

УДК 546. 294;574:539.1.04

ПРОЦЕССЫ СОРБЦИИ–ДЕСОРБЦИИ РАДИОЦЕЗИЯ В МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИТУМАМИ ПОЧВО-ГРУНТАХ

Л. П. Фирсова

(кафедра радиохимии)

Экспериментально изучено влияние антидефляционной обработки кварцевого песка и почвы водными эмульсиями битума на гранулометрический состав, степени адсорбции и коэффициенты распределения цезия-137 в системах почво-грунты – вода, а также на степени выщелачивания радиоцезия из кварцевого песка и почвы растворами соляной кислоты. Сопоставление данных для песка и почвы как обработанных (с целью пылеподавления), так и необработанных, показало, что введение малых количеств битума ($\leq 1\%$) практически не меняет параметры процессов сорбции–десорбции радиоцезия в системах почво-грунты – водные растворы.

Проблема предотвращения образования пыли на территориях, загрязненных радионуклидами, тяжелыми металлами и др. поллютантами, особенно остро встала после ряда экологических катастроф, вызванных крупномасштабными авариями на химических заводах и предприятиях ядерного топливного цикла, сопровождавшимися выбросами токсичных веществ в атмосферу [1, 2]. Атмосферная пыль, содержащая радиоактивные вещества, пестициды и другие яды, относится к важнейшим факторам, определяющим радиационные и химические поражения населения [3]. Опасность ингаляционного поступления поллютантов в организм человека обуславливает необходимость мер, направленных на снижение концентрации пыли в воздухе и пылеподавление на загрязненных территориях. К антидефляционным мероприятиям относится обработка пылящих почв и грунтов на сельскохозяйственных угодьях, дорожных покрытиях и т. п. Однако внесение в почвы химических реагентов с целью пылеподавления может приводить к побочным экологическим эффектам, в том числе небезобидным. В частности, антидефляционная обработка почв может существенно изменять процессы миграции, сорбции и десорбции поллютантов в почвах [4] и системах почва – почвенный раствор – корни растений и далее переход токсикантов по пищевым цепям к человеку с водой и продуктами питания.

В ряд перспективных антидефляционных реагентов входят композиции на основе битумов. Однако в литературе не обнаружено данных по влиянию битумов на процессы сорбции и десорбции поллютантов, в том числе радиоактивных, в почвенных системах.

В данной работе экспериментально изучено влияние модифицирования почвогрунтов битумами на их гранулометрический состав и параметры сорбции–десорбции в них радиоактивного цезия-137.

Экспериментальная часть

В качестве антидефляционных композиций использовали водные эмульсии битума с содержанием битума 0,115 и 1,15 мас.%, стабилизированные ПАВ (производные алкиламинов), подкисленные соляной кислотой.

Образцы почв, кислых (рН 4,8) дерново-подзолистых, а также образцы песка были отобраны в Московской области. Из почв были удалены камни и крупные части неразложившихся растений. После этого образцы измельчали в ступке, сушили на воздухе при комнатной температуре (17–22°) и просеивали через сита, отбирая фракции с размером частиц 0,5–0,25; 0,25–0,16; 0,16–0,045 и 0,045–0,014 мм. Собранные фракции взвешивали для определения весовой доли каждой из них. Затем их обрабатывали водными эмульсиями битума в соотношении ж:т, равном 1:1 или 2:1. Обработку проводили при температуре $19 \pm 2^\circ$. Затем образцы снова доводили до воздушно-сухого состояния, просеивали, собирая и взвешивая фракции. Результаты гранулометрического анализа

Таблица 1

Гранулометрический состав кварцевого песка до и после обработки

Фракция с зерном (мкм):	Весовая доля фракций в образцах, %		
	песок	песок+ битум (0,115%)	песок +битум (1,15%)
14–45	11	3	<1
45–160	17	5	<1
160–250	28	39	2
250–500	44	53	98

Таблица 2

Коэффициенты распределения K_p цезия-137 в системе
почво-грунты – раствор

Образец почво-грунтов	K_p (см ³ /г) при ж:т	
	5:1	100:1
Почва	$(5,7 \pm 1,3) \cdot 10^3$	$(5,2 \pm 1,2) \cdot 10^3$
Почва + битум	$(6,1 \pm 1,2) \cdot 10^3$	$(6,0 \pm 0,9) \cdot 10^3$
Песок	$(0,8 \pm 0,9) \cdot 10^3$	$(1,7 \pm 0,6) \cdot 10^3$
Песок + битум	$(1,5 \pm 0,7) \cdot 10^3$	$(1,8 \pm 1,0) \cdot 10^3$

исходных и модифицированных битумом почвогрунтов приведены в табл. 1, где показано, как модифицирование битумом почвогрунтов изменяет их гранулометрический состав, увеличивая долю крупных слипшихся частиц, менее подверженных ветровому уносу.

