Оригинальная статья / Original article

УДК 504:621.039.586:539.163

DOI: <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-1-94-102>

Оценка радиационной опасности урановых предприятий для объектов окружающей среды

© А.М. Музафаров¹, Г.М. Аллаберганова², Р.А. Кулматов³

¹Навоийский горно-металлургический комбинат, г. Навои, Республика Узбекистан

²Навоийский государственный горный институт, г. Навои, Республика Узбекистан

³Национальный университет Узбекистана, г. Ташкент, Республика Узбекистан

Резюме: Цель работы – мониторинговые исследования радиационного состояния атмосферного воздуха населенных мест, а также воздуха рабочей зоны предприятия переработки урана на территории Республики Узбекистан. Проведены аналитические измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучений, эквивалентной равновесной объемной активности радона, удельной активности долгоживущих альфа-нуклидов в атмосферном воздухе в зоне влияния предприятия, в воздухе рабочей зоны в помещениях переработки и хранения урановых материалов и в зонах размещения производственных отвалов, хвостохранилищ и участков подземного выщелачивания урана. Показано, что результаты измерений не превышают региональные фоновые и нормативно установленные уровни радиоактивного излучения по всем показателям. Изучена зависимость объемной активности радона на производственных объектах от плотности потока радона из почв. Определены наиболее интенсивные радиоактивные объекты – урановые отвалы по сравнению с хвостохранилищами и участками подземного выщелачивания урана. Сделано заключение об отсутствии сверхнормативного радиоактивного воздействия уранового предприятия на все исследуемые объекты среды.

Ключевые слова: урановый объект, атмосферный воздух населенных мест, воздух рабочей зоны, мощность экспозиционной дозы гамма-излучений, удельная активность долгоживущих альфа-нуклидов, эквивалентная равновесная объемная активность радона, плотность потока радона

Для цитирования: Музафаров А.М., Аллаберганова Г.М., Кулматов Р.А. Оценка радиационной опасности урановых предприятий для объектов окружающей среды. XXI век. Техносферная безопасность. 2021;6(1):94–102. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-1-94-102>

Assessment of radiation hazard of uranium enterprises for the environment

© Amrullo M. Muzafarov¹, Gulchekhra M. Allaberganova², Rashid A. Kulmatov²

¹Navoi Mining and Metallurgical Combine, Navoi, Republic of Uzbekistan

²Navoi State Mining Institute, Navoi, Republic of Uzbekistan

³National University of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan

Abstract: The purpose of the article is to describe monitoring studies on the radiation state of air in populated and working areas near the uranium processing enterprise in the Republic of Uzbekistan. According to the analytical measurement, the exposure dose of gamma radiation is equivalent to the equilibrium volume activity of radon, specific activity of long-lived alpha-emitting nuclides in the zone of influence of the enterprise, the working area, premises for storing uranium materials and manufacturing dumps, tailings dams and areas of underground uranium leaching. It was shown that the measurement results do not exceed the regional background and regulatory levels of radioactive radiation by all indicators. The dependence of the volume activity of radon at production facilities on the density of the radon flux from the soil was studied. The most intensive radioactive objects – uranium dumps – were identified. It was found out that there is no excess radioactive impact of the uranium enterprise on the environmental objects.

Keywords: uranium object, atmospheric air of populated areas, working area air, exposure dose rate of gamma radiation, specific activity of long-lived alpha nuclides, equivalent equilibrium volume activity of radon, density of radon molasses

For citation: Muzafarov AM, Allaberganova GM, Kulmatov RA. Assessment of radiation hazard of uranium enterprises for the environment. XXI vek. Tekhnosferная bezopasnost' = XXI century. Technosphere Safety. 2021;6(1):94–102. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-1-94-102>

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Узбекистан действует закон «О радиационной безопасности»¹ и его подзаконные нормативные документы – Нормы радиационной безопасности (НРБ-2006) и Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-2006)², целью введения которых является снижение уровня облучения от источников ионизирующего излучения, а следовательно, и вредного их воздействия на работников радиоактивных производств, население и объекты окружающей среды.

