

ПРОГНОЗНЫЕ ОЦЕНКИ ПОВЕДЕНИЯ  $^{137}\text{Cs}$  В ЦЕПИ  
“ПОЧВА - МАКРОМИЦЕТЫ”

Н. Е. Зарубина

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

Исследовались макромицеты с глубоким и приповерхностным залеганием мицелия в почвах на территории Чернобыльской зоны отчуждения и “южного следа” в период с 1986 по 2002 г. Установлено, что с 1986 по 2000 г. в масленке обыкновенном, польском грибе, грибах-млечниках и других видах с приповерхностной локализацией мицелия содержание  $^{137}\text{Cs}$  было выше, чем в белом грибе, мицелий которого располагается в почве на глубине больше 5 см. Начиная с 2000 г., на двух полигонах зоны, а с 2002 г. на большинстве полигонов удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в этих видах грибов сравнялась. На нескольких полигонах зоны в 2002 г. содержание радиоцезия в белых грибах превышало его содержание в макромицетах с приповерхностной локализацией мицелия. С постепенным перераспределением центра основного запаса радиоцезия в почве такие процессы будут характерны для всех полигонов Чернобыльской зоны отчуждения и “южного следа”.

К макромицетам относят большую часть базидиальных (с половым размножением) грибов, которые образуют крупные плодовые тела. Тело гриба состоит из таллома из густых гифовых волокон – мицелия. Плодовые тела макромицетов являются репродуктивными органами, в которых образуются споры, с помощью которых происходит размножение.

Основная часть мицелия макромицетов сосредоточена в нижних слоях лесных подстилок и верхних слоях гумусо-аккумулятивного горизонта (на глубине до 2,5 см). Тут количество гифов в 3 – 4 раза выше, чем в минеральной части почвы [1, 2]. Однако мицелий симбиотрофов встречается до глубины 1,5 м (на корнях сосны, бука – до 2,5, дуба – до 3 м) [3].

Плодовые тела грибов часто используются в пищу. Количество съедобных грибов на территории Европы достигает 500 видов. В Украине видовой состав базидиальных трубчатых и пластинчатых грибов не меньше, чем в других странах Европы, хотя наиболее известны из них всего 10 – 20 видов: белый гриб (*Boletus edulis* Bull.: Fr.), масленок обыкновенный (*Suillus luteus* (L.: Fr.) S.F.Gray), польский гриб (*Xerocomus badius* (Fr.) Kuhn. ex Gilb.), сыроежки разных видов (*Russula spp.*), опенок осенний (*Armillariella melea* (Vahl: Fr.) P. Karst.), грибы-млечники (*Lactarius spp.*), рядовки разных видов (*Tricholoma spp.*), дождевики разных видов (*Lycoperdon spp.*), зонтики (*Macrolepiota spp.*) [4].

До 2002 г. на территориях, загрязненных радионуклидами вследствие аварии на ЧАЭС, именно этот продукт содержал самые большие количества  $^{137}\text{Cs}$  среди всех биологических объектов лесных экосистем.

Для грибов преобладающим путем поступления  $^{137}\text{Cs}$  (как и других радионуклидов) является корневое поглощение из того слоя почв, в котором находится основная часть мицелия каждого вида. По данным литературы [5] и наших исследований [6], содержание этого радионуклида в мицелии и плодовых телах макромицетов практически одинаково. Коэффициенты корреляции между удельной активностью радиоцезия в плодовых телах грибов и том слое почвы, в котором локализован мицелий каждого вида, равны: для масленка обыкновенного - + 0,95, для польского гриба - + 0,93, для белого гриба - + 0,93.

## Материалы и методы

Полигоны исследований находятся на территории Чернобыльской зоны отчуждения и “южного следа”. Лесные насаждения представлены, в основном, молодняками и средневозрастными деревьями. Средний возраст насаждений – 20 - 50 лет. Интегральной характеристикой условий произрастания является эдатоп, который характеризуется такими



параметрами, как содержание и форма гумуса, кислотность среды, литология и влажность почвы, оглеенность и глубина грунтовых вод [7]. Исследования проводились в эдатопах А1 (сухой бор) и А2 (свежий бор).

