

РАДИАЦИОННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИБРЕЖНОЙ И ШЕЛЬФОВОЙ ЗОН АРКТИКИ: ВЛИЯНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ФОРМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ МИГРАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ

Мясоедов Б.Ф.¹, Калмыков С.Н.¹, Куляко Ю.М.¹, Кузьменкова Н.В.¹, Винокуров С.Е.¹, Травкина А.Ю.¹, Алиев Р.А.², Власова И.Э.², Романчук А.Ю.²

¹ Ордена Ленина и ордена Октябрьской революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (ГЕОХИ РАН), Москва, Россия

² МГУ имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, кафедра Радиохимии, Москва, Россия

kuzmenkova213@gmail.com

Хозяйственная деятельность в Арктике в значительной мере затрагивает состояние береговой и шельфовой зон. Одним из важных антропогенных факторов воздействия на эти зоны является радиационное загрязнение окружающей среды из глобальных и региональных источников (ядерные испытания, захоронения радиоактивных отходов (РАО), поступление жидких РАО с европейских предприятий и пр.).

Цель проекта - проведение радиоэкологического мониторинга Арктического региона и установление взаимосвязи между источником поступления радионуклидов в регионе, формами их нахождения и закономерностями их миграционного поведения.

Для Арктических и Субарктических регионов все большую актуальность приобретает проблема оценки последствий долговременного аэротехногенного загрязнения водоемов, расположенных в фоновых районах.

Для изучения истории и скорости поступления радионуклидов из различных источников в Арктику использованы методы радионуклидного датирования с использованием ²¹⁰Pb. Для определения радионуклидов в пробах использованы методы низкофоновой ядерной спектрометрии (гамма-, альфа- и жидкостно-сцинтилляционная спектрометрия).

Условия формирования качества вод озер Мурманской области весьма специфичны и разнообразны, что обусловлено целым рядом факторов, включая климатические, геологические и ландшафтные особенности территорий водосборов. В целом, это ультрапресные, олиготрофные водоемы с небольшой прозрачностью вод. Большое влияние на качество вод оказывают залесенность (в среднем 35.8%) и заболоченность (в среднем 28.7%) водосборных бассейнов.

Исследовались следующие озера:

Кочьяур, Шуонияурви, Куэтсьярви, Виртуовошьяур (рис. 1)

Координаты объектов:	Северной широты	Восточной долготы
Кочьяур	68°35.853'	28°40.250'
Виртуовошьяур	68°45.894'	28°47.548'
Шуонияур	69°15.449'	30°04.968'
Куэтсьярви	69°26.052'	30°09.447'



Рисунок 1. Географическое положение объектов исследования.

МЕТОДИКИ И ИЗМЕРЕНИЯ

Радиоактивность ^{137}Cs и ^{210}Pb определяли по энергии гамма-излучения 661,6 и 46,5 кэВ соответственно, с помощью гамма-спектрометра с полупроводниковым детектором из особо чистого германия 70×25 мм (Canberra Ind.). Для обработки результатов использовали программное обеспечение Genie 2000 (Canberra Ind.). ^{226}Ra определяли по энергии гамма-квантов 609 кэВ, принадлежащей дочернему ^{214}Bi в предположении наличия радиоактивного равновесия между ^{226}Ra и ^{214}Bi . Для калибровки по эффективности использовали интеркалибровочный препарат МАРЕР 97 S4 (Департамент энергетики, США) и сертифицированный стандартный образец IAEA-315 (МАГАТЭ). Минимальная детектируемая активность ^{137}Cs в осадках составила 0,5 Бк/кг, ^{210}Pb – около 10 Бк/кг. Низкофоновые установки для измерения альфа и гамма-препаратов сертифицированы и используются в специализированной лаборатории радиационного контроля, которая аккредитована Госстандартом России (аттестат аккредитации. № САРК RU. 0001.441438).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты определения радиоактивности ^{137}Cs , ^{210}Pb и ^{239}Pu приведены в Таблицах 1-6, а их вертикальные профили по глубине на рисунках 2-6. Видно, что содержание техногенных радионуклидов (^{137}Cs и ^{239}Pu) невелико и не превышает 90 Бк/кг по ^{137}Cs и 1 Бк/кг по ^{239}Pu . Содержание ^{238}Pu во всех пробах была ниже МДА.

