of working coal-fired thermal power plants.

**Keywords:** micronucleus test, cytotoxicity, coal-fired thermal and condensing power plant workers, lymphocytes.

#### References

1. Kirsch-Volders, M. Validity of the Lymphocyte Cytokinesis-Block Micronucleus Assay (L-CBMN) as biomarker for human exposure to chemicals with different modes of action: a synthesis of systematic reviews / M. Kirsch-Volders // Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. – 2018. – V. 836(Pt. A). – P. 47-52.
2. Fenech, M. Cytokinesis-block micronucleus assay evolves into a «cytome» assay of chromosomal instability, mitotic dysfunction and cell death / Fenech M. // Mutat Res. – 2006. – V. 600. – № 2. – P. 58-66.
3. Fenech, M. Cytokinesis-block micronucleus cytome assay / Fenech M. // Nat Protoc. – 2007. – V. 2. – № 5. P. 1084-1104.
4. Thomas, P. Nucleoplasmic bridges are a sensitive measure of chromosome rearrangement in the cytokinesis-block micronucleus assay / Thomas P., Umegaki K., Fenech M. // Mutagenesis. – 2003. – V. 18. – № 2. – P. 187-194.

*Научный руководитель – д.б.н., зав. кафедрой генетики и фундаментальной медицины Кемеровского государственного университета В. И. Минина*