

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ НА НАКОПЛЕНИЕ ^{137}Cs ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

Н.А. Сковородникова

Показано, что наиболее тесная корреляционная связь наблюдается между удельной активностью ^{137}Cs в надземной фитомассе и корнях травянистых растений и $\text{pH}_{\text{КС}}$, степенью насыщенности почв основаниями и гидролитической кислотностью.

Ключевые слова: агрохимические свойства почвы, ^{137}Cs , радионуклиды, травянистая растительность, коэффициент перехода.

В условиях непрекращающейся хозяйственной деятельности на территориях, загрязненных радиоактивными продуктами Чернобыльского выброса, одной из основных задач научных исследований является поиск путей уменьшения поступления радионуклидов в продукцию растениеводства и кормопроизводства. Так как уже через год после радиоактивных выпадений основным путем поступления радионуклидов в растения становится корневой, то изучение влияния основных физико-химических и агрохимических свойств почв на накопление ^{137}Cs растительностью в отдаленный период после катастрофы является весьма актуальной задачей.

Целью исследования явилось изучение влияния основных физико-химических и агрохимических свойств разных типов почв на накопление растениями ^{137}Cs в отдаленный период после катастрофы на ЧАЭС.

Непосредственным объектом исследования служила растительность открытой катены «Старый Вышков» (с. Старый Вышков Новозыбковского района Брянской области). В 1992 году вдоль трансекта, имеющего южное направление, сотрудниками кафедры почвоведения, агрохимии и сельхозрадиологии Брянской ГСХА Е.В. Просянкиным и В.Б. Осиповым, были заложены мониторинговые ключевые почвенные участки (КПУ). На каждом КПУ были выделены опорные почвенные площадки (ОПП), имеющие площадь, равную 25-30 м². ОПП различаются по степени агрогенного воздействия на почву: 1) естественная экосистема; 2) агроэкосистема, и расположены в непосредственной близости на одном и том же элементе рельефа [Осипов, 1995; Просянкин, 1995]. Естественные экосистемы периодически используются в качестве сенокосно-пастбищных угодий.

Отбор растительных образцов проводили в конце вегетации (II декада августа) в 3-х кратной повторности. Для определения биомассы травостоя применяли метод рамки. Растения срезали на высоте 0,5-1 см от поверхности почвы с площади 0,25 м². Растительную массу ополаскивали под проточной водой, для того чтобы исключить влияние на результат определения удельной активности травостоя некорневого загрязнения, затем высушивали и взвешивали. Для определения накопления ^{137}Cs корневыми системами были отобраны монолиты почвы 25х25 см на глубину 20 см. Корни промывали на сите с размером ячейки 1 мм, высушивали и взвешивали.

Отбор образцов почвы проводили в 3-5-х кратной повторности до глубины 20 см. Почву высушивали, измельчали и пропускали через сито с диаметром 1 мм. Определение удельной активности почвы, сухой массы растительности и корней проводили сцинтилляционным методом на приборе РУБ-01П6 с блоком детектирования БДКГ-03П.

Физико-химические и агрохимические свойства почв определяли по общепринятым методикам: рН солевой вытяжки потенциметрически, гидролитическую кислотность по Каппену, гумус по методу Никитина с колориметрическим окончанием по Орлову-Гриндель, кальций и магний трилонометрически, обменный калий и подвижный фосфор по методу А.Г. Кирсанова, емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями расчетным путем [Практикум..., 2001].

Для оценки поступления радионуклидов из почвы в растения используют различные показатели. Однако часто предпочтение отдается определению коэффициента пропорциональности (коэффициента перехода), который равен отношению концентрации радионуклидов в растениях (Бк/кг воздушно-сухой массы) к плотности загрязнения почвы (Бк/м²). Это связано с неравномерным распределением радионуклида по профилю почв естественных экосистем, что влияет на поступление ¹³⁷Cs в надземную массу растений.

В таблице 1 представлены результаты исследований параметров накопления ¹³⁷Cs в надземной фитомассе и корнях травянистых растений.