Результаты определения скоростей осадконакопления (см. Таблицу 5), фактическое отсутствие таких радионуклидов, как ^{134}Cs и ^{238}Pu , а также в целом весьма низкие величины содержания техногенных радионуклидов, указывает на преобладание глобальных выпадений в балансе радионуклидов в данном регионе. Заметного вклада локальных источников (рисунок 7) поступления радионуклидов не выявлено.

Таблица 1. Результаты определения радионуклидов в колонке озера Кочегур

Горизонт	см	^{137}Cs , Бк/кг	СКО, Бк/кг	^{210}Pb , Бк/кг	СКО, Бк/кг
0-2	1	71	6	1086	87
2-4	3	43	13	416	94
4-6	5	28	10	344	100
6-8	7	22	12	<МДА	-
8-10	9	<МДА	-	172	74
10-12	11	18	5	<МДА	-
12-14	13	11	3	<МДА	-
14-16	15	<МДА	-	284	48

СКО – среднеквадратичное отклонение = погрешность измерения,
 МДА- минимально детектируемая активность

Таблица 2. Результаты определения изотопов плутония в колонке озера Кочегур

Горизонт	$^{239,240}\text{Pu}$, Бк/кг	СКО, %
0-2	0,99	15
2-4	0,23	33
4-6	0,92	18
6-8	0,57	22
8-10	0,88	12
10-12	<МДА	-
12-14	0,09	42
14-16	0,04	84

Таблица 3. Результаты определения радионуклидов в колонке озера Шуониярви

Горизонт	^{137}Cs , Бк/кг	СКО, Бк/кг	^{210}Pb , Бк/кг	СКО, Бк/кг
0-2	88	6	518	60
2-4	17	4	188	46
4-6	13	2	94	20
6-8	5	1	30	12
8-10	4	1	16	53
10-12	<МДА	-	<МДА	-
12-14	5	1	<МДА	-
14-16	1	1	69	12
18-20	<МДА	-	50,346	10

Таблица 4. Результаты определения радионуклидов в колонке озера Куэтсьярви

Горизонт	см	^{137}Cs , Бк/кг	СКО, Бк/кг	^{210}Pb , Бк/кг	СКО, Бк/кг
0-2	1	25	2	167	21
2-4	3	33	2	129	16
4-6	5	31	2	181	18
6-8	7	5	1	75	12
8-10	9	<МДА	<МДА	72	11
10-12	11	3	1	80	9
12-14	13	<МДА	<МДА	49	9
14-16	15	<МДА	<МДА	12	29
16-18	19	<МДА	<МДА	64	10

Таблица 5. Результаты определения изотопов плутония в колонке озера Куэтсьярви

Горизонт	$^{239,240}\text{Pu}$, Бк/кг	СКО, %
0-2	0,27	35
2-4	0,53	77
4-6	0,49	18
6-8	<МДА	-
8-10	<МДА	-
10-12	<МДА	-

Таблица 6. Результаты определения радионуклидов в колонке озера Виртуовошъяур

Горизонт	^{137}Cs , Бк/кг	СКО, Бк/кг	^{210}Pb , Бк/кг	СКО, Бк/кг
0-2	78	9	1532	131
2-4	2	7	261	99
4-6	18	4	224	54
6-8	<МДА	<МДА	87	44
8-10	13	3	<МДА	<МДА
10-12	<МДА	<МДА	<МДА	<МДА
12-14	<МДА	<МДА	<МДА	<МДА
14-16	<МДА	<МДА	<МДА	<МДА
16-18	0,4	2	<МДА	<МДА

