

Н. Е. Зарубина

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА НАКОПЛЕНИЕ ^{137}Cs ВЫСШИМИ ГРИБАМИ

Проведены исследования влияния погодных условий (количество осадков, температура воздуха) на величину удельной активности ^{137}Cs в плодовых телах грибов: белый гриб, масленок обыкновенный, польский гриб, зеленушка, лисичка настоящая на территории чернобыльской зоны отчуждения и «южного следа» аварии на ЧАЭС. Рассчитаны коэффициенты корреляции, коэффициенты детерминации между удельной активностью ^{137}Cs у грибов и количеством осадков (мм); максимальной температурой воздуха ($^{\circ}\text{C}$). В результате исследований не было установлено достоверной зависимости удельной активности ^{137}Cs в плодовых телах изученных видов грибов от количества осадков и от температуры воздуха.

Ключевые слова: плодовые тела грибов, содержание ^{137}Cs , погодные условия, количество осадков, температура воздуха.

Накоплению ^{137}Cs высшими грибами после аварии на ЧАЭС посвящено большое количество научных работ как на территории стран Восточной и Западной Европы, так и Японии, США, Канады, Мексики. Однако в литературе содержится очень мало упоминаний о влиянии погодных условий на уровни содержания этого радионуклида в грибах-макромицетах. В [1, 2] указывается, что погодные условия (температура и влажность) влияют на уровни загрязнения грибов радионуклидами, однако не указывается направление этого влияния. В работе других авторов [3] упоминается, что большая влажность влияет на величину коэффициента перехода (КП), однако не сказано, увеличиваются ли значения КП при увеличении количества выпавших осадков. Результаты исследований [4] показали, что накопление ^{137}Cs в грибах коррелирует с суммой осадков за весь вегетационный период (с апреля по октябрь).

Целью наших исследований было изучение влияния погодных условий (количества осадков и температуры) на уровни накопления ^{137}Cs высшими грибами на территории чернобыльской зоны отчуждения и «южного следа».

Материалы и методики

Для решения поставленной задачи плодовые тела пяти видов грибов отбирались на протяжении всего периода вегетации в 2006 - 2011 гг. Отбирались следующие виды: белый гриб (*Boletus edulis* Bull.: Fr.), масленок обыкновенный (*Suillus luteus* (L.: Fr.) S.F.Gray), польский гриб (*Xerocomus badius* (Fr.) Kuhn. ex Gilb.), зеленушка (*Tricholoma flavovirens* (Pers.: Fr.) Lund.) и лисичка настоящая (*Cantharellus cibarius* Fr.). Исследо-

ванные виды грибов принадлежат к экологической группе симбиотрофов. Особенностью белого гриба является глубокое (больше 5 см) расположение основной части мицелия в почве. У масленка обыкновенного, польского гриба и зеленушки мицелий находится в слое лесной подстилки, т.е. на глубине 0 - 5 см. Для лисички настоящей глубина локализации мицелия в почве до настоящего времени не определена.

Вегетационный период всех видов исследованных грибов (за исключением зеленушки) зависит от погодных условий каждого года и может длиться с мая по декабрь. Плодовые тела зеленушки появляются только осенью и встречаются до выпадения снега.

На территории чернобыльской зоны отчуждения грибы отбирались на полигонах: «Лелев» - 10-километровая зона, «Дитятки» и «Парышев» - 30-километровая зона; на территории «южного следа» - «Стайки» - 150 км на юго-восток от ЧАЭС.

Из реально доступных архивных данных количество осадков и температура воздуха были получены из архива сайта gr5.ua отдельно для территории зоны отчуждения и «южного следа». Прогнозы подготавливает Met Office (Великобритания) и предоставляет на сайте по соответствующей лицензии. Данные о фактической погоде поступают с наземных метеорологических станций через систему свободного международного обмена метеорологическими данными. Информация на сайте представлена в виде таблиц с указанием точных моментов времени.

В работе учитывалось количество выпавших осадков (мм) на протяжении двух недель, предшествовавших появлению плодовых тел, и максимальная температура за сутки.

Подготовка проб плодовых тел грибов и измерения содержания в них ^{137}Cs проводились по стандартным методикам. Данные уровней удельной активности ^{137}Cs в грибах приводятся на сырую массу.

После получения результатов измерений содержания ^{137}Cs в плодовых телах грибов все данные были пересчитаны на дату 26 апреля 1986 г. для исключения влияния периода полураспада этого радионуклида на его активность в грибах в разное время после аварии.

