



МРНТИ 34.39.17

Г.З. Зайнелова, Г.Е. Садыканова\*, А.А. Куспанова

Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова,  
Усть-Каменогорск, Казахстан

\*Автор для корреспонденции: [gulnaz.sadykanova@mail.ru](mailto:gulnaz.sadykanova@mail.ru)

### Состояние психофизиологических показателей у рабочих цеха контрольно-измерительных приборов

**Аннотация.** В научной статье описывается влияние производственных факторов на психофизиологический статус рабочих цеха контрольно-измерительных приборов в зависимости от возраста, стажа работы и у лиц, имеющих косвенный контакт с урановым производством при ремонте оборудования данного цеха. Полученные результаты показали особенности формирования защитно-приспособительных механизмов от действия факторов производственной среды в группах рабочих разного возраста при доминирующем значении психоэмоциональной напряженности.

Результаты исследования показателей умственной работоспособности у рабочих КИП показало незначительное снижение интенсивности и скорости работы с возрастом, точность работы увеличивается с возрастом, значительно возрастает концентрация внимания в старших возрастных группах, незначительно снижается работоспособность и продуктивность работы, уменьшается объем и скорость переработки зрительной информации, также снижается эффективность выполняемой работы.

Анализ результатов реактивной тревожности в группах обследованных рабочих показал, что уровни умеренной и низкой реактивной тревожности отличаются незначительно. В показателях личностной тревожности наиболее выражены умеренные значения личностной тревожности, и наименьшее число составляет низкая личностная тревожность.

Изучение психофизиологических показателей рабочих цеха контрольно-измерительных приборов позволило выявить лица с высокой неустойчивостью и исключить их из производственного цикла. Включение психофизиологического тестирования при проведении профессионального отбора снизило риск возникновения пограничных состояний в производственных условиях.

**Ключевые слова:** умственная работоспособность, адаптация организма, объем внимания, личностная тревожность, реактивная тревожность.

DOI: 10.32523/2616-7034-2023-144-3-7-15

## Введение

С каждым годом приобретает все большее значение в научном и особенно практическом аспекте проблема устойчивости человека к неблагоприятным воздействиям в условиях влияния специфических факторов производственной среды [1]. При этом особое значение приобретает исследование развития защитно-приспособительных механизмов и повышение профессиональной деятельности при снижении функциональной напряженности [2-3]. До последнего времени слабо изучены вопросы, касающиеся особенностей влияния психоэмоциональной напряженности в процессе трудовой деятельности у лиц, профессионально связанных с условиями действия особо опасной для здоровья производственной среды [4- 5].

Восточно-Казахстанская область является антропогенным геохимическим регионом с характерным аномальным набором биогеохимических процессов, вызывающих патологические изменения в состоянии функционирования физиологических систем организма человека. Промышленные районы Восточного Казахстана содержат концентрации многих токсических веществ, превышающих предельно допустимые [6-9]. Можно предположить, что организм человека находится в состоянии постоянного экологического давления неблагоприятных факторов. Наличие завода ядерного топлива и хвостохранилищ с радиоактивными отходами в районе жилых массивов г.Усть-Каменогорска, которые являются постоянными источниками повышенного радиоактивного загрязнения в городе [10]. Скопление на небольшом пространстве индустриальных комплексов создает высокую экологическую напряженность для населения региона. Большое количество научных исследований, посвященных изучению влияния ионизирующей радиации и токсических веществ на организм человека, не затрагивают роли эмоционального напряжения в процессе развития защитно-приспособительных механизмов [11]. Психофизиологические особенности личностных характеристик человека выступают на первый план даже при отсутствии эффектов радиационного поражения и токсического эффекта. Следовательно, до настоящего времени мало изучены многоуровневые функциональные изменения жизненно важных систем организма, резервные возможности организма индивидуума в условиях влияния неблагоприятной производственной среды.

