

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-9-601-604>

УДК 613.648.4

© Коллектив авторов, 2021

Проскурякова Н.Л.¹, Симаков А.В.¹, Абрамов Ю.В.¹, Марковец В.В.², Лысенко С.В.², Алфёрова Т.М.¹**Гигиеническая оценка условий труда персонала при подземной добыче урана**¹ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России, ул. Живописная, 46, Москва, Россия, 123098;²Приаргунское производственное горно-химическое объединение, пр-т Строителей, 11, Краснокаменск, Забайкальский край, Россия, 674673

Целью исследования является оценка основных радиационно-опасных факторов, определяющих эффективную дозу персонала при подземной добыче урана на Приаргунском производственном горно-химическом объединении. Обобщены данные радиационного контроля предприятия за 2016–2020 гг. Основными факторами, создающими дозовые нагрузки персонала являются: объемная активность короткоживущих дочерних продуктов распада радона в воздухе, мощность дозы внешнего гамма-излучения, объемная активность долгоживущих альфа-излучающих радионуклидов ряда урана-радия в производственной пыли. Представлены сведения о структуре и величинах индивидуальных эффективных доз рабочих. Даны рекомендации по совершенствованию системы радиационного контроля.

Ключевые слова: персонал; доза облучения; внутреннее облучение; добыча урана; эффективная доза; радиационный контроль

Для цитирования: Проскурякова Н.Л., Симаков А.В., Абрамов Ю.В., Марковец В.В., Лысенко С.В., Алфёрова Т.М. Гигиеническая оценка условий труда персонала при подземной добыче урана. *Мед. труда и пром. экол.* 2021; 61(9): 601–604. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-9-601-604>

Для корреспонденции: Абрамов Юрий Викторович, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» кандидат технических наук. E-mail: abramov-1948@yandex.ru

Участие авторов:

Марковец В.В., Лысенко С.В., Проскурякова Н.Л., Симаков А.В., Абрамов Ю.В. — сбор и обработка данных;

Проскурякова Н.Л., Абрамов Ю.В., Симаков А.В. — написание текста;

Проскурякова Н.Л., Алфёрова Т.М. — редактирование.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 30.07.2021 / *Дата принятия к печати:* 08.10.2021 / *Дата публикации:* 20.10.2021

Natalya L. Proskuryakova¹, Anatolii V. Simakov¹, Yuri V. Abramov¹, Vasyliy V. Markovets², Sergey V. Lysenko², Tatyana M. Alferova¹

Hygienic assessment of personnel working conditions in underground uranium mining¹A.I. Burnasyan Medical Biophysical Center, 46, Zhivopisnaya str., Moscow, Russia, 123182;²Priargunsky Industrial Mining and Chemical Union, 11, Stroiteley Ave., Krasnokamensk, Trans-Baikal Territory, Russia, 674673

The aim of the study is to assess the main radiation-hazardous factors that determine the effective dose of personnel during underground uranium mining at the Priargunsky Industrial Mining and Chemical Association, and to summarize the data of the radiation control of the enterprise for 2016–2020. The main factors that create personnel dose loads are: the volume activity of short-lived daughter products of radon decay in the air, the dose rate of external gamma radiation, and the volume activity of long-lived alpha-emitting radionuclides of the uranium-radium series in industrial dust. Information on the structure and values of individual effective doses of workers is presented. Recommendations for improving the radiation monitoring system are given.

Keywords: personnel; radiation dose; internal radiation exposure; uranium mining; effective dose; radiation control

For citation: Proskuryakova N.L., Simakov A.V., Abramov Yu.V., Markovets V.V., Lysenko S.V., Alferova T.M. Hygienic assessment of personnel working conditions in underground uranium mining. *Med. truda i prom. ecol.* 2021; 61(9): 601–604. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-9-601-604>

For correspondence: Yuri V. Abramov, Leading Researcher, A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Cand. of Sci. (Tech.). E-mail: abramov-1948@yandex.ru

Information about the authors: Proskuryakova N.L. <https://orcid.org/0000-0001-9009-6584>

Simakov A.V. <https://orcid.org/0000-0002-9343-0477>

Abramov Yu.V. <https://orcid.org/0000-0001-8877-6994>

Alferova T.M. <https://orcid.org/0000-0002-7757-1827>

Funding. The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received: 30.07.2021 / *Accepted:* 08.10.2021 / *Published:* 20.10.2021

Введение. Условия труда на уранодобывающих предприятиях атомной отрасли связаны с большим риском формирования профессиональной заболеваемости работников основных профессионально-производственных групп. Для снижения риска возникновения заболеваний и уменьшения влияния вредных производственных факторов необходимо проведение регулярного контроля за их уровнем и своевременная разработка мероприятий по снижению воздействия на персонал, участвующий в подземной добыче урана.