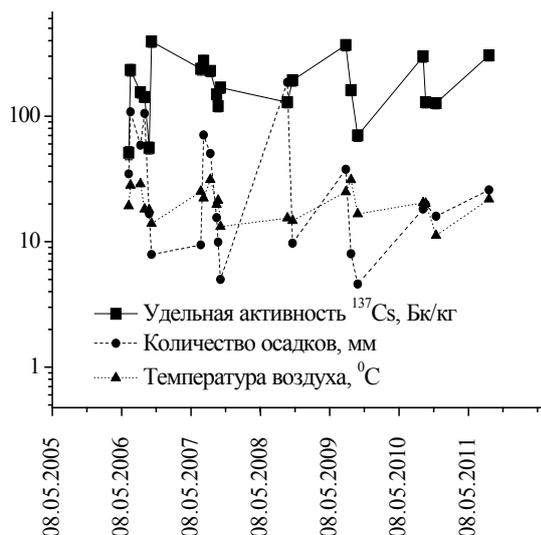


Рис. 1. Удельная активность ^{137}Cs у белого гриба, количество осадков и температура воздуха, полигон «Стайки».

Анализируя литературные данные и результаты собственных исследований, было выдвинуто предположение, что на величину уровней удельной активности ^{137}Cs в грибах могут влиять погодные условия и, в первую очередь, количество выпавших осадков за две недели, предшествующих появлению плодовых тел. Возможно, что при поступлении дождевой воды в почву ^{137}Cs , находящийся в ней, становится более доступным для усваивания грибным мицелием (по нашим и литературным данным содержание ^{137}Cs в мицелии и плодовых телах грибов одинаково [5, 6]). С поступлением после обильных осадков дополнительного количества этого радионуклида в мицелий грибов и может быть связан скачкообразный рост удельной активности ^{137}Cs в плодовых телах, который нами неоднократно регистрировал-

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенные на протяжении 6 лет исследования уровней накопления ^{137}Cs в плодовых телах грибов показали, что содержание этого радионуклида в них не является величиной постоянной на протяжении одного вегетационного периода (рис. 1 и 2). Удельная активность ^{137}Cs у грибов одного вида в период с мая по декабрь может варьировать до одного порядка.

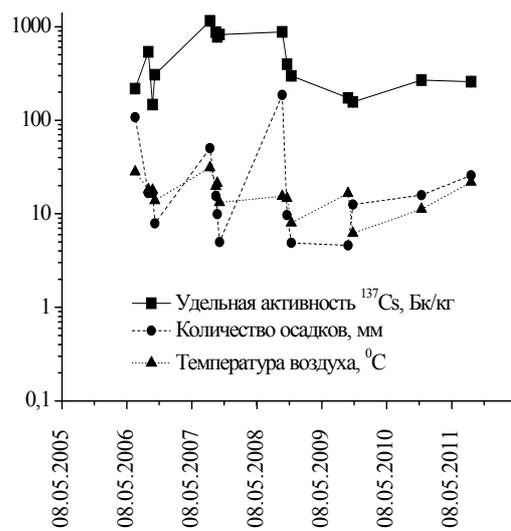


Рис. 2. Удельная активность ^{137}Cs у польского гриба, количество осадков и температура воздуха, полигон «Стайки».

ся за время исследований. Однако можно предположить и обратный процесс: при поступлении в результате обильных дождей в почву большого количества воды ^{137}Cs может вымываться из грибного мицелия, что, в свою очередь приведет к снижению уровней содержания цезия в отбираемых пробах грибов.

Были рассчитаны коэффициенты корреляции (r) и детерминации (d) между содержанием ^{137}Cs в плодовых телах грибов и количеством осадков (мм) за 14 сут, предшествующих их появлению. Также были рассчитаны r и d между удельной активностью ^{137}Cs в грибах и максимальной температурой воздуха. В табл. 1 и 2 приводятся данные по выборкам, содержащим не менее 10 образцов.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции (r) и детерминации (d (%)) между удельной активностью ¹³⁷Cs в плодовых телах грибов и количеством осадков, предшествовавших появлению плодовых тел

Полигон							
«Дитятки»		«Парышев»		«Лелев»		«Стайки»	
Масленок обыкновенный							
r	d	r	d	r	d	r	d
-0,226	5,1	-0,484	29,4	0,229	5,2	-0,047	0,2
Белый гриб							
×		-0,296	8,8	-0,148	2,23	-0,009	0,008
Польский гриб							
-0,420	17,6	-0,631	39,8	×		0,295	8,7
Зеленушка							
0,272	7,4	-0,855	73,1	-0,106	1,1	-0,078	0,6
Лисичка настоящая							
×		×		-0,419	17,6	-0,455	20,7

Примечание. × - нет данных.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции (r) и детерминации (d (%)) между удельной активностью ¹³⁷Cs в плодовых телах грибов и максимальной температурой воздуха, предшествовавшей появлению плодовых тел