## Материалы и методы исследования

Исследования проведены в трех возрастных группах рабочих цеха контрольно-измерительных приборов (КИП) и у лиц, имеющих косвенный контакт с урановым производством при ремонте оборудования данного цеха Ульбинского металлургического завода, которые были сформированы согласно рекомендациям ВОЗ. В первую группу вошли рабочие в возрасте от 18-ти до 30-ти лет, стаж до 5-ти лет, во вторую - в возрасте от 31-го до 44-х лет, стаж до 10 лет, в третью - в возрасте от 45-ти до 60-ти лет, стаж свыше 10 лет. Всего обследовано 77 практически здоровых мужчин. Группой сравнения служила первая возрастная группа. Обследование проводилось в первой половине дня в одни и те же часы в осенний период.

Учитывая, что рабочие Ульбинского металлургического завода (УМЗ) подвергаются воздействию ряда неблагоприятных факторов производства, таких, как вредность производства, сменный характер работы, высокие требования к выполнению работ, были исследованы базовые психофизиологические функции.

Для исследования умственной работоспособности использовали метод корректурных проб с использованием таблиц В.Я. Анфимова. Эта таблица позволяет изучить особенности внимания при действии монотонных раздражителей. Были рассчитаны следующие показатели: интенсивность и скорость работы, продуктивность, работоспособность, точность работы, эффективность работы, объем зрительной информации, скорость

переработки зрительной информации. Для всех обследованных групп составлены кривые устойчивости работоспособности. Данные рассчитаны в условных единицах.

Показатели индивидуально-типологических особенностей эмоциональной сферы личности, показатели функционального состояния и субъективные показатели самочувствия определяли с помощью стандартных методик Спилбергера и Люшера. С помощью метода Спилбергера оценивали уровень личностной и реактивной тревожности как показателей базовых характеристик личности.

Цветовой тест Люшера используют для изучения индивидуально типологических особенностей организма человека, выявления функционального состояния, степени адаптивности к различным ситуациям. Были рассмотрены соотношения цветовых диаграмм для изучения настроения в момент обследования и личностных характеристик психоэмоциональной сферы. По соотношению цветов оценивали три параметра - уровень стресса, беспокойства и вегетативного баланса. Этот метод относится к невербальным и позволяет проводить индивидуальное и групповое обследование в течение непродолжительного времени [12-13]. Демонстрирует связь конституционально заложенных свойств с типом реагирования на средовые воздействия.

Сила нервных процессов является показателем работоспособности нервных клеток и нервной системы в целом. Сильная нервная система выдерживает большую по величине и длительности нагрузку, чем слабая [14-15]. Методика теппинг-теста основана на определении динамики максимального темпа движения рук. Опыт проводится последовательно сначала правой, а затем левой рукой.

### Результаты исследований и их обсуждение

Изучение состояния реактивной и личностной тревожности у рабочих показало, что преобладают уровни низкой и умеренной тревожности в обследованных группах (таблица 1).

Таблица 1  
Показатели реактивной и личностной тревожности у рабочих

Показатели	Возрастная группа		
	I	II	III
Реактивная тревожность:			
низкая	23,7±4,7	24,3±4,8	23,1±4,6
умеренная	36,3±5,9	37,3±7,4	34,1±6,8
высокая	46,3±9,1	46,5±9,1	47,9±9,7
Личностная тревожность:			
низкая	27,3±5,4	18,1±3,6	28,1±5,7
умеренная	35,2±7,3	36,4±7,2	38,3±7,6
высокая	46,8±9,3	47,5±9,5	48,1±9,9

Примечание: \* -  $p < 0,05$

Низкие значения реактивной тревожности характеризуются незначительными изменениями во всех возрастных группах. Умеренная тревожность снижается в третьей группе. Высокая тревожность увеличивается в третьей группе.

Личностная тревожность отличается увеличением низких значений в первой и третьей группах. Умеренная тревожность также нарастает в третьей группе. Аналогичная картина наблюдается при изучении изменений высокой тревожности.

Во всех обследованных группах преобладают рабочие с низкой реактивной тревожностью и только в третьей группе число рабочих умеренной тревожности резко возрастает. Во второй группе отсутствуют рабочие с высокой реактивной тревожностью.

В группе рабочих преобладают рабочие с умеренной тревожностью с нарастанием высокой тревожности во второй группе.