Присутствующие в воздухе рабочей зоны урановых производств или в атмосферном воздухе населенных мест жилых территорий радиоактивные факторы (пыль, аэрозоли, излучения) характеризуются следующими показателями: мощностью экспозиционной дозы гамма-излучений, эквивалентной равновесной объемной активностью радона и удельной активностью долгоживущих альфануклидов. Объемная активность радона в воздухе рабочей зоны и плотности потока радона из почв оказывают вредное влияние на человека и объекты окружающей среды [1–5]. В цепочке распада радионуклида урана: ^{234}U , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Bi и т.д. самым опасным является радон – ^{222}Rn , так как из него образуются радиоактивные короткоживущие радионуклиды типа ^{218}Po , ^{214}Bi и ^{210}Pb . Они, как правило, накапливаются в

аэрозолях воздуха урановых объектов. Данные аэрозоли, присутствующие в воздухе, через дыхательные пути человека легко попадают в его организм и проявляют токсичные эффекты, нанося вред здоровью [6–8]. В воздухе на территории урановых предприятий и вокруг них существуют радионуклиды указанной цепочки распада урана, что ставит ученых перед необходимостью аналитического определения радиационных показателей с целью оценки соответствия нормам и принятию решений по разработке мероприятий дезактивации объектов среды³ [9–11].

Учитывая актуальность указанных проблем радиоактивного загрязнения объектов среды и его аналитического определения, нами проводятся систематические исследования методического обеспечения оценивания радиоактивности различных объектов [12–14]. В продолжение данных исследований целью настоящей работы было определение различных показателей радиоактивности в воздухе рабочих зон и плотности потока радона из почв на примере урановых производств.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования были пробы атмосферного воздуха в зоне влияния предприятия, а также воздуха рабочей производственной зоны.

¹О радиационной безопасности: закон Республики Узбекистан №120-II от 31.08.2000 г.

²Нормы радиационной безопасности (НРБ-2006) и основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-2006). № 0193-06 от 5.01.2006 г. Ташкент: Национальный правовой информационный центр «Адолат» при Министерстве юстиции республики Узбекистан, 2006. 136 с.

³ISO/TS 11665-12. Measurement of Radioactivity in the Environment. Air: Radon-222. Part 12: Determination of the Diffusion Coefficient in Waterproof Materials: Membrane One-Side Activity Concentration Measurement Method, International Organization for Standardization, Geneva, 2017.

Измерение значений мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучений проведены прямым способом на приборе «ДКС-96» (Россия). Значение эквивалентной равновесной объемной активности радона (ОАР) в помещениях хранения уранового продукта проведены на приборе марки РАА-20П «Поиск» (Россия). Удельную активность долгоживущих альфа нуклидов (ДАН) на фильтре АФА после отбора пробы воздуха пробоотборником ПВП-04 определяли путем измерения на Альфа-радиометре «Прогресс-АР» (Россия).

Измерения ОАР в воздухе рабочей зоны, плотности потока радона от различных поверхностей урансодержащих пород проводили с помощью измерительного комплекса «Альфарад плюс» (Россия). При экспрессном измерении и непрерывном мониторинге объемной активности радона-222 (^{222}Rn) в воздухе рабочей зоны предел допускаемой относительной погрешности составляет $\pm 30\%$. Для прямого измерения ОАР прибор «Альфарад плюс» регистрирует лучи дочерних радионуклидов по происходящей следующей реакции:

Дочерние короткоживущие радионуклиды ^{214}Pb и ^{214}Bi ведут себя одинаково с материнским радионуклидом ^{222}Rn . На основании этого процесса количество материнского радионуклида ^{222}Rn имеет прямо пропорциональную зависимость от количеств радионуклидов ^{218}Po , ^{214}Pb и ^{214}Bi .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Значения величин МЭД гамма-излучений является главным фактором, показывающим степень влияния урано-

вых объектов на радиационную обстановку местности в районе действия уранового производства. Для оценки опасного влияния уранового производства на радиационную обстановку в более 40 точках наблюдения измеряли значения мощности экспозиционной дозы, находящиеся на различных расстояниях от источника излучения. Сделаны замеры значений показателей МЭД, ОАР и ДАН в более чем 200 наблюдательных пунктах, примеры максимальных значений которых приведены в табл. 1.

