

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
(НА УРОВНЕ 1,5 ПДК, ПДУ) НА УСКОРЕННОЕ СТАРЕНИЕ
МОДЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ХРОНИЧЕСКОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА)**

**Савченко О.А.¹, Чуенко Н.Ф.¹, Плотникова О.В.², Савченко О.А.²,
Савченко О.О.²**

¹ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора (630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Пархоменко, 7).

²ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (640099, Россия, г. Омск, ул. Ленина, 12)

1.Савченко О.А., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, e-mail: Savchenkoaa1969@mail.ru

2.Чуенко Наталья Фёдоровна, e-mail:natali26.01.1983@yandex.ru

3.Плотникова Ольга, e-mail: olga.plotnikova7@mail.ru

4.Савченко Ольга Анатольевна, e-mail: Olgasav1978@mail.ru

5.Савченко Оксана Олеговна, e-mail: savchenkooh@yandex.ru

В 180-суточном эксперименте на 120 крысах линии Wistar изучено влияние изолированного воздействия вибрации, шума (81,5-85,3 дБА) и 4-компонентной смеси углеводов (1,5 ПДК). Установлено, что длительное воздействие данных факторов на уровне 1,5 ПДК/ПДУ приводит к ускоренному старению, что проявляется достоверным укорочением теломер, полиморфными патологическими изменениями в двух и более внутренних органах, снижением поведенческой активности и внешними сенильными признаками. Полученные результаты подтверждают роль производственных факторов как индукторов преждевременного старения и обосновывают необходимость усиления профилактических мер у трудового контингента, работающего в подобных условиях.

Ключевые слова: эксперимент, вибрация, шум, химические вещества, 1,5 ПДК/ПДУ, модельные организмы, ускоренное старение, укорочение теломер

Введение. Охрана здоровья населения и безопасные условия труда являются приоритетами государственной политики РФ [1]. Здоровье – ключевой фактор

реализации трудового и интеллектуального потенциала [2]. Вредные факторы производственной среды (физические и химические), действуя длительно, даже на уровне, близком к предельно допустимому (ПДК, ПДУ), могут вызывать хронический стресс, приводящий к ускоренному старению организма и развитию патологии связанной с неблагоприятным воздействием факторов производственной среды [3-9]. Преждевременное старение рассматривается как результат комплексного воздействия стрессоров на фоне индивидуальных адаптационных возможностей организма [6, 10]. Несмотря на актуальность, количественный вклад изолированных факторов и их влияние на молекулярно-клеточные механизмы старения требуют углубленного изучения [6-17].

Цель исследования: оценить влияние физических и химических факторов на уровне 1,5 ПДК/ПДУ на развитие ускоренного старения модельных организмов, установить первичные изменения и биомаркеры данного процесса.

Материал и методы. Исследование выполнено на 120 половозрелых крысах-самцах и самках линии Wistar. Животных разделили на 4 группы (n=30 в каждой): 1-я – интактный контроль; 2-я – воздействие локальной вибрацией (30 мин/день); 3-я – воздействие широкополосным шумом 81,5-85,3 дБА (30 мин/день); 4-я – воздействие 4-компонентной смесью углеводородов (диметилбензол, бензин-растворитель, метилбензол, пропан-2-он) в концентрации 1,5 суммарной ПДК (30 мин/день). Эксперимент длился 180 суток. Оценка проводили на 1-е (фон), 60-е, 120-е и 180-е сутки.

Методы: гигиеническая диагностика, тест «Открытое поле» для оценки поведенческих реакций [16], взвешивание, термометрия. Через каждые 60 дней часть животных выводили из эксперимента. Некropsию проводили с забором образцов сердца, печени, легких, почек, селезенки для гистологического исследования (окраска гематоксилином и эозином) и скелетной мускулатуры бедра для генетического анализа. Относительную длину теломер (ОДТ) определяли методом количественной ПЦР в реальном времени [18, 19]. Статистическую обработку проводили в программе Statistica 10.0 с использованием критерия Манна-Уитни, различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. К 180-м суткам эксперимента у животных всех опытных групп, по сравнению с контролем, отмечалось статистически значимое ($p < 0,05$) снижение горизонтальной и вертикальной двигательной активности, исследовательской активности (норковый рефлекс) и увеличение эмоциональной реактивности в тесте «Открытое поле». Наблюдались внешние признаки ускоренного старения: алопеция, тусклая шерсть, снижение массы тела, уменьшение общей активности.

