

## Отзыв

на диссертацию Мушников Петра Николаевича «Взаимодействие редкоземельных металлов и урана с расплавом LiF-NaF-KF», представленной к защите на соискание ученой кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Актуальность работы очевидна. Идея выдающегося уральского ученого С.П. Распопина создания ядерного реактора на топливе из расплава солей начинает находить практическое воплощение. Использование низкоплавкого фторидного расплава FLINAK для жидкосолевого реактора (ЖСР) представляет большой интерес. Для управления процессами в ЖСР необходимо знать их механизмы. Диссертант систематически изучает взаимодействие FLINAK с рядом легких лантаноидов (аналогов актиноидов) и ураном. Цель работы предсказать поведение урана и актиноидов в рабочем расплаве. Для получения надёжных данных о физико-химических свойствах сложных солевых систем прежде всего необходимо получить чистые соли. Это отдельная проблема, с которой Мушников П.Н. образцово справляется. Многостадийная очистка солей позволяет получать продукты с содержанием кислорода до 10 ppm. Как результат, удается обоснованно уточнить фрагменты диаграмм состояния квазибинарных солевых систем.

Важной особенностью данной диссертации является наличие ряда технических решений, которые обладают патентноспособностью. Особенно интересны продемонстрированные автором возможности получения чистых солевых смесей, а также отделения топливной соли от продуктов деления.

Достоверность полученных результатов подтверждена как чистотой полученных реактивов, так и использованием аттестованных методик анализа образцов на современном оборудовании и грамотной математической обработкой экспериментальных данных.

По тексту автореферата есть несколько замечаний и вопросов:

- 1) На мой взгляд, название диссертации «Взаимодействие редкоземельных металлов и урана с расплавом LiF-NaF-KF» слишком напыщенно даже для докторской диссертации и не отражает суть проделанной автором работы. Слишком много редкоземельных металлов, с которыми автор не работал, встречается в природе. Кроме того, добрая половина диссертации в той или иной степени посвящена взаимодействию фторидов щелочных металлов, легких лантанидов и урана с ионами  $O^{2-}$ ,  $OH^-$  и не обсуждаемыми автором, но, возможно, существующих в расплаве  $CO_3^{2-}$ , влагой и воздухом.
- 2) На рис. 3.20 показано сравнение растворимости  $UF_4$  в LiF-NaF-KF, полученные разными способами: в одном случае зависимость линейная (метод изотермической выдержки), в другом случае экспонентная (метод кривых охлаждения). Налицо разные механизмы

процессов растворения. Объяснение автором разницы образованием мелкодисперсной фазы при использовании метода изотермической выдержки кажется мне не убедительным.

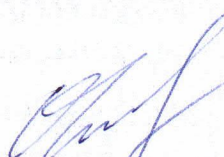
- 3) Реакции электрохимического окисления оксидсодержащих ионов  $O^{2-}$  и  $OH^-$  очевидно имеют разное изменение энергии Гибса при  $700^{\circ}C$ , не этим ли объясняется промежуточный пик на рис 2.15 между пиками а и б, который автор не объясняет на квадратно-волновой вольтамперограмме расплава LiF-NaF-KF.
- 4) В чем преимущество расплава FLINAK перед фторидными расплавами используемыми исследователями из США в качестве основы для солевых смесей жидкосолевых реакторов: LiF-BeF<sub>2</sub>-ZrF<sub>4</sub> и NaF-ZrF<sub>4</sub>.

Имеющиеся замечания не снижают общей положительной оценки работы. По своей актуальности, новизне и качеству результатов, научной и практической значимости диссертационная работа соответствует критериям раздела II "Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление правительства РФ от 24.09.2013 №842 с изменениями на 11.09.2021)". Считаю, что автор диссертации Мушников Петр Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Представленная к защите диссертация является итогом научной деятельности Мушникова Петра Николаевича. Результаты исследований нашли отражение в 4 статьях в рецензируемых журналах из перечня ВАК. Часть диссертации, где изложены методы подготовки солей и контроля содержания оксидсодержащих примесей в них практически целиком можно опубликовать в виде учебного пособия для ВУЗов.


Доцент кафедры металлургии цветных металлов  
Института новых материалов и технологий УрФУ,  
кандидат химических наук

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 17,  
тел.+7 (343) 3754611,  
e-mail: o.v.chemezov@urfu.ru

  
/ О.В.Чемезов /  
Чемезов Олег Владимирович

Подпись О.В. Чемезова заверяю,

Ученый секретарь, канд. техн. наук

  
/ В. А. Морозова /

23.09.2024

