

МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ-137 И СТРОНЦИЯ-90 В ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ ОРЕНБУРЖЬЯ

Ефремов И.В., Савченкова Е.Э., Рахимова Н.Н.
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Одной из основных экологических проблем настоящего времени является вовлечение в биосферный круговорот высокотоксичных и высокоустойчивых химических и радиоактивных веществ. Вовлекаясь в биологический круговорот, попадая в системы почва-растение-человек, почва-растение-животное, радионуклиды могут оказывать значительное негативное влияние на здоровье людей.

Основным реальным источником радиоактивного загрязнения почвенно-растительного комплекса являются глобальные радиоактивные выпадения из атмосферы долгоживущих радионуклидов при ядерных испытаниях, а так же воздушные выбросы техногенных радионуклидов, связанные с работой предприятий ядерного топливного цикла.

В результате выпадений радионуклиды поступают на земную поверхность, аккумулируются в почве, включаются в биогеохимические циклы миграции и становятся новыми компонентами почвы. В результате перемещения в почве и последующего корневого поглощения радиоактивные вещества поступают в части растений, представляющие пищевую или кормовую ценность.

Cs-137 и Sr-90 являются ведущими с точки зрения радиационной опасности нуклиды на территории подвергшейся радиоактивному загрязнению с периодом полураспада соответственно 30,17 и 28,6 года.

В местах отбора проб почвы измерялась мощность дозы гамма-излучения, которая изменяется в пределах от 10 до 15 мкР/ч. Данное значение укладывается в предел колебаний естественного гамма-фона, характерного Оренбургской области. /1/

Для обследования выбирался участок размером приблизительно 100 на 100 метров на природных ландшафтах. На сельскохозяйственных угодьях выбирался элементарный участок (отдельный обрабатываемый участок, занятой одной культурой). Площадки подлежащие обследованию выбирались с однородным почвенным и растительным покровом наиболее типичным по основным агроэкологическим признакам для данного района: типы почв, элементы рельефа. Пробы почв отбирали методом конверта.

Характер и размеры вертикальной миграции радиоактивных веществ Sr-90 и Cs-137 в почвенном профиле исследовался пошагово по профилю 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 см для почв естественных экосистем и на глубину пахотного слоя (0-30 см) для почв агроэкосистем, на пяти почвенных разрезах представленных различными типами почв: черноземы южные; обыкновенные; типичные; неполноразвитые щебневатые и темно-каштановые.

Пробы каждого слоя в точке отбора тщательно перемешивали, освобождали от камней, корней и других включений. Из общей массы

методом квартования отбирали около 1 кг смешанного образца. Почвы, высушивают до воздушно-сухого состояния, измельчают на мельнице и просеивают через сито диаметром отверстий 2 мм. Затем квартованием отбирали пробу массой 50 – 100 г, для последующего анализа.

Растительные пробы отбирались на тех же участках, что и пробы почв. С посевов сельскохозяйственных культур пробы отбирались по диагонали поля или ломаной кривой. Отбор трав сенокосных угодий и пастбищ производили на месте отбора индивидуальной пробы почвы на выделенном участке 1 м². В случае низкой урожайности трав, площадь отбора увеличивали до величины, гарантирующей отбор смешанного образца не менее 1 кг.

Объединенные пробы измельчали на отрезки 1-3 см. Затем методом квартования из этой пробы выделяли среднюю пробу, которую высушивали в сушильном шкафу при температуре 60 °С до воздушно-сухого состояния, с последующим измельчением и просеиванием через сито с отверстием диаметром 2 мм. Масса пробы после высушивания составляла 100г.

Для определения качественного и количественного состава стронция-90 и цезия-137 проводили радиохимическое и спектрометрическое исследование полученных образцов почвы и растительности на базе агрохимлаборатории. /1/

Динамика профильной миграции радионуклидов описывалась экспоненциальной зависимостью вида

$$C = C_0 e^{-\lambda x},$$

где C_0 - концентрация радионуклида на поверхности;

λ - постоянная, характеризующая способности радионуклида и зависящая от физико-химических свойств почв – положительные значения характеризуют уменьшение концентрации радионуклида по профилю, отрицательное значение – увеличение содержания;

x - почвенный профиль, см.

