

3. Вдовицын В.Т., Лебедев В. Технологии систематизации и поиска электронной научной информации с применением онтологий // Информационные ресурсы России. – 2010. – № 5. – С. 6–10.
4. Вехорев М.Н. Построение хранилищ онтологических баз знаний // Всероссийская конференция «Управление знаниями и технологиями Semantic-Web», 2010. – С. 165–170.
5. Загорюлько Ю.А., Загорюлько Г.Б. Использование онтологий в экспертных системах и системах поддержки принятия решений // Труды Второго симпозиума «Онтологическое моделирование» (Казань, октябрь 2010 г.) – Москва: ИПИ РАН, 2011. –С. 321-351.
6. Крюков К.В., Панкова Л.А., Пронина В.А., Суховеров В.С., Шипилина Л.Б. Меры семантической близости в онтологии // CONTROL SCIENCES, №5, 2010
7. Лапшин В.А. Онтологии в компьютерных системах. – М.: Научный мир, 2010. – 222 с.
8. Madin J., Schildhauer M., Jones M. Advancing ecological research with ontologies // Trends in Ecology and Evolution. – USA California, 2007 – №3. – P. 159 – 168.
9. Madina J., Bowersb S., Schildhauera M., Penningtond D., Villa F. An ontology for describing and synthesizing ecological observation data // Ecological Informatics. – USA California, 2007. – №2. – P. 279 – 296.

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ТРАНСУРАНОВЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ПЛОЩАДКИ «ДЕГЕЛЕН» СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА А.С. Торопов

Научный руководитель профессор Л.П. Рихванов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск

Следствием эксплуатации объектов атомной энергетики, аварийных ситуаций на предприятиях, относящихся к ядерно-топливному циклу, испытаний ядерного оружия стало нахождение в окружающей среде техногенных радионуклидов, в особенности трансурановых изотопов, которые способны вносить существенный вклад в радиоактивность природных объектов [4]. Стоит принимать во внимание высокую продолжительность полураспада трансурановых элементов, который достигает десятков тысяч лет, что обуславливает их длительное пребывание в биосфере. Искусственные радионуклиды могут содержаться в значимых количествах в поверхностных водных объектах Семипалатинского испытательного полигона и представлять потенциальную опасность для экосистем и человека, перемещаясь за территорию площадок испытаний.

Также актуальность определяет слабая изученность вопроса миграции и форм нахождения трансурановых радионуклидов в водных объектах, как на экспериментальном (фрагментарные исследования на Семипалатинском полигоне), так и на теоретическом уровне, поскольку практически отсутствуют модели, основанные на глубокой проработке фактического материала вплоть до молекулярного уровня.

Решение Казахстана строить атомные станции и производить топливо для них также ставит вопрос прогнозирования развития радиационной обстановки вблизи источников загрязнения окружающей среды на территории Республики, а проблема прогнозирования развития радиационной обстановки вблизи Семипалатинского испытательного полигона всегда будет объектом внимания мирового сообщества. Поведение радиоактивных элементов вблизи радиационно-опасных объектов, скорость и интенсивность их миграции и влияние на состояние окружающей среды и здоровье населения являются очень актуальной научной и практической проблемой.

Цель данной работы – изучение миграции трансурановых радионуклидов – плутония и америция в водных объектах Семипалатинского полигона с определением форм их нахождения.

Выбор объектов для изучения форм нахождения радионуклидов в воде определялся на основе литературного материала по содержанию радионуклидов в водных объектах полигона [1]. Объектом данного исследования послужили водотоки припортовых участков штолен 176, 177, 503, 504 и 511 площадки «Дегелен» Семипалатинского испытательного полигона.

Объем проб воды составлял от 2 до 10 л. Пробу воды отбирали в чистые полиэтиленовые емкости, избегая взмучивания донных осадков, попадания частиц растительности и посторонних примесей, затем фильтровали *in situ* через бумажный фильтр «белая лента» с диаметром пор 5-8 мкм, либо в течение 24 часов с момента отбора. Затем, пробу делили пополам, одна часть пробы подкислялась концентрированной азотной кислотой до pH = 2 и подвергалась стандартной процедуре химического концентрирования. Другую часть фильтровали через мембранный фильтр из полиэтилентерефталата с диаметром пор 0,2 мкм, после чего пермеат подкисляли, добавляли изотопные метки и проводили концентрирование аналогичным образом. Таким образом, подобная подготовка проб позволила условно выделить следующие формы нахождения: «взвешенные вещества», «коллоидные вещества», «истинно-растворимые формы».

Общий химический состав воды штольневых водотоков площадки «Дегелен» представлен в таблице 1.

По общему химическому составу штольневые водотоки относятся к пресным и слабоминерализованным водам (шт. 504), по анионно-катионному составу – гидрокарбонатно-кальциевые (водотоки штолен 176, 177, 511) и сульфатно-кальциевые- магниевые (водотоки штолен 503, 504).