Анализ представленных данных указывает на умеренную довольно стабильную равномерную радиационную активность в объектах среды. Сравнение их с результатами мониторинга последних 10 лет наблюдений по все трем показателям показало, что они находятся на уровне фоновых значений, характерных для местности вблизи уранового производства. Таким образом, действующее предприятие не оказывает вредного радиоактивного воздействия на окружающую среду, его влияние не выходит за границы промышленной зоны.

Для оценки воздействия техногенных радиационно-опасных объектов на радиационный фон окружающей среды провели замеры показателей МЭД, ОАР и ДАН в различных производственных объектах – участках подземного выщелачивания урана, хвостохранилищах урановых отходов и отвалах забалансовых руд. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Как и следовало ожидать, показатели радиоактивности от различных техногенных объектов на порядки величин превышают таковые, найденные в наблюдательных пунктах в зоне сопредельных (фоновых) с предприятием территорий (см. табл.1).

Таблица 1. Показатели радиоактивности в наблюдательных точках в зоне влияния урановых производств

Table 1. Indicators of radioactivity at observation points in the zone of influence of the uranium production enterprise

№ пробы	Показатель радиоактивности		
	МЭД, мкЗв/ч	ОАР, Бк/м ³	ДАН, Бк/м ³
1	0,11	10	0,92
2	0,12	12	1,53
3	0,11	9	1,97
4	0,09	8	2,21
5	0,10	12	1,52
6	0,12	12	0,97
7	0,11	4	2,19
8	0,13	6	1,36
9	0,12	3	1,20
10	0,10	9	1,90
11	0,12	8	2,46
12	0,13	9	1,49
13	0,11	9	2,67
14	0,13	7	2,50
15	0,12	6	3,20

Таблица 2. Показатели радиоактивности в производственных объектах

Table 2. Indicators of radioactivity at production facilities

№ пробы	Показатель радиоактивности		
	МЭД, мкЗв/ч	ОАР, Бк/м ³	ДАН, Бк/м ³
Участки подземного выщелачивания урана			
1	2,00	28	15,55
2	1,70	32	9,97
3	2,00	57	21,60
4	2,40	68	21,50
5	2,20	82	4,58
Хвостохранилища			
6	3,20	31	9,95
7	3,65	46	10,77
8	3,23	64	32,80
9	3,05	56	7,32
10	4,22	38	4,61
Отвалы забалансовых руд			
11	10,8	56	22,91
12	5,60	68	24,40
13	6,80	65	11,85
14	4,65	55	6,73
15	4,35	90	64,40

Анализ полученных результатов всех показателей радиоактивности от техногенных объектов выявляет минимальные средние и экстремальные значения на участках подземного выщелачивания урана, а максимальные уровни – в отвалах забалансовых руд (см. табл. 2). В то же время все полученные значения МЭД, ОАР и ДАН не превышают установленные нормативные уровни, принятые в СанПиН № 0196-06⁴. На основании этих результатов можно заключить, что радиационная обстановка на территории уранового производства, как и на природных территориях вблизи предприятия, соответствует установленным Международным и Республиканским нормам радиационной безопасности.

Данные мониторинга показателей МЭД, ОАР и ДАН в наблюдательных точках в зоне влияния урановых производств (см. табл. 1) и на техногенных объектах предприятия (см. табл. 2) позволяют проводить расчеты годовой эффективной дозы для населения и для работников на данных объектах.

В воздухе рабочих помещений, где хранятся радиоактивные руды, материалы, продукция – химические концентраты урана, закиси-окиси урана и др., присутствует в определенном количестве радиоактивный радон. Элемент входит в цепочку распада урана. Он токсичен и опасен для здоровья человека и окружающей среды. Определение эквивалентной равновесной объемной активности радона (ОАР) в помещениях хранения урановых продуктов показало, что, чем дольше они хранятся в закрытых помещениях, тем больше накапли-

вается радон. Некоторые результаты ОАР и физические параметры окружающей среды, определенные в населенных пунктах, приведены в табл. 3.

Полученные значения ОАР в населенных пунктах (см. табл. 1) имеют в несколько раз меньшие величины по сравнению с таковыми, измеренными на техногенных объектах.

