

экстракционных переделов радиохимического производства, повысит качество очистки продуктов, а также улучшит санитарные условия труда и экологическую обстановку — уменьшит потери и сбросы органического экстрагента, сократит расход регенерационного содового раствора, уменьшит объемы поступающих на отверждение отходов.

Выполняемые работы направлены на решение насущных задач завода и отрасли и имеют практическое значение. Результатами их завершения являются увеличение удельной производительности аппаратов, сокращение единиц оборудования и объемов находящихся в производстве растворов, повышение надежности работы оборудования и максимально возможное устранение нештатных и аварийных ситуаций, сокращение объемов радиоактивных отходов, улучшение радиационной обстановки и условий труда обслуживающего персонала.

УДК 614.876

ПОВЕДЕНИЕ ^{90}Sr И ^{137}Cs В ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ р. ТЕЧИ И ИСЕТИ

*Караваяева Е.Н., Молчанова И.В., Позолотина В.Н.
(Институт экологии растений и животных УрО РАН)*

В результате неконтролируемого сброса жидких радиоактивных отходов, имевших место на комплексе ядерных предприятий ПО «Маяк» в 1949—1951 гг., произошло загрязнение бассейна р. Течи на всем ее протяжении. Всего за указанный период в речные воды было сброшено 76 млн м³ сточных вод общей активностью по β -излучателям 100 РБк [1]. Последствия этого сброса осложняются тем, что р. Теча принадлежит к крупнейшей в Западной Сибири Обь-Иртышской речной системе и вносит определенный вклад в загрязнение арктических морей [2].

Наряду с такими компонентами, как вода, грунты, гидробионты, важным объектом исследования являются пойменные ландшафты, представляющие собой один из источников вторичного загрязнения реки. Особенности генезиса пойменных почв обуславливают характерное поведение радионуклидов в этих ландшафтах. Так, гидроморфные условия пойменного почвообразования способствуют формированию ландшафтно-геохимических барьеров, на которых аккумулируются многие макроэлементы, тяжелые металлы и радионуклиды [3, 4]. Периодическое избыточное увлажнение примыкающих к реке пойменных участков, близкий к поверхности уровень залегания грунтовых вод создают благоприятные условия для образования органических веществ, способствующих интенсивной миграции в почве радионуклидов [5].

Цель настоящей работы состояла в оценке поведения долгоживущих ^{90}Sr и ^{137}Cs в пойменных почвах речной системы Теча—Исеть в пределах Курганской области. В ходе исследований, проведенных в 1992—1996 гг., реперные участки закладывали в право- и левобережной пойме нижнего течения р. Течи до устья в интервале 160—237 км от источника загрязнения. В этом интервале через каждые 10—20 км было опробовано 6 точек. В пойме р. Исети обследованы три участка, расположенные вниз по течению на расстоянии 5, 10 и 40 км от устья р. Течи. Контрольные участки закладывали за пределами зоны воздействия источника загрязнения по берегам р. Исети, вверх по течению реки, в 9 км от места впадения в нее р. Течи. Следует отметить, что уровень загрязнения выбранных контрольных участков немного превышает глобальный за счет вклада ядерно-энергетических предприятий Урала и аварии на Чернобыльской АЭС [5] и составляет 4 кБк/м² для ^{90}Sr , 7 кБк/м² для ^{137}Cs .

На выбранных участках методом конверта закладывали почвенные разрезы, располагая их на разном расстоянии от русла реки: 5—10 м в прирусловой пойме и 40—50 м в центральной пойме. Образцы почв отбирали в разрезах слоями по 5 см с учетом

площади отбора проб и генетических горизонтов. Максимальная глубина отбора 30—35 см, как правило, соответствовала уровню залегания грунтовых вод.

После соответствующей подготовки отобранной почвы квартованием готовили средние пробы для определения ^{90}Sr и ^{137}Cs . Содержание ^{90}Sr в почве находили радиохимически по дочернему ^{90}Y , радиометрию которого проводили на малофоновой установке УМФ-1500 с торцевым счетчиком СТБ-13 и ошибкой счета не более 15%. Содержание ^{137}Cs определяли спектрометрически на многоканальном анализаторе АМА-02Ф1. В качестве детектора использовали кристалл Na(Tl)I размером 150×150 мм с колодцем 40×60 мм. Статистическая ошибка измерений не превышала 15%. Стандартизация методик определения радионуклидов проводилась в Национальной лаборатории в Рисё (Дания).