В качестве объектов исследования использовались плодовые тела съедобных грибов, широко распространенных на территории Украинского Полесья и различающихся глубиной локализации в почве основной части мицелия. Одновременно с грибами отбиралась почва послойно (0 - 5, 5 - 10 и 10 - 20 см).

С целью получения достоверных результатов и уменьшения ошибки при сравнении значений удельной активности радионуклидов в пробах проводился отбор однородного материала – нечервивые плодовые тела грибов одного возраста, практически одного размера, без явных повреждений и в местах их значительного скопления [8, 9]. Измерения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в пробах проводили методами гамма-спектрометрии по стандартным методикам. Содержание радиоцезия в грибах рассчитывалось на сырую, а в почве на воздушно-сухую массу. Более детально полигоны и методы исследования описаны в [10, 11].

### Результаты и обсуждение

С середины 90-х годов XX в. и по настоящее время удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в плодовых телах макромицетов большинства исследованных видов больше, чем в самом обогащенном радионуклидами слое почв (0 - 5 см) и других объектах лесных экосистем, что свидетельствует о способности грибов концентрировать их в своем теле и сохранять на протяжении многих лет. На рис. 1 представлено распределение  $^{137}\text{Cs}$  в некоторых компонентах лесной экосистемы полигона “Ново-Шепеличи”.

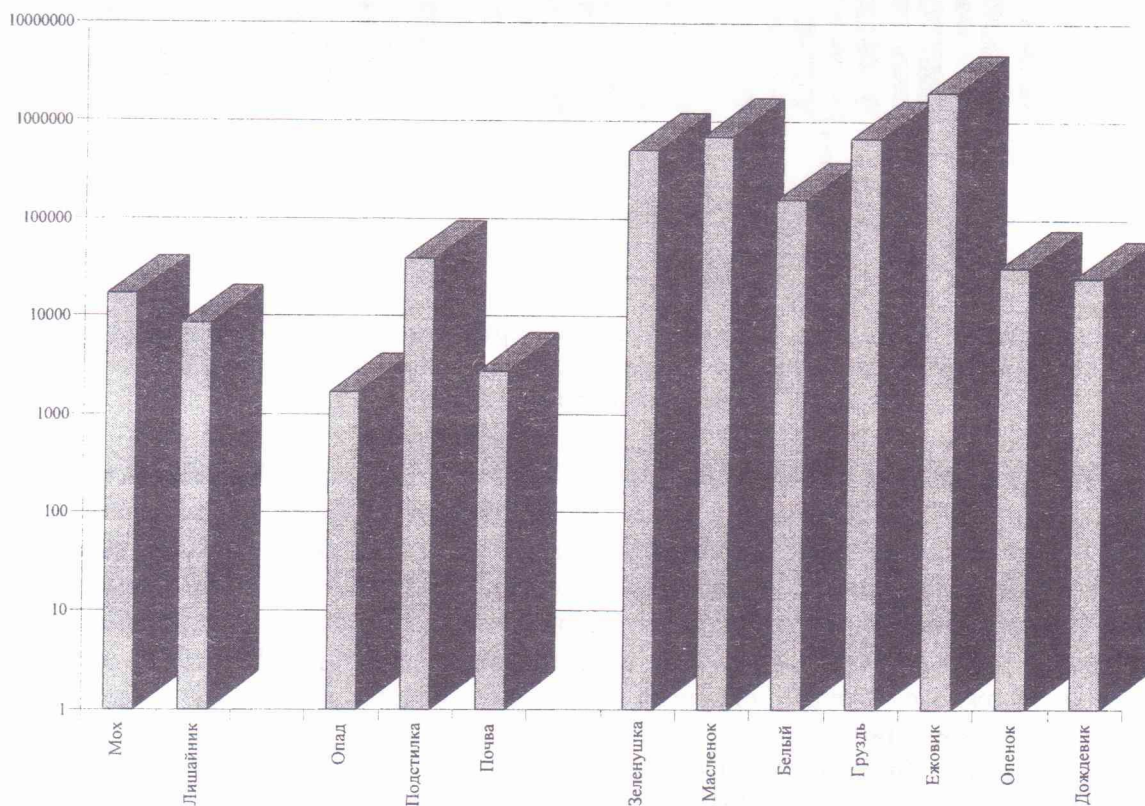


Рис. 1. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в компонентах лесной экосистемы полигона “Ново-Шепеличи” в 1999 г. (сухая масса для первой и второй группы, сырая масса для третьей группы, Бк/кг; логарифмическая шкала).



