

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ $^{137}\text{Cs}$ ПО “ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ” ФРАКЦИЯМ ПОЧВ ТРИДЦАТИКИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

**С.М. Рудая\*, О.В. Чистик\*, И.И. Матвееenko\*\***

*\* Международный государственный экологический университет*

*им. А.Д. Сахарова, г. Минск, Беларусь*

*\*\* Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды, г. Минск, Беларусь*



Представлены результаты изучения распределения  $^{137}\text{Cs}$  по фракциям почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС. Дано математическое описание распределения радиоцезия по фракциям  $>0,01$  мм,  $0,01-0,001$  мм,  $<0,001$  мм. Показано, что гранулометрический и минералогический составы исследованных почв в значительной степени определяют сорбцию радионуклида на почвенных частицах и влияют на вертикальную миграцию.

## ВВЕДЕНИЕ

В наземных экосистемах наиболее емким и самым инерционным звеном, приводящим к поступлению радиоактивных загрязнений в организм человека, является почва. Состояние и скорость миграции радионуклидов в почве во многом определяют интенсивность распространения радионуклидов по пищевым цепочкам. Поэтому важной задачей является изучение всей совокупности процессов, приводящих к перемещению радионуклидов в почве и перераспределению их между различными фазами. На миграционные способности радионуклидов, попавших на почвенную поверхность, существенно влияет их связь с почвенными компонентами разной дисперсности.

Целью данной работы было изучение распределения  $^{137}\text{Cs}$  по “гранулометрическим” фракциям почв тридцатикилометровой зоны Чернобыльской АЭС. Объектом исследования были почвы различного типа, отобранные с разной глубины в 2000 г. Контрольные пункты наблюдения расположены в Хойникском и Брагинском районах Гомельской области. Исследуемые участки находятся в пределах естественных лесных экосистем.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отбор проб почвы проводился послойно через 5 см до глубины 15 см по стандартной методике [1]. Гранулометрический состав почв анализировался по методу Н.А. Качинского [2]. Разделение почвенных образцов на фракции для определения

сорбции <sup>137</sup>Cs осуществлялось методом отмучивания [3]. В ходе анализа были выделены следующие фракции: физический песок (>0,01 мм), физическая глина (0,01-0,001 мм), илистая фракция (<0,001 мм). Минералогический состав определялся на рентгенографической установке ДРОН-3М. Погрешность определения содержания глинистых минералов составляла 3-5%. Содержание <sup>137</sup>Cs в почве и почвенных фракциях измерялось на γ-спектрометре EL-1308 [4]. Погрешность измерения активности радионуклида не превышала 10% и зависела от активности образца.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Почва является природным телом, которое представлено твердой, жидкой, газовой фазами и живым веществом. На сорбционные способности почв в значительной мере влияют их специфические ионообменные особенности. На кинетику адсорбции и десорбции ионов, в первую очередь, оказывает влияние полидисперсность почвы, т.е. ее гранулометрический состав. Несмотря на некоторую условность границ гранулометрических фракций, в целом эти границы отражают реально существующие различия в свойствах почвенных частиц, что, в свою очередь, обуславливает зависимость сорбционных свойств почв от гранулометрического состава.

По характеру распределения в почвенном профиле частиц <0,001 мм исследуемые почвы относятся к почвам, развитым на породах легкого гранулометрического состава. Для данного типа почв свойственно выраженное преобладание песчаных фракций и очень небольшое содержание тонкодисперсных частиц.

В гранулометрическом составе исследуемых почв (табл. 1) преобладает фракция мелкого песка, на долю которой приходится от 60 до 85%. Характерен низкий про-

Таблица 1

Гранулометрический состав почв экспериментальных площадок (в процентах на общую массу почвы)