Из таблицы видно, что уровень высокой реактивной тревожности увеличивается с возрастом на 3,7% во второй группе и в 5,4% раз в третьей группе по сравнению с первой группой. Уровень высокой личностной тревожности увеличен в третьей группе по сравнению с первой группой на 7,0%. В целом же можно отметить, что преобладают показатели низкой и умеренной тревожности.

Показатели низкой реактивной тревожности составляют 36,16% от числа обследованных рабочих, уровень умеренной реактивной тревожности равен 37,90% и высокий уровень реактивной тревожности равен 25,94%. В первой группе низкая реактивная тревожность равна 42,05%, умеренная реактивная тревожность - 46,8%, высокая составляет 11,15%. Во второй группе низкая реактивная тревожность равна 38,2%, умеренная - 40,5% и высокая - 22,3%. В третьей группе низкая реактивная тревожность равна 28,6% умеренная - 28,0%, высокая - 48,4%.

Личностная тревожность в первой группе составляет: низкая 22,15%, умеренная - 28,17%, высокая - 21,70%, во второй группе низкая личностная тревожность составляет 5,5%, умеренная равна 76%, высокая - 17,70%. В третьей группе низкая тревожность составляет 15,5%, умеренная - 38,6% и высокая - 45,9%. От общего числа обследованных рабочих низкая личностная тревожность составляет 10,48%, умеренная равна 53,39% и высокая - 23,80%.

Полученные результаты указывают на преобладание низкой и умеренной тревожности в обследованных группах рабочих, за исключением высокой реактивной тревожности в третьей группе. Низкая реактивная тревожность преобладает во второй группе обследованных рабочих, так же, как и показатели умеренной реактивной тревожности. Высокая реактивная тревожность преобладает в третьей группе рабочих.

Личностная тревожность отличается следующим распределением показателей в разновозрастных группах: низкая личностная тревожность характеризуется высокими показателями в первой группе рабочих, умеренная личностная тревожность преобладает в показателях второй группы обследованных рабочих, и высокий уровень личностной тревожности отмечен у рабочих третьей группы.

Анализ полученных результатов показал, что с возрастом отмечено увеличение психоэмоционального напряжения у рабочих цеха контрольно-измерительных приборов. Однотипная картина распределения показателей высокой реактивной и личностной тревожности у рабочих третьей группы указывает на нарастание процессов дезадаптации с возрастом, что и приводит к возрастанию показателей высокого уровня в старшей группе рабочих.

Изучение показателей стресса и баланса на основе теста Люшера показало, что из числа обследованных рабочих стресс обнаружен в третьей группе, то есть у рабочих старшего возраста и составляют 6,25% от общего числа обследованных рабочих. Показатель, обозначающий беспокойство, встречается во всех обследованных группах и распределен следующим образом: первая группа - 22,4%; вторая - 18,7%; третья - 41,4% (таблица 2).

Таблица 2

## Показатели стресса и баланса по тесту Люшера у рабочих

Возрастная группа	Стресс	Беспокойство	Баланс
I	-	4	15
II	-	7	27
III	2	10	12

Полученные результаты свидетельствуют о повышении беспокойства с возрастом. Показатели баланса распределены неоднозначно в разных возрастных группах и с возрастом отмечено снижение. Наибольшая вариабельность признака обнаружена в показателях баланса и составляет  $58,44 \pm 7,64$ . Вариабельность показателей стресса менее выражена и равна  $27,86 \pm 5,27$ . Отсутствие стресса в I и II группах рабочих указывает на увеличение в младших возрастных группах показателей баланса, что может свидетельствовать о резервных возможностях у лиц младшего возраста. Поскольку работа в цехе контрольно-измерительных приборов связана с ремонтом оборудования и приборов, то, по-видимому, с возрастом снижается работоспособность, что, в свою очередь, отражается и на функциональном состоянии человека. Это влечет за собой нестабильность состояния ЦНС и увеличивает психоэмоциональную нагрузку на организм человека. Этим можно объяснить увеличение стресса в старшей возрастной группе, что составляет 6,25%. Преобладают показатели баланса во всех обследованных группах. В первой группе - 61,76%, во второй - 57,35%, в третьей - 62,5%.