Цель исследования — изучение основных радиационно-опасных факторов, влияющих на эффективную дозу облучения персонала при подземной добыче урана предприятий атомной отрасли, данных по величинам действующих радиационных факторов на рабочих местах и структуре формирования индивидуальных эффективных доз персонала ПАО «ППГХО», занятого на подземных работах, формирование предложений по совершенствованию системы радиационного контроля.

Материалы и методы. Приаргунское производственное горно-химическое объединение (ППГХО) — одно из крупнейших уранодобывающих предприятий в мире. Основную добычу урана ППГХО ведет шахтным способом на урановых и молибден-урановых месторождениях. Задача обеспечения радиационной безопасности персонала имеет приоритетное значение среди прочих производственных задач предприятия.

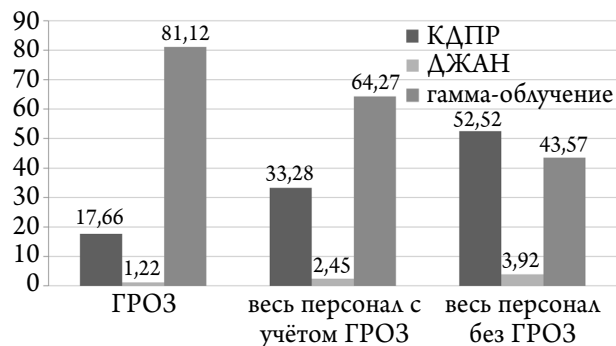


Рис. 1. Структура эффективной дозы облучения персонала ПАО «ППГХО» с подземными условиями труда (за 2016 год)

Fig. 1. Structure of the effective radiation dose of the personnel of PJSC "PIMCU" with underground working conditions (for 2016)

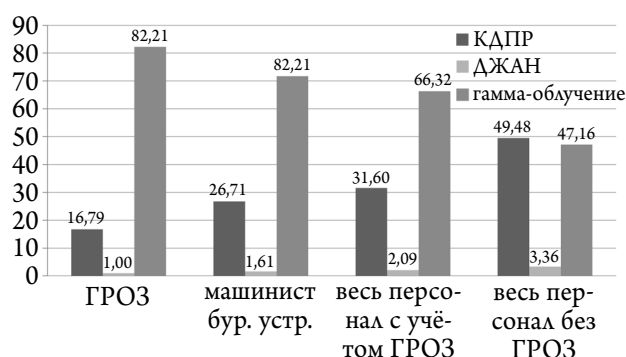


Рис. 2. Структура эффективной дозы облучения персонала ПАО «ППГХО» с подземными условиями труда (за 2017 год)

Fig. 2. Structure of the effective radiation dose of the personnel of PJSC "PIMCU" with underground working conditions (for 2017)

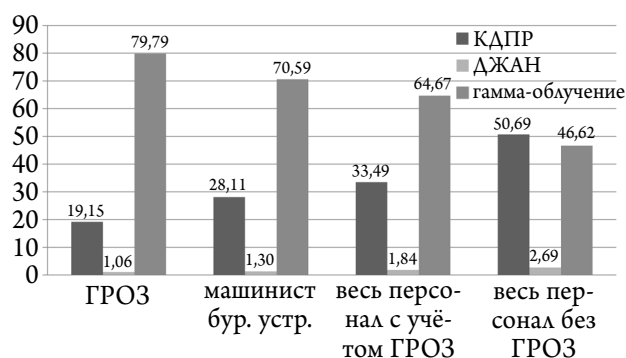


Рис. 3. Структура эффективной дозы облучения персонала ПАО «ППГХО» с подземными условиями труда (за 2018 год)

Fig. 3. Structure of the effective radiation dose of the personnel of PJSC "PIMCU" with underground working conditions (for 2018)

При подземной добыче урана шахтным способом основной вклад в эффективную дозу облучения персонала создают три радиационно-опасных фактора (РОФ) [1]:

- объёмная активность короткоживущих дочерних продуктов распада радона (КДПР) в воздухе;
- мощность дозы внешнего гамма-излучения;
- объёмная активность долгоживущих альфа-излучающих радионуклидов (ДЖАН) руды урана-радия в производственной пыли.