Генетический горизонт	Глубина отбора, см	Фракция, мм						
		>1	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
Дерново-подзолистая песчаная почва, площадка №1								
A <sub>0</sub>	0-5	0,10	4,82	83,49	4,00	2,40	2,80	2,40
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	5-10	0,20	6,39	84,60	2,40	1,60	2,80	2,00
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	10-15	0,30	12,74	80,57	2,00	1,20	2,40	0,80
Дерново-подзолистая песчаная почва, площадка №3								
A <sub>0</sub>	0-5	-*	14,34	78,46	2,80	2,00	0,80	1,60
A <sub>1</sub>	5-10	0,10	14,20	79,31	1,60	1,60	1,99	1,20
A <sub>1</sub>	10-15	0,10	16,22	77,27	1,20	0,80	3,21	1,20
Дерново-подзолисто-глееватая оторфованная песчаная почва, площадка №4								
A <sub>0</sub>	0-5	-	24,72	61,55	5,65	2,02	3,23	2,83
A <sub>1</sub>	5-10	-	24,94	65,00	3,22	1,61	2,82	2,41
A <sub>1</sub>	10-15	-	34,22	59,37	2,00	0,80	2,00	1,61
Дерново-перегнойно-глееватая супесчаная почва, площадка №7								
A <sub>0</sub>	0-5	0,20	12,95	74,47	5,99	2,40	2,40	1,60
A <sub>1</sub>	5-10	0,20	16,65	74,70	4,02	0,80	2,41	1,21
A <sub>1</sub>	10-15	-	5,95	75,48	9,67	0,80	4,85	3,23

Примечание: \* - не обнаружено

цент частиц крупного и среднего песка. Дерново-подзолистые песчаные и дерново-подзолисто-глееватые оторфованные песчаные почвы отличаются аккумуляцией высокодисперсных минералов в верхних горизонтах. Слой 0-5 см по сравнению со слоем 10-15 см имеет более высокое содержание илистой фракции и фракции физической глины. В дерново-перегнойно-глееватой супесчаной почве характер гранулометрического состава почвенного профиля иной. Здесь наблюдается вынос из верхней части почвенного профиля частиц  $<0,005$  мм, т.е. процессы почвообразования приводят к обеднению глинистыми минералами верхних горизонтов супесчаных почв.

Важным свойством, связанным с гранулометрическим составом, является суммарная поверхность частиц, которая увеличивается с уменьшением размеров частиц. По мере возрастания суммарной поверхности частиц увеличивается площадь их соприкосновения с почвенной влагой, воздухом, живыми организмами; частицы приобретают ряд новых свойств, в частности возрастает поверхностная энергия, определяющая сорбционную способность почвенного комплекса. Верхние горизонты песчаных почв характеризуются более высокой суммарной поверхностью частиц, в то время как в дерново-перегнойно-глееватой супесчаной почве это присуще нижним слоям.

Таким образом, установленный гранулометрический состав отражает специфику почвообразовательного процесса на исследованных участках.

Полифункциональность почвы как ионита связана с неоднородностью ее минералогического состава и присутствием органического вещества. Минералогический состав в значительной мере определяет физико-химические и генетические особенности почв. На минералогический состав почв оказывает влияние большое количество факторов: минералогический и химический составы исходной почвообразующей породы, биоклиматическая обстановка почвообразования, соотношение pH и окислительно-восстановительного потенциала среды, условия дренажа, присутствие катионов в среде, возраст выветривания и почвообразования, количественный и качественный составы органических компонентов. Разнообразие их сочетаний дает соответствующее разнообразие минеральных ассоциаций в почвах и в отдельных горизонтах почвенного профиля. К этому добавляется и перемещение минералов в пределах профиля [5].

Минеральная составляющая исследуемых почв представляет собой смесь кварца, полевого шпата и глинистых минералов. Установлено, что содержание кварца в песчаных почвах составляет до 90%, полевого шпата - 10-20% и глинистых минералов до 10%; в супесчаной почве содержание минералов соответственно составляет до 70%, 20-30%, до 30%.

Фракция физического песка, в основном, состоит из непрозрачных и полупрозрачных бесцветных или молочно-белых, иногда желтоватых, зерен кварца. Вторым основным компонентом является полевой шпат, представленный бурыми, желтовато-бурыми или кремовыми, частично выветренными зернами. Полевые шпаты в исследуемых почвах представлены, в основном, калиевой разновидностью. В перегнойных горизонтах почв фиксируются полуразложившиеся растительные остатки, часто обугленные.