Исследования показали, что с 1986 по 2000 г. содержание  $^{137}\text{Cs}$  в грибах, мицелий которых находится в почве на глубине  $> 5$  см (белый гриб), было значительно меньше (в 1,5 - 20 раз), чем в тех видах, мицелий которых расположен в слое почвы 0 - 5 см (польский гриб, масленок обыкновенный) (рис. 2). Минимальные различия удельной активности радиоцезия в грибах с разной глубиной локализации мицелия отмечались с 1986 по 1989 г., что указывает на постепенное увеличение биологической доступности этого радионуклида для мицелия грибов с течением времени и проникновение  $^{137}\text{Cs}$  в более глубокие слои почв. На протяжении этого периода отношение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в верхнем 5-сантиметровом слое почв к более глубоким слоям (5 - 10 см + 10 - 20 см) составляло 9 : 1. Т.е. при локализации центра основного запаса цезия в верхнем 5-сантиметровом слое почв максимальными накопителями цезия будут грибы с приповерхностным залеганием мицелия.

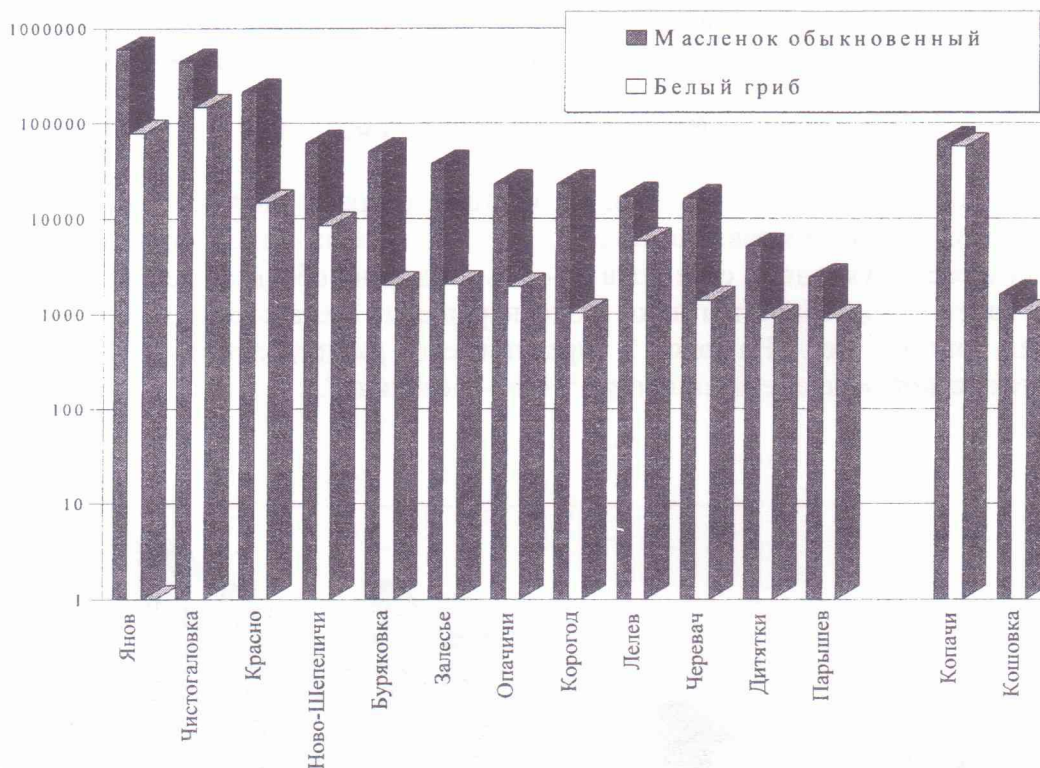


Рис. 2. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в грибах с глубоким и приповерхностным залеганием мицелия в почве на территории Чернобыльской зоны отчуждения в 2000 г. (сырая масса, Бк/кг; логарифмическая шкала).