Изучение типологических свойств нервной системы, характеризующей ее работоспособность, распределяется следующим образом (таблица 3).

**Таблица 3**

**Распределение показателей теппинг-теста у рабочих КИП (сек)**

Возрастная группа	Низкий	Средний	Высокий
I	8	4	8
II	10	9	15
III	11	4	9

В первой группе преобладают рабочие с низким и высоким темпами - 44,42% и 35,16% соответственно. Аналогично распределены результаты во второй и третьей группах. Наибольшей вариабельностью в обследованных группах обладает показатель высокого темпа -  $45,02 \pm 6,71$ .

Полученные результаты свидетельствуют о том, что во всех обследованных группах в равных количествах представлены показатели высокой и низкой работоспособности. Работа в цехе контрольно-измерительных приборов отличается повышенным вниманием, сосредоточенностью и точностью по сравнению с работой на другом производстве. Возможно, это и сказывается на уровне работоспособности во всех обследованных возрастных группах. В целом же показатели низкого темпа увеличиваются с возрастом, что указывает на снижение работоспособности. Показатель, отражающий высокий темп, наиболее выражен у рабочих первой и второй групп. По-видимому, в первой группе работоспособность ниже в силу более низкой квалификации рабочих и увеличивается с возрастом, достигая максимума во второй группе. Так как теппинг-тест является величиной, отражающей величину физического усилия, то, следовательно, он отражает и уровень функционирования нервно-мышечного аппарата и процессы, происходящие в этой системе. Снижение с возрастом показателя теппинг-теста указывает на повышенную утомляемость, снижение лабильности ЦНС и неуравновешенность нервных процессов.

При анализе показателей умственной работоспособности отмечаются неоднозначные возрастные изменения, что можно объяснить тем, что при выполнении работы с возрастом повышается точность работы и концентрация внимания, что естественно влечет за собой снижение таких показателей, как продуктивность работы, объем переработки и скорость переработки зрительной информации (таблица 4).

Таблица 4

## Распределение показателей умственной работоспособности у рабочих КИП

Показатели	Возрастная группа		
	I	II	III
Интенсивность и скорость работы	752,1±15,1*	587,2±11,7	637,6±12,7
Точность работы	25,5±3,1	40,4±7,1	49,9±9,1
Количество ошибок на дифференцировку	3,5±0,7	9,4±0,58*	5,5±0,3
Работоспособность	1,9±0,3	1,7±0,3	1,5±0,2
Продуктивность	47,1±0,71	32,3±2,4	42,0±0,24
Объем зрительной информации	446,4±8,9*	348,5±6,9	224,6±7,4
Скорость переработки зрительной информации	2,8±0,56	3,5±0,71	2,76±0,55
Эффективность	4,3±0,8*	2,8±0,56	1,6±0,41

Примечание: \* -  $p < 0,05$

Работа в цехе контрольно-измерительных приборов связана с высокой точностью выполнения производственных операций и концентрацией внимания, поэтому эти показатели возрастают с повышением профессиональной квалификации. Кривая устойчивости работоспособности незначительно уменьшается с возрастом.

### Заключение

На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

- 1) У рабочих цеха контрольно-измерительных приборов, длительное время работающих в условиях нервно-эмоционального напряжения, формируется комплекс физиологических перестроек, который может быть охарактеризован как реакция, обеспечивающая поддержание параметров гуморально-клеточного и иммунного гомеостаза на фоне умеренной активации механизмов психофизиологической регуляции.
- 2) Длительное воздействие малых доз ионизирующей радиации способствует развитию у рабочих цеха КИП состояния «критического напряжения», проявляющегося в значительном увеличении реактивной тревожности, снижении показателей умственной работоспособности.

