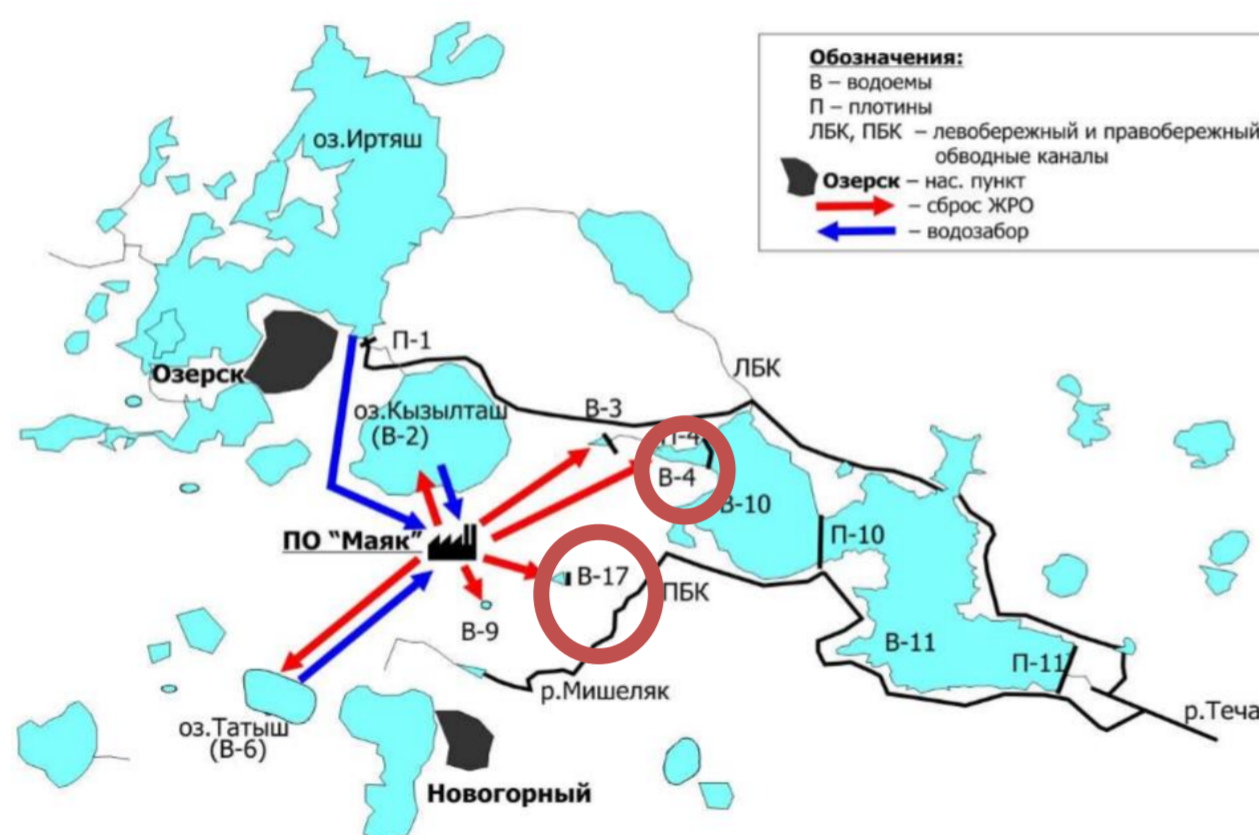


Последовательное выщелачивание Pu из донных осадков радиоактивно-загрязненных водоемов ПО "Маяк"

О. А. Кангина^{1*}, А. К. Рожкова¹, Е. А. Пряхин², Ю. Г. Мокров³, Н. В. Кузьменкова¹
¹МГУ имени М.В.Ломоносова, химический факультет, кафедра радиохимии, Москва
²ФГБУН "Уральский научно-практический центр радиационной медицины", Челябинск
³ФГУП "ПО "Маяк", Озёрск

*E-mail: kangina1998@mail.ru, тел.: +79777317912

Производственное объединение «Маяк» (г. Озёрск, Челябинская область) было первым предприятием в СССР по производству оружейного плутония. С 1949 г. жидкие радиоактивные отходы среднего и низкого уровня активности сбрасывались в близлежащие водоемы.



Водоем В-17
 «Старое болото» [1]:
 $S_{\text{поверх.водн.зек.}} = 0,13 \text{ км}^2$,
 $V_{\text{воды}} = 0,3 \cdot 10^6 \text{ м}^3$,
 $A = 5,2 \cdot 10^{14} \text{ Бк/г}$
 $A_{\text{Pu (дон.ос.)}} = 4 \cdot 10^3 \text{ Бк/г}$

Водоем В-4 [1]:
 $S_{\text{поверх.водн.зек.}} = 1,3 \text{ км}^2$,
 $V_{\text{воды}} = 3,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$,
 $A = 6 \cdot 10^8 \text{ Бк/г}$
 $A_{\text{Pu (дон.ос.)}} = 5,6 \text{ Бк/г}$

Исследуемые водоемы: В-17 «Старое болото» (на сегодня сброс радиоактивных отходов в водоем прекращен) и В-4 (продолжает использоваться как хранилище низкоактивных отходов).