В 2000 г., впервые за время исследований, на двух полигонах Чернобыльской зоны отчуждения (“Копачи” и “Кошовка”) удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в белом грибе стала сравнимой по величине с удельной активностью в масленке обыкновенном и других видах с приповерхностным залеганием мицелия (см. рис. 2). В 2001 - 2002 гг. соотношение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в грибах, отличающихся глубиной локализации основной части мицелия в почве, продолжает изменяться. Однако если на нескольких полигонах Чернобыльской зоны отчуждения и “южного следа” скорость снижения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в грибах с приповерхностным залеганием мицелия просто превышает ее у грибов с глубоким уровнем локализации мицелия (полигоны “Ново-Шепеличи”, “Черевач”, “Парышев”), то на полигонах “Буряковка”, “Лелев”, “Припять”, “Чистоголовка” и “Янов” наблюдается одновременно снижение удельной активности цезия в грибах с приповерхностным залеганием мицелия и статистически достоверное увеличение содержания радиоцезия в белых грибах по сравнению с предыдущим периодом (2000 - 2002 гг.) (рис. 3 и 4, табл.1).



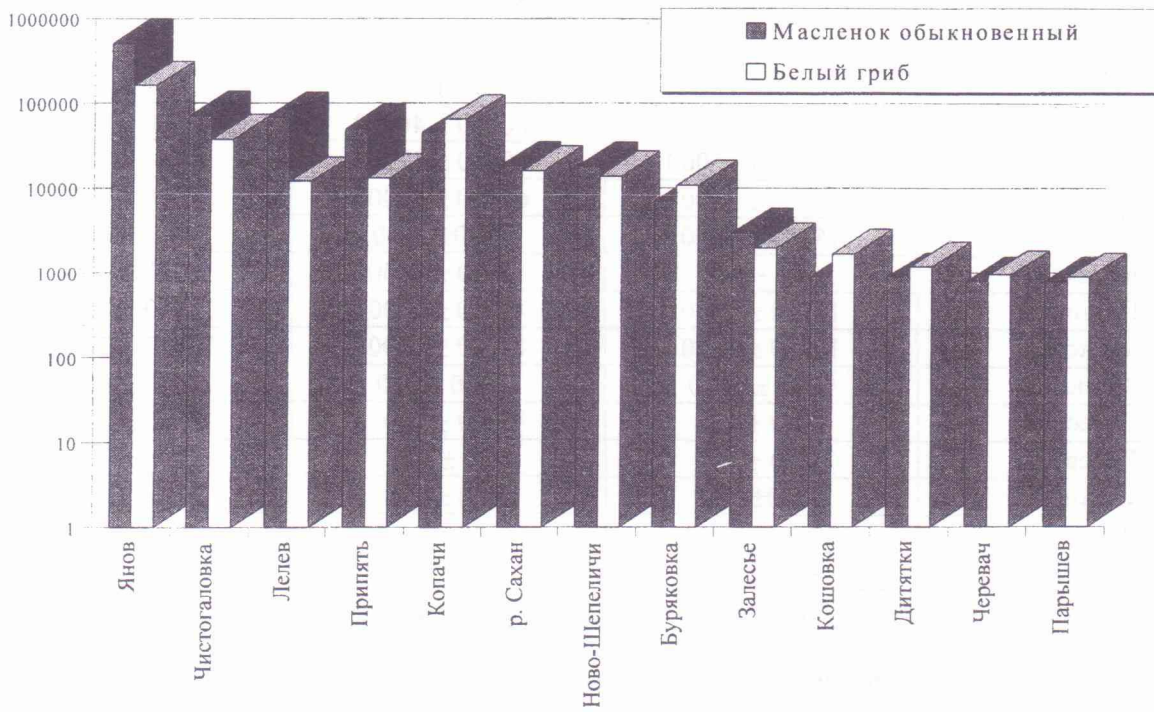


Рис. 3. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в грибах с глубоким и приповерхностным залеганием мицелия в почве на территории Чернобыльской зоны отчуждения в 2001 г. (сырая масса, Бк/кг; логарифмическая шкала).

