**Фазовый и химический состав твердых радиоактивных отходов приповерхностного хранилища конверсионного уранового производства**

***Наливайко К.А., Скрипченко С.Ю., Титова С.М., Семенищев В.С***

*Аспирант, 4 год обучения*

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Физико-технологический институт, Екатеринбург, Россия*

*E-mail:* [*k.a.nalivaiko@urfu.ru*](mailto:k.a.nalivaiko@urfu.ru)

Приповерхностное хранилище № 1 АО «ЧМЗ» (г. Глазов, Удмуртская Республика) с 1951 по 1980 г использовалось для хранения отходов уранового, кальциевого и циркониевого производств предприятия. За это время было накоплено порядка 2 млн тонн радиоактивных отходов (РАО), которые в настоящее время ожидают кондиционирования. С целью снижения удельной активности шлама и создания физического барьера для предотвращения пылеуноса радиоактивных частиц с поверхности хранилища в ходе его эксплуатации осуществляюсь смешение отходов различных производств. Поэтому состав твердых РАО отличается высокой степенью неоднородности, как по зонам размещения отходов в приповерхностном хранилище, так и по глубине их залегания.

Толщина рекультивационного слоя грунта приповерхностного хранилища составляет 3-4 м. Более чем на 60 масс. % он состоит из кварца. В фазовый состав также входят алуноген, анортит, альбит, жисмондин, мусковит, кальцит, гипс. Помимо элементов, характерных для установленных соединений, в грунте наблюдается повышенное содержание Fe (2-6 масс. %) и Ti (0.3-0.6 масс. %), что указывает на присутствие в рекультивационном слое титан- и железосодержащих минералов.

На глубине 4-7 метров РАО на 50-90 % состоят из сульфата кальция. Это обусловлено нейтрализацией кислых сульфатных растворов уранового производства известковым молоком. Содержание урана в РАО составляет 0.01-0.1 масс. %, при этом он распределен равномерно по всему объему шлама. При обработке стоков уранового производства известковым молоком уран переходит в осадок преимущественно в результате адсорбционного и изоморфного соосаждения. Значительное содержание в отходах Fe (1.0-4.0 масс. %), K (0.2-1.3 масс. %), As (0.1-0.4 масс. %), P (0.1-0.3 масс. %), Pb (около 0.1 масс. %) обусловлено минеральным составом поступавших на переработку урановых руд. Присутствие в шламах Mn (1.4-3.8 масс. %) и F (0.4-4.7 масс. %) связано с применявшимися на предприятии технологиями переработки урановых руд и концентратов.

В одной из областей хранилища на глубине 4-5 м находится слой отходов циркониевого производства, основными фазами которого являются кальцит (60-75 масс. %) и фторид кальция (около 30 масс. %). Содержание в шламе циркония составляет порядка 0.9 масс. %, молибдена – 0.3 масс. %, ниобия – 0.1 масс. %.

Также обнаружены зоны размещения отходов кальциевого производства. В одной из них они составляют лишь небольшой слой на глубине 3-4 м, в другой – являются основой шлама, залегающего ниже рекультивационного слоя грунта. Фазовый состав отходов кальциевого производства более чем на 63 % представлен кальцитом. Химический состав шлама отличается повышенным содержанием Mg (6-10 масс. %), Ni (0.2-0.4 масс. %), Cu (0.2-0.9 масс. %) и Cl (более 0.5 масс. %), что являются характерной особенностью отходов производства металлического кальция. Содержание урана в шламе составляет до 0.5 масс. %. Он присутствует как в связи с кальцитом, так и в виде отдельных фаз: уранофан-альфа (0.8-1.2 масс. %) и уранкалкарит (0.7 масс. %). Уранофан-альфа является частью невскрытых урановых минералов, уранкалкарит образовался в процессе формирования твердой фазы отходов из перенасыщенных кальцитом водных растворов.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-00846,* [*https://rscf.ru/project/22-29-00846/*](https://rscf.ru/project/22-29-00846/)