Кроме вышеприведенных радиационных факторов в районе, где действует урановое производство, найдены графические зависимости значений плотности потока радона в различных техногенных объектах – в отвалах, хвостохранилищах и в участках подземного выщелачивания урана со значениями объемной активности радона. На рисунке приведена графическая зависимость ОАР от плотности потока радона и атмосферного давления окружающей среды.

Из полученных зависимостей можно заключить, что значения ОАР прямо пропорционально зависят от плотности потока радона выходящего из почвы исследуемых объектов. При изменении значения плотности потока радона, выходящего из почвы от 15 000 до 60 000 мБк/см²*сек, значения ОАР в воздухе изменятся от 40 до 110 Бк/м³. В этих условиях значения атмосферного давления варьируют в незначительных пределах – от 727 до 728 мм рт. ст. Интенсивность ОАР снижается в ряду пород: урановые отвалы – хвостохранилища – участки подземного выщелачивания урана, что отражает значения показателей радиоактивности, приведенные в табл. 2.

⁴СанПиН РУз № 0196-06 Санитарные правила и нормы проектирования, строительства и благоустройства учреждений отдыха курортно-рекреационных зон Республики Узбекистан. Ташкент, 2006.

Таблица 3. Эквивалентная равновесная объемная активность радона и физические параметры окружающей среды

Table 3. Equivalent equilibrium volumetric activity of radon and physical parameters of the environment

№№ пункт	ОАР, Бк/м ³	Показатели атмосферы		
		температура, °С	влажность, %	атмосферное давление, мм рт. ст.
1	23	25	44	728
2	25	24	43	735
3	21	27	41	729
4	24	28	41	732
5	23	25	44	728
6	28	24	43	735
7	20	27	41	729
8	27	28	41	732
9	20	25	44	728
10	25	24	43	735
11	23	27	41	729
12	26	28	41	732
13	28	25	44	728
14	21	24	43	735
15	24	27	41	729

Зависимости объемной активности радона в воздухе от плотности потока радона (ППР) из пород:

1 – урановых отвалов, 2 – хвостохранилищ; 3 – участков подземного выщелачивания урана; 4 – линия изменения атмосферного давления в течение проведения замеров ОАР в воздухе и плотности потока радона из исследуемых пород

Dependences of the volumetric activity of radon (RAR) in air on the density of radon molasses (PPR) from rocks:

1 – uranium dumps, 2 – tailings; 3 – areas of underground leaching of uranium; 4 – line of changes in atmospheric pressure during OAR measurements in air and density of radon molasses from the rocks

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере предприятия по переработке урана, расположенного на территории Республики Узбекистан, проведены аналитические измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучений, эквивалентной равновесной объемной активности радона, удельной активности долгоживущих альфа-нуклидов в различных объектах. Результаты мониторинга данных уровней радиоактивного излучения в атмосферном воздухе в зоне влияния предприятия, в воздухе рабочей зоны в помещениях переработки и хранения урановых материалов, в зонах размещения производственных отвалов, хвостохранилищ и участков подземного выщелачивания урана не обнаружили превышений принятых фоновых и

нормативно-установленных значений. Установлены положительные зависимости объемной активности радона в воздухе рабочей зоны на производственных объектах от плотности потока радона из почв. Показано, что интенсивность объемной активности радона увеличивается в ряду объектов: участки подземного выщелачивания урана – хвостохранилища – урановые отвалы. Сделан вывод о том, что радиационная обстановка на объектах исследуемого уранового предприятия и вокруг него находится в соответствии с нормативными требованиями СанПиН-0193-06 и не оказывает отрицательного вредного воздействия на здоровье населения, работников предприятия и на окружающую среду.

