

проведение технической и биологической рекультивации отвалов, отработанных горных выработок, хвостохранилищ. Необходимо провести мероприятия по созданию лесных насаждений на территории бывших карьеров и хвостохранилищ. Зеленые насаждения за счет задерживающей и поглощающей способности оздоравливают окружающую среду. Для успешного результата необходимо использовать несколько видов древесных растений: иву белую, тополь канадский, крушину ломкую, казацкий и виргинский можжевельник, бузину красную [2].

Для восстановления режима реки Унда необходимо выполнить очистку дна от илистых отложений, укрепить берега устойчивыми от ветровой и водной эрозии дамбами, сформировать за счет извлеченных донных отложений прибрежный ландшафт. Эти комплексные мероприятия обеспечат восстановление естественной береговой линии и рельефа дна русла реки, создадут устойчивый техно-природный ландшафт. Для ускорения процессов восстановления водной фауны необходимо после оседания взвеси и осветления воды не только обеспечить связь карьеров с рекой, но и попытаться создать в них мелководную литоральную зону, которая в летнее время будет быстро прогреваться и способствовать развитию водной растительности, зоопланктона и зообентоса.

В дальнейшем, при строительстве жилых и нежилых зданий, применять современные методы строительства на пустотах (уплотнение грунтов путем взрывов, устройство набивных грунтовых свай, возможное обрушение провалов малоустойчивых и неустойчивых кровель сейсмическими волнами и др.).

Отвалы, образующиеся после работ в Каменском карьере, необходимо складировать в определенном месте подальше от поселения, во избежание накопления загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и подземных водах.

В целях улучшения радиационной обстановки обеспечить население доброкачественной питьевой водой; переселить жителей из жилых домов с повышенным радиационным фоном, вследствие использования загрязнённого строительного материала (ул. Шилкинская, 2-1, ул. Шилкинская, 12-2, ул. Новая, 10.) Выбор земельных участков для строительства зданий и сооружений проводить с учётом уровня выделения радона из почвы и гамма-излучения [1].

#### Литература

1. Ревич Б.А. «Горячие точки» химического загрязнения окружающей среды и здоровье населения России / под ред. В.М. Захарова. — М.: Акрополь, Общественная палата РФ, 2007. 325 с.
2. Сметанин В.И. Рекультивация нарушенных земель. — М.: КолоС, 2009. - 134 с.

### **НАХОЖДЕНИЕ ПЛУТОНИЯ В ПОЧВАХ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ИЗ ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА (СИП)**

**М.К.Воротило**

Научный руководитель профессор Л.П.Рихванов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия*

Плутоний – химический элемент, открытый в 1940 г. Г.Т.Сиборгом, А.Валем и Дж.У.Кеннеди (г.Беркли, Калифорния, США), которые получили его при облучении урана ядрами тяжелого водорода [3]. Это был второй, искусственно полученный элемент, после нептуния (1940г.), который дал начало так называемым «трансурановым элементам», обладающим радиоактивностью, и наряду с  $^{235}\text{U}$  начало эре ядерного оружия [8].

Плутоний в окружающей среде является огромной экологической проблемой из-за наличия его долгоживущих изотопов ( $^{244}\text{Pu}$ ,  $^{242}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ ), что делает его высоко радиотоксичным [8, 9]. Металлический плутоний (изотоп  $^{239}\text{Pu}$  с периодом полураспада ~ 24000 лет) используется в ядерном оружии и служит в качестве ядерного топлива энергетических реакторов, работающих на тепловых и особенно на быстрых нейтронах. Изотоп  $^{239}\text{Pu}$  является исходным веществом для получения в ядерных реакторах трансплутониевых элементов. Токсичность типичного реакторного плутония в 8-10 раз токсичнее чистого  $^{239}\text{Pu}$ , так как в нем преобладают нуклиды  $^{240}\text{Pu}$ , который является мощным источником альфа-излучения [3].

Самое большое количество плутония, поступившее в окружающую среду, связано с радиоактивными выпадениями в результате проведения наземных испытаний ядерного оружия. Основным источником поступления плутония в окружающую среду территорий, прилегающих к Семипалатинскому испытательному полигону, были испытания ядерного оружия в атмосфере в 1945–1970 гг. на СИП [4].

Семипалатинский испытательный полигон – один из крупнейших полигонов для проведения ядерных испытаний, его площадь составляет около 18500 км<sup>2</sup>, расположенный на пересечении границ Восточно-Казахстанской, Павлодарской и Карагандинской областей, на каждую из которых приходится соответственно 54%, 39% и 7% от общей площади. Всего за период функционирования на территории СИП проведено 340 подземных испытаний (площадки «Дегелен», «Балапан», «Сары-Узень», площадки испытания боевых радиоактивных веществ (БРВ) «4А» и «4»), 30 наземных и 86 воздушных (площадка «Опытное поле») [10].

