

## Оценка рисков ускоренного переноса радионуклидов при биочистке загрязненных подземных вод вблизи хранилища радиоактивных отходов

Учёные ГЕОХИ РАН, совместно с ИФХЭ РАН, исследовали возможную роль биогеохимических процессов в переносе урана и других радионуклидов в подземных водах, загрязненных жидкими радиоактивными отходами<sup>1</sup>. Установлено, что микробные процессы способствуют коагуляции (слипанию частиц) коллоидов, содержащих радионуклиды, что снижает риск коллоидного транспорта радионуклидов в подземных водах.

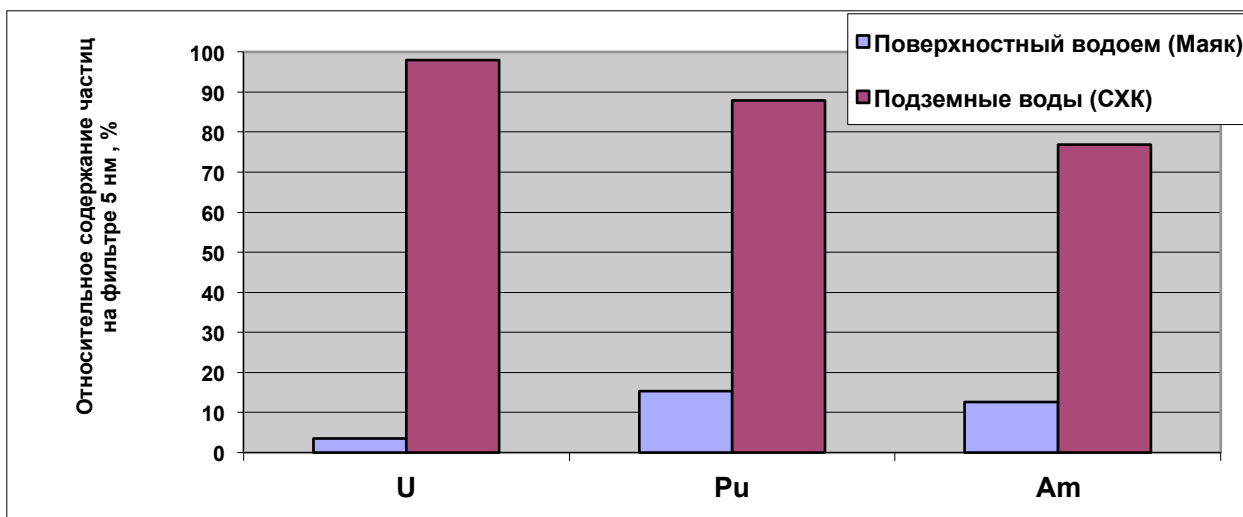
В серии лабораторных экспериментов с пробами воды, отобранными на площадке захоронения жидких радиоактивных отходов, было обнаружено, что микробные процессы способны вызывать коагуляцию глинистых и железистых коллоидов, содержащих радионуклиды. Основными механизмами являются образование биогенных нерастворимых форм двухвалентного железа (гетит, пирротин, сидерит, троилит и ферригидрит), агрегация частиц глины микробными метаболитами и таким образом удерживание радионуклидов в крупных полимерах и железо- и глинистых отложениях. Этот процесс приводит к снижению риска коллоидного транспорта радионуклидов в подземных водах.

Радиационная опасность объектов атомной энергетики и связанной с ними инфраструктуры определяется объективно присущим ей накоплением радиоактивных продуктов деления ядерного топлива и продуктов активации конструкционных материалов ядерных энергетических установок. Наиболее острые проблемы радиоэкологической опасности создают жидкие радиоактивные отходы, образование которых сопровождает все этапы ядерного топливного цикла. Одним из способов захоронения жидких радиоактивных отходов является их закачка в глубоко залегающие (300-400 м) пласты осадочных пород. Установлено, что латеральная и вертикальная миграция радионуклидов и, в частности, наиболее опасных альфа-излучающих, долгоживущих актинидов в пласте-коллекторе составляет не более чем несколько десятков метров от нагнетательной скважины. Причинами возникновения геохимического противомиграционного барьера могут быть сорбция радионуклидов на вмещающих породах и микробная трансформация актинидов с образованием их малорастворимых форм в низших степенях окисления.