Исследование глинистых минералов изучаемых горизонтов дерново-подзолистых песчаных почв выявило преобладание хлоритной массы. Минералогический состав фракций 0,01-0,001 мм и  $<0,001$  мм представлен на рис. 1. Как видно из рисунка, в исследуемых песчаных почвах наблюдается хлорито-каолиново-гидрослюдистая ассоциация. При этом с глубиной отмечается не только уменьшение содержания илистой и глинистой фракций, но и уменьшение содержания в них гидрослюды, способной к необменной сорбции  $^{137}\text{Cs}$ . Хорошо известно, что отличительной особенностью радиоцезия является его способность к прочной фиксации в структуре глини-

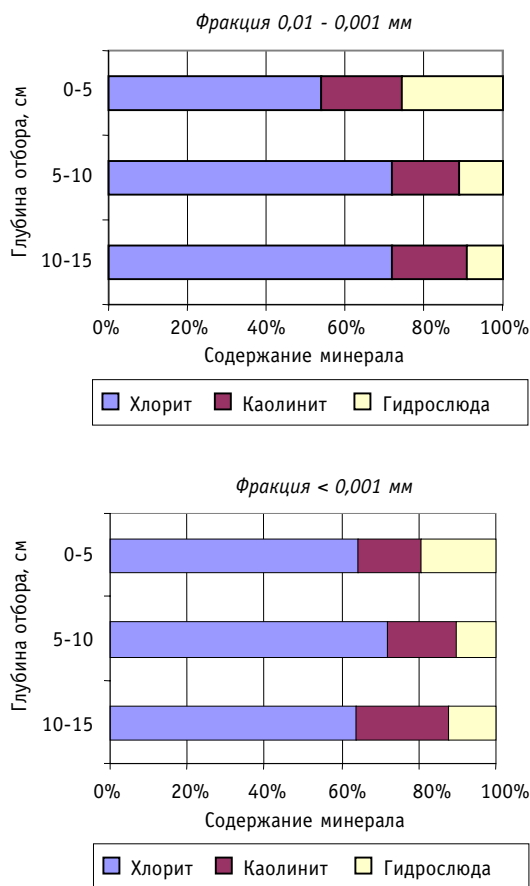


Рис. 1. Глинистые минералы фракций <0,01 мм вертикального разреза дерново-подзолистей песчаной почвы

нералов.

Исследование глинистых минералов дерново-перегнойно-глееватой супесчаной почвы показало, что в составе фракций 0,01-0,001 мм и <0,001 мм преобладают гидрослюдистые массы. Минералогический состав этих фракций представлен гидрослюдой и смешанослойными минералами. В тонкодисперсной фракции горизонтов 5-10 см и 10-15 см присутствует каолинит. Явных неоднородностей в распределении минералов, отвечающих за необменную сорбцию  $^{137}\text{Cs}$ , в изучаемом почвенном профиле супесчаной почвы не выявлено.

Фракции 0,01-0,001 мм и <0,001 мм дерново-подзолисто-глееватой оторфованной песчаной почвы содержат гидрослюду, каолинит и хлорит. В почвенном профиле в составе этих фракций отмечаются следующие особенности: слой 0-5 см содержит кальцит, а в слое 10-15 см появляются смешанослойные минералы, свидетельствующие о развитии восстановительных процессов. Как и в дерново-подзолистых песчаных почвах, в состав тонкодисперсной фракции дерново-подзолисто-глееватой оторфованной песчаной и дерново-перегнойно-глееватой супесчаной почв помимо глинистых минералов входят также аморфные органоминеральные соединения, кристаллические и аморфные гидроксиды железа и алюминия, тонкодисперсный кварц, в нижних слоях - полевые шпаты.

Необходимо отметить, что поскольку разделение почвенных частиц на фракции

тых минералов и к селективной сорбции в области расширения межпакетного пространства на боковых гранях кристаллов глинистых минералов группы иллита FES (от английского Frayed Edge Sites). Селективные сорбционные центры более прочно удерживают цезий по сравнению с обычными неселективными обменными центрами RES (от английского Regular Exchange Sites) [6].

Помимо глинистых минералов в состав илистой фракции входят аморфные органоминеральные соединения, кристаллические и аморфные гидроксиды железа и алюминия, тонкодисперсный кварц и полевые шпаты.