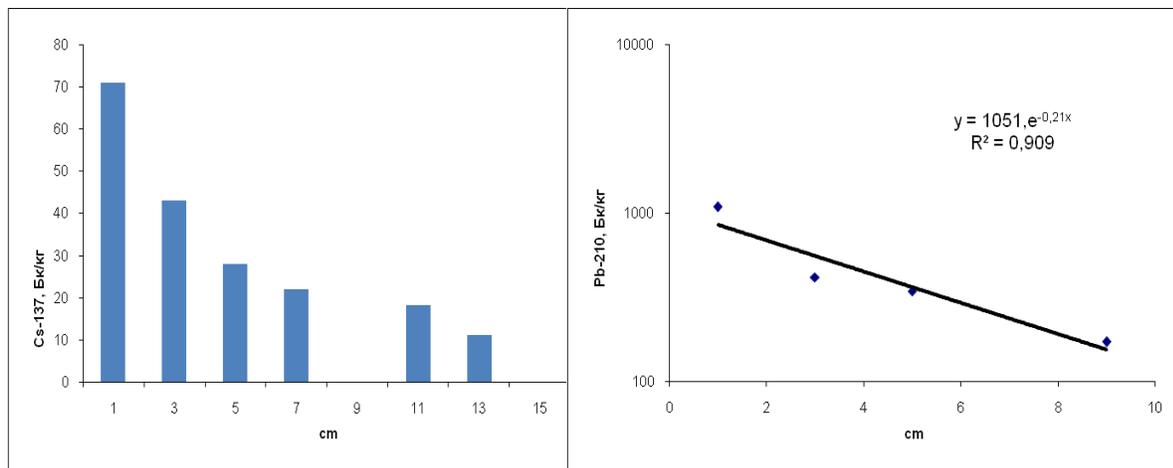


Рисунок 2. Вертикальные распределения радионуклидов ^{137}Cs и ^{210}Pb в колонке озера Кочегур.

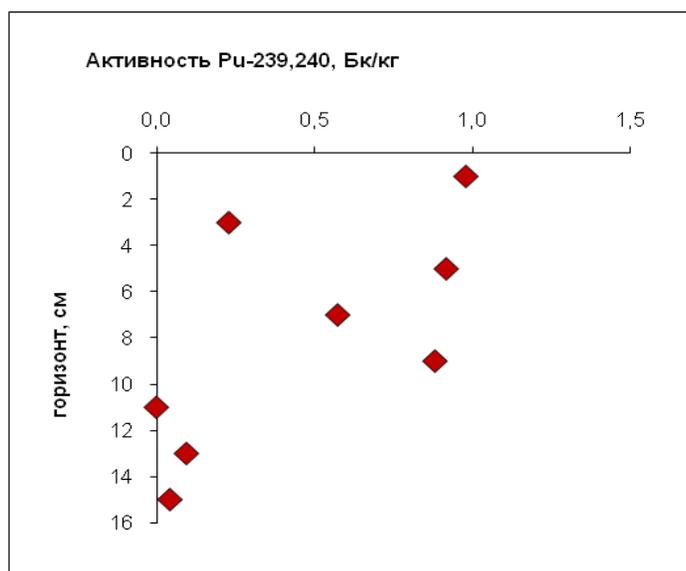


Рисунок 2. Вертикальное распределение $^{239,240}\text{Pu}$ в колонке озера Кочегур.

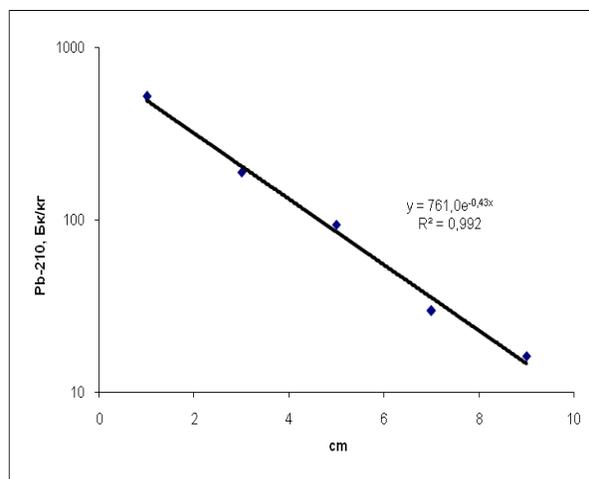
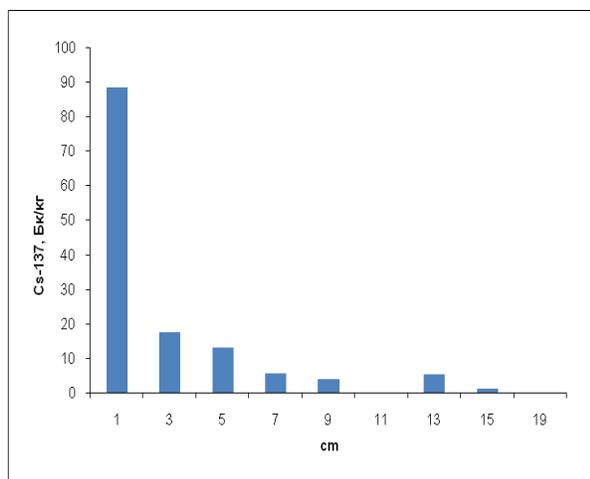


Рисунок 3. Вертикальные распределения радионуклидов ¹³⁷Cs и ²¹⁰Pb в колонке озера Шуониярви.