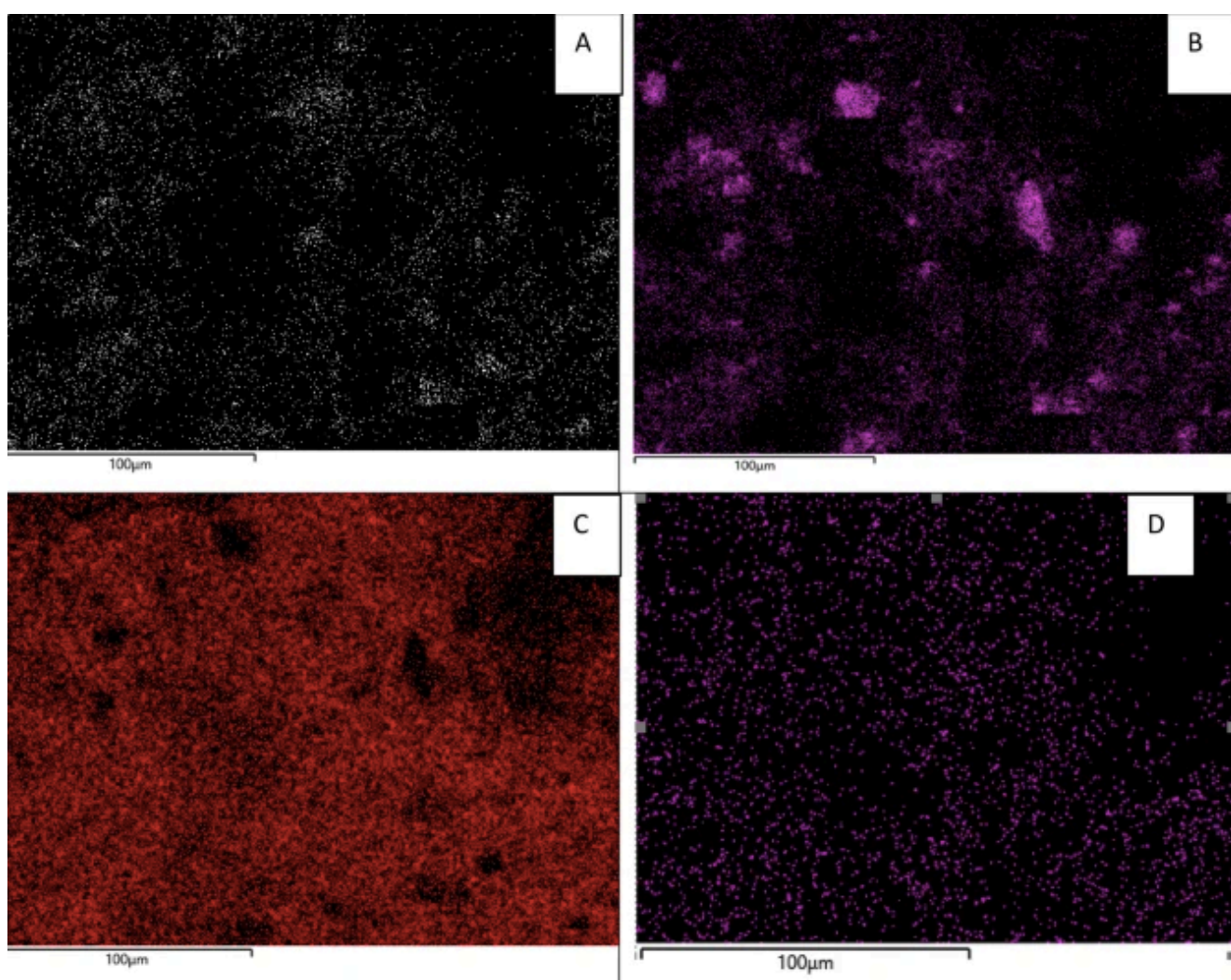
На ряде предприятий был использован подход, позволяющий стимулировать микробное сообщество органическими субстратами для удерживания в пластовых водах урана, технеция и удаления техногенных нитрат-ионов. В материалах статьи содержатся экспериментальные данные по коллоидообразованию радионуклидов в условиях, моделирующих реальное подземное захоронение жидких радиоактивных отходов.

---

<sup>1</sup> Safonov A., Lavrinovich E., Emel'yanov A., Boldyrev K., Kuryakov V., Rodygina N., Zakharova E. and Novikov A. (2022) Risk of colloidal and pseudo-colloidal transport of actinides in nitrate contaminated groundwater near a radioactive waste repository after bioremediation. *Scientific Reports* **12**, 4557, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08593-3>



**Рисунок 1.** Относительное содержание частиц крупнее 5 нм в поверхностных и подземных водах. На примере загрязненных вод, отобранных на разных комбинатах РФ, показано, что в подземных водах за счет биотрансформации частицы, содержащие радионуклиды, крупнее, чем в поверхностных водах и поэтому менее подвижные.



**Рисунок 2.** Элементные карты распределения на поверхности фильтров с размером пор 2400 нм (А) алюминия, (В) кремния, (С) железа, (D) урана, после фильтрации образца (пробы). Данные получены при использовании сканирующего электронного микроскопа с энергодисперсионной приставкой.