Таблица 1 – Параметры накопления ¹³⁷Cs травостоем и корнями травянистых растений на разных типах почв

Показатели	Плотность загрязнения почвы, кБк/м ²	Активность ¹³⁷ Cs, кБк/кг		Кп·10 ⁻³ , кБк/кг/кБк/м ²	
		травостой	корни	травостой	корни
1	2	3	4	5	6
Естественные экосистемы*					
Р1, вершина холма, дерново-подзолистая почва, разнотравье с преобладанием мятликовых трав	1578	0,17	3,29	0,11	2,08
Р7, верхняя часть склона, дерново-подзолистая почва, мятликовые травы	1365	1,36	6,05	1,00	4,40
Р8, подножье склона, болотно-дерново-глубокоподзолистая почва, разнотравье с преобладанием мятликовых трав	1056	0,33	7,01	0,31	6,64
Р11, древняя ложбина стока, болотная низинная почва, разнотравье с преобладанием осок	2034	0,43	4,89	0,21	2,40
Агроэкосистемы					
Р2, вершина холма, дерново-подзолистая почва, ячмень	1539	0,26	0,73	0,17	0,47
Р6, верхняя часть склона, дерново-подзолистая почва, ячмень	610	0,19	2,12	0,31	3,48
Р9, подножье склона, болотная низинная перегнойно-глеевая почва, мятликовые травы	510	0,19	0,23	0,37	0,45

Р10, древняя ложбина стока, болотная низинная перегнойно-мелкоторфяно-глеевая почва, мятликовые травы	384	0,19	1,31	0,50	3,41
---	-----	------	------	------	------

В таблице 2 представлены основные физико-химические и агрохимические свойства почв катены «Старый Вышков».

Таблица 2 – Основные физико-химические и агрохимические свойства почв катены «Старый Вышков»

№ ОПП	рН _{KCl}	Нг, мг-экв/100 г	Гумус, %	Обменные катионы, мг-экв/100 г		ЕКО, мг-экв/100г	V, %	K ₂ O	P ₂ O ₅
				Ca ²⁺	Mg ²⁺				
P1	7,32	0,62	1,75	6,93	3,01	10,56	94,18	9,13	24,66
P7	3,74	5,53	1,69	3,80	1,20	10,53	49,61	2,62	10,44
P8	5,12	6,27	7,00	7,92	3,44	17,63	65,07	29,82	48,34
P11	6,30	2,63	25,48*	27,68	5,08	35,39	93,00	7,61	9,89
P2	6,67	0,85	1,85	13,00	26,50	40,35	97,33	11,00	73,50
P6	6,56	1,13	2,22	12,00	15,00	28,13	95,43	8,13	34,25
P9	7,28	0,69	3,47	14,50	37,50	52,69	98,42	4,38	55,75
P10	7,30	0,65	36,11	40,00	11,00	51,65	98,73	6,38	12,25

* - потери при прокаливании

На основании результатов исследований установлены корреляционные зависимости величины удельной активности травостоя и корней и коэффициентов перехода радионуклидов в растения от основных физико-химических и агрохимических свойств почв.

В таблице представлены коэффициенты корреляции (r) между удельной активностью ¹³⁷Cs кБк/кг в травостое и корнях и физико-химическими и агрохимическими свойствами почв катены «Старый Вышков».

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции (r) между удельной активностью ¹³⁷Cs в травостое и корнях и физико-химическими и агрохимическими свойствами почв катены «Старый Вышков»

Физико-химические и агрохимические показатели	Удельная активность ¹³⁷ Cs, кБк/кг	
	травостой	корни
рН _{KCl}	-0,88	-0,79
Нг, мг-экв/100 г	0,66	0,91
Гумус, %	-0,18	-0,05
Обменный Ca ²⁺ , мг-экв/100 г	-0,36	-0,35
Обменный Mg ²⁺ , мг-экв/100 г	-0,43	-0,82
ЕКО, мг-экв/100г	-0,49	-0,75
V, %	-0,84	-0,82
Обменный K ₂ O, мг/100 г почвы	-0,26	0,49
Подвижный P ₂ O ₅ , мг-экв/100 г	-0,42	-0,42

Как видно из таблицы 3, поступление ¹³⁷Cs в травостой находится в прямой зависимости от гидролитической кислотности (r = 0,66) и в обратной – от рН_{KCl}, степени насыщенности почв основаниями, ЕКО, содержания обменных Mg²⁺ и Ca²⁺, подвижного P₂O₅, и в меньшей степени от содержания гумуса и обменного K₂O.

