

изучения наиболее характерных частиц под растровым электронным микроскопом было установлено, что микропластик разрушается на более мелкие частицы путем раскосмачивания, расслоения, расщепления, растрескивания.

Идентификация спектрометром состава около 20 % найденного микропластика показала, что наиболее распространенный материал микропластика – акрил, полиамид, нейлон.

## **МИГРАЦИЯ $^{239,240}\text{Pu}$ ГЛОБАЛЬНЫХ ВЫПАДЕНИЙ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МОРСКИХ ВОДОЕМОВ И ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА**

**Н. А. Бакунов, А. С. Макаров, Д. Ю. Большиянов ,  
С. А. Правкин, А. О. Аксенов**

*АНИИ, Санкт-Петербург, Россия*  
 *bolshiyakov@aari.ru*

**Ключевые слова:** искусственные радионуклиды, донные отложения, Карское море, Ладожское озеро.

Изотопы  $^{239,240}\text{Pu}$  радиоактивны, обладают высокой токсичностью и длительным (тысячи лет) периодом полураспада. В лито- и гидросфере Земли, за исключением локальных районов, Pu представлен изотопами  $^{239,240}\text{Pu}$  глобальных выпадений. В публикациях содержание плутония в донных отложениях (ДО), как правило, приводится для верхнего слоя грунта (0–2 см) с обсуждением вариабельности загрязнения грунтов в отдельных районах Мирового океана. Вопросам миграции плутония в толщу ДО и механизмам переноса плутония в толщу ДО уделено меньше внимания. Задача исследования состоит в изучении распределения  $^{239,240}\text{Pu}$  глобальных выпадений в ДО водоемов с целью количественной оценки скорости миграции  $^{239,240}\text{Pu}$  в грунтах дна. Объектом исследования стали ДО, в которых определено послойное содержание  $^{239,240}\text{Pu}$ . Колонки морских ДО, содержащих  $^{239,240}\text{Pu}$ , были взяты во время российско-норвежских экспедиций в Карском море в 1992–1995 гг., российско-финских экспедиций

в Белом море, авторами в Ладожском озере в 2008 г. Относительная ошибка измерения препаратов  $^{239,240}\text{Pu}$  после радиохимического анализа не превышала 40 %. В ДО Ладожского озера, Белого моря, залива Цивольки Карского моря концентрации  $^{239,240}\text{Pu}$  изменяются от 4200 (Ладожское озеро) до 820 мБк/кг (залив Цивольки). Концентрации  $^{239,240}\text{Pu}$  в ДО Белого моря, залива Цивольки и Ладоги находятся на уровне современного техногенного фона. Профили плутония в ДО характеризуются трендом снижения содержания радионуклида от верхних к нижним слоям осадков. Преимущественное содержание  $^{239,240}\text{Pu}$  в поверхностном слое (0–2 см), медленная миграция и наличие градиента концентрации радионуклида между слоями ДО позволяют рассматривать диффузию в качестве основного механизма миграции плутония в ДО. Коэффициенты диффузии (КД) глобального выпадения  $^{239,240}\text{Pu}$  (D) были рассчитаны по условию отсчета времени миграции радионуклида с 1964 г. – даты формирования кумулятивного запаса в грунтах дна. На двух станциях в Белом море коэффициент D изменяется от  $1,9 \cdot 10^{-8}$  до  $6,9 \cdot 10^{-9}$ , а на трех станциях залива Цивольки от  $3,4 \cdot 10^{-9}$  до  $4,6 \cdot 10^{-9}$  см<sup>2</sup>/с. Для КД наблюдается слабая тенденция к увеличению его значений с глубиной осадка. В ДО Ладожского озера значения D составляют  $1,1 \cdot 10^{-8}$ – $6,8 \cdot 10^{-9}$  см<sup>2</sup>/с. С использованием КД выполнена реконструкция загрязнения плутонием ДО залива Цивольки с экспозицией 5 и 60 лет, отсчитываемой от даты формирования запаса в грунтах дна. По расчету глубина миграции плутония за 5 лет не превысила 6 см, ~ 60 % плутония осталось в слое 0–1 см. Пятилетнего срока диффузии плутония с  $D = n \cdot 10^{-9}$  см<sup>2</sup>/с оказалось недостаточно для значительной дезактивации приповерхностного слоя грунта. Определения КД плутония для природных условий Белого и Карского морей согласуются с результатами модельных опытов.

В заливе Цивольки не было утечки  $^{239,240}\text{Pu}$  из захороненных объектов РАО; профили распределения  $^{239,240}\text{Pu}$  в ДО определялись коэффициентами  $n \cdot (10^{-9} - 10^{-8})$  см<sup>2</sup>/с. КД  $^{239,240}\text{Pu}$  будут востребованы при прогнозах миграции радионуклида в ДО заливов Новой Земли и открытых районов Карского моря. Коэффициенты диффузии  $^{239,240}\text{Pu}$  в ДО Ладожского озера соизмеримы с КД гло-

бального  $^{137}\text{Cs}$  в осадках Ладожского озера. Данные по коэффициентам диффузии  $^{239,240}\text{Pu}$  в ДО Ладожского озера являются ориентиром поведения радионуклидов в донных отложениях глубоких озер России.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00319, <https://rscf.ru/project/23-24-00319/>.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА НА ПРИМЕРЕ КАЦИВЕЛЬСКОГО УЧАСТКА

**А. С. Богуславский** ✉, **В. Ф. Удовик**, **С. И. Казаков**,  
**И. Г. Берзова**, **Н. В. Хамицевич**, **С. А. Нуриев**

*МГИ, Севастополь, Россия*  
✉ [al\\_bhs@mail.ru](mailto:al_bhs@mail.ru)

**Ключевые слова:** Южный берег Крыма, породные комплексы, георадарное профилирование, древние оползни, отторженцы, палеореконструкция, литодинамика.

В ходе натуральных наблюдений обнажений пород и интерпретации результатов георадарного профилирования с помощью георадаров «SIR-3000», «Лоза», и «ОКО-3» исследованы оползневые породные комплексы Южного берега Крыма на примере кацивельского участка береговой линии.

Обосновывается гипотеза формирования оползневых массивов пород и известняковых отторженцев массандровской свиты в результате мощной тектоно-гидродинамической катастрофы в начале голоцена.

Предложена палеореконструкция изменения геоморфологических особенностей береговой зоны в результате катастрофы: бывшие бухты и долины с водотоками стали мысовыми участками отторженцев (г. Кошка) и древних оползней (мысы Кикинеиз, Троицы), а бывшие мысовые участки коренных пород таврической серии – внутренними берегами современных бухт (Ли-менская бухта).