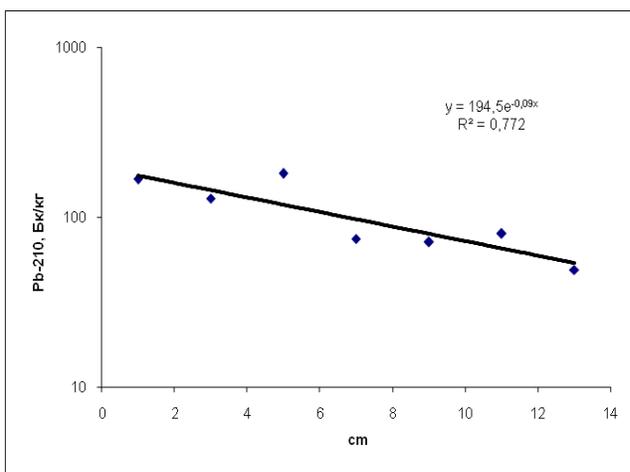
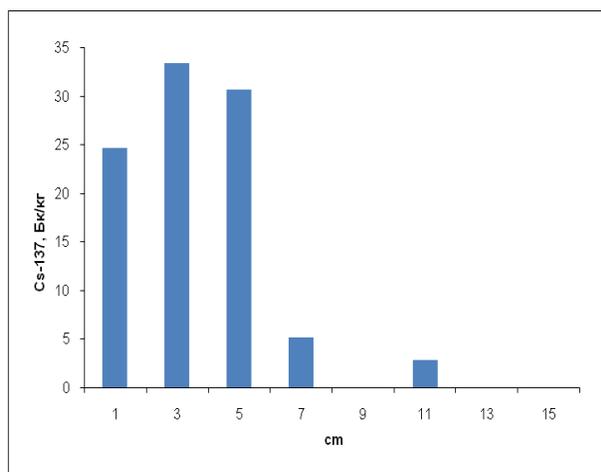


Рисунок 4. Вертикальные распределения радионуклидов ¹³⁷Cs и ²¹⁰Pb в колонке озера Куэтсыярви.

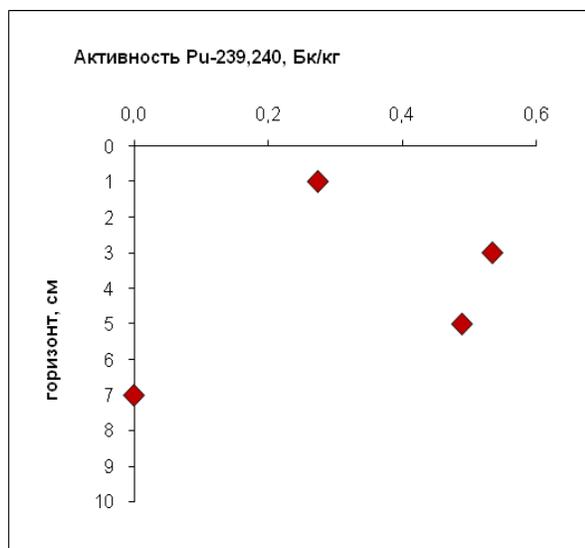


Рисунок 5. Вертикальное распределение $^{239,240}\text{Pu}$ в колонке озера Куэтсъярви.