Таблица 1 – Коэффициенты уравнения регрессии

Элементы	Тип почв									
	чернозем южный		чернозем обыкновенный		чернозем типичный		темно-каштановая		чернозем южный неполноразвитый щебневатый	
	C_0	λ	C_0	λ	C_0	λ	C_0	λ	C_0	λ
Cs-137	15,20	0,08	14,57	0,06	19,77	0,13	16,95	0,08	40,00	0,28
Sr-90	11,79	0,041	11,16	0,03	15,25	0,10	11,05	0,00	17,24	0,12

На всей обследованной территории суммарная концентрация цезия-137 выше стронция-90. Процесс вертикальной миграции цезия-137 по почвенному профилю для естественных экосистем идет интенсивнее стронция-90.

Концентрация цезия-137 для естественных экосистем по почвенному профилю экспоненциально убывает с глубиной в черноземе типичном ($\lambda =$

0,13), в черноземе южном неполноразвитом щебневатом изменение интенсивности в почвенном профиле идет более интенсивно ($\lambda = 0,28$). В остальных обследованных типах почв концентрации по почвенному профилю меняется незначительно. Максимальные концентрации цезия-137 отмечаются в черноземе южном щебневатом неполноразвитом в слое 0-5 см (33,9 Бк/кг).

Максимальные концентрации стронция-90 для естественных экосистем отмечаются в черноземе южном неполноразвитом щебневатом в слое 0-5 см (18,7 Бк/кг). Изменения содержания стронция-90 по профилю в пробах темно-каштановой почвы ($\lambda = 0,00$) не наблюдается.

Концентрация стронция-90 по почвенному профилю экспоненциально убывает с глубиной в черноземе неполноразвитом щебневатом ($\lambda=0,12$). В остальных обследованных районах концентрация стронция-90 изменяется незначительно по почвенному профилю.

На основании данных корреляционного анализа между свойствами почв и содержанием радионуклидов цезия-137 и стронция-90 по профилю, можно предположить, что наибольшее влияние на распределение Cs-137 по профилю различных типов почв естественных экосистем оказывают следующие физико-химические характеристики почв: в черноземе обыкновенном содержание сульфатов, валового K_2O и P_2O_5 , обменного калия, гумуса, серы, марганца, меди и свинца; в черноземе типичном содержание гумуса, валового P_2O_5 и K_2O , катионов магния, а так же содержанием таких элементов как цинк и сера, марганец; в темно-каштановой почве содержание сульфатов, карбонатов, рН, катионов калия, валового P_2O_5 и K_2O , гумуса, и такими элементами как медь, марганец, свинец, ртуть и кадмий; в черноземе южном содержание валового K_2O и обменного калия; в черноземе южном неполноразвитом щебневатом содержание сульфатов, сумма анионов и катионов, катионов калия, валового K_2O и P_2O_5 , гумуса, а также с содержанием следующих элементов меди, цинка, кобальта и свинца.

Наибольшее влияние на распределение стронция-90 по профилю различных типов почв естественных экосистем оказывают следующие физико-химические характеристики почв: в черноземе обыкновенном содержание сульфатов, гумуса, валового K_2O , а так же таких элементов как сера, хлор; в темно-каштановой почве с содержанием следующих элементов серы, фтора, кобальта, осмия; в черноземе южном с содержанием катионов магния, калия и суммой катионов. /2/

Необходимо отметить сходность значимых корреляционных связей цезия-137 и стронция-90 с физико-химическими характеристиками чернозема южного неполноразвитого щебневатого. Корреляционные связи стронция-90 с физико-химическими характеристиками почв чернозема типичного идентичны корреляционным связям цезия-137.

Для всех исследуемых типов почв характерна очень сильная положительная корреляционная связь между содержанием Cs-137 и Sr-90 в почвенном профиле, за исключением темно-каштановой почвы. /2/

Содержание в растениях Cs-137 варьировало от 2,0 до 26,6 Бк на кг сухой массы. Максимальное содержание цезия-137 наблюдалось в полыни обыкновенной 26,6 Бк/кг сухой массы (чернозем южный), в тысячелистники 23,7 Бк/кг сухой массы (чернозем южный щебневатый неполноразвитый). Минимальное содержание цезия-137 отмечено в пшенице 2,0 (чернозем обыкновенный) и в ковыле 2,2 (чернозем южный щебневатый неполноразвитый) Бк/кг сухой массы.

Стронций-90 обнаружен в растениях в пределах от 2,2 до 8,9 Бк на кг сухой массы. Максимальное содержание стронция-90 наблюдалось в полыни обыкновенной 8,9 Бк/кг сухой массы (чернозем обыкновенный), минимальное содержание в пшенице 2,2 (чернозем обыкновенный), и в ржи 2,4 Бк/кг сухой массы (чернозем типичный).