### Список литературы

1. Дакиева К.Ж., Садыканова Г.Е., Құмарбекұлы С., Калелова Г.Ж. Анализ влияния токсических химических веществ на физиологические показатели экспериментальных животных // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2022. – Т. 70. – №1. – С. 82-91. DOI: <https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v70.i1.08>.
2. Dakieva K.Z., Sadykanova G.E., Tsyganov A.P., Chursin A.S. Sharipkhanova A.S., Egorina A.V. Environmental and Industrial Impact on the Biological Systems of Living Organisms // Chiang Mai University Journal of Natural Science. – 2023. – Vol. 22(1). – P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.12982/NLSC.2023.015>.
3. Saikat Mitra, Arka Jyoti Chakraborty, et al. Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity // Journal of King Saud University – Science. – 2022. – Vol. 34. – P. 101865. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101865>.
4. Кабдыкадыров А.А., Зубова О.А., Муқанова Г.А., Даулетбаева М.М., Воронова Н.В. Оценка динамики качества атмосферного воздуха г. Усть-Каменогорск // Гидрометеорология и экология. – 2021. – №2. – С. 33-39.

5. Тищенко А.П., Семенова Н.М. К вопросу об основных экологических проблемах города Усть-Каменогорска (Республика Казахстан) // *Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием.* – Томск, 2019. – С. 78-82.
6. Ибраева Л.К., Узбеков В.А., Сембаев Ж.Х., Русяев М.В., Диханова З.А. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха города Усть-Каменогорск // *Медицина труда и промышленная экология.* – 2011. – №6. – С. 13-16.
7. Производство урана. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.ulba.kz/ru/production1.htm> (дата обращения: 17.11.2022).
8. Dewar D. Uranium Mining: Environmental and Human Health Effects // *Nuclear Non-Proliferation in International Law.* – 2019. – Vol. 4. – P. 229-235. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-6265-267-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-6265-267-5_11).
9. Petrakis D., Vassilopoulou L., Docea A.O., Gofitã E., Vucinic S., Rakitskii V.N., Tsatsakis A.M. An overview update in chemical, biological and nuclear weapons and their effects in human health // *Health care of the Russian Federation, Russian journal.* – 2016. – Vol. 61(2). – P. 103-112. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0044-197X-2017-61-2-103-112>.
10. Переработка трудновскрываемых ураносодержащих материалов. [Электронный ресурс] – URL: [http://www.ulba.kz/ru/production1\\_04.htm](http://www.ulba.kz/ru/production1_04.htm) (дата обращения: 17.11.2022).
11. Ernst W.G. Overview of naturally occurring Earth materials and human health concerns // *Journal of Asian Earth Sciences.* – 2012. – Vol. 59. – P.108-126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.05.030>.
12. Mukhachev A.P., Yelatontsev D.O., Kharitonova O.A. Physical and chemical foundations of the technology for obtaining uranium oxides // *Problems of Atomic Science and Technology.* – 2022. – Vol. 2(138). – P. 62-67. DOI: <https://doi.org/10.46813/2022-138-062>.
13. Manojit Ghosh, Shashank Sharma, Partha S. Banerjee, et al. Nuclear Electricity – Renewability, Losses and Recycling // *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials.* – 2020. – Vol. 1. – P. 575-585. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11234-2>.
14. Michael I. Ojovan, William E. Lee, Stepan N. Kalmykov. Power Utilisation of Nuclear Energy // *An Introduction to Nuclear Waste Immobilisation.* – 2019. – P. 57-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102702-8.00006-6>.
15. Aidan Rigby, Ben Lindley, Jonathan Cullen. An exergy-based assessment of the efficiency of nuclear fuel cycles // *Energy.* – 2023. – Vol. 264. – P. 126160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126160>.

### Г.З. Зайнелова, Г.Е. Садыканова, А.А. Куспанова

С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан

#### Бақылау-өлшеу аспаптары цехының жұмысшыларындағы психофизиологиялық көрсеткіштердің күйі

**Аңдатпа.** Ғылыми мақалада бақылау-өлшеу аспаптарын жөндеу цехы жұмысшыларының жасына, еңбек өтіліне және осы цехтағы құрал-жабдықтарды жөндеу кезінде уран өндірісімен жанама байланыста болған тұлғалардың психофизиологиялық жағдайына өндірістік факторлардың әсері толық сипатталған. Алынған нәтижелер психоэмоционалды шиеленістің басым мәні бар әртүрлі жастағы жұмысшылар топтарында өндірістік орта факторларының әсерінен қорғаныш және бейімделу механизмдерінің қалыптасу ерекшеліктерін көрсетті.