Для накопления ^{137}Cs в корневых системах в целом сохраняются аналогичные зависимости. Однако отмечается более сильная обратная связь с ЕКО и обменным Mg^{2+} , содержание которого в изучаемых почвах повышено вследствие внесения высоких доз доломитовой муки. Также, в отличие от травостоя, отмечается средняя положительная связь накопления радионуклида в корнях с содержанием в почве обменного калия.

В связи с тем, что между Hг , pH_{KCl} , V и удельной активностью травостоя ($A_{\text{тр}}$) обнаружена сильная достоверная корреляционная связь, были составлены уравнения линейной и множественной регрессии для прогноза содержания радионуклидов в травостое:

$$A_{\text{тр}} = -0,267\text{pH}_{\text{KCl}} + 2,034, R^2 = 0,741;$$

$$A_{\text{тр}} = 0,091\text{Hг} + 0,118, R^2 = 0,559;$$

$$A_{\text{тр}} = -0,016V + 1,744, R^2 = 0,661.$$

$$A_{\text{тр}} = 4,445 - 0,540\text{pH}_{\text{KCl}} - 0,136 \text{Hг} - 0,004 V, R^2 = 0,824.$$

Для прогноза содержания радионуклидов в корневых системах ($A_{\text{кор}}$) составлены следующие уравнения регрессии:

$$A_{\text{кор}} = -1,587\text{pH}_{\text{KCl}} + 13,180, R^2 = 0,622;$$

$$A_{\text{кор}} = 0,989\text{Hг} + 0,933, R^2 = 0,821;$$

$$A_{\text{кор}} = -0,160\text{Mg}^{2+} + 5,253, R^2 = 0,667;$$

$$A_{\text{кор}} = -0,112V + 12,892, R^2 = 0,670;$$

$$A_{\text{кор}} = -0,112\text{ЕКО} + 6,662, R^2 = 0,564;$$

$$A_{\text{кор}} = -0,011 \text{pH}_{\text{KCl}} + 1,095 \text{Hг} - 0,067 \text{Mg}^{2+} - 0,032 \text{ЕКО} + 0,062V - 2,761, R^2 = 0,981.$$

Установлено, что для прогноза удельной активности травостоя целесообразно использовать несколько почвенных характеристик - pH_{KCl} , гидролитическую кислотность и степень насыщенности основаниями, а для прогноза удельной активности корней также необходимо дополнительно учитывать ЕКО и содержание обменного магния.

В таблице 4 представлены коэффициенты корреляции (r) между $\text{КП} \cdot 10^{-3}$, кБк/кг/кБк/м^2 , и физико-химическими и агрохимическими свойствами почв катены «Старый Вышков».

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции (r) между $\text{КП} \cdot 10^{-3}$ и физико-химическими и агрохимическими свойствами почв катены «Старый Вышков»

Физико-химические и Агрохимические показатели	$\text{КП} \cdot 10^{-3}$, кБк/кг/кБк/м^2	
	травостой	корни
pH_{KCl}	-0,71	-0,64
Hг , мг-экв/100 г	0,51	0,80
Гумус, %	0,01	0,10
Обменный Ca^{2+} мг-экв/100 г	-0,11	-0,14
Обменный Mg^{2+} мг-экв/100 г	-0,24	-0,72
ЕКО, мг-экв/100г	-0,19	-0,54
V , %	-0,71	-0,71
Обменный K_2O мг/100 г почвы	-0,35	0,60
Подвижный P_2O_5 мг-экв/100 г	-0,43	-0,36

Как видно из таблицы 4, для коэффициентов перехода ^{137}Cs в травостой и корни растений катены «Старый Вышков» сохраняются те же зависимости, что и для удельной активности растений, однако корреляционная связь между коэффициентом перехода и гидролитической кислотностью, степенью насыщенности основаниями менее сильная. Тесные корреляционные связи между КП ^{137}Cs в травостой и pH_{KCl} , гидролитической кислотностью и степенью насыщенности почв основаниями были получены и другими исследователями [Подольяк, 2002].