Дерново-подзолисто-глееватая оторфованная песчаная и дерново-перегнойно-глееватая супесчаная почвы характеризуются интенсивным процессом разрушения первичных минералов. В результате длительного периодического переувлажнения почв развиваются процессы, приводящие к восстановлению элементов с переменной валентностью, разрушению первичных минералов и синтезу вторичных ми-

Таблица 2

**Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в «гранулометрических» фракциях исследуемых почв на 01.07.2001 г. (Бк/г)**

Гранулометрическая фракция, мм	Глубина отбора, см		
	0-5	5-10	10-15
Дерново-подзолистая песчаная почва, площадка №1			
>0,01	76,49	2,97	1,85
0,01-0,001	2436,51	227,11	127,58
<0,001	4051,78	407,99	187,70
Дерново-подзолистая песчаная почва, площадка №3			
>0,01	10,95	0,45	0,06
0,01-0,001	398,55	36,00	4,91
<0,001	548,60	87,20	10,91
Дерново-подзолисто-глееватая оторфованная песчаная почва, площадка №4			
>0,01	4,59	0,17	0,02
0,01-0,001	124,47	10,42	2,81
<0,001	168,84	32,85	7,16
Дерново-перегноино-глееватая супесчаная почва, площадка №7			
>0,01	3,63	0,45	0,12
0,01-0,001	104,89	31,70	6,65
<0,001	193,94	36,93	8,51

для определения сорбции на них радиоцезия проводилось методом отмучивания без использования каких-либо реагентов (кроме дистиллированной воды), то в ходе анализа не были до конца разрушены водостойкие почвенные агрегаты. В итоге распределение радионуклида по почвенным частицам не было нарушено, но содержание глинистой и илистой фракций оказалось меньше, чем при традиционном гранулометрическом анализе (метод Н.А. Качинского). Поэтому полученные фракции, по-видимому, являются промежуточными между почвенными агрегатами и гранулометрическими фракциями. Тем не менее, данные, полученные в ходе исследования, позволяющие судить о распределении  $^{137}\text{Cs}$  по почвенным частицам разной дисперсности.

Как показывают результаты распределения  $^{137}\text{Cs}$  по фракциям (табл. 2), наибольшая удельная активность характерна для илистой фракции, наименьшая – для фракции физического песка. Увеличение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в ряду *физический песок* < *физическая глина* < *ил* объясняется не только степенью дисперсности почвенных частиц, но и их минералогическим составом, определяющим специфику сорбции радионуклида каждой фракцией. В почвенном профиле происходит уменьшение с глубиной удельной активности всех рассмотренных фракций.

Распределение  $^{137}\text{Cs}$ , сорбированного на фракциях физического песка (>0,01 мм), физической глины (0,01-0,001 мм), илистой фракции (<0,001 мм), в виде треугольной диаграммы Гиббса представлено на рис. 2.

Треугольная диаграмма Гиббса является одним из способов рационального и количественного описания результатов сорбции радиоцезия на трех фракциях. Применение данной диаграммы для представления табличных данных подробно описано в работе [7]. Используя подход к представлению данных, описанный в этой работе, обозначим долю радионуклида, связанного с фракцией >0,01 мм через  $X_1$ , тогда доли

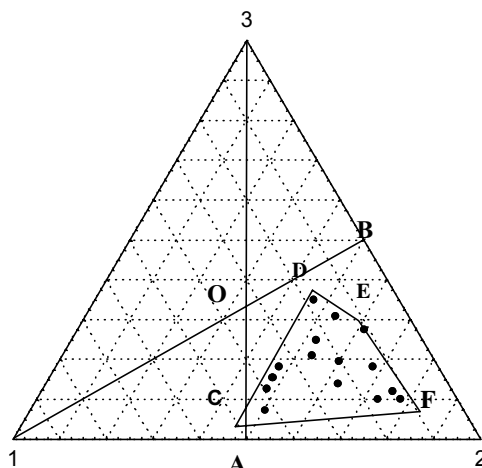


Рис. 2. Распределение  $^{137}\text{Cs}$  по «гранулометрическим» фракциям исследуемых почв: 1 – доля  $^{137}\text{Cs}$ , сорбированного фракцией  $> 0,01$  мм; 2 – фракцией  $0,01-0,001$  мм; 3 – фракцией  $< 0,001$  мм

радионуклида, сорбированного фракциями  $0,01-0,001$  мм и  $< 0,001$  мм, будут соответственно равны  $X_2$  и  $X_3$ . При этом  $X_1 + X_2 + X_3 = 1$ .

