

При анализе накопления изотопов плутония растениями отмечена тенденция более активного накопления в растениях  $^{238}\text{Pu}$  по сравнению с  $^{239,240}\text{Pu}$ . Отношение  $^{238}\text{Pu}$  к  $^{239,240}\text{Pu}$  в почве составляло 1:2, а в надземной части растений изученных видов оно было 1:0,8-1,2.

Америций более активно поглощался растениями, чем плутоний. Отношение изотопов плутония к америцию в растениях имело значения 1:1,6-3,0, что значительно выше этого отношения в почве (1:1,9-2,5). Разделение ТУЭ по фракциям показало, что большая часть изотопов плутония в растениях находится в адсорбционной форме (49%). Обменная форма связанная с органическим веществом составляют 15,4 и 12,8% соответственно. Прочно фиксируется в растениях 22,8% изотопов плутония.

Америций, в отличие от плутония, в тканях растений входит в состав иных соединений, что отражается на его распределении по изучаемым формам. Обменная и адсорбционная формы в сумме составляют 10%. Доля формы  $^{241}\text{Am}$ , связанной с органическим веществом, составляет 73% от общей активности изотопа в надземной части полыни, и 17%  $^{241}\text{Am}$  находится в растении в виде нерастворимой части.

**Заключение.** В результате проведенных исследований установлено, что трансурановые элементы по степени биологической доступности для растений рода *Artemisia* располагаются в следующей последовательности:  $^{239,240}\text{Pu} < ^{238}\text{Pu} < ^{241}\text{Am}$ . Высокая способность к воздушному переносу америция-241 по сравнению с изотопами плутония обуславливает его существенный вклад в общее поверхностное загрязнение растений. Концентрационное различие форм изотопов плутония и америция в растениях указывает на то, что они входят в состав разных органических комплексов.

## **СОДЕРЖАНИЕ ИОНОВ МЕДИ(II) В ПОЧВАХ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ С РАЗЛИЧНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ**

*М.А. Шорец, Д.А. Орлова*

ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь

e-mail: margarita-shorec@mail.ru

Загрязнение тяжелыми металлами связано с их широким использованием в промышленном производстве. В связи с несовершенными системами очистки тяжелые металлы попадают в окружающую среду, в том числе и в почву, загрязняя и отравляя ее. Тяжелые металлы относятся к особым загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах [1]. *Цель* – исследование содержания ионов меди в почвах Витебской области с различной антропогенной нагрузкой.

**Материал и методы.** Объект исследования – почва. Предмет исследования – концентрация ионов меди ( $\text{Cu}^{2+}$ ) в почве с различной антропогенной нагрузкой.

Пробы почв отбирались в 6 районах Витебской области: Миорском, Полоцком, Ушачском, Сенненском, Оршанском и Витебском районах. В каждом из районов пробы почв отобраны в трех зонах: прибрежной зоне водоема, центральной зоне города и парковой зоне. Концентрацию меди в почвах определяли фотометрическим методом. Методы определения меди (II) основаны на образовании комплексов ионов металла с аммиаком. Предельно допустимая концентрация ионов железа в почве составляет 3,0 мг/кг [2]. Математическую обработку полученных результатов проводили методами параметрической и непараметрической статистики с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel 2003, STATISTICA 6.0.

**Результаты и их обсуждение.** Изучение концентрации подвижных форм меди выявило следующие закономерности (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание ионов меди (II) в почве (мг/кг почвы) ( $M \pm m$ )