Список литературы

1. Sakoda A., Ishimori Y., Yamaoka K. A comprehensive review of radon emanation measurements for mineral, rock, soil, mill tailing and fly ash // Applied Radiation and Isotopes. 2011. Vol. 69. Iss. 10. P. 1422–1435.
<https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2011.06.009>
2. Tsapalov A., Kovler K. Control of radon emanation at determination of activity concentration index for building materials // Construction and Building Materials. 2017. Vol. 160. P. 810–817.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.116>
3. Музафаров А.М., Темиров Б.Р., Саттаров Г.С. Оценка влияния техногенных факторов на экологию региона // Горный журнал. 2013. № 8 (1). С. 61–64.
4. Музафаров А.М., Кулматов Р.А., Аллаберганова Г.М. Оценка радиационной обстановки и распределения радионуклидов в воздухе цеха прокаливания окиси-окиси урана // XXI век. Техносферная безопасность. 2020. Т. 5. № 4. С. 384–392.
<https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-4-384-392>
5. Музафаров А.М., Кулматов Р.А., Аллаяров Р.М. Исследование нарушения коэффициента радиоактивного равновесия между $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ в пробах урановых объектов // Горный вестник Узбекистана. 2020. № 4. (83). С. 53–55.
6. Salahel Din K., Vesterbacka P. Radioactivity levels in some sediment samples from Red Sea and Baltic Sea // Radiation Protection Dosimetry. 2012. Vol. 148. Iss. 1. P. 101–106.
<https://doi.org/10.1093/rpd/ncq591>
7. Bolivar J.P., Garcia-Tenorio R., Mosqueda F., Gazquez M.J., Lopez-Coto I., Adame J.A., et al. Occupational exposures in two industrial plants devoted to the production of ammonium phosphate fertilizers // Journal of Radiological Protection. 2013. Vol. 33. Iss. 1. P.199–212.
<https://doi.org/10.1088/0952-4746/33/1/199>
8. Демин В.Ф., Жуковский М.В., Киселев С.М. Методика оценки риска от воздействия на здоровье человека радона и дочерних продуктов его распада // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 5. С. 64–69.
9. Dulanská S., Meloun M., Mátl L. Scaling model for prediction of radionuclide activity in contaminated soils using a regression triplet technique // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2009. Vol. 280. № 3. P. 519–531.
<https://doi.org/10.1007/s10967-008-7419-9>
10. Музафаров А.М., Ослоповский С.А., Саттаров Г.С. Радиометрические исследования техногенных объектов // Цветные металлы. 2016. № 2 (878). С. 15–19.
<https://doi.org/10.17580/tsm.2016.02.02>
11. Журакулов А.Р., Музафаров А.М., Курбанов Б.И. Оценка состояний распределения естественных радионуклидов в почвах к близлежащим техногенным объектам // Наука и общество. Нукус. 2020. № 1. С. 16–21.
12. Журакулов А.Р., Курбанов Б.И., Абдурахмо-

нов У.Ш., Урунов И.О. Сезонное распределение радона (^{222}Rn) в многоквартирных домах в Навои и Самарканде // Journal of Advances in Engineering Technology. 2020. Vol. 1. № 1. С. 86–89.
<https://doi.org/10.24411/2181-1431-2020-1-86-89>
13. Muzafarov A.M., Kulmatov R.A., Urunov I.O. Analysis of Uranium Isotope Composition in Urani-

um Products // International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS). 2021. Vol. 5. Issue 1. P. 96–101.

14. Музафаров А.М., Темиров Б.Р., Саттаров Г.С. Экологический мониторинг техногенных факторов при добыче и переработке урана и золота // Экологический вестник. 2013. № 12 (152). С. 24–33.