КЖК жұмысшыларының ақыл-ой қабілеттілігінің көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері жасына қарай жұмыс қарқындылығы мен жылдамдығының төмендегенін көрсетті, жұмыс дәлдігі жасына қарай артады, егде жастағы топтарда зейіннің шоғырлануы едәуір жоғарылайды, жұмыс өнімділігі және визуалды ақпаратты өңдеу көлемі мен жылдамдығы, орындалатын жұмыстың тиімділігі де төмендейді.

Сауалнама жүргізілген жұмысшылар топтарындағы реактивті мазасыздықтың нәтижелерін талдау орташа және төмен реактивті мазасыздық деңгейлерінің аздап ерекшеленетінін көрсетті. Жеке мазасыздану тұрғысынан мазасыздықтың орташа мәндері ең жоғары, ал ең аз мөлшері – төмен жеке алаңдаушылыққа тән болды.

Адамның психофизиологиялық қасиеттерін зерттеу тұрақсыздығы жоғары адамдарды анықтауға және оларды өндірістік циклден шығаруға мүмкіндік берді. Кәсіби іріктеу кезінде психофизиологиялық тестілеуді енгізу жұмыс орнындағы шектік жағдайлардың қаупін төмендетті.

**Түйін сөздер:** бақылау-өлшеу аспаптарын жөндеу цехы жұмысшылары, ақыл-ой жұмыс қабілеттілігі, азаның бейімделуі, зейін көлемі, жеке мазасыздық, реактивті мазасыздық.

**G.Z. Zainelova, G.E. Sadykanova, A.A. Kuspanova**

*Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan*

### **The state of psychophysiological indicators of the workers of the instrumentation workshop**

**Abstract.** The scientific article describes the influence of production factors on the psychophysiological status of the workers of the instrumentation workshop, depending on the age, length of service, and in persons who have indirect contact with uranium production during the repair of equipment in this workshop. The results obtained showed the features of the formation of protective and adaptive mechanisms from the action of factors of the production environment in groups of workers of different ages with the dominant value of psycho-emotional tension.

The results of the study of mental performance indicators in instrumentation workers showed a slight decrease in the intensity and speed of work with age, the accuracy of work increases with age, the concentration of attention in older age groups increases significantly, the working capacity and productivity of work slightly decrease, the volume and speed of processing visual information also decreases. the efficiency of the work performed.

An analysis of the results of reactive anxiety in the groups of surveyed workers showed that the levels of moderate and low reactive anxiety differ slightly. In terms of personal anxiety, moderate values of personal anxiety are most pronounced, and the smallest number is low personal anxiety.

The study of the psycho-physiological indicators of the workers of the workshop of control and measuring instruments made it possible to identify persons with high instability and exclude them from the production cycle. The inclusion of psychophysiological testing during professional selection reduced the risk of borderline conditions in the workplace.