Места отбора проб почвы	Содержание ионов меди (II)		
	Прибрежная зона водоема	Центр города	Парковая зона
г. Миоры	$0,51 \pm 0,089$ <sup>19</sup>	$0,65 \pm 0,121$ <sup>11,19</sup>	$0,41 \pm 0,053$ <sup>15,19</sup>
г. Новополоцк	$0,44 \pm 0,050$ <sup>19</sup>	$0,30 \pm 0,046$ <sup>2,14,19</sup>	$0,48 \pm 0,033$ <sup>5,15,19</sup>
г.п. Ушачи	$0,72 \pm 0,128$ <sup>19</sup>	$0,44 \pm 0,082$ <sup>19</sup>	$0,43 \pm 0,042$ <sup>19</sup>
г. Сенно	$0,43 \pm 0,052$ <sup>19</sup>	$0,35 \pm 0,039$ <sup>14,19</sup>	$0,47 \pm 0,106$ <sup>19</sup>
г. Орша	$0,55 \pm 0,080$ <sup>15,19</sup>	$0,53 \pm 0,039$ <sup>19</sup>	$0,27 \pm 0,032$ <sup>9,14,19</sup>
г. Витебск	$1,19 \pm 0,177$ <sup>1,4,10,17,19</sup>	$4,84 \pm 0,007$ <sup>2,5,8,11,14,17,19</sup>	$0,79 \pm 0,183$ <sup>3,6,9,12,17,19</sup>

Примечание: <sup>1</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой взятой возле водоема в г. Миоры; <sup>2</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Миоры; <sup>3</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Миоры; <sup>4</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой взятой возле водоема г. Новополоцка; <sup>5</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Новополоцка; <sup>6</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Новополоцка; <sup>7</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой взятой возле водоема в г.п. Ушачи; <sup>8</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г.п. Ушачи; <sup>9</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г.п. Ушачи; <sup>10</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой взятой возле водоема в г. Сенно; <sup>11</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Сенно; <sup>12</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Сенно; <sup>13</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой взятой возле водоема в г. Орша; <sup>14</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Орша; <sup>15</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Орша; <sup>16</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой взятой возле водоема в г. Витебск; <sup>17</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Витебска; <sup>18</sup>P < 0,05 по сравнению с почвой из парка в г. Витебск; <sup>19</sup>P < 0,05 по сравнению с ПДК.

Проведя анализ полученных данных по содержанию ионов меди в отобранных образцах почв в прибрежной зоне водоема, установлена наименьшая и наибольшая концентрация ионов меди в г. Сенно и г. Витебске соответственно. Значение в г. Витебске больше значения в г. Сенно в 2,7 раз, в г.п. Ушачи – в 1,6 раз, в г. Миоры, Новополоцк и Орша существенных отличий не выявлено.

Проведя анализ полученных данных по содержанию ионов меди в отобранных образцах почв в центре городов, установлена наименьшая и наибольшая концентрация ионов меди в г. Новополоцк и г. Витебск соот-

ветственно. Значения в г. Витебск, больше значения в г. Новополоцк больше в 14,9 раз, в г. Миоры – в 2,1 раз, в г.п. Ушачи – в 1,4 раза, в г. Орша – в 1,7 раз, в г. Сенно незначительные отличия.

Проведя анализ полученных данных по содержанию ионов меди в отобранных образцах почв в парках городов, установлена наименьшая и наибольшая концентрация ионов меди в г. Орша и г. Витебск соответственно. Значение в г. Витебске больше значения в г. Орша в 2,9 раз, в г. Миоры – в 1,5 раза, в г. Новополоцке – в 1,7 раз, в г.п. Ушачи – в 1,5 раза, в г. Сенно – в 1,7 раз.

**Заключение.** В ходе исследования установлено, что содержание ионов меди зависит от типа и места сбора почвы, в каждом из выбранных мест медь накапливается по-разному. Установлено превышение ПДК меди в центре города Витебска. Поступление меди в почву происходит вследствие выброса при высокотемпературных процессах: черной и цветной металлургии, обжиге цементного сырья, сжигании минерального топлива. Воздушными потоками выбросы переносятся на большие расстояния (до 10 км), причем большая их часть выпадает на расстоянии 1-3 км от эпицентра.

#### Литература

1. Галиулин, Р.В. Индикация загрязнения почв тяжелыми металлами путем определения активности почвенных ферментов / Р.В. Галиулин // Агрохимия 1989. – № 11. – С. 133–142.
2. Жерносек, А.К. Физико-химические методы анализа / А.К. Жерносек, И.С. Борисевич. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012. – 12 с.