Рассмотренные выше РОФ создают основной вклад в облучение персонала в условиях уранодобывающих предприятий. Суммарный вклад в эффективную дозу от других РОФ (мощность дозы внешнего бета-излучения, радиоактивное загрязнение кожных покровов, спецодежды, поверхностей оборудования и помещений и т. д.) обычно не превышает 1% общей дозы. Поэтому в расчетах индивидуальных доз вклад этих факторов можно не учитывать и ограничиться эпизодическим контролем соблюдения установленных НРБ-99/2009 требований.

Для урановых рудников характерна значительная изменчивость параметров радиационной обстановки и профмаршрутов отдельных категорий персонала во времени и пространстве, что вынуждает при выборе пунктов контроля и радиационной оценке профмаршрутов использовать некоторые упрощения.

Они касаются, прежде всего, определения для каждой профессиональной группы понятия «рабочего места» и порядка вычисления среднего уровня РОФ на этом «рабочем месте» в течение контролируемого интервала времени.

Для определения уровня РОФ на «рабочем месте» пункты контроля располагают таким образом, чтобы рассчитанное по результатам измерений в этих пунктах среднее значение РОФ было возможно ближе к средневзвешенному по времени значению этого РОФ в пределах «рабочего места» данной профессиональной группы.

В связи с вышеизложенным, структура формирования эффективной дозы персонала за счёт различных источников также имеет значительную вариабельность.

Для проведения анализа формирования эффективной дозы персонала за счёт различных источников РОФ весь персонал ПАО «ППГХО» был разбит на четыре группы:

- горнорабочие очистного забоя (ГРОЗ);
- машинисты буровой установки;
- весь персонал с учетом ГРОЗ;
- весь персонал без учета ГРОЗ.

На **рисунках 1–5** приведены диаграммы структуры эффективной дозы облучения персонала с подземными условиями труда за последние пять лет (2016–2020 гг.).

Необходимо отметить, что доза внутреннего облучения за счет поступления ЭРОА и ДЖАН приведены с учетом 100% использования СИЗОД на всех рабочих местах подземного персонала (действующими правилами спуск в шахту и нахождение на рабочих местах без использования СИЗОД строгойше запрещены).

Из диаграмм видно различие в структуре формирования индивидуальных доз у подземного персонала, имеющего относительно постоянное рабочее место в очистных блоках, персонала, находящегося на стационарных рабочих местах в подземных горных выработках на горизонтах, и персонала, временно посещающего рабочие места в очистных блоках и подземных горных выработках. Соотношение между индивидуальными дозами внешнего гамма-облучения и индивидуальными дозами внутрен-

него облучения за счёт поступления КДПР и ДЖАН составляют:

- ГРОЗ — 80,74% внешнее облучение, 19,26% внутреннее облучение;
- машинисты буровых установок — 68,76% внешнее облучение, 31,24% внутреннее облучение;
- персонал без учёта ГРОЗ — 45,84% внешнее облучение, 54,16% внутреннее облучение.

Исходя из существующих соотношений доз внешнего и внутреннего облучения и учитывая тот факт, что горные работы в очистных блоках находятся технологически в постоянном движении, и уровни внешнего облучения зависят только от содержания урана в руде, можно сделать вывод о крайне ограниченных возможностях предприятия для снижения индивидуальных доз внешнего облучения, что затрудняет снижение индивидуальных эффективных доз персонала, имеющего постоянное рабочее место в очистных блоках.

Результаты. В таблице 1 представлены данные (в единицах допустимых уровней) о значениях ЭРОА, ДЖАН и МЭД на рабочих местах подземного персонала ПАО «ППГХО» за последние десять лет.

Представленные данные подтверждают тот факт, что наиболее высокие уровни РОФ отмечаются на подземных рабочих местах, расположенных в очистных блоках.

Особенностью формирования эффективных доз в условиях подземной добычи урановых руд является хроническое (ежесменное) облучение персонала. При этом необходимо отметить, что хотя получение экстремально высоких доз персоналом практически невозможно, годовая доза у отдельных лиц из персонала может достигать достаточно высоких значений.

Поэтому, хотя средние годовые эффективные дозы персонала и не превышают установленных дозовых пределов, индивидуальные эффективные дозы персонала ПАО «ППГХО» являются наиболее высокими среди других производств Госкорпорации «Росатом» (табл. 2, рис. 6).

Величины эффективных доз персонала напрямую зависят от содержания урана в руде, от интенсивности труда (объёмов производства), кратности воздухообмена в шахте, защитных свойств применяемых средств индивидуальной и коллективной защиты, организации производственного процесса и степени его автоматизации.