Для характеристики плотности загрязнения почвенного покрова использовали содержание радионуклидов в 0—30-см слое (табл. 1). Результаты показали, что содержание ^{90}Sr в почвах приустьевья р. Течи изменяется от 50 до 340, ^{137}Cs — от 36 до 390 кБк/м^2 в зависимости от места отбора проб. При этом максимальное содержание ^{90}Sr превышает таковое в почвах контрольного участка в 85, ^{137}Cs — в 55 раз. Отмечена крайняя неравномерность в загрязнении обследованной территории приустьевья, связанная с гидрологической и геохимической динамичностью ландшафта. Это не позволяет выявить четкую зависимость между уровнем содержания радионуклидов в почвах и приуроченностью их к тому или иному берегу реки. По этой же причине не удалось четко установить характер изменения содержания радионуклидов в почвах приустьевья в зависимости от расстояния от устья реки. Отношение $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ в почве приустьевой зоны увеличивается от 0,35 до 2,25 по мере приближения к устью реки. В отмеченном факте находит отражение выявленная ранее в экспериментах повышенная миграционная способность ^{90}Sr , перемещающегося в избыточно увлажненных почвах преимущественно с гравитационной влагой [7]. В отличие от ^{90}Sr механизм влияния водного фактора на подвижность ^{137}Cs связан с медленно протекающим перемещением капиллярно-сорбционной влаги, на которое могут накладываться более динамичные процессы разбавления грунтовых и поверхностных вод, а также прочная фиксация радиоцезия твердой фазой почв.

Т а б л и ц а 1. Содержание радионуклидов в почвенно-растительном покрове приустьевой поймы р. Течи, кБк/0,3 м^3

Расстояние от истока, км	^{90}Sr	^{137}Cs	$^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$
160, берег:			
правый	50 ± 12	143 ± 30	0,35
левый	78 ± 20	255 ± 60	0,34
170, берег:			
правый	340 ± 80	390 ± 99	0,87
левый	96 ± 24	145 ± 37	0,66
190, берег:			
правый	87 ± 25	88 ± 30	0,99
левый	170 ± 45	198 ± 57	0,86
200, берег:			
правый	120 ± 30	94 ± 23	1,28
левый	287 ± 75	155 ± 34	1,85
220, правый берег	65 ± 15	36 ± 15	1,80
237 (устье), правый берег	99 ± 25	44 ± 13	2,25

Почвенный покров периодически заливаемой центральной поймы р. Течи (30—40 см от русла) также характеризуется повышенным по сравнению с контрольным участком содержанием радионуклидов. Причем в центральной пойме выявлены участки с более высокой, чем в прирусловой пойме, степенью аккумуляции как ^{90}Sr (до 1000 кБк/м^2), так и ^{137}Cs (до 2000 кБк/м^2). Подобная аккумуляция происходит, вероятно, за счет длительного застаивания в почве центральной поймы загрязненных паводковых вод и осаждения тонкодисперсных илстых частиц.

Вертикальное распределение радионуклидов в почве прирусловой и центральной пойм р. Течи носит одинаковый характер (табл. 2). Выравнивание миграционной способности ^{90}Sr и ^{137}Cs в периодически затопляемых и переувлажненных пойменных почвах может происходить за счет как изменения физико-химического состояния радионуклидов и прочности их фиксации на почвенных частицах, так и миграции, связанной с переносом органоминеральных тонкодисперсных частиц поверхностными и паводковыми водами, частичным транзитным смывом песчаных наносов в реку, перекрытием их свежим речным аллювием. По типу вертикального распределения излучателей выделяются два участка: один на расстоянии 160—190 км, второй — 200—230 км от истока реки. На первом участке, более удаленном от устья реки, отмечено равномерное распределение ^{90}Sr и ^{137}Cs по всему профилю прирусловья. В почве центральной поймы указанного участка максимум содержания радионуклидов приходится на глубину 10—20 см. На втором участке, ближе к устью реки, содержание радионуклидов в почве как прирусловой, так и центральной поймы постепенно снижается с глубиной, но наибольшее их количество (60—80%) фиксируется в верхнем слое 0—10 см.

Т а б л и ц а 2. Вертикальное распределение радионуклидов в пойменных почвах р. Течи, %

Расстояние от устья, км	Глубина, см	^{90}Sr		^{137}Cs	
		1*	2	1	2
160—190	0—10	32	21	36	25
	10—20	32	47	32	40
	20—30	36	32	32	35
200—230	0—10	60	60	62	78
	10—20	18	30	25	14
	20—30	22	10	13	8

* 1 — прирусловье, 2 — центральная пойма.