Каждый вид испытаний характеризовался определённым количеством и составом радионуклидов, образованных в процессе ядерного взрыва, площадью их распространения и локализацией на территории его проведения. В дальнейшем отличия в специфике испытаний привели к различным формам нахождения радионуклидов в почвах отдельных участков СИП.

Наземные взрывы сформировали радиоактивное загрязнение в виде длинных полос, так называемых «радиоактивных следов». Пространственное распределение радиоактивности определялось скоростью и направлением ветра, а также атмосферными осадками, которые способствовали ускоренному выпадению радиоактивных частиц на местность.

Территория Карагандинской области в пределах полигона расположена в непосредственной близости к бывшей испытательной площадке СИП «Опытное поле», где проводились наземные и воздушные взрывы, которые внесли основной вклад в радиоактивное загрязнение исследуемой территории [2].

Было зафиксировано прохождение радиоактивных облаков от 73 взрывов. Кроме того, имело место радиационное загрязнение, обусловленное глобальными радиоактивными выпадениями. Исследования показали, что выпавшие радиоактивные вещества осели на почвенный покров и включились в миграционные процессы [6].

Данные о поверхностном загрязнении почвы техногенными радионуклидами, такими как  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  позволяют оценить уровень воздействия радиоактивности на обследуемую территорию.

Цель исследования: провести оценку удельной активности изотопов плутония  $^{239,240}\text{Pu}$  в почвах и листьях тополя черного (*Populus nigra L.*).

В августе 2015г. на территории Карагандинской области, прилегающей к СИП был осуществлен пробоотбор почв и листьев тополя черного (*Populus nigra L.*) для оценки уровня удельной активности  $^{239,240}\text{Pu}$ . В пробоотборе использованы стандартные методики [7]. Образцы почвы отбирали цилиндрическим пробоотборником площадью 113 см<sup>2</sup> на глубину 15 см. После отделения слоя лесной подстилки пробы почвы высушивали на открытом воздухе в летнее время и измельчали, корни и камни, диаметром более 2 мм, исключали из пробы [1].

Исследования проводились в лаборатории изотопного анализа Международного инновационного научно-образовательного центра (МИНОЦ) «Урановая геология» Национального исследовательского Томского политехнического университета (ТПУ) с использованием аттестованной методики определения концентрации изотопов плутония [7].

Стандартные методики определения сравнительно невысоких концентраций «трансурановых элементов», таких как  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  в пробах почвы и растительного материала, заключаются в выделении радиоактивных элементов из вещества образца, их радиохимическом разделении, осаждении на металлическую подложку, и последующей альфа-спектрометрией приготовленного препарата [5]. Навеску почвы массой 10 г после озоления и добавки индикаторов  $^{242}\text{Pu}$  и растворяли в азотной кислоте. Изотопы плутония разделяли методом ионообменной хроматографии с использованием анионита АВ-17-8. После очистки препаратов от мешающих радионуклидов естественного, искусственного происхождения и других химических элементов, определяемые изотопы электролитически осаждали на диск.

Таблица 1

Результаты анализа удельной активности изотопов плутония  $\text{Pu}^{239\pm 240}$  (Бк/кг) в почвах Карагандинской области, прилегающей к СИП

№	Место отбора проб	$\text{Pu}^{239\pm 240}$ , Бк/кг
1	Егиндыбулак т.1	<0,21
2	Егиндыбулак т.2	2,1±0,5
3	Егиндыбулак т.3	<0,12
4	Егиндыбулак т.4	<0,05
5	Айнабулак т.3	<0,1
6	Айнабулак т.2	<0,05
7	Айнабулак т.1	<0,06
8	Мыржык т.1	1,8±1,0
9	Мыржык т.2	<0,1
10	Найманжал	<0,12
11	Полигон т.1	<0,6
12	Полигон т.2	<0,07

Таблица 2

Результаты анализа удельной активности изотопов плутония  $\text{Pu}^{239\pm 240}$  (Бк/кг сухой массы) в растительных пробах (листьях) Карагандинской области, прилегающей к СИП

№	Место отбора проб	$\text{Pu}^{239\pm 240}$ , Бк/кг
1	Егиндыбулак т.2	<0,011
2	Егиндыбулак т.3	<0,013
3	Егиндыбулак т.4	0,027±0,016
4	Егиндыбулак т.1	<0,008
5	Мыржык т.1	<0,02

Содержание изотопов  $^{239,240}\text{Pu}$  в почве определено на автоматизированном альфа-спектрометре фирмы EG&G Ortec 576A с кремниевым детектором, легированным имплантированными атомами бора [5]. Для проверки достоверности полученных результатов были проведены измерения одних и тех же проб несколько раз с помощью разных методик разложения и выщелачивания проб.

Результаты анализа удельной активности изотопов плутония  $Pu^{239+240}$  (Бк/кг) в почвах и листьях Карагандинской области, прилегающей к СИП представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Максимальная активность  $^{239+240}Pu$  была зафиксирована в точке  $+49^{\circ}78'78.95''$  с.ш. и  $+76^{\circ}37'56.12''$  в.д. на территории п.Егиндыбулак и в точке  $+50^{\circ}08'66.98''$  с.ш. и  $+77^{\circ}12'06.55''$  в.д. на территории п.Мыржык, что находится выше предела фона глобальных выпадений 0,56 Бк/кг.