Принцип оптимизации, являющийся одним из основных принципов обеспечения радиационной безопасности [2], требует поддержания на возможно низком и дости-

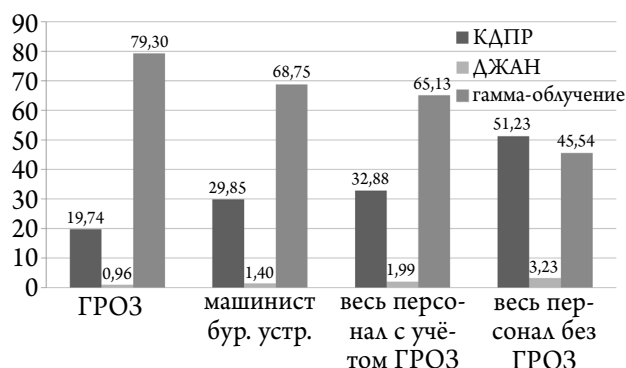


Рис. 4. Структура эффективной дозы облучения персонала ПАО «ППГХО» с подземными условиями труда (за 2019 год)

Fig. 4. Structure of the effective radiation dose of the personnel of PJSC «PIMCU» with underground working conditions (for 2019)

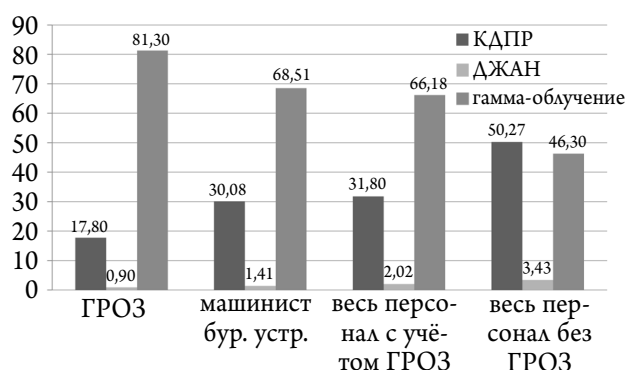


Рис. 5. Структура эффективной дозы облучения персонала ПАО «ППГХО» с подземными условиями труда (за 2020 год)

Fig. 5. Structure of the effective radiation dose of the personnel of PJSC «PIMCU» with underground working conditions (for 2020)

жимом уровне индивидуальных и коллективных доз облучения с учётом экономических и социальных факторов. Используемые варианты радиационной защиты должны быть связаны с уменьшением воздействия всех действующих радиационных факторов, дающих вклад в индивидуальную дозу [3].

Для снижения доз внутреннего облучения все рудники предприятия в настоящее время, полностью обеспечены

Таблица 1 / Table 1

Значения величин радиационных факторов (средние и в очистных блоках) на рабочих местах подземного персонала

Values of radiation factors (average and in treatment units) at the workplaces of underground personnel

Радиационный фактор	Показатель	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ЭРОА (ДОА)	Среднее значение	0,54	0,62	0,58	0,61	0,70	0,70	0,64	0,65	0,68	0,68
	очистные	0,64	0,65	0,75	0,88	0,82	0,82	0,76	0,78	0,93	0,88
ДЖАН (ДОА)	Среднее значение	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,13	0,12	0,10	0,11	0,12
	очистные	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,17	0,14	0,12	0,13	0,13
МЭД (ДМД)	Среднее значение	0,21	0,18	0,20	0,15	0,18	0,17	0,19	0,18	0,19	0,20
	очистные	0,48	0,44	0,53	0,41	0,45	0,44	0,55	0,50	0,54	0,57

Таблица 2 / Table 2

Облучаемость персонала различных подразделений ГК «Росатом» в 2009–2018 гг.

Radiation exposure of personnel of various divisions of the State Atomic Energy Corporation «Rosatom» in 2009–2018

№	Подразделение	Средние дозы, мЗв/год
1	АО «Росэнергострой» — АЭС	1,15–1,36
2	АО «Росэнергоремонт»	2,07–3,35
3	АО «ТВЭЛ»	1,21–1,42
4	ПАО «ППГХО»	2,80–3,53
5	Предприятия ЯОК	1,60–2,06

искусственным общешахтным проветриванием. Установлен непрерывный режим работы воздухораспределительных устройств, все вентиляционные двери ДВ-1000 оборудованы автоматическими приводами, доведена депрессия в очистных блоках до 170–240 мм водного столба, что позволило значительно снизить объемную активность ЭРОА и ДЖАН на рабочих местах подземных рудников. Все стволы, по которым выдается исходящая (с высокой объемной активностью ЭРОА) вентиляционная струя, с целью исключения попадания «грязного» воздуха на рабочие места надшахтных комплексов, оборудованы отводными каналами, которые оснащены вытяжными вентиляторами.