[1] Кузьменкова Н.В., Власова И.Э., Рожкова А.К. и др. Распределение радионуклидов между биотическими и абиотическими компонентами радиоактивно-загрязненных водоемов В-17 и В-4 // Вопросы радиационной безопасности, №1 (3), 54-66, 2017

Последовательное выщелачивание по методике Тесснера

Обменная MgCl ₂ 1M, pH=7, 25°C, 1 час
Карбонатная 1M NaOAc + HOAc до pH=5, 25°C, 3,5 часа
Железо-марганцевые оксиды 0,04M NH ₂ OH·HCl + 25% HOAc до pH=2, 96°C, 6 часов
Связанная с органическим веществом 30% H ₂ O ₂ + 0,02M HNO ₃ до pH=2, 95°C, 2-3 часа (2 раза)
Нерастворимый остаток Смесь кислот HF, HClO ₄ , HCl и HNO ₃

В 3 эппендорфа поместили по 0,05 г донного осадка из водоема В-17 и по 3 – из В-4. После каждой фракции образцы центрифугировали.



Соотношение «осадок : раствор»:

✓ Обменная и карбонатная фракции – 1:8

✓ Оксидная – 1:20

✓ Фракция, связанная с органическим веществом – 1:40

← Раствор
 ← Осадок из водоема

Выводы:

- 1) Коэффициент Распределения различается на 2 порядка, что говорит о большем количестве растворенного Pu в воде В-4.
- 2) Результаты наших исследований показали, что большая часть Pu находится в нерастворимом остатке. Вероятность перехода плутония в грунтовые воды очень низкая, что важно с точки зрения экологии региона.

Водоем В-17 [1]:

$A_{\text{воды}} = 3,4 \cdot 10^{-1} \text{ Бк/г}$
 $A_{\text{дон.ос.}} = 4,5 \cdot 10^3 \text{ Бк/г}$

$KP = 1,3 \cdot 10^4$

Водоем В-4 [1]:

$A_{\text{воды}} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ Бк/г}$
 $A_{\text{дон.ос.}} = 5,6 \text{ Бк/г}$
 $KP = 1,4 \cdot 10^2$