References

1. Sakoda A, Ishimori Y, Yamaoka K. A comprehensive review of radon emanation measurements for mineral, rock, soil, mill tailing and fly ash. *Applied Radiation and Isotopes*. 2011;69(10):1422–1435. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2011.06.009>
2. Tsapalov A, Kovler K. Control of radon emanation at determination of activity concentration index for building materials. *Construction and Building Materials*. 2017;160:810–817. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.116>
3. Muzafarov AM, Temirov BR, Sattarov GS. Assessment of the impact of technogenic factors on the ecology of the region. *Gornyi zhurnal*. 2013;8-1:65-68. (In Russ.)
4. Muzafarov AM, Kulmatov RA, Allaberganova GM. Assessment of the radiation situation and distribution of radionuclides in the air of the uranium protoxide-oxide calcination shop. *XXI vek. Tekhnosfermaya bezopanost' = XXI century. Technosphere Safety*. 2020;5(4):384–392. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-4-384-392>
5. Muzafarov AM, Kulmatov RA, Allayarov RM. Investigation of the violation of the coefficient of radioactive equilibrium between $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ in samples of uranium objects. *Gorniy vestnik Uzbekistana = Mining journal of Uzbekistan*. 2020;4:53–55. (In Russ.)
6. Salahel Din K., Vesterbacka P. Radioactivity levels in some sediment samples from Red Sea and Baltic Sea. *Radiation Protection Dosimetry*. 2012;148(1):101–106. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncq591>
7. Bolivar JP, Garcia-Tenorio R, Mosqueda F, Gazquez MJ, Lopez-Coto I, Adame JA, et al. Occupational exposures in two industrial plants devoted to the production of ammonium phosphate fertilizers. *Journal of Radiological Protection*. 2013;33(1):199–212. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/33/1/199>
8. Demin VF, Zhukovskiy MV, Kiselev SM. The methods of assessment of health risk from exposure to radon and radon daughters. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2014;93(5):64–69. (In Russ.)
9. Dulanská S, Meloun M, Mátel L. Scaling model for prediction of radionuclide activity in contaminated soils using a regression triplet technique. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2009;280(3):519–531. <https://doi.org/10.1007/s10967-008-7419-9>
10. Muzafarov AM, Oslopovskiy SA, Sattarov GS. Radiometric investigations of technogenic objects. *Tsvetnye metally*. 2016;2:15–18. (In Russ.) <https://doi.org/10.17580/tsm.2016.02.02>
11. Jurakulov AR, Muzafarov AM, Kurbonov BI. Assessment of States distribution of natural radionuclides in the soil to the nearby man-made objects. *Science and society. Nukus*. 2020;1:16–21. (In Russ.)
15. Zhurakulov AR, Kurbanov BI, Abdurakhmonov USh, Urunov IO. Seasonal distribution of radon- ^{222}Rn in apartment buildings in Navoi and Samar-kand. *Journal of Advances in Engineering Technology*. 2020;1(1):86–89. <https://doi.org/10.24411/2181-1431-2020-1-86-89> (In Russ.)
16. Muzafarov AM, Kulmatov RA, Urunov IO. Analysis of Uranium Isotope Composition in Uranium Products. *International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS)*. 2021;5(1):96–101.
17. Muzafarov AM, Temirov BR, Sattarov GS. Ecological monitoring of technogenic factors during mining and processing of uranium and gold. *Ekologicheskii vestnik*. 2013;12:24-33. (In Russ.)

Сведения об авторах

Музафаров Амрулло Мустафаевич,
заместитель начальника по науке,
главный инженер центральной
научно-исследовательской лаборатории,
Навоийский горно-металлургический

Information about the authors

Amrullo M. Muzafarov,
Deputy Head for Science, chief engineer
of central research laboratory,
Navoi Mining and Metallurgical Factory,
27 Navoi St., Navoi 210100,

комбинат,
210100, г. Навои, ул. Навои, 27,
Республика Узбекистан,
✉ e-mail: AM.Muzafarov@ngmk.uz

Republic of Uzbekistan,
✉ e-mail: AM.Muzafarov@ngmk.uz

Аллаберганова Гулчехра Машариповна,
преподаватель кафедры физики,
Навоийский государственный горный
институт,
210100, г. Навои, ул. Галаба, 27А,
Республика Узбекистан

Gulchekhra M. Allaberganova,
Lecturer, Department of Physics,
Navoi State Mining institute,
27 A Galab St., Navoi 210100,
Republic of Uzbekistan

Кулматов Рашид Анарович,
доктор химических наук,
профессор кафедры экологии,
Национальный университет Узбекистана,
100174, г. Ташкент, ул. Университетская, 4,
Республика Узбекистан,
e-mail: rashidkulmatov46@mail.com

Rashid A. Kulmatov,
Doctor of Sci. (Chemistry),
Professor of the Department of Ecology,
National University of Uzbekistan,
4 Universitetskaya St., Tashkent 100174,
Republic of Uzbekistan,
e-mail: rashidkulmatov46@mail.com

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

*Все авторы прочитали и одобрили
окончательный вариант рукописи.*

*All authors have read and approved the final
manuscript.*

*Поступила в редакцию 08.11.2020.
Одобрена после рецензирования 16.03.2021.
Принята к публикации 18.03.2021.*

*The article was submitted 08.11.2020.
Approved after reviewing 16.03.2021.
Accepted for publication 18.03.2021.*