

Биогеохимический барьер в водоносных горизонтах, загрязненных нитратом, аммонием и ураном вблизи шламохранилищ АО "ЧМЗ"

Научный руководитель – Сафонов Алексей Владимирович

Артемов Григорий Денисович

Сотрудник

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Радиохимия,
Москва, Россия

E-mail: artemyev56@gmail.com

Шламонакопители предприятий по добыче и переработке урана приводят к значительному загрязнению поверхностных и подземных вод ураном, технологическими макрокомпонентами (сульфаты, нитраты, аммоний), и тяжелыми металлами. Стимулирование развития микробных процессов в водоносных горизонтах, путем нагнетания органических субстратов и различных минеральных добавок может привести к удалению соединений азота в форме молекулярного азота и иммобилизации урана за счет осаждения в биогенных минеральных осадках, содержащих, железо, кальций, магний, восстановленную серу, составляющих основу биогеохимического барьера. На территории Чепецкого механического завода (ЧМЗ) г Глазов завода находятся 3 хвостохранилища. В состав шлама входят Са, Fe, U, Th, Ra, Zr, Sr, NH₄, NO₃, SO₄, CO₃. Анализ проб воды верхнего водоносного показал содержание нитрата до 10 г/л, аммония до 500 мг/л, сульфата до 500 мг/л и урана до 5 мг/л.

Целью работы является изучение условий формирования биогеохимических барьеров для иммобилизации урана в верхних водоносных горизонтах с нитратным и аммонийным загрязнением в районе хвостохранилища (ЧМЗ).

При исследовании отобранных проб обнаружено метаболически разнообразное микробное сообщество, способное участвовать в формировании восстановительного барьера для восстановления нитрат- и сульфат-ионов и железа.

Были подобраны органические добавки для стимулирования микроорганизмов. В качестве источника фосфора, стабилизатора pH и компонента осадителя для урана, железа и тяжелых металлов был использован гидрофосфат натрия. Наиболее эффективной добавкой для удаления нитрата и аммония оказалась смесь сахара, мелассы, молочной сыворотки и ацетата. При их добавлении на 7 сутки значение eН опустилось до 0, на 14 до -200 мВ, концентрация нитрата до нулевых значений, после чего началось восстановление сульфата до сульфидов. Потребление органического вещества в процессе дыхания привело к образованию гидрокарбонатов. Таким образом, возникли условия для формирования восстановительного минерального барьера. Методом порошковой дифракции установлено наличие в нем минеральных фаз урана в виде мета-отенита и биогенного кальцита. Анализ состава биогенных осадков методами сканирующей электронной микроскопии (SEM EDX) в экспериментах с исходно высоким содержанием сульфата позволил предположить возможность осаждения сульфидных минеральных фаз, в составе которых присутствовали P, S, Ca, Fe.

Летом 2020 года состоялось проведение полевых испытаний создания биогеохимического барьера *in situ* на территории ОАО «ЧМЗ». За первые 3 месяца эксперимента значение eН перешло в восстановительную область на 5-7 сутки эксперимента, то есть образовался восстановительный барьер, и существенно снизилась концентрация нитрата, в некоторых пробах в 20 раз. При анализе биогенных осадков в пластовой воде обнаружено высокое содержание железа, кальция и фосфора, являющихся важной частью биогеохимического барьера для урана.