При изучении параметров сорбции радиоцезия навески почвогрунтов, обработанных эмульсиями битума и необработанных (контрольных), вносили в сосуды с мешалкой и раствором, содержащим радионуклид цезий-137. Соотношение ж:т в этих опытах было равно 5:1 или 100:1; скорость вращения мешалки 500 об/мин, температура $19 \pm 2^\circ$. Через заданные промежутки времени (от 0,5 ч до 5 дн) твердую и жидкую фазы разделяли центрифугированием и отбирали пробу жидкости для измерения активности раствора на гамма-спектрометре. Погрешность измерения составляла 5%. После измерения активности пробы возвращали в сосуды для перемешивания до очередного отбора и измерения удельной активности жидкой фазы. По полученным данным рассчитывали степени сорбции радиоцезия образцами почвогрунтов, в том числе в условиях сорбционного равновесия и далее рассчитывали коэффициенты распределения радионуклида между твердым почвогрунтом и раствором (K_p). Результаты определения K_p представлены в табл. 2.

Границы доверительного интервала рассчитаны для 68,3%-й доверительной вероятности. Число параллельных измерений составляло 8 – 12. Как следует из данных табл. 2, для дерново-подзолистых кислых необработанных почв найденное из экспериментальных данных значение K_p составляет $5,7 \cdot 10^3$ и $5,2$ см³/г для соотношений ж:т = 5:1 и ж:т = 100:1 соответственно. Это не противоречит известным [2] значениям K_p : $(2,16 \pm 3,23) \cdot 10^3$ и $(8,4 \pm 13,6) \cdot 10^3$ см³/г для песчаных и глинистых почв соответственно. Следует отметить, что антидефляционная обработка почвы практически не изменила величину K_p , в то же время существенно увеличился коэффициент распределения цезия-137 при обработке кварцевого песка

эмульсией битума (1,15%-я концентрация). При изучении десорбции радиоцезия предварительно получали образцы почвогрунтов, содержащие цезий-137. С этой целью воздушно-сухие почвы и песок смешивали с радиоактивным раствором в соотношении т:ж = 1:50. При комнатной температуре ($17-22^\circ$) и периодическом встряхивании твердая фаза и раствор контактировали в течение 1–2 недель. Затем раствор удаляли фильтрованием на воронке Бюхнера. На фильтре почвогрунты промывали несколькими миллилитрами спирта или ацетона. Почвогрунты сушили на воздухе до постоянного веса и определяли их удельную активность. Для десорбирования цезия из почвогрунтов использовали соляную кислоту (1 моль/л). Опыты проводили с навесками почвогрунтов 1 г при температуре $19 \pm 2^\circ$ и соотношении т:ж = 1:5 при непрерывном встряхивании. По окончании выщелачивания раствор отделяли центрифугированием. Отобранную пробу раствора упаривали досуха, после чего активность пробы измеряли на одноканальном гамма-спектрометре «VEB RFT Messelektronik Ottoschon Dresden». Погрешность измерения составила 5%. По результатам измерений радиоактивности определяли степени десорбции радиоцезия с модифицированных битумом и немодифицированных почвогрунтов. Для образцов: «почва» и «почва + битум» степени десорбции радиоцезия соляной кислотой оказались равными, %: $5,3 \pm 0,9$ и $4,6 \pm 0,6$ соответственно; в случае образцов «чистый песок» и «песок, модифицированный битумом» степени десорбции составляют, %: $7,5 \pm 0,7$ и $5,5 \pm 1,3$. Как видно из приведенных результатов, степень десорбции соляной кислотой радиоцезия после непродолжительного контакта (1–2 недели) почвогрунтов с активными растворами существенно меньше для дерново-подзолистых почв, чем для песка, причем в случае почв она слабо зависит от предварительной антидефляционной обработки твердых образцов, в случае песка эта зависимость более существенна. Анализ всей совокупности приведенных данных позволяет сделать вывод, что при внесении малых количеств битума (порядка 1% и меньше) антидефляционная обработка слабо влияет на параметры процессов сорбции–десорбции радиоцезия в почвогрунтах. Для подзолистых почв это влияние слабее, чем для обедненных по органической компоненте песков. Таким образом, побочные экологические эффекты антидефляционной обработки почвогрунтов, по-видимому, не будут значительными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зимон А.Д., Пикалов В.К. Дезактивация. М., 1994.
2. Сельскохозяйственная радиоэкология / Под ред. Р.М. Алексахина, Н.А. Корнеева. М., 1991.
3. Биологические эффекты ингаляционных радионуклидов. М., 1984.
4. Lindsay W.L. Chemical Equilibria in Soil. N.Y., 1979.