Выделение Pu из образцов донных осадков

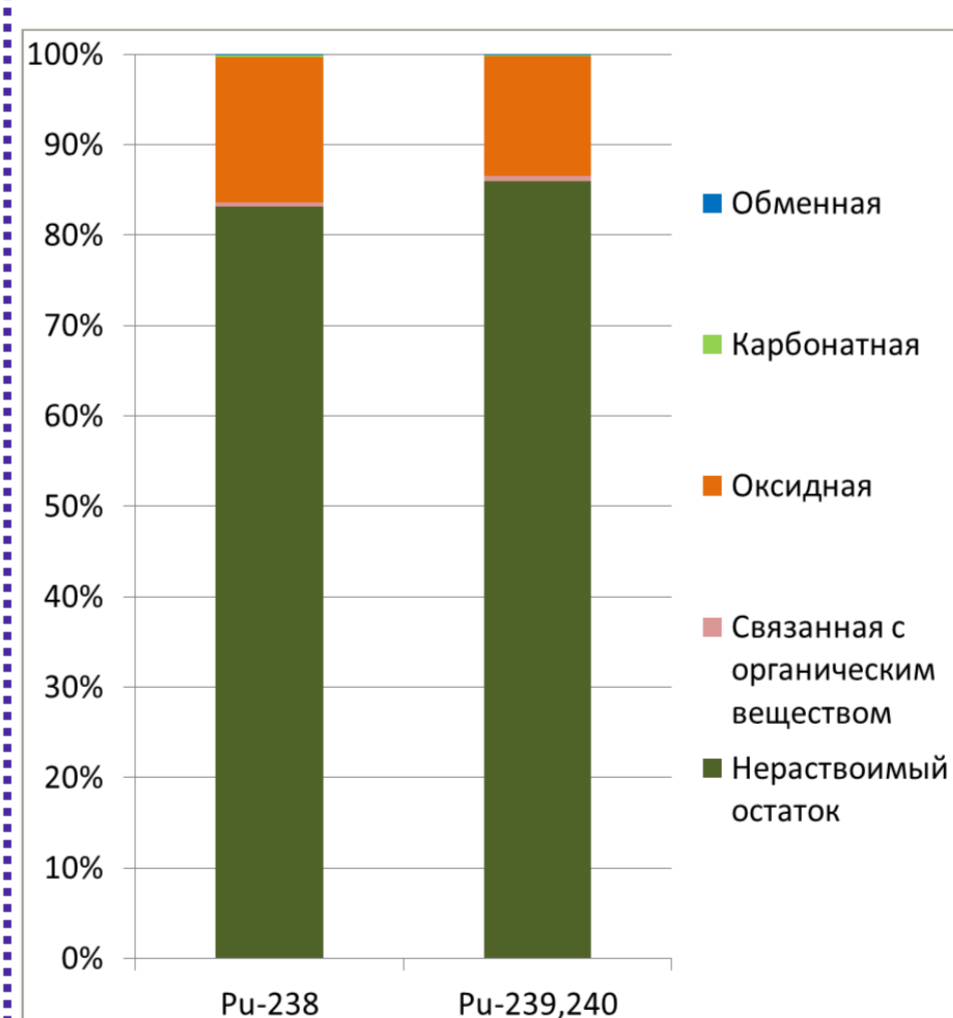


1. Добавление метки Pu-236 (0,2 Бк)
2. Стабилизация Pu в IV-валентном состоянии с помощью NaNO₂
3. Эллоирование Pu раствором NH₂OH·H₂O
4. Выделение Pu с помощью смолы Анионит АВ-17х8
5. Соосаждение с CeF₃ на Resolve фильтр
6. Определение активности с помощью α-спектрометра (CANBERRA Model 7401)

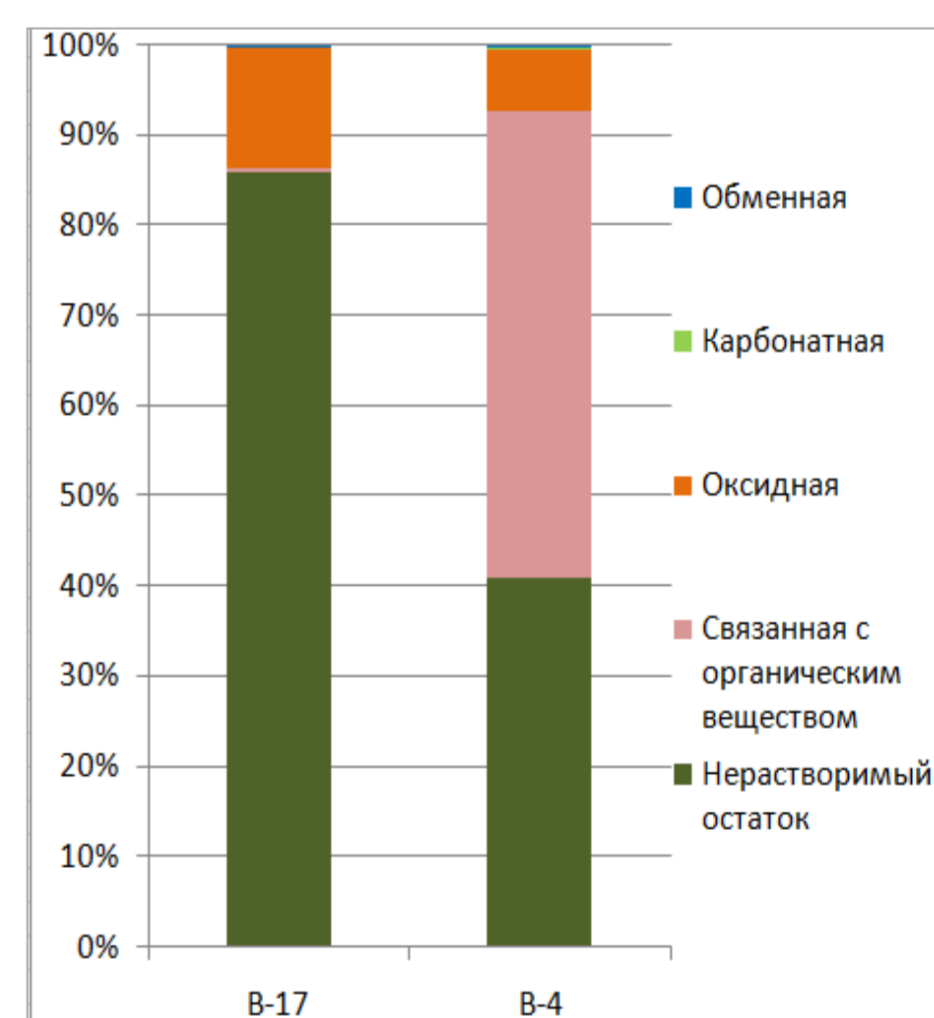


Результаты

Процентное содержание 238,239,240Pu в В-17



Процентное содержание 239,240Pu в В-17 и В-4



- а) Распределение Pu между фракциями не зависит от его изотопа.
- б) Pu преимущественно находится в биологически недоступной фракции в В-17 – 83%, а в В-4 – 40%. Это может указывать на возможность образования микрочастиц PuO₂ или аморфных коллоидных частиц, которые «старея» уменьшают миграционную способность изотопов Pu.
- в) В В-4 преимущественно изотопы находятся во фракции, связанной с органическим веществом (52%), в В-17 намного меньше – около 1%. Известно, что сбросы ЖРО в В-4 начались намного позднее (1972 г), чем в В-17 (1956 г). На глубинах из-за процесса анокисии происходит накопление органических веществ, но еще не происходит процесса «старения» осадка.
- г) Часть Pu находится во фракции, связанной с оксидами Fe и Mn (В-17 -15%, В-4 – 7%). Для химии Pu характерно образование прочных оксигидроксидов Fe.
- д) Остальные фракции содержат равное соотношение Pu (1-2%).