Соотношение между долями на диаграмме изображено в виде отдельных точек, координаты которых представлены в системе координат треугольника Гиббса. Группирование точек в определенной части треугольника характеризует особенности сорбции  $^{137}\text{Cs}$  на трех почвенных фракциях. Условимся считать, что любая совокупность сопряженных точек может быть околнурена прямыми линиями.

Околнуренная область  $CDEF$  располагается в нижнем правом углу диаграммы в зоне  $2AOB$ , которая однозначно отвечает превалированию доли с индексом 2 по отношению к двум другим.

Сначала рассмотрим основные характеристики зоны  $2AOB$ . Видно, что зона  $2AOB$  ограничена двумя центральными секущими  $1B$  и  $3A$ , а также сторонами  $1-2$  и  $2-3$ . Расположение зоны  $2AOB$  на треугольной диаграмме Гиббса описывается системой линейных неравенств

$$X_2 \geq X_1; X_2 \geq X_3; X_1 \geq 0; X_3 \geq 0. \quad (1)$$

Известно, что экстремальные значения линейных функций, ограниченных определенными условиями, имеют экстремумы в вершинах симплекса [8]. В нашем случае это означает, что значения точек, попадающих в многоугольник  $2AOB$  с координатами вершин  $2(0; 1; 0)$ ,  $A(0,5; 0,5; 0)$ ,  $O(1/3; 1/3; 1/3)$ ,  $B(0; 0,5; 0,5)$ , имеют следующие интервалы изменения:

$$0,5 \geq X_1 \geq 0; 1 \geq X_2 \geq 1/3; 0,5 \geq X_3 \geq 0. \quad (2)$$

Откуда видно, что  $X_2$  имеет максимальное значение 1 и не опускается ниже 0,333, а  $X_1$  и  $X_3$  изменяются одинаково, но диапазон изменений уже.

А теперь вернемся к околнуренной области  $CDEF$ , которая математически описывается системой линейных неравенств:

$$\left. \begin{aligned} 2,40X_1 + 1,25X_2 &\geq 1 \\ 1,11X_1 + 10,00X_3 &\geq 1 \\ X_1 &\geq 0,10 \\ X_2 &\geq 0,45 \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  – доли  $^{137}\text{Cs}$ , сорбированного почвенными фракциями размером  $>0,01$  мм,  $0,01$ - $0,001$  мм,  $<0,001$  мм соответственно.

Данная система неравенств не только наглядно демонстрирует зону доминирования фракции  $0,01$ - $0,001$  мм в сорбции радионуклида ( $X_2 \geq 0,45$ ), но и позволяет оценить пределы изменения сорбции  $^{137}\text{Cs}$  на каждой из фракций. Решая попарно уравнения отрезков  $CD$  и  $DE$ ,  $DE$  и  $EF$ ,  $EF$  и  $FC$ ,  $FC$  и  $CD$ , находим координаты вершин  $C(0,50; 0,45; 0,04)$ ,  $D(0,18; 0,45; 0,36)$ ,  $E(0,10; 0,60; 0,28)$ ,  $F(0,10; 0,84; 0,06)$ . Сравнивая максимальные и минимальные значения координат, получаем следующие пределы изменения долей:

$$0,50 \geq X_1 \geq 0,10; 0,84 \geq X_2 \geq 0,45; 0,36 \geq X_3 \geq 0,04. \quad (4)$$

Таким образом, хорошо видно, что максимальное количество радионуклида сорбировано на почвенных частицах  $0,01$ - $0,001$  мм. В дерново-подзолистых песчаных почвах на эту фракцию приходится 47-53% валового содержания радионуклида, в дерново-подзолисто-глееватой оторфованной песчаной – 61-62%, в дерново-перегнойно-глееватой супесчаной – 73-78%. Следовательно, на сорбцию  $^{137}\text{Cs}$  в почвах существенно влияет как содержание глинистой фракции, так и ее минералогический состав.