Строгий помесечный (при необходимости — подекадный) учет индивидуальных доз и применяемая по результатам учета в настоящее время ротация персонала позволили полностью исключить наличие персонала, получившего годовую эффективную дозу более 20 мЗв, а также избежать превышения дозового предела в 100 мЗв за пять лет.

Дальнейшее уменьшение индивидуальных доз может быть достигнуто за счет ускорения технического перевооружения горного производства, а также за счёт изменения технологий проведения горных работ, в частности, к переходу на подготовку блоков к отработке наклонными съездами, показавшую хорошую эффективность.

Обсуждение. Для разработки плана снижения дозовых нагрузок на персонал необходимо выделять критические участки. Это трудно сделать в условиях отсутствия стационарных «рабочих мест» в очистных блоках, но выявленные основные закономерности формирования дозовых нагрузок на персонал, на подземных работах, позволяют сосредоточить внимание на методах снижения внешнего гамма-облучения, дающего значимый, а в условиях очистных блоков, основной вклад в формирование эффективной дозы. Это требует совершенствования применяемых методов и технических средств при ведении подземных горных работ.

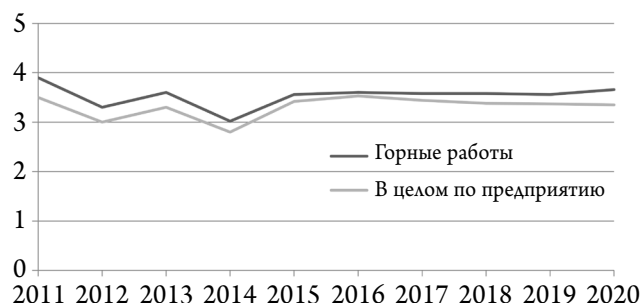


Рис. 6. Эффективные дозы облучения персонала ПАО «ППГХО» за 2011–2020 гг.

Fig. 7. Effective radiation doses of the personnel of PJSC «PPGHO» for 2011–2020.

В частности, в последние годы, для снижения вклада внешнего гамма-облучения в индивидуальные дозы, на предприятии были проведены работы по техническому перевооружению, переход на погрузо-доставочные машины фронтального типа, что позволяет находиться оператору на значительном расстоянии от перевозимой руды в ковше. На Ремонтно-механическом заводе предприятия освоен и налаживается выпуск разработанных во Франции погрузочно-доставочных машин, имеющих улучшенные технико-экономические характеристики.

Заключение. Разработанные и внедренные в настоящее время мероприятия по улучшению состояния радиационной безопасности позволили значительно снизить облучение персонала. В течение ряда лет — начиная с 2011 года — среднегодовые дозы находятся в пределах 2,80–3,53 мЗв.

Для совершенствования системы радиационного контроля рекомендуется выполнение следующих мероприятий:

- при ведении горных работ в блоках с повышенным содержанием урана на подземных рудниках (содержание урана свыше 0,25 %) для организации самоконтроля оснастить персонал индивидуальными прямопоказывающими приборами оперативного контроля, измеряющими как мощность дозы гамма-излучения, так и накопленную дозу, с сигнализатором превышения заданного порога регистрации;
- разработать и внедрить накопительные приборы пассивной сорбции с сигнализатором превышения заданного порога регистрации для контроля среднего содержания радона за длительный период;
- для организации непрерывного контроля радиационной обстановки разработать мероприятия по внедрению автоматической системы контроля (включая приборы непрерывного контроля загрязнённости воздушной среды аэрозолями долгоживущих альфа-излучающих нуклидов), установив датчики в местах расположения стационарных рабочих мест.

Список литературы

1. Организация радиационного контроля на урановых рудниках и расчёт доз облучения персонала. МУ 2.6.1.11-01;
2. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009);
3. Оптимизация радиационной защиты персонала предприятий Госкорпорации «Росатом». МУ 2.6.5.054-2017.

References

1. Organization of radiation monitoring at uranium mines and calculation of personnel dosage. MU 2.6.1.11-01;
2. SanPiN 2.6.1.2523-09 Radiation Safety Standards (NRB-99/2009);
3. Optimization of radiation protection of ROSATOM personnel. MU 2.6.5.054-2017.