**Keywords:** mental performance, adaptation of the organism, amount of attention, personal anxiety, reactive anxiety.

### **References**

1. Dakiyeva K.ZH., Sadykanova G.E., QuҚымарбекұлы S., Kalelova G.ZH. Analiz vliyaniya toksicheskikh himicheskikh veshchestv na fiziologicheskie pokazateli eksperimental'nyh zhivotnyh, Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya [Analysis of the influence of toxic chemicals on the physiological parameters of experimental animals, Vestnik KazNU. Ecological series], 70(1), 82-91 (2022). DOI: <https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v70.i1.08>. [in Russian].
2. Dakiyeva Dakieva K.Z., Sadykanova G.E., Tsyganov A.P., Chursin A.S. Sharipkhanova A.S., Egorina A.V. Environmental and Industrial Impact on the Biological Systems of Living Organism, Chiang Mai University Journal of Natural Science, 22(1), 1-18 (2023). DOI: <https://doi.org/10.12982/NLSC.2023.015>.
3. Saikat Mitra, Arka Jyoti Chakraborty, et al. Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity, Journal of King Saud University – Science, 34, 101865 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101865>.
4. Kabdykadyrov A.A., Zubova O.A., Mukanova G.A., Dauletbaeva M.M., Voronova N.V. Ocenka dinamiki kachestva atmosfernogo vozduha g. Ust'-Kamenogorsk, Gidrometeorologiya i ekologiya [Assessment of the dynamics of atmospheric air quality in Ust-Kamenogorsk, Hydrometeorology and Ecology], 2, 33-39 (2021). [in Russian].
5. Tishchenko A.P., Semenova N.M. K voprosu ob osnovnyh ekologicheskikh problemah goroda Ust'-Kamenogorska (Respublika Kazahstan). Materialy VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Tomsk [On the issue of the main environmental problems of in the city of Ust-Kamenogorsk (Republic of Kazakhstan). Materials of the VIII All-Russian scientific-practical conference with international participation, Tomsk], 78-82 (2019). [in Russian].
6. Ibrayeva L.K., Uzbekov V.A., Sembayev ZH.H., Rusyaev M.V., Dikhanova Z.A. Gigienicheskaya ocenka zagryazneniya atmosfernogo vozduha goroda Ust'-Kamenogorsk, Medicina truda i promyshlennaya ekologiya [Hygienic assessment of atmospheric air pollution in the city of Ust-Kamenogorsk, Occupational Health and Industrial Ecology], 6, 13-16 (2011). [in Russian].
7. Proizvodstvo urana [Uranium production]. [Electronic resource] – Available at: <http://www.ulba.kz/ru/production1.htm> (Accessed: 17.11.2022). [in Russian].

8. Dewar D. Uranium Mining: Environmental and Human Health Effects, Nuclear Non-Proliferation in International Law, 4, 229-235 (2019). DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-6265-267-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-6265-267-5_11).
9. Petrakis D., Vassilopoulou L., Docea A.O., Gofitã E., Vucinic S., Rakitskii V.N., Tsatsakis A.M. An overview update in chemical, biological and nuclear weapons and their effects in human health, Health care of the Russian Federation, Russian journal, 61(2), 103-112 (2016). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0044-197X-2017-61-2-103-112>.
10. Pererabotka trudnovskryvaemyh uranosoderzhashchih materialov [Processing of hard-to-open uranium-containing materials]. [Electronic resource] – Available at: [http://www.ulba.kz/ru/production1\\_04.htm](http://www.ulba.kz/ru/production1_04.htm) (Accessed: 17.11.2022). [in Russian]
11. Ernst W.G. Overview of naturally occurring Earth materials and human health concerns, Journal of Asian Earth Sciences, 59, 108-126 (2012). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.05.030>.
12. Mukhachev A.P., Yelatontsev D.O., Kharitonova O.A. Physical and chemical foundations of the technology for obtaining uranium oxides, Problems of Atomic Science and Technology, 2(138), 62-67 (2022). DOI: <https://doi.org/10.46813/2022-138-062>.
13. Manojit Ghosh, Shashank Sharma, Partha S. Banerjee, et al. Nuclear Electricity – Renewability, Losses and Recycling, Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials, 1, 575-585 (2020). DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11234-2>.
14. Michael I. Ojovan, William E. Lee, Stepan N. Kalmykov. Power Utilisation of Nuclear Energy // An Introduction to Nuclear Waste Immobilisation, 57-70 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102702-8.00006-6>.
15. Aidan Rigby, Ben Lindley, Jonathan Cullen. An exergy-based assessment of the efficiency of nuclear fuel cycles, Energy, 264, 126160 (2023). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126160>.

#### Сведения об авторах:

*Зайнелова Г.З.* – доктор медицинских наук, профессор, Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан.

*Садыканова Г.Е.* – кандидат биологических наук, ассоциированный профессор кафедры биологии, Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан.

*Куспанова А.А.* – магистрант, Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан.

*Zainelova G.Z.* – Doctor of Medical Sciences, Professor, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

*Sadykanova G.E.* – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

*Kuspanova A.A.* – master student, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.