Полигон							
«Дитятки»		«Парышев»		«Лелев»		«Стайки»	
Масленок обыкновенный							
r	d	r	d	r	d	r	d
-0,144	2,1	0,202	4,1	-0,098	0,9	-0,104	16,3
Белый гриб							
×		0,364	13,2	0,631	39,6	0,232	5,4
Польский гриб							
-0,518	26,8	0,459	21,1	×		0,417	17,4
Зеленушка							
0,507	24,7	0,117	1,4	0,014	0,02	0,310	9,6
Лисичка настоящая							
×		×		0,240	5,8	-0,363	13,2

Примечание. × - нет данных.

Принято считать, что при $-0,3 < r < 0,3$ и $d < 10\%$ линейная зависимость между исследуемыми параметрами практически отсутствует; $-0,5 < r < -0,3$ и $0,3 < r < 0,5$ ($10\% < d < 25\%$) говорит о существовании слабой связи; при $-0,7 < r < -0,5$ и $0,5 < r < 0,7$ ($25\% < d < 50\%$) между параметрами существует умеренная зависимость; при $r < -0,7$ и $r > 0,7$ ($d > 50\%$) – сильная линейная зависимость [7, 8].

У масленка обыкновенного только на полигоне «Парышев» установлена слабая отрицательная связь содержания ¹³⁷Cs с количеством осадков ($-0,3 > r > -0,5$ и $10\% < d < 25\%$). На остальных полигонах линейная зависимость практически отсутствует ($-0,3 < r < 0,3$ и $d < 10\%$). Для этого же вида только в одном случае из четырех (полигон «Стайки») отмечена слабая зависимость между максимальной температурой воздуха и уровнями удельной активности ¹³⁷Cs в плодовых телах (см. табл. 1 и 2).

Также на полигоне «Парышев» установлена

умеренная обратная связь ($-0,7 < r < -0,5$ и $25\% < d < 50\%$) между количеством осадков и содержанием ¹³⁷Cs в плодовых телах польского гриба и сильная – для зеленушки ($r = -0,855$) (см. табл. 1 и 2).

Практически не установлена зависимость содержания ¹³⁷Cs в плодовых телах белого гриба от количества осадков ($r < \pm 0,3$), однако на полигоне «Парышев» есть слабая связь содержания ¹³⁷Cs от температуры воздуха, а на полигоне «Лелев» эта связь – умеренная (см. табл. 1 и 2).

Для польского гриба на трех полигонах установлена зависимость величины уровней удельной активности ¹³⁷Cs от максимальной температуры: умеренная обратная – полигон «Дитятки» и прямая слабая – полигоны «Парышев» и «Стайки».

Для лисички настоящей установлена слабая обратная связь между уровнями удельной активности ¹³⁷Cs в плодовых телах и количеством осадков («Лелев», «Стайки»), а также температурой («Стайки») (см. табл. 1 и 2).

Обращает на себя внимание тенденция влияния количества осадков на накопление ^{137}Cs грибами на отдельных полигонах. Так, на полигоне «Парышев» для трех из четырех исследованных видов установлена зависимость (разной степени) величины удельной активности ^{137}Cs от количества осадков; на полигоне «Стайки» для четырех из пяти видов установлена слабая связь с максимальной температурой.

В результате проведенных исследований было установлено, что практически в половине случаев (17 из 32) не удалось установить существование линейной зависимости между содержанием ^{137}Cs в плодовых телах грибов разных видов и погодными условиями (количеством осадков и максимальной температурой).

Такие неоднозначные результаты могут указывать на особенности физиологических процессов, происходящих в теле гриба в годичном цикле развития. Запасы микробной биомассы в почвах изменяются по сезонам (т.е. в ходе годовой сукцессии), причем в верхних горизонтах колебания значительны, а в нижних – невелики [9]. При весеннем и осеннем (в некоторые годы и летом) значительном росте грибных гиф может происходить «разбавление» содержания ^{137}Cs в

мицелии. Увеличение объема и массы грибного мицелия, вероятно, связано с подходящими погодными условиями. Таким образом, количество осадков и максимальная температура может «провоцировать» изменение уровней содержания ^{137}Cs в плодовых телах.