В профиле дерново-перегнойно-глееватой супесчаной почвы не выявлено существенных изменений распределения  $^{137}\text{Cs}$  по почвенным фракциям. Такой тип распределения позволяет предположить, что основным механизмом вертикальной миграции радионуклида для данного типа почв является диффузия свободных и адсорбированных ионов.

В песчаных почвах наблюдается изменение с глубиной вклада илистой и песчаной фракций в сорбцию радионуклида. В этих почвах вниз по профилю наблюдается увеличение доли радиоцезия, связанного с илистой фракцией, и уменьшение доли радионуклида, сорбированного фракцией физического песка. На фракцию  $>0,01$  мм в верхнем пятисантиметровом слое дерново-подзолистых песчаных почв приходится до 40% радионуклида, содержащегося в этом слое, а в нижнем слое 10-15 см – до 18%. Доля  $^{137}\text{Cs}$ , сорбированного тонкодисперсной фракцией с глубиной увеличивается с 7-14% (в слое 0-5 см) до 35% (в слое 10-15 см).

Таким образом, в дерново-подзолистых песчаных почвах, с одной стороны, с глубиной уменьшается содержание как фракций  $<0,01$  мм, так и глинистых минералов, отвечающих за необменную сорбцию  $^{137}\text{Cs}$ , с другой стороны, увеличивается доля радионуклида, сорбированного тонкодисперсной фракцией. Это объясняется лессиважем, т.е. процессом отмывки илистых и тонкопылеватых частиц с поверхности песчаного и крупнопылеватого материала и последующим выносом их в неразрушенном состоянии из элювиального горизонта. Поэтому, возможно, перенос  $^{137}\text{Cs}$ , сорбированного на тонкодисперсной фракции, вносит существенный вклад в вертикальное перераспределение радионуклида на данном типе почвы.

В дерново-подзолисто-глееватой оторфованной песчаной почве увеличение в нижних слоях  $^{137}\text{Cs}$ , сорбированного фракцией  $<0,001$  мм, связано как с лессиважем, так и с развитием в этих слоях восстановительных процессов, приводящих к синтезу глинистых минералов, способных к необменной сорбции радионуклида.

## ВЫВОДЫ

Результаты выполненных исследований распределения  $^{137}\text{Cs}$  по “гранулометрическим” фракциям почв тридцатикилометровой зоны Чернобыльской АЭС позволяют сделать следующие выводы.

1.  $^{137}\text{Cs}$  в различных количествах сорбирован на почвенных частицах. Распределение радионуклида по фракциям описывается системой линейных неравенств. На

фракции  $>0,01$  мм может быть сорбировано от 4 до 36% валового содержания радионуклида, на фракции  $0,01-0,001$  мм – 45-84% и на фракции  $<0,001$  мм – 10-50%.

2. Наибольшая удельная активность характерна для илистой фракции, наименьшая – для фракции физического песка. Удельная активность почвенных частиц с глубиной уменьшается.

3. Максимальное количество радионуклида ( $>45\%$ ) сорбировано фракцией  $0,01-0,001$  мм и зависит от гранулометрического и минералогического составов почв.

4. Распределение  $^{137}\text{Cs}$  по фракциям в почвенном профиле определяется типом почвы.

## Литература

1. Методика обследования территорий населенных пунктов, гражданских и промышленных объектов для последующего проведения дезактивационных работ. Утверждена Межведомственной комиссией по радиационному контролю природной среды при Госкомгидромете СССР 17.03.89.
2. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1965.
3. Методическое руководство по петрограф - минералогическому изучению глин: Труды ВСЕГЕИ Министерства геологии и охраны недр СССР / Под рук. М. Ф. Викуловой. – М.: Госгеотехиздат, 1957.
4. Государственная система обеспечения единства измерений. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма - спектрометре. МИ 2143-91. Утверждена НП ВНИИФТРИ Госстандарта СССР, 28.12.90.
5. Почвоведение: Учеб. для ун-тов. В 2 ч. / Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. Ч.1. Почва и почвообразование / Г.Д. Белицина, В.Д. Васильевская, Л.А. Гришина и др. – М.: Высшая школа, 1988.
6. Cremers A., Elsen A., De Peter P., Maes A. Quantitative analysis of radiocaesium retention in soils// Nature. – 1988. - V. 335. - № 6187. - P. 247-249.
7. Кольненьков В.П., Кузнецов В.А., Генералова В.А. Треугольная диаграмма распределения форм нахождения элементов в породе// Вести Акад. наук Беларуси. Сер. хим. наук. – 1993. - №3.
8. Полунин И.Ф. Курс математического программирования. – Мн., 1975.