Так как между pH_{KCl} , степенью насыщенности основаниями и коэффициентом перехода ^{137}Cs в травостой ($KП_{тр} \cdot 10^{-3}$) обнаружена сильная достоверная корреляционная связь, были получены уравнения регрессии, позволяющие рассчитать величину коэффициентов перехода:

$$KП_{тр} \cdot 10^{-3} = 1,369 - 0,158 pH_{KCl}, R^2 = 0,505;$$

$$KП_{тр} \cdot 10^{-3} = 1,309 - 0,0108 V, R^2 = 0,510;$$

$$KП_{тр} \cdot 10^{-3} = 3,184 - 0,136 pH_{KCl} - 0,145 Hг - 0,019 V, R^2 = 0,710.$$

Уравнения регрессии для расчета коэффициента перехода ^{137}Cs в корни ($KП_{кор} \cdot 10^{-3}$) имеют следующий вид:

$$KП_{кор} \cdot 10^{-3} = 0,708 Hг + 1,290, R^2 = 0,641;$$

$$KП_{кор} \cdot 10^{-3} = -0,113 Mg^{2+} + 4,370, R^2 = 0,511;$$

$$KП_{кор} \cdot 10^{-3} = -0,079 V + 9,702, R^2 = 0,500;$$

$$KП_{кор} \cdot 10^{-3} = 0,797 Hг - 0,064 Mg^{2+} + 0,039 V - 1,491, R^2 = 0,759.$$

Для прогноза коэффициентов перехода ^{137}Cs в надземную фитомассу и корни травянистых растений также целесообразно использовать несколько почвенных характеристик – pH_{KCl} , гидролитическую кислотность и степень насыщенности основаниями.

Таким образом, поступление ^{137}Cs в травостой находится в прямой зависимости от гидролитической кислотности ($r = 0,66$) и в обратной – от pH_{KCl} ($r = -0,88$), степени насыщенности почв основаниями ($r = -0,84$). Для накопления ^{137}Cs в корневых системах в целом сохраняются аналогичные зависимости, однако отмечается более сильная обратная связь с ЕКО и обменным Mg^{2+} и средняя положительная связь с обменным K_2O . Для коэффициентов перехода ^{137}Cs в травостой и корни растений сохраняются аналогичные зависимости.

It is shown that the closest correlation connection is observed between specific activity of ^{137}Cs in surface phytomass and roots of grassy plants and pH_{KCl} , degree of a saturation of soils by the bases and hydrolytic acidity.

The key words: agrochemical properties of soil, ^{137}Cs , radionuclide, grassy plants, coefficient of transition.

Список литературы

1.Осипов, В.Б. Физико-химические особенности поведения ^{137}Cs , ^{90}Sr и их стабильных изотопов в почвах экосистем Брянской области, подвергшихся загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.01 / В.Б. Осипов; ВНИИСХРАЭ. Обнинск, 1995. 149 с.

2.Подольяк, А.Г. Влияние агрохимических и агротехнических приемов улучшения основных типов лугов Белорусского Полесья на поступление в травостой ^{137}Cs и ^{90}Sr : Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / А.Г. Подольяк; Ин-т почвоведения и агрохимии. Минск, 2002. 24 с.

3.Практикум по агрохимии: Учеб. пособие / под ред. В.Г. Минеева. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: МГУ, 2001. 689 с.

4.Просьянников, Е.В. Взаимовлияние почв и радиоактивности в экосистемах полесья и ополья юго-запада России: Дис. ... д-ра. с.-х. наук: 03.00.27 / Е.В. Просьянников; Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. Москва, 1995. 464 с.

Об авторе:

Н. А. Сковородникова – канд. доц. Брянского государственного университета им. академика И.Г. Петровского, egf@mail.ru.