Установлено, что активность плутония в изученных водных объектах колебалась в широких пределах – от $n \cdot 10^{-2}$ до $n \cdot 10^0$ Бк/л (Таблица 2).

Таблица 1

Общий химический состав штольневых водотоков площадки «Дегелен»

Наименование объекта	pH	Сухой остаток	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ³⁻	SO ₄ ²⁻
Штольня 176	7,7	170	7,5	45	5,1	5,9	120	42
Штольня 177	6,4	400	31	76	17	9,8	210	120
Штольня 503	6,8	430	22	90	17	9,3	120	220
Штольня 504	5,9	1100	54	160	100	14	4,9	870
Штольня 511	6,4	410	23	72	22	6,5	270	37

Примечание: единица измерения сухого остатка и главных ионов воды – мг/л.

Таблица 2

Распределение форм нахождения Pu-(239+240) в воде штольневых водотоков Площадки «Дегелен» Семипалатинского испытательного полигона, Бк/л

№ п/п	Название объекта	Взвешенное вещество, (%)	Коллоидное вещество, (%)	Растворенные формы, (%)
1	Штольня 176	0,11±0,02 (52)	$7,3 \cdot 10^{-2} \pm 1,4 \cdot 10^{-2}$ (35)	$2,7 \cdot 10^{-2} \pm 0,9 \cdot 10^{-2}$ (13)
2	Штольня 177	0,13±0,02 (48)	$4,3 \cdot 10^{-2} \pm 1,0 \cdot 10^{-2}$ (16)	$9,7 \cdot 10^{-2} \pm 1,8 \cdot 10^{-2}$ (36)
3	Штольня 503	2,2±0,7 (27)	1,1±0,1 (14)	4,8±0,1 (59)
4	Штольня 504	$3 \cdot 10^{-2} \pm 1,3 \cdot 10^{-2}$ (40)	$1,8 \cdot 10^{-2} \pm 0,6 \cdot 10^{-2}$ (24)	$2,7 \cdot 10^{-2} \pm 0,9 \cdot 10^{-2}$ (36)
5	Штольня 511	$< 6,5 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-2} \pm 0,7 \cdot 10^{-2}$ (>80)	$< 4,2 \cdot 10^{-3}$

Примечание: в скобках – доля от суммы форм нахождения, %

Максимальное содержание изотопов плутония в природных водах Семипалатинского полигона установлено на уровне 8,1 Бк/л (сумма всех форм нахождения), в том числе сумма коллоидных и растворенных форм – 5,9 Бк/л, что более чем на порядок превышает уровень вмешательства установленный СЭТОРБ-2015 [5]. В остальных водоисточниках превышений уровня вмешательства зафиксировано не было. Известно, что плутоний имеет сложное химическое поведение в природных водах, склонен к гидролизу, коагуляции, комплексообразованию с органическими и минеральными лигандами, коллоидообразованию, изменению степени окисления, и соответственно, изменению формы нахождения даже в результате незначительных колебаний состава воды [2].

Распределение форм нахождения плутония носит неоднозначный характер. Отмечено, что данный радионуклид присутствует в водах во всех изучаемых формах. В зависимости от водоисточника, доля взвешенных форм колеблется от 27% до 52,4 %, форм существования плутония, ассоциированных с коллоидными веществами – от 13 до более >80 %, растворенных форм – от 13 до 59 %.

Как отмечают в работе [3], невозможно оценивать характер миграции такого нуклида, как плутоний в водной среде без учета вклада коллоидных частиц.

В таблице 3 представлены данные по распределению форм нахождения Am-241 в изучаемых водных объектах.

Таблица 3

Распределение форм нахождения Am-241 в воде штольневых водотоков Площадки «Дегелен» СИП, Бк/л

№ п/п	Название объекта	Взвешенное вещество	Коллоидное вещество	Растворенные формы
1	Штольня 176	<0,1	<0,1	<0,2
2	Штольня 177	<0,04	<0,06	<0,06
3	Штольня 503	0,04±0,01	<0,02	<0,04
4	Штольня 504	<0,02	<0,1	<0,1
5	Штольня 511	$< 6,5 \cdot 10^{-3}$	<0,2	<0,2

Количественных значений по данному радионуклиду из-за недостаточной чувствительности определения практически не было получено, что не позволяет корректно оценить поведение америция в природных водах и определить формы его существования, необходимы более детальные исследования.

Дальнейшие исследования по изучению миграции плутония в поверхностных и подземных водах Семипалатинского испытательного полигона будут продолжены. Исследование выполнено в рамках целевой программы 0122/ЛЦФ-14 МОН РК.