Анализ результатов расчета коэффициент накопления цезия-137 биомассой растений показал, что цезий-137 поглощается растениями более интенсивно и изменяется от 0,12 до 2,08 для цезия-137, для стронция-90 от 0,20 до 0,86.

Максимальное значение коэффициента накопления по цезию-137 имеют: полынь обыкновенная (2,08 – 0,8), пижма 1,56, эспарцет 1,13, тысячелистник (1,33 – 0,91) и подсолнечник (1,13); минимальное значение наблюдается у пшеницы (0,38 – 0,18) и ковыля (0,44 – 0,12).

Максимальное значение коэффициента накопления по стронцию-90 имеют: полынь обыкновенная (0,86 – 0,71), пижма (0,66), пырей (0,63) и тысячелистник (0,61); минимальное значение наблюдается у пшеницы (0,32 – 0,24), ржи (0,21) и ковыля (0,20). /3/

На основании результатов корреляционного анализа по установлению связи между физико-химическими свойствами почв и коэффициентом накоплением радионуклидов цезия-137 и стронция-90 можно сделать следующие выводы: статистическая обработка экспериментальных данных по поступлению цезия-137 в растения, показала, что к числу свойств почв наиболее сильно влияющих на поступление цезия-137 в полынь обыкновенную, относятся: содержание валового K_2O и P_2O_5 , хрома, стронция-90; в тысячелистник: содержание катионов калия, валового P_2O_5 и K_2O , хрома, стронция-90; в пшеницу: содержанием с почве сульфатов, серы), марганца, свинца. Поступление стронция-90 в растения зависит от следующих почвенных характеристик, полынь обыкновенная: рН почвы, содержание натрия, цинка, фтора, никеля и свинца; тысячелистник: рН, катионами натрия, цинком, фтором, никелем и свинцом; пшеница: с медью, фтором, кобальтом, никелем, кадмием, с содержанием гумуса и хрома. /3/

Выводы:

1. Изучение вертикального распределения валовых количеств Cs-137 и Sr-90 по почвенным профилям показало, что за период времени, истекший с момента загрязнения почв, радионуклиды на этих участках мигрировали на значительную глубину (более 50 см).

Построенные уравнения регрессии позволяют оценить интенсивность миграции радионуклидов по почвенному профилю. Наибольшая интенсивность миграции Cs-137 по почвенному профилю, наблюдается у почв легких по гранулометрическому составу (темно-каштановая почва), в органической почве черноземов (обыкновенный, типичный, южный), для минеральных почв (чернозем южный неполноразвитый щебневатый) характерна меньшая интенсивность. Интенсивность миграции в почве чернозема южного неполноразвитого щебневатого сравнительно не высока, наибольшая интенсивность миграции Sr-90 по почвенному профилю, наблюдается у почв чернозема обыкновенного и южного.

2. Наибольшей интенсивностью накопления радионуклидов биомассой растений по цезию-137 обладают полынь (чернозем южный, обыкновенный и темно-каштановая почва) и пижма (темно-каштановая почва); по стронцию-90 полынь (чернозем типичный и обыкновенный) и тысячелистник (чернозем южный щебневатый неполноразвитый).

3. К наиболее сильно влияющим на поступление цезия-137 в полынь обыкновенную, относятся: содержание валового K_2O и P_2O_5 , хрома, стронция-90; в тысячелистник: содержание катионов калия, валового P_2O_5 и K_2O , хрома, стронция-90; в пшеницу: содержанием с почве сульфатов, серы), марганца, свинца. Поступление стронция-90 в полынь обыкновенную зависит от рН почвы, содержание натрия, цинка, фтора, никеля и свинца; в тысячелистник - рН, катионов натрия, цинка, фтора, никеля и свинца; в пшеницу от содержания меди, фтора, кобальта, никеля, кадмия, гумуса и хрома.

Список литературы

1. Ефремов И.В., Рахимова Н.Н., Янчук Е.Л. Особенности миграции радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в системе почва-растение / Вестник Оренбургского государственного университета, выпуск №12 / 2005. - с.42 - 46
2. Рахимова Н.Н. Восстановление почв загрязненных радионуклидами методом фитомелиорации : материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский гос. Ун-т, 29-31 января 2014. - Оренбург, 2014 – с. 997 – 1003 - ISBN 978-5-4417-0309-3
3. Рахимова Н.Н. Изучение миграции радионуклидов CS-137 и SR-90 в системе почва растение / Н.Н. Рахимова // Сборник статей XII Международной научно-практической конференции, январь 2014 г. / под ред. В.А. Селеннева, И.А. Лушкина – Пенза, 2014. – с.68 – 73 – ISBN 978-5-94338-657-2