

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ^{137}Cs В ГРИБАХ

Н. Е. Зарубина

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

Проведены исследования сезонной динамики содержания ^{137}Cs в грибах. При условии отбора проб грибов разных видов только два раза в год - в начале и в конце вегетационного периода - отмечено возрастание уровней удельной активности ^{137}Cs к осени. При ежемесячном отборе грибов динамика содержания ^{137}Cs носит скачкообразный характер. Сезонная динамика содержания ^{137}Cs отличается для грибов разных видов.

В результате аварии на ЧАЭС в 1986 г. лесные массивы на территории Киевской области были загрязнены ^{137}Cs . После прекращения выпадений и перераспределения этого радионуклида в лесных экосистемах наступает период относительной стабилизации и основным депо ^{137}Cs становится почва. В литературных источниках по-разному оценивается вклад разных компонентов почвы как аккумуляторов ^{137}Cs . По данным [1] от 10 до 50 % ^{137}Cs в почве удерживается в грибной биомассе. В работе [2] указывается, что около 50 % ^{137}Cs в почве крепко связано с почвенными частицами и не высвобождается даже при обработке концентрированной азотной кислотой; 30 - 50 % ^{137}Cs , который попал в экосистему, может удерживаться в грибном мицелии. По данным [3] весь ^{137}Cs в почве может быть аккумулялирован тканью грибов.

По данным литературы существуют сезонные колебания содержания ^{137}Cs в различных компонентах лесных экосистем [4]. В работе [5] указывается, что в лесных экосистемах интенсивность биогеохимических процессов, определяющих поведение радионуклидов в системе «почва — растение», не стабильна, изменяется в годовом цикле. Исследования сфагновых болот Украинского Полесья показали, что на протяжении года в них происходит круговорот ^{137}Cs : в течение вегетационного периода живая часть сфагнов «выкачивает» практически весь ^{137}Cs из болот; после окончания вегетации ^{137}Cs снова мигрирует вниз - в слой мертвых сфагнов, очес и верхний слой торфа [6].

В немногочисленных исследованиях указывается, что запасы грибного мицелия на протяжении года от лета до весны меняются в два-три раза как в сторону увеличения, так и снижения [7]. В развитии мицелия четко выражен осенний пик, который регистрируется в сентябре — октябре [8]. Скачкообразное увеличение массы гиф осенью проявляется ежегодно независимо от погодных условий на протяжении вегетационного периода. Пики развития мицелия регистрировались в отдельные годы также весной и летом. Однако трудности, связанные с отбором и иден-

тификацией грибного мицелия, не позволяют исследовать изменения содержания в нем ^{137}Cs в течение года.

Содержание ^{137}Cs в мицелии и плодовых телах грибов одного вида одинаково [2, 9]. Целью работы было исследовать динамику содержания ^{137}Cs в плодовых телах грибов разных видов в течение вегетационного периода. Наличие сезонных вариаций уровней удельной активности ^{137}Cs в плодовых телах может свидетельствовать о существовании круговорота этого радионуклида в системе «почва - грибной мицелий».

Материалы и методики

Полигоны исследований находятся на территории «южного следа»: полигон «Сухолучье» - 50 км от ЧАЭС, полигон «Толокунь» - 60 км от ЧАЭС, полигон «Стайки» - 150 км от ЧАЭС. В работе приведены также данные по полигонам 30-километровой зоны ЧАЭС: «Копачи» - расстояние от станции 3 км, «Припять» - расстояние от станции 5 км, «Дитятки» - расстояние от станции 25 км, «Парышев» - расстояние от станции 25 км. Исследования проводились в эдатопах А1 (сухой бор) и А2 (свежий бор).

С целью получения достоверных результатов и уменьшения ошибки при сравнении значений удельной активности радионуклидов в пробах проводился отбор однородного материала — не червивые плодовые тела грибов одного возраста, практически одного размера, без явных повреждений и в местах их значительного скопления. Плодовые тела грибов одного вида отбирались с площади 25 м² и на расстоянии до 50 м от других видов.

Объектами исследований были грибы, относящиеся к экологической группе симбиотрофов: масленок обыкновенный (*Suillus luteus* (L.: Fr.) S.F.Gray), белый гриб (*Boletus edulis* Bull.: Fr.), подберезовик (*Leccinum scabrum* (Bull.: Fr.) S.F.Gray), лисичка настоящая (*Cantharellus cibarius* Fr.), польский гриб (*Xerocomus badius* (Fr.) Kuhn. ex Gilb.), рыжик деликатесный (*Lactarius deliciosus* (L.: Fr.) Fr.), зеленушка

(*Tricholoma flavovirens* (Pers.: Fr.) Lund.), рядовка серая (*Tricholoma portentosum* (Fr.) Quel. s. auct. non Cke).

Измерения удельной активности ^{137}Cs в пробах проводили методами гамма-спектрометрии по стандартным методикам.