Литература

1. Aidarkhanov, A.O. et al. Mechanisms for surface contamination of soils and bottom sediments in the Shagan River zone within former Semipalatinsk Nuclear Test Site // J. of Environ. Radioact. – 2013. – Vol. 124. – P. 163-170.
2. Choppin G.R., Morgenstern A. Distribution and movement of environmental plutonium // Radioact. Environ. – 2001. – Vol. 1. – P. 91-105.
3. McCarthy J.F., Zachara J.M., Subsurface transport of contaminants // Environmental Science Technology – 1989. – Vol. 23. – P. 496-502.
4. Novikov A.P. Migration and concentration of artificial radionuclides in environmental objects // Geochemistry Int. – 2010. – Vol. 48 (13). – P. 1263-1387.
5. Санитарные правила "Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности" // утв. Постановлением Правительства РК № 261 от 27.03.2015г.

ДИНАМИКА ПОТОКА РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ АТМОСФЕРЫ НА СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В г. ОМСКЕ

М.И. Третьякова, В.В. Литау

Научный руководитель доцент А.В. Таловская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В крупных городах, каким можно назвать г. Омск, напряженная экологическая обстановка. Исследования правительства Омской области по проекту «Атмосферный воздух и здоровье населения» показали, что в округах, где находится большое количество промышленных предприятий, люди чаще страдают сердечно-сосудистыми заболеваниями, поражениями дыхательных путей, в том числе астмой, и проблемами, связанными с онкологией [3]. Неблагоприятная ситуация сложилась в Советском округе г. Омска, где расположен крупный нефтеперерабатывающий завод, завод по производству синтетического каучука, завод полипропилена и объекты теплоэнергетики. Здесь фиксируется самый высокий уровень заболеваемости населения, частые случаи болезней органов дыхания [7].

Одним из методов, позволяющих оценить степень антропогенного воздействия на окружающую среду городов и влияния загрязнения на здоровье населения, является мониторинг загрязнения атмосферных осадков. Наиболее удобным в изучении видом осадков является снежный покров, так как снег является универсальным планшетом-накопителем практически всех веществ, поступающие в атмосферу с выбросами предприятий [2].

В конце февраля 2014 г и 2015 г. был проведен отбор проб снега в окрестностях близко расположенных нефтеперерабатывающего завода (НПЗ), завода по производству синтетического каучука, завода полипропилена, ТЭЦ-3 и ТЭЦ-4. В 2014 году точки были расположены по векторной системе согласно главенствующему направлению ветра в северо-восточном направлении на расстоянии (0,5, 1, 3,5, 5,5 км). Пробы были отобраны на границах СЗЗ и в 2,5 и 5,5 км от СЗЗ на территории жилого района (пос. Омский), чтобы оценить влияние НПЗ. Всего было отобрано 4 пробы. В качестве фоновой площадки была выбрана д. Москаленки, в 100 км на запад от города. Всего в фоновом районе было отобрано 5 проб. В 2015 году всего было отобрано 10 проб по вектору (1,3 3,4 на запад и юго-запад, 1,7 2,5 4,7 км на северо-восток, 0,8 1,37 и 2,2 км на юг и юго-запад, 0,23 и 4,5 км на север и северо-запад). В качестве фоновой площадки была выбрана д. Соленое, в 130 км на юг от города. Всего в фоновом районе было отобрано 4 пробы.

Работы по отбору и подготовке снеговых проб выполняли с учетом методических рекомендаций [2,5] и на основании работ [6,7]. Содержание редкоземельных элементов в пробах твердого осадка снега определяли методом ISP-MS в ХАЦ «Плазма» (г. Томск).

При анализе данных проводили расчет коэффициента концентрации (КК) как отношение содержания элемента в твердом осадке снега (С, мг/кг) к его фоновому содержанию (С_ф, мг/кг): $КК = С / С_{ф}$; среднесуточного потока элементов из атмосферы на снежный покров: $Р_{общ} = C * P_n$, мг/(км²хсут), где С - концентрация элемента (мг/кг) в твердом осадке снега, P_n - пылевая нагрузка, (кг/(км²хсут)), $P_n = P_o / S * t$, P_o – масса твердого осадка снега (кг); S – площадь шурфа (км²); t – время от начала снегостава до даты отбора снега (сут.) [5]. Фактор обогащения рассчитывался для проб твердого осадка снега по формуле:

$Ф_{обогащения} = (X / A_1)_{взвесь} / (X / A_1)_{земн. коры}$, где X – элемент, для которого рассчитывался фактор обогащения [7]. Согласно этой формуле фактор обогащения атмосферной примеси, имеющей почвенное происхождение, должен быть близок к единице.

В результате анализа проб было установлено, что концентрации La, Ce, а также Yb и Lu значительно превышают фоновые значения в отобранных пробах (табл.). Значения величин среднесуточного потока изучаемых элементов на снежный покров изучаемой территории в десятки раз превышает аналогичный показатель для фоновой территории (табл.1). Кроме того, повышенное содержание легких лантаноидов отражается на величине La+Ce/Yb+Lu. Содержание легких лантаноидов в природе больше, чем тяжелых, в то же время церия в природе больше, чем лантана [1]. Отношение La+Ce/Yb+Lu соблюдается для данной территории, но природная тенденция преобладания церия над лантаном нарушается, что свидетельствует о техногенном поступлении лантана.