Морфогистологический анализ выявил развитие полиморфных патологических изменений в двух и более органах у животных опытных групп уже к 60-м суткам, с прогрессированием к 120-180-м суткам. Выявлены: в миокарде – дистрофия кардиомиоцитов, очаговая лимфоидная инфильтрация; в печени –

полнокровие, дистрофия гепатоцитов; в легких – утолщение межальвеолярных перегородок, полнокровие; в почках – дистрофия эпителия канальцев; в селезенке – гиперплазия лимфоидной ткани [21, 22]. Генетический анализ показал достоверное укорочение относительной длины теломер (ОДТ) в клетках мышечной ткани у животных опытных групп на 120-е и 180-е сутки по сравнению с контролем и исходными значениями ($p < 0,05$), что является ключевым клеточным маркером старения [23, 24]. Полученные данные согласуются с результатами других исследований, подтверждающими роль хронического стресса в ускорении клеточного старения через укорочение теломер и системное воспаление [10, 12]. Комбинированное действие факторов, даже на уровне 1,5 ПДК/ПДУ, оказывает выраженное негативное влияние, запуская каскад реакций, ведущих к преждевременному изнашиванию органов и систем [6, 9, 11].

Выводы:

1) Длительное (180 суток) изолированное воздействие физических (вибрация, шум) и химических (смесь углеводов) факторов на уровне 1,5 ПДК/ПДУ индуцирует у модельных организмов (крысы Wistar) комплекс признаков ускоренного старения.

2) Биомаркерами ускоренного старения, вызванного данными факторами, являются: укорочение относительной длины теломер в соматических клетках, развитие полиморфных патологических изменений в двух и более внутренних органах, а также снижение поведенческой активности и появление внешних сенильных признаков.

3) Результаты исследования подтверждают необходимость усиления гигиенического контроля за условиями труда, разработки и строгого соблюдения комплекса профилактических мероприятий, включая использование СИЗ и регулярный медицинский мониторинг у работающих в условиях воздействия вредных факторов производственной среды, для профилактики преждевременного старения и достижения трудового долголетия.

Заключение. Проведенное исследование позволит глубже понять процессы, приводящие к развитию ускоренного старения, непосредственно влияющего на состояние показателей здоровья и продолжительности жизни. В исследовании определена ведущая роль здоровьесберегающих мер в предупреждении развития ускоренного старения, что, несомненно, будет способствовать увеличению продолжительности жизни.

Литература

1. Костюк И.И., Василина А.А., Кискина Л.Г., Савченко О.А., Ступа С.С. Стратегия безопасности охраны здоровья населения - приоритет национальной безопасности Российской Федерации // Наука и военная безопасность. – 2023. – № 1(32). – С. 145-149.

Kostyuk I.I., Vasilina A.A., Kiskina L.G., Savchenko O.A., Stupa S.S. Strategiya bezopasnosti okhrany zdorov'ya naseleniya - prioritet natsional'noi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii [Health safety strategy is a priority of national security of the Russian Federation] // Nauka i voennaya bezopasnost'. – 2023. – № 1(32). – P. 145-149. (In Russ.).

2. Савченко О.А., Разгонов Ф.И., Савченко О.А. О роли военного образования в сохранении и укреплении здоровья курсантов на этапе получения профессионального образования // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2016. – № 1(23). – С. 147-156.

Savchenko O.A., Razgonov F.I., Savchenko O.A. O roli voennogo obrazovaniya v sokhranenii i ukreplenii zdorov'ya kursantov na etape polucheniya professional'nogo obrazovaniya [On the role of military education in preserving and strengthening the health of cadets at the stage of obtaining professional education] // Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya. – 2016. – № 1(23). – P. 147-156. (In Russ.).

3. Савченко О.А., Новикова И.И., Чуенко Н.Ф., Кузнецов С.М., Плотникова О.В., Савченко О.А. Гигиеническая оценка влияния производственных факторов малой интенсивности на показатели состояния здоровья экспериментальных животных // Национальные приоритеты России. – 2024. – № 3(54). – С. 53-67.

Savchenko O.A., Novikova I.I., Chuenko N.F. et al. Gigenicheskaya otsenka vliyaniya proizvodstvennykh faktorov maloi intensivnosti na pokazateli sostoyaniya zdorov'ya eksperimental'nykh zhivotnykh [Hygienic assessment of the influence of low-intensity production factors on the health indicators of experimental animals] // Natsional'nye priority Rossii. – 2024. – № 3(54). – P. 53-67. (In Russ.).

4. Савченко О.А., Новикова И.И., Чуенко Н.Ф., Савченко О.А. Оценка влияния производственных факторов на физиологические показатели, поведенческие реакции и ускоренное старение лабораторных животных в условиях хронического эксперимента // Санитарный врач. – 2024. – № 11. – С. 780-793.

