

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ХРАНИЛИЩА КОНВЕРСИОННОГО УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Наливайко К.А.<sup>1</sup>, Скрипченко С.Ю.<sup>1</sup>, Титова С.М.<sup>1</sup>, Семенищев В.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.

Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: k.a.nalivaiko@urfu.ru

## **PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOLID RADIOACTIVE WASTES FROM A NEAR-SURFACE STORAGE FACILITY OF URANIUM CONVERSION PRODUCTION**

Nalivaiko K.A.<sup>1</sup>, Skripchenko S.Yu.<sup>1</sup>, Titova S.M.<sup>1</sup>, Semenishchev V.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A complex of physico-chemical studies of solid RW of uranium production was carried out to determine the exact composition. It has been established that RW mainly consist of gypsum dehydrate and calcium carbonate. The content of uranium in the RW varies in a wide range from 0.001 to 0.5 wt. %.

На территории предприятия АО «ЧМЗ» (г. Глазов) расположено приповерхностное хранилище твердых радиоактивных отходов (РАО). Оно состоит из 3 карт, отделенных друг от друга разделительными дамбами, и в него в течение 30 лет сбрасывали отходы уранового, кальциевого и циркониевого производств предприятия. Хранилище не эксплуатируется уже более 40 лет, и в настоящее время рассматривается возможность кондиционирования размещенных в нем РАО. Первым шагом на пути к решению этой задачи является определение состава и характеристик накопленных отходов, поэтому были проведены их исследования с применением различных физико-химических методов анализа.

Толщина рекультивационного слоя грунта хранилища составляет 3-4 м, и более чем на 60 масс. % он состоит из кварца. Ниже него находятся твердые РАО, состав их характеризуется высокой степенью неоднородности как по локациям, так и по глубине залегания. Отходы карт 1 и 2 представлены преимущественно гипсом (53-87 масс. %) и кальцитом (5-11 масс. %), образовавшимися при переработке стоков уранового производства. Данные шламы характеризуются повышенным содержанием Mn, Fe, Pb, K, As, P, их присутствие указывает на наличие в отходах остатков выщелачивания урановых руд. Твердые РАО карты 3 более чем на 64 масс. % состоят из кальцита и характеризуются повышенным содержанием Cu, Mg, Ni и Cl. В данных отходах обнаружен уранофан-альфа (0,85 масс. %), который входил в состав перерабатываемого на предприятии рудного материала. Карта 3 использовалась в основном для хранения кека

выщелачивания U из руд. При этом с целью снижения радиоактивного фона сюда же сбрасывали отходы кальциевого производства.

На карте 2 на глубине 3-5 м обнаружены слои отходов циркониевого и кальциевого производств АО «ЧМЗ». Первые состоят из кальцита (около 60 масс. %) и фторида кальция (более 31 масс. %) и характеризуются повышенным содержанием Zr, Mo и Nb. Вторые более чем на 90 масс. % состоят из кальцита, в них обнаружен уранофан-альфа (1,19 масс. %), и содержится значительное количество Cu, Mg, и Ni.

Уран содержится во всём объеме отходов, при этом по глубине залегания шлама он сконцентрирован неравномерно, содержание U в слоях отходов составляет от 0,01 до 0,51 масс. %. При формировании твердой фазы отходов U переходил в осадок преимущественно в результате адсорбции на поверхности кальцита и гипса. По изотопному составу U, содержащийся в твердых РАО, близок к природному. Гранулометрический состав и влажность твёрдых РАО определяются природой основного компонента шлама. Средний диаметр частиц отходов составляет от 11 до 29 мкм, влажность – от 35 до 53 %.

В большинстве случаев активность отходов обусловлена присутствием Ra-226 и его короткоживущих дочерних продуктов распада, при этом активность Ra-226 в шламе в зависимости от его локации и глубины залегания составляет от 0,05 до 70 кБк/кг. Дополнительные исследования показали наличие заметного содержания в отходах хранилища долгоживущего альфа-излучающего изотопа Th-230 из ряда распада U-238.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-00846, <https://rscf.ru/project/22-29-00846/>*