Заключение

Несмотря на некоторые тенденции влияния количества осадков и максимальной температуры воздуха (за две недели, предшествующие появлению плодовых тел) на уровни удельной активности ^{137}Cs у отдельных видов грибов, не представляется возможным однозначно интерпретировать полученные данные к грибам в целом. Поэтому предполагается существование еще одного или нескольких факторов (вероятно, действующих в совокупности с воздействием температуры и количеством осадков), существенно влияющих на уровни удельной активности у исследованных видов грибов данных полигонов. В этой связи проводятся, и планируются в дальнейшем, исследования с расширением временного диапазона количества осадков и добавление в аналитическое изучение дополнительных факторов и параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Накопичення радіонуклідів споровими рослинами і вищими грибами України / Під заг. ред. С. П. Васера.* - К., 1995. - 132 с.
2. *Dahlberg A., Nikolova I., Johanson K.-J.* Intraspecific variation in Cs-137 activity concentration in sporocarps of *Suillus variegatus* in seven Swedish population // *Mycol. Res.* - 1997. - Vol. 101 (5). - P. 552 - 556.
3. *Gasol M.I., Segovia N., Herrera T. et al.* Radiocesium accumulation in edible wild mushrooms from coniferous forest around the Nuclear Centre of Mexico // *The Science of the Total Environment.* - 1998. - Vol. 223, No. 2. - P. 119 - 129.
4. *Щеглов А.И., Цветнова О.Б., Тихомиров Ф.А., Кучма Н.Д.* К вопросу о роли высших грибов в биогеохимической миграции цезия-137 в лесных экосистемах // *Международ. науч. конф. «Чернобыль-94»: Сб. докл. Т. 1; IV Международ. науч. техн. конф. «Итоги 8 лет работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС».* - К: Минчернобыль Украины, 1994. - С. 460 - 471.
5. *Цветнова О.Б., Зарубина Н.Е.* К вопросу о распределении ^{137}Cs в компонентах грибного комплекса // *Зб. наук. праць Ін-ту ядерних досл.* - 2003. - № 2 (10). - С. 100 - 104.
6. *Nikolova I., Johanson K.J., Dahlberg A.* Radiocesium in Fruitbodies and Mycorrhizae in Ectomycorrhizal Fungi // *J. Environ. Radioactivity.* - 1997. - Vol. 37, No. 1. - P. 115 - 125.
7. *Минашкин В.Г., Гусынин А.Б., Садовникова Н.А., Шмойлова Р.А.* Курс лекций по теории статистики. - М., 2003. - 189 с.
8. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. - М., Высш. шк., 1990. - 352 с.
9. *Полянская Л.М.* Микробная сукцессия в почве: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. - М., 1996. - 63 с.

Н. Є. Зарубіна

ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ ТА ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ НА НАКОПИЧЕННЯ ^{137}Cs ВИЩИМИ ГРИБАМИ

Проведено дослідження впливу погодних умов (кількість опадів, температура повітря) на величину вмісту ^{137}Cs в плодових тілах грибів: білий гриб, маслюк звичайний, польський гриб, зеленушка, лисичка справжня на території чорнобильської зони відчуження і «південного сліду» аварії на ЧАЕС. Розраховувалися коефіцієнти кореляції, коефіцієнти детермінації між питомою активністю ^{137}Cs у грибів та кількістю опадів (мм); максимальною температурою повітря ($^{\circ}\text{C}$). У результаті досліджень не було встановлено достовірної залежності питомої активності ^{137}Cs в плодових тілах грибів досліджених видів від кількості опадів та від температури повітря.

Ключові слова: плодові тіла грибів, вміст ^{137}Cs , погодні умови, кількість опадів, температура повітря.

N. E. Zarubina

**INFLUENCE OF DEPOSITS QUANTITY AND AIR TEMPERATURE
ON ¹³⁷Cs ACCUMULATION BY THE HIGHER MUSHROOMS**

Researches of the influence of weather conditions (amount of precipitation, air temperature) on ¹³⁷Cs content's magnitude in fruit bodies of mushrooms: *Boletus edulis* Bull.: Fr., *Suillus luteus* (L.: Fr.) S.F.Gray, *Xerocomus badius* (Fr.) Kuhn. ex Gilb., *Tricholoma flavovirens* (Pers.: Fr.) Lund., *Cantharellus cibarius* Fr. at the territory of Chernobyl alienation zone and «southern trace» are performed. Correlation factors, determination factors between specific activity ¹³⁷Cs at mushrooms and quantity of deposits (mm) and the maximum temperature of air (°C) are calculated. At calculations the decrease of the content of ¹³⁷Cs in mushrooms at the expense of disintegration of this isotope has been considered. As a result of researches the authentic dependence of specific activity ¹³⁷Cs in fruit bodies of the studied kinds of mushrooms from quantity of deposits and from air temperature has not been established.

Keywords: fruit bodies of mushrooms, the content of ¹³⁷Cs, weather conditions, an amount of precipitation, air temperature.

Надійшла 26.07.2012

Received 26.07.2012