По результатам исследования, наиболее значимая удельная активность изотопов  $^{239,240}Pu$  равная  $0,027 \pm 0,016$  Бк/кг сухой массы, зарегистрирована в точке  $+49^{\circ}77'95.55''$  с.ш. и  $+76^{\circ}40'17.90''$  в.д. на территории п.Егиндыбулак.

Таким образом, на основании проведенного исследования территории районов Карагандинской области, прилегающей к СИП, определена удельная активность изотопов  $^{239,240}Pu$ , одного из наиболее опасных техногенных радионуклидов.

#### Литература

1. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
2. «Завершение 1 этапа радио-эколого-геохимического обследования территории Карагандинской области, возвращаемой Семипалатинским ядерным полигоном» / Отчет по договору № 8 от 29.07. 2002 г. - Курчатова, ИРБЭ НЯЦ РК, 2002. – 48 с.
3. Плутоний. Фундаментальные проблемы. Т. 1. Перевод с английского языка. Изд-во: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2003. – 304 с.
4. Рихванов Л. П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. - Томск: Изд-во ТПУ, 1997. – 384 с.
5. Сравнительная оценка выпадения радионуклидов на территории Томского района (Россия) и национального парка Меркантур (Франция) / Л. П. Шура [и др.] // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309, N 3. – с. 76-81.
6. Стагнер П., Шоу П., Мартинчич Р. Предварительная оценка радиоэкологической ситуации на Семипалатинском испытательном полигоне Республики Казахстан: основа для дальнейших исследований. Отчет экспертной группы МАГАТЭ, Вена, 1996. – 38 с.
7. СТП 17.66-92 плутоний-238, 239, 240 Радиохимическая методика выделения почвы и приготовления препаратов для альфа-спектрометрических измерений. Стандарт предприятия. Комплексная система управления качеством разработок. - Введ. 1993-01-02. – СПб.: НПО «Радиовый институт им.В.Г.Хлопина», 1993. – 10 с.
8. Трансурановые элементы в окружающей среде: пер. с англ. / под ред. У.С. Хэнсона. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 344 с.
9. Эмсли Дж. Элементы: пер. с англ. - М.: Мир, 1993. – 256 с.
10. Ядерные испытания СССР. Семипалатинский полигон / под ред. В.А. Логачева. - М.: Изд АТ, 1997. – 319 с.

### ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ АГЛОМЕРАЦИИ Г. ГОРНО-АЛТАЙСКА Р.В. Габитов

Научный руководитель ассистент Е.В. Перегудина, ассистент Б.Р. Соктоев  
*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Агломерация Горно-Алтайска – наиболее крупная урбанизированная территория Республики Алтай, где проживает 40 % ее населения. Горно-Алтайск расположен в северо-западной части Республики Алтай, в месте слияния рек Улалушка и Маймы, впадающих в р. Катунь, к которой относятся все реки Майминского района [3].

Целью данной работы является изучение особенностей химического состава вод рек и ручьев, протекающих на территории агломерации г. Горно-Алтайска: р. Майма и ее притоков – Улалушка, Каяса, Вахты, а также других мелких водотоков на территории агломерации республиканского центра – р. Татарья и руч. Бочеркушка (притоки р. Улалушка), руч. Алгаир (приток р. Катунь). Работы по отбору проб поверхностных вод проводились в пределах агломерации Горно-Алтайска, состоящей из г. Горно-Алтайска, с. Майма, п. Карлушка, п. Афганцев, с. Алферово и с. Кызыл-Озек.

Автором совместно со специалистами АУ РА «АРИ Экология» (к.г.-м.н. Робертус Ю.В.), с учетом требований к отбору проб воды [1], в июне 2015 года были отобраны пробы поверхностных вод в реках и ручьях на территории агломерации. Всего отобрано 46 проб, на месте отбора производились измерения быстро меняющихся показателей (рН, температура, Eh). Далее был проведен лабораторный анализ химического состава отобранных проб поверхностных вод с использованием потенциометрического, титриметрического и фотоколориметрического методов (лаборатория СФ «Березовгеология» ФГУГП «Урангеологоразведка»).

Полученные результаты приведены в таблице 1.

В катионном составе преобладает  $Ca^{2+}$  – 69,0%, в меньшем количестве присутствует  $Mg^{2+}$  – 15,7% и  $Na+K$  – 15,3%. В составе анионов преобладает гидрокарбонат-ион – 90,2%. Полученные данные позволяют классифицировать тип поверхностных вод опробованных рек и ручьев как гидрокарбонатно-кальциевый, характерный для северной части Горного Алтая. Согласно существующим гидрохимическим классификациям, опробованные поверхностные воды относятся к пресным, нейтральным или слабощелочным водам.