В пойменных почвах р. Исети содержание ^{90}Sr составляет 35—60, ^{137}Cs — 10—26 кБк/м^2 , при этом максимальное содержание ^{90}Sr в 15, ^{137}Cs — почти в 4 раза выше, чем на контрольных участках. На изученном отрезке береговой зоны вниз по течению р. Исети $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ в почве возрастает с 2 до 5 преимущественно за счет увеличения содержания ^{90}Sr . Вертикальное распределение в профиле пойменных почв р. Исети носит более или менее равномерный характер до глубины 30—35 см. В некоторых случаях при наличии хорошо сформированного дернового горизонта основная часть ^{137}Cs (до 93%) и ^{90}Sr (до 70%) удерживается в слое 0—20 см.

Таким образом, для изученных почв поймы рек Течи и Исети характерна повышенная радионуклидная загрязненность. При этом участки центральной поймы, являющиеся своего рода геохимическими барьерами, аккумулируют радионуклиды в некоторых случаях в большей степени, чем прирусловье. Сложный гидрологический режим обследуемой территории и совокупное действие эколого-геохимических факторов приводят к неравномерности ее пространственного загрязнения и труднопрогнозируемым параметрам миграции радионуклидов.

Многолетний опыт авторов настоящего сообщения, принимавших непосредственное участие в радиоэкологическом обследовании загрязненных территорий Уральского региона, показал целесообразность обособления гидроморфной почвы пойменных ландшафтов в самостоятельную группу, требующую пристального внимания радиоэкологов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заключение комиссии по оценке экологической ситуации в районе деятельности производственного объединения «Маяк» Минатомэнергопрома СССР, организованной распоряжением Президиума АН СССР № 1140-501 от 12.06.90. — Радиобиология, 1994, т. 31, № 3, с. 386—390.
2. Trapeznikov A.V., Pozolotina V.N., Chebotina M.Ya. e.a. Radioactive contamination of the Tcha river, the Urals. — Health Phys., 1993, v. 65, № 5, p. 481—488.
3. Тюрюканова Э.Б. Экология стронция-90 в почвах. М.: Атомиздат, 1976. 128 с.
4. Молчанова И.В., Караваева Е.Н., Куликов Н.В. Радиоэкологическое изучение почвенно-растительного покрова сопряженных участков ландшафта в зоне Чернобыльской АЭС. — Экология, 1990, № 3, с. 30—35.
5. Куликов Н.В., Молчанова И.В., Караваева Е.Н. Радиоэкология почвенно-растительного покрова. Свердловск, УрО РАН СССР, 1990. 170 с.
6. Ааркрог А., Дальгаардт Г., Караваева Е.Н. и др. О содержании долгоживущих радионуклидов в почвах и древесных растениях зоны ядерной аварии на Южном Урале. — Экология, 1992, № 4, с. 50—55.
7. Караваева Е.Н., Молчанова И.В., Куликов Н.В. Режим почвенного увлажнения и миграция радионуклидов в почвенно-растительном покрове. — В кн.: Радиоактивные изотопы в почвенно-растительном покрове. Свердловск, УИЦ АН СССР, 1979, с. 3—16.

УДК 614.876

ДОЛГОЖИВУЩИЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ ЗОНЫ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА

*Ааркрог А. (Национальная лаборатория в Рисё, Дания),
Молчанова И.В., Караваева Е.Н., Позолотина В.Н., Юшков П.И., Трапезников А.В.
(Институт экологии растений и животных УрО РАН)*

Природные экосистемы Южного и Среднего Урала загрязнены техногенными радионуклидами из разных источников. Во-первых, это глобальные радиоактивные выпадения из атмосферы как результат испытаний ядерного оружия, проведенных в Северном полушарии. Во-вторых, значительное количество радионуклидов поступило в окружающую среду в результате деятельности ядерных предприятий, крупнейшим из которых является ПО «Маяк». В 1957 г. на ПО «Маяк» взорвалась емкость, содержавшая 20 млн Ки радиоактивных отходов, из них 2 млн Ки поднялось в атмосферу и, двигаясь в северо-восточном направлении, сформировало восточно-уральский радиоактивный след.

В 1967 г. после малоснежной зимы наступило чрезвычайно засушливое лето. Оз. Карачай, которое использовалось предприятием как открытое хранилище радиоактивных отходов, сильно обмелело. Мелкий песок и ил, загрязненные радионуклидами, поднимались ветром с его берегов и переносились на значительные расстояния, формируя пятнистое загрязнение территории.

Первые сведения об инцидентах появились в открытой печати спустя несколько десятилетий, после аварии на Чернобыльской АЭС, которая сама внесла определенный вклад в радиоактивное загрязнение окружающей среды [1—3]. Таким образом, стало известно, что источниками радионуклидного загрязнения почвы Уральского региона являются наряду с глобальными выпадениями два крупных ядерных инцидента (Кыштым, Карачай), авария на Чернобыльской АЭС и штатная работа ядерно-энергетических объектов.