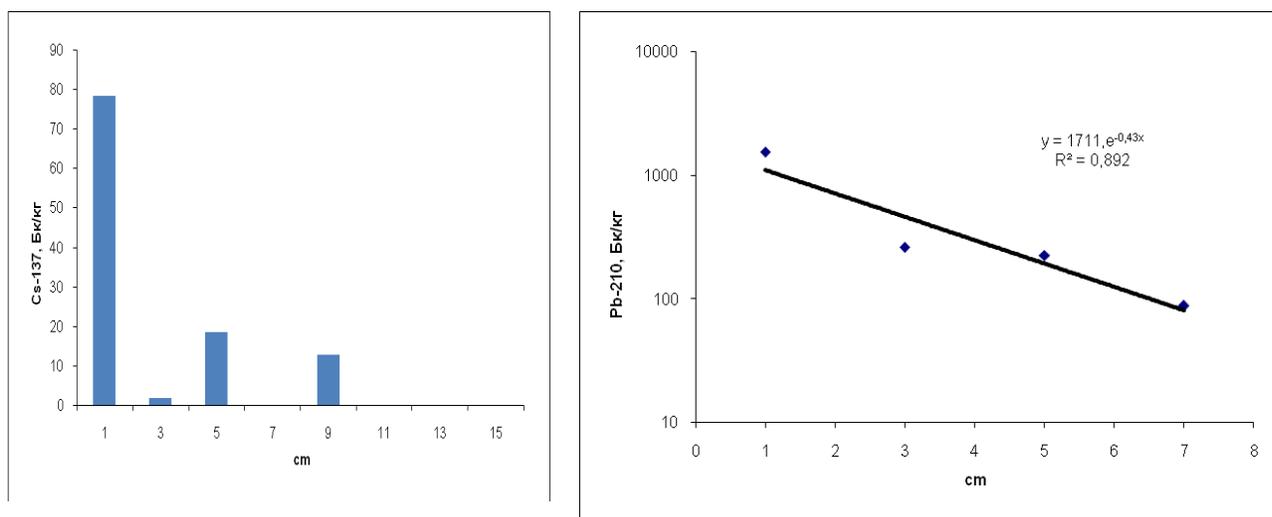
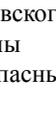


Рисунок 6. Вертикальные распределения радионуклидов ^{137}Cs и ^{210}Pb в колонке озера Виртуовошъяур.

Таблица 5. Рассчитанные величины абсолютных скоростей седиментации

Озеро	Скорость седиментации, см/год
Кочьяур	0,15
Шуониярви	0,07
Куэтсъярви	0,31
Виртуовошъяур	0,07

- Ковдорский ГОК 
- Ловозерский ГОК 
- ГОК «Печенга-никель» 
- Кольская АЭС 
- База ВМФ и хранилище РАО в Грехихе 
- район Кольского и Мотовского заливов, где сосредоточены основные радиационно-опасные объекты ВМФ 
- Базы АПЛ и судов военно-морского флота; 
- Судоремонтные заводы, в том числе утилизирующие выведенные из строя АПЛ; 
- Пункты хранения ОЯТ и РАО 
- База атомного ледокольного флота 

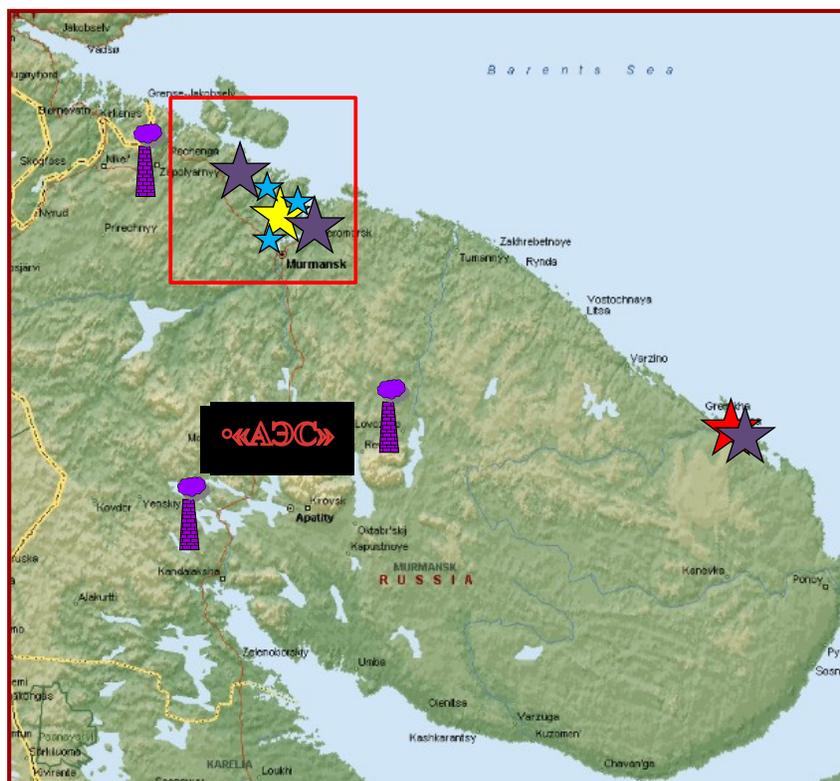


Рисунок 7. Действующие и потенциальные источники радиоактивного загрязнения Кольского полуострова.