Savchenko O.A., Novikova I.I., Chuenko N.F., Savchenko O.A. Otsenka vliyaniya proizvodstvennykh faktorov na fiziologicheskie pokazateli, povedencheskie reaktsii i uskorennoe starenie laboratornykh zhivotnykh v usloviyakh khronicheskogo eksperimenta [Evaluation of the influence of production factors on physiological parameters, behavioral reactions and accelerated aging of laboratory animals in a chronic experiment] // Sanitarnyi vrach. – 2024. – № 11. – P. 780-793. (In Russ.).

5. Baudin C., Lefèvre M., Champelovier P. et al. Self-rated health status in relation to aircraft noise exposure, noise annoyance or noise sensitivity // BMC Public Health. – 2021. – Vol. 21, № 1. – P. 116.

6. Zhang H., Li H., Peng Z. et al. Meta-analysis of the effect of low-level occupational benzene exposure on human peripheral blood leukocyte counts in China // J Environ Sci (China). – 2022. – Vol. 114. – P. 204-210.

7. Савченко О.А., Новикова И.И., Плотникова О.В. О производственных факторах и преждевременном старении (обзор литературы) // Сибирский научный медицинский журнал. – 2024. – Т. 44, № 3. – С. 41–48.

Savchenko O.A., Novikova I.I., Plotnikova O.V. O proizvodstvennykh faktorakh i prezhdevremennom starenii (obzor literatury) [On occupational factors and premature aging (literature review)] // Sibirskii nauchnyi meditsinskii zhurnal. – 2024. – Vol. 44, № 3. – P. 41–48. (In Russ.).

8. Révész D., Verhoeven J.E., Milaneschi Y. et al. Dysregulated physiological stress systems and accelerated cellular aging // *Neurobiol Aging*. – 2014. – Vol. 35, № 6. – P. 1422-30.

9. Descatha A. Retirement, arduousness, premature aging: the role of occupational health practitioners and physicians // *Arch Maladies Prof Environnement*. – 2023. – Vol. 84, № 2. – P. 101807.

10. Савченко О.А., Чуенко Н.Ф., Плотникова О.В. и др. Факторы и биомаркеры, связанные с ускоренным старением // Национальные приоритеты России. – 2024. – № 3(54). – С. 45-52.

Savchenko O.A., Chuenko N.F., Plotnikova O.V. et al. Faktory i biomarkery, svyazannye s uskorennym starenie [Factors and biomarkers associated with accelerated aging] // *Natsional'nye priority Rossii*. – 2024. – № 3(54). – P. 45-52. (In Russ.).

11. Савченко О.А., Огудов А.С., Новикова И.И. и др. Оценка воздействия физических и химических факторов производственной среды на морфологическое состояние органов-мишеней в эксперименте на животных // Самарский научный вестник. – 2023. – Т. 12, № 4. – С. 114-121.

Savchenko O.A., Ogudov A.S., Novikova I.I. et al. Otsenka vozdeistviya fizicheskikh i khimicheskikh faktorov proizvodstvennoi sredy na morfologicheskoe sostoyanie organov-mishenei v eksperimente na zhivotnykh [Assessment of the impact of physical and chemical factors of the industrial environment on the morphological state of target organs in an experiment on animals] // *Samarskii nauchnyi vestnik*. – 2023. – Vol. 12, № 4. – P. 114-121. (In Russ.).

12. Савченко О.А., Новикова И.И. Оценка влияния производственных факторов на состояние внутренних органов модельных животных в 180-дневном эксперименте // Сибирский научный медицинский журнал. – 2025. – Т. 45, № 1. – С. 109-121.

Savchenko O.A., Novikova I.I. Otsenka vliyaniya proizvodstvennykh faktorov na sostoyanie vnutrennikh organov model'nykh zhivotnykh v 180-dnevnom eksperimente [Assessment of the influence of production factors on the state of internal organs of model animals in a 180-day experiment] // *Sibirskii nauchnyi meditsinskii zhurnal*. – 2025. – Vol. 45, № 1. – P. 109-121. (In Russ.).

13. Савченко О.А., Свечкарь П.Е., Новикова И.И. Влияние производственных факторов на относительную длину теломер мышечной ICR // Сибирский научный медицинский журнал. – 2024. – Т. 44, № 4. – С. 113-118.

Savchenko O.A., Svechkar P.E., Novikova I.I. Vliyanie proizvodstvennykh faktorov na otnositel'nyuyu dlinu telomer myshei ICR [Influence of production factors on the relative telomere length of ICR mice] // Sibirskii nauchnyi meditsinskii zhurnal. – 2024. – Vol. 44, № 4. – P. 113-118. (In Russ.).

14. Savchenko O.A., Svechkar P.E., Novikova I.I. Effect of Production Factors on the Relative Telomere Length of ICR Mice // Cell and Tissue Biology. – 2025. – Vol. 19, No. 2. – P. 161-165.