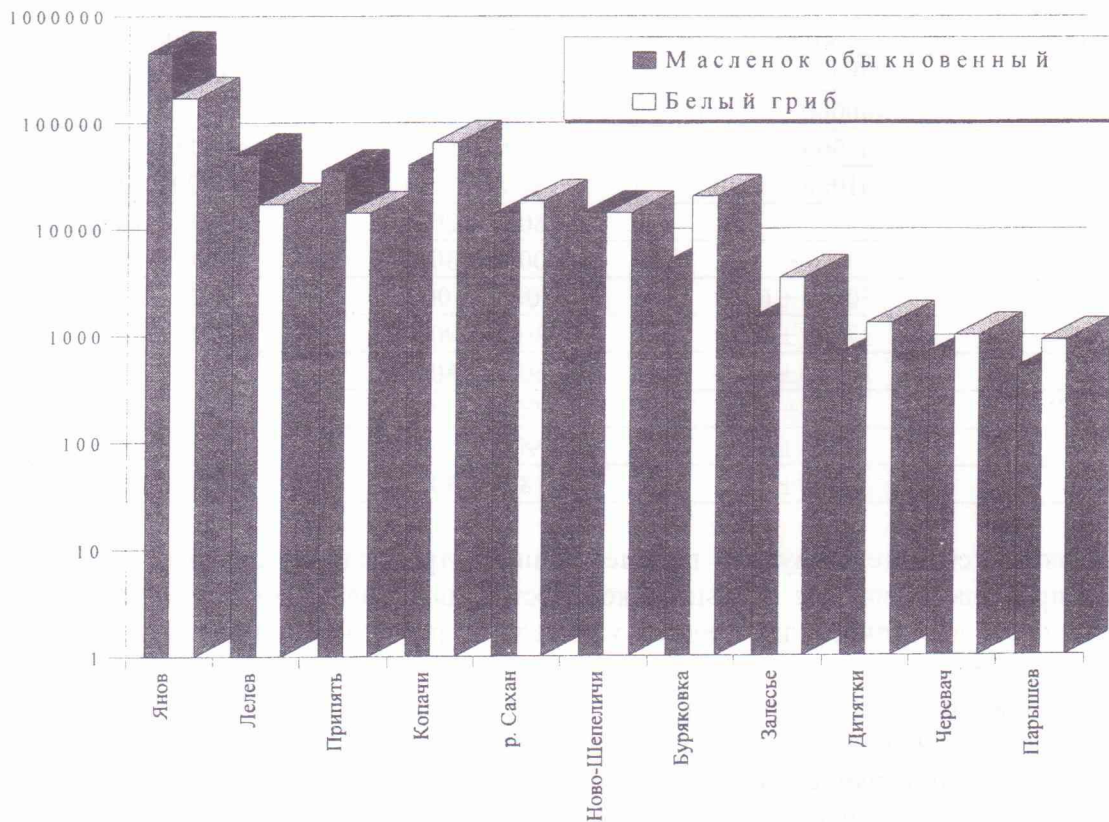


Рис. 4. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в грибах с глубоким и приповерхностным залеганием мицелия в почве на территории Чернобыльской зоны отчуждения в 2002 г. (сырая масса, Бк/кг; логарифмическая шкала).