Основной сложностью получения данных по сезонной динамике содержания ^{137}Cs в плодовых телах грибов является то, что погодные условия очень редко позволяют производить отбор проб не только осенью, но и в течение всего вегетационного периода. Кроме того, количество отбираемых видов также ограничено (не каждый месяц удается отобрать одни и те же виды).

Результаты исследований и их обсуждение

Первые данные по сезонной динамике содержания ^{137}Cs в плодовых телах грибов были получены в 1999 г., когда первый период накопления и перераспределения этого радионуклида в лесных экосистемах уже закончился и наступил период относительной стабильности. На полигоне «Припять» был проведен сезонный отбор плодовых тел масленка обыкновенного. Первая проба была получена 14 мая, через неделю отбор был повторен. Грибы этого вида отбирались еще дважды - в первых числах сентября и в октябре того же года. За этот период (май – октябрь) содержание ^{137}Cs в них возросло на порядок (рис. 1).

В том же году в рыжике деликатесном, отобранном на полигоне «Стайки», был отмечен незначительный рост удельной активности ^{137}Cs в период с начала сентября до конца октября (см. рис. 1).

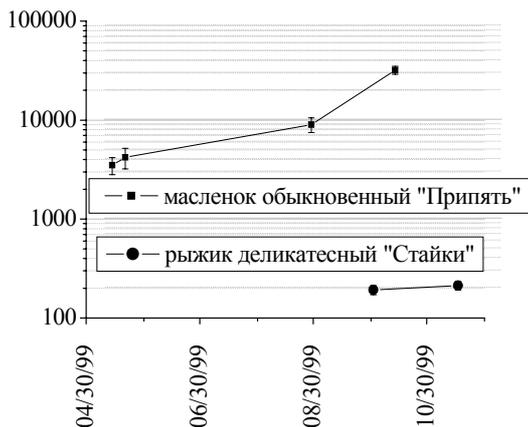


Рис. 1. Содержание ^{137}Cs в масленке обыкновенном на полигоне и в рыжике деликатесном на полигоне в 1999 г., Бк/кг сырой массы.

Погодные условия 2006 г. позволили провести более детальное изучение сезонной динамики содержания ^{137}Cs грибами на полигонах Киевской области. С этой целью плодовые тела гри-

бов отбирались ежемесячно, начиная с июня на полигоне «Стайки». На полигонах «Толокунь» и «Сухолучье» пробы отбирались только дважды на протяжении вегетационного периода - в июне и сентябре.

Содержание ^{137}Cs в лисичке настоящий на полигоне «Толокунь» незначительно (в пределах ошибки) возросло в период с июня по сентябрь. На полигоне «Стайки» также отмечен рост содержания ^{137}Cs в лисичке настоящий к сентябрю в два раза, а к октябрю - в пять раз, в сравнении с началом вегетации (рис. 2).

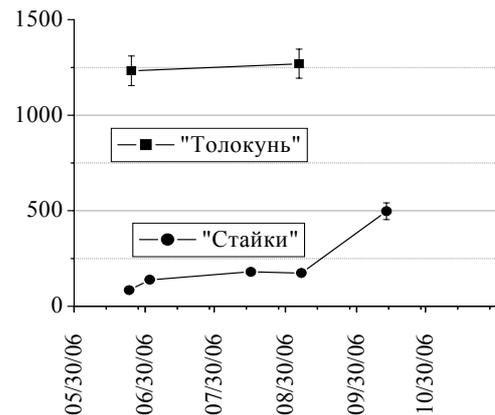


Рис. 2. Содержание ^{137}Cs в лисичке настоящий на полигонах «Толокунь» и «Стайки» в 2006 г., Бк/кг сырой массы.

Анализируя полученные данные, можно было бы сделать вывод, что с начала вегетационного периода и до его окончания мицелий грибов разных видов постепенно накапливает ^{137}Cs , который поступил в почву при окончании вегетации предыдущего года: при отмирании части мицелия, опада деревьев, кустов и травянистой растительности. Однако проведенные исследования указывают, что сезонная динамика содержания ^{137}Cs носит простой характер - постепенный рост содержания этого радионуклида в течение вегетационного периода только в одном из исследованных видов - лисичке настоящей.

Для белого гриба, отобранного на полигоне «Сухолучье» в 2006 г. (июнь и начало сентября), наблюдается рост уровней удельной активности ^{137}Cs практически на порядок. Содержание этого радионуклида в белом грибе на другом полигоне («Стайки») в октябре превышает июньские значения почти в 10 раз. Однако отбор проб ежемесячно показал, что динамика содержания ^{137}Cs в белом грибе на полигоне «Стайки» носит сложный характер. За период исследования кроме осеннего пика наблюдается еще два: первый - в конце июня, второй, более длительный, - с середины августа до начала сентября (рис. 3).