Поступила в редакцию 9.01.2002



**УДК 621.039.586**

*Analysis of Failure of a Fast Reactor Runaway in Approach of Zero Lifetime of Prompt Neutrons* \N.M. Kadjuri; Editorial board of Journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy, Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2002. – 5 pages, 2 illustrations. – References, 2 titles.

The estimations of the limit introducing of reactivity  $\rho_m$  conducting to destruction of fuel in approach of zero lifetime of prompt neutrons are carried out.

**УДК 536.24:621.039.553.34**

*Influence of Geometrical Parameters of Surface Spheriodical Elements and the Scheme of Their Arrangement on Heat Efficiency of Heat-Exchange Plate Surface* \V.T. Buglaev, A.A. Anisin; Editorial board of Journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy, Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2002. – 11 pages, 5 illustrations. – References, 11 titles.

The research results of heat-aerodynamic characteristics of heat-exchange profile plate surface experimental patterns with different geometrical parameters of flow sections of adjustable passages are given and their heat efficiency is estimated.

**УДК 621.039.6**

*Magnetohydrodynamic Resistance Reduction by Forming Oxide Electroinsulated Coatings on Channels with Heavy Liquid Metal Coolants of TOKAMAK Reactor* \A.V. Beznosov, S.S. Pinaev, M.A. Kamnev, A.V. Nazarov, P.V. Romanov; Editorial board of Journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy, Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2002. – 3 pages, 1 table, 1 illustration. – References, 8 titles.

The article includes experimental data received in investigations of magnetohydrodynamic resistance reduction by forming oxide electroinsulated coatings on internal surfaces of channels of tokamak blanket and divertor.

**УДК 556.555.8**

*$^{90}\text{Sr}$  Contamination of Water Ecosystems in Bryansk Regions Damaged after Chernobyl Accident* \M.N. Katkova, Ya.I. Gaziev, G.I. Petrenko, A.M. Polukhina; Editorial board of Journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy, Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2002. – 6 pages, 3 tables, 2 illustrations. .

In 1997-1999 the monitoring of water ecosystems in Bryansk regions contaminated after Chernobyl fallout have been conducted. In the framework of these investigations the present  $^{90}\text{Sr}$  level in water bodies was evaluated. Taking into accounts the obtained result the basic conclusions and recommendations for their future use were done.

**УДК 631.42**

*Distribution of  $^{137}\text{Cs}$  on "grain-size" fractions in soils at the 30 km restricted zone around Chernobyl NPP* \S.M. Rudaya, O.V. Chistik, I.I. Matveenko; Editorial board of Journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy, Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2002. – 8 pages, 2 tables, 2 illustrations. – References, 8 titles.

The results of investigation of  $^{137}\text{Cs}$  distribution on "grain-size" fractions in soils contaminated by Chernobyl catastrophe products are presented. The mathematical description of radiocaesium distribution on fractions  $>0,01$  mm,  $0,01-0,001$  mm,  $<0,001$  mm is given. Is shown that "grain-size" and mineralogy composition of researched soils substantially determines a sorption of a radionuclide on soil particles and influences vertical migration.

**УДК 574:621.039.542.4**

*Ecological Aspects of Mass Production of Motor Fuels from Brown Coals and Heavy Petroleum Residuals by Hydrogenation with the Use of Nuclear Technologies* \G.I. Sidorov, V.M. Poplavsky, A.A. Kritchko, A.S. Maloletnev; Editorial board of Journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy, Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2002. – 10 pages, 5 tables. – References, 28 titles.