Таблица 1. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в белых грибах на территории полигонов исследований, Бк/кг сырой массы

Полигон	2000 г.	2001 г.	2002 г.
“Янов”	130000 ± 30000	160000 ± 40000	170000 ± 20000
“Чистогаловка”	240000 ± 15000	380000 ± 12000	-
“Копачи”	62000 ± 7000	64000 ± 5000	65000 ± 6000
“Ново-Шепеличи”	15000 ± 1000	14000 ± 2000	14000 ± 2000
р. Сахан	-	16000 ± 2000	18000 ± 2000
“Припять”	10100 ± 1000	13000 ± 1000	14000 ± 1000
“Буряковка”	10000 ± 2000	11000 ± 1000	20000 ± 2000
“Лелев”	9600 ± 1100	12000 ± 900	17000 ± 1000
“Залесье”	3400 ± 800	3000 ± 700	3500 ± 400
“Черевач”	2300 ± 700	950 ± 100	1000 ± 200
“Кошовка”	1600 ± 300	1700 ± 400	-
“Дитятки”	1500 ± 200	1200 ± 100	1300 ± 100
“Парышев”	900 ± 300	900 ± 200	900 ± 100
“Сухолучье”	900 ± 200	1500 ± 200	-

В зависимости от полигона исследований за период с 2000 по 2002 г. удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в грибах с приповерхностным залеганием мицелия уменьшилась от 1,3 раза на полигоне “Янов” до 25 раз на полигоне “Залесье” (табл. 2).

Таблица 2. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в масленке обыкновенной на территории полигонов исследований, Бк/кг сырой массы

Полигон	2000 г.	2001 г.	2002 г.
“Янов”	600000 ± 100000	510000 ± 100000	450000 ± 8000
“Чистогаловка”	440000 ± 10000	71000 ± 9000	-
“Копачи”	65000 ± 5000	45000 ± 5000	40000 ± 3000
“Ново-Шепеличи”	61000 ± 7000	18000 ± 2000	14000 ± 1000
р. Сахан	-	18000 ± 2000	14000 ± 1000
“Припять”	-	50000 ± 3000	35000 ± 3000
“Буряковка”	50000 ± 6000	7000 ± 1000	5000 ± 1000
“Залесье”	37000 ± 3000	3000 ± 900	1500 ± 500
“Черевач”	16000 ± 3000	5000 ± 800	700 ± 100
“Кошовка”	1600 ± 300	900 ± 100	-
“Дитятки”	5000 ± 700	900 ± 200	700 ± 100
“Парышев”	2500 ± 300	1800 ± 300	500 ± 100

Это, вероятно, свидетельствует о перемещении центра основного запаса  $^{137}\text{Cs}$  по вертикальному профилю почв. Т.е. большие количества, по сравнению с предыдущими годами, биологически доступного для грибного мицелия радиоцезия сконцентрированы в почве на глубине > 5 см.

Вероятно, при условии продолжения дальнейшего заглубления  $^{137}\text{Cs}$  в почвах, в последующие годы будут наблюдаться два разнонаправленных процесса:

в грибах с приповерхностным залеганием мицелия (масленок обыкновенный, польский гриб, сыроежки разных видов, грибы-млечники, рядовки разных видов и др.) будет продолжаться снижение удельной активности этого радионуклида;

в грибах с глубокой локализацией мицелия (белый гриб) возможно увеличение содержания радиоцезия.