15. Lee R.S., Zandi P.P., Santos A. et al. Cross-species Association Between Telomere Length and Glucocorticoid Exposure // J Clin Endocrinol Metab. – 2021. – Vol. 106, № 12. – P. 5124-e5135.

ФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ФАКТОРЛАРДЫҢ (1,5 ПДК, ПДУ ДЕҢГЕЙІНДЕ) МОДЕЛДІ ОРГАНИЗМДЕРДІҢ ЖЫЛДАМДАТЫЛҒАН ҚАРТАЮЫНА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ (ХРОНИКАЛЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТ НӘТИЖЕЛЕРІ БОЙЫНША)

**Савченко О.А.¹, Чуенко Н.Ф.¹, Плотникова О.В.², Савченко О.А.²,
Савченко О.О.²**

¹ФБУН «Новосибирск гигиеналық ғылыми-зерттеу институты» Роспотребнадзор (630108, Ресей, Новосибирск қ., Пархоменко к-сі, 7)

²ФГБОУ ВО «Омск мемлекеттік медициналық университеті» Ресей Федерациясы Денсаулық сақтау министрлігі (640099, Ресей, Омск қ., Ленина к-сі, 12)

1.Савченко О.А., биология ғылымдарының кандидаты, ФМҚА «Новосібір Гигиена ҒЗИ» Роспотребнадзордың жетекші ғылыми қызметкері, e-mail: Savchenkoaa1969@mail.ru

2.Чуенко Н.Ф., natali26.01.1983@yandex.ru.

3.Плотникова О.В., e-mail: olga.plotnikova7@mail.ru.

4.Савченко О.А., e-mail: Olgasav1978@mail.ru.

5.Савченко О.О., e-mail: savchenkooh@yandex.ru

Тұжырым

180 күндік тәжірибеде Wistar тұқымдас 120 егеуқұйрықта тек вибрацияның, шуылдың (81,5-85,3 дБА) және 4-компоненттік көмірсутек қоспасының (1,5 ПДК) әсері зерттелді. Белгіленгендей, аталған факторлардың ұзақ уақыт әсері 1,5 ПДК/ПДУ деңгейінде қартаю процесін жеделдетеді, бұл теломерлердің сенімді қысқаруымен, екі немесе одан да көп ішкі ағзаларда полиморфты патологиялық өзгерістермен, мінез-құлық белсенділігінің төмендеуімен және сыртқы қартаю белгілерімен көрінеді. Алынған нәтижелер өндіріс факторларының ерте қартаю

дың индукциялауындағы рөлін растап, осындай жағдайларда жұмыс істейтін еңбек контингентінде алдын алу шараларын күшейтудің қажет екенін дәлелдейді.

Түйінді сөздер: тәжірибе, вибрация, шуыл, химиялық заттар, 1,5 ПДК/ПДУ, модельдік организмдер, жедел қартаю, теломерлерді қысқарту

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF PHYSICAL AND CHEMICAL FACTORS (AT THE LEVEL OF 1.5 MAC, MPC) ON ACCELERATED AGING OF MODEL ORGANISMS (BASED ON THE RESULTS OF A CHRONIC EXPERIMENT)

Savchenko O.A.¹, Chuyenko N.F.¹, Plotnikova O.V.², Savchenko O.A.², Savchenko O.O.²

¹FSBI "Novosibirsk Research Institute of Hygien" of Rospotrebnadzor (630108, Russia, Novosibirsk, 7 Parkhomenko St.).

²FSBEI HE "Omsk State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation (640099, Russia, Omsk, 12 Lenina St.)

1.Savchenko O.A., Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Federal Budgetary Scientific Institution 'Novosibirsk Research Institute of Hygiene' of Rospotrebnadzor, e-mail: Savchenkooa1969@mail.ru

2.Chuyenko N.F., e-mail: natali26.01.1983@yandex.ru

3.Plotnikova O.V., e-mail: olga.plotnikova7@mail.ru

4.Savchenko O.A., e-mail: Olgasav1978@mail.ru

5.Savchenko O.O., e-mail: savchenkoox@yandex.ru

Summary

In a 180-day experiment on 120 Wistar rats, the effects of isolated exposure to vibration, noise (81.5–85.3 dBA), and a 4-component mixture of hydrocarbons (1.5 MAC) were studied. It was found that prolonged exposure to these factors at a level of 1.5 MAC/POC leads to accelerated aging, manifested by a significant shortening of telomeres, polymorphic pathological changes in two or more internal organs, reduced behavioral activity, and external signs of senility. The results confirm the role of occupational factors as inducers of premature aging and justify the need to strengthen preventive measures for workers operating under such conditions.

Key words: experiment, vibration, noise, chemicals, 1.5 MAC/POC, model organisms, accelerated aging, telomere shortening