## Выводы

Результаты проведенных исследований позволяют предположить, что в связи с изменением места локализации центра основного запаса  $^{137}\text{Cs}$  в почвах в течение нескольких ближайших лет следует ожидать существенного увеличения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в грибах с глубоким залеганием мицелия (белый гриб) и резкого снижения удельной активности этого радионуклида в грибах с приповерхностной (0 - 5 см) локализацией мицелия (польский гриб, масленок обыкновенный и др.).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Предтеченская О.О.* Пространственное размещение и биомасса мицелия макромицетов в почвах сосновых и березовых лесов: Автореф. ... дис. канд. биол. наук / МГУ. - М., 1998. - 22 с.
2. *Предтеченская О.О.* Влияние лишайникового и мохового покрова на развитие мицелия макромицетов в почве сосняка брусничного // Микология и фитопатология. - 1999. - Т. 32, вып. 4. - С. 14 - 17.
3. *Лобанов Н.В.* Микотрофность древесных растений. - М.: Лесная промышленность, 1971. - 216 с.
4. *Зерова М.Я.* Їстівні та отруйні гриби України. - Київ: Наук. думка, 1970. - 138 с.
5. *Nicolova I., Johanson K.J., Dahlberg A.* Radiocaesium in Fruitbodies and Mycorrhizae in Ectomycorrhizal Fungi // J. Environ. Radioactivity. - 1997. - Vol. 37, No. 1. - P. 115 - 125.
6. *Цветнова О.Б., Шатрова Н.Е., Щеглов А.И.* Накопление радионуклидов и тяжелых металлов грибным комплексом лесных экосистем // Збірник наук. праць Ін-ту ядерних досл. - 2001. - №. 3 (5). - С. 171 - 176.
7. *Погребняк П.С.* Основы лесной типологии. - Киев: Изд-во АН УССР, 1955. - 456 с.
8. *Методические рекомендации.* Оценка радиационной обстановки окружающей среды. - Киев, 1988. - 50 с.
9. *Инструкции и методические указания по оценке радиационной обстановки на загрязненной территории /* Под ред. Ю. А. Израэля. - М., 1989. - 118 с.
10. *Зарубина Н.С.* Особливості накопичення гамма-випромінюючих радіонуклідів макроміцетами на території зони відчуження та "південного сліду" після аварії на ЧАЕС: Автореф. ... дис. канд. біол. наук / КДУ. - Київ, 2002. - 20 с.
11. *Shatrova N.E.* The influence of depth of localization of mushrooms' mycelium on the  $^{137}\text{Cs}$  contents in territory of the Alienation zone // Наукові та технічні аспекти міжнародного співробітництва в Чорнобилі / За ред. В. М. Глигало, А. В. Носовського. - Київ: Вища шк., 2001. - Вип. 3. - С. 513 - 516.

## ПРОГНОЗНІ ОЦІНКИ ПОВОДЖЕННЯ $^{137}\text{Cs}$ У ЛАНЦЮЗИ "ГРУНТ – МАКРОМІЦЕТИ"

Н. С. Зарубіна

Досліджувалися макроміцети з глибоким і приповерхневим заляганням міцелію в ґрунтах на території Чорнобильської зони відчуження та "південного сліду" в період з 1986 по 2002 р. Виявлено, що з 1986 по 2000 р. у маслюку звичайному, польському грибі, грибах-молочниках тощо і приповерхневою локалізацією міцелію вміст  $^{137}\text{Cs}$  був вищим, ніж у білому грибі, міцелій якого міститься в ґрунті на глибині більше 5 см. Починаючи з 2000 р., на двох полігонах зони, а з 2002 р. на більшості її полігонів питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у цих видах грибів зрівнялася. На декількох полігонах зони в 2002 р. вміст радіоцезію в білих грибах перевищує його вміст у макроміцетах із приповерхневою локалізацією міцелію. З поступовим перерозподілом центра основного запасу радіоцезію в ґрунті такі процеси будуть характерні для всіх полігонів Чорнобильської зони відчуження та "південного сліду".

**THE FORECAST'S ESTIMATION OF  $^{137}\text{Cs}$  BEHAVIOR IN CIRCUIT  
"SOIL – MACROMYCETES"****N. Eu. Zarubina**

Macromycetes with deep and near-surface deposition of mycelium in soils in territory of alienation zone of ChNPP and of the "southern track" from 1986 till 2002 were investigated. In *S. luteus*, *X. badius*, and other species with near-surface localization of mycelium the  $^{137}\text{Cs}$  contents was higher, than in *B. edulis*, the mycelium which one places in soil on depth more than 5 sm from 1986 till 2000. Since 2000 on the 2 zone polygons and since 2002 on the main polygons, the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  in these species of funguses was compare. In 2002 on the several zone polygons the contents of radiocesium in *B. edulis* exceeds its contents in macromycetes with near-surface localization of mycelium. With gradual reallocating of center of the main storage of radiocesium in soil such processes will be characteristic for all polygons of ChNPP alienation zone and "southern track".

Поступила в редакцию 19.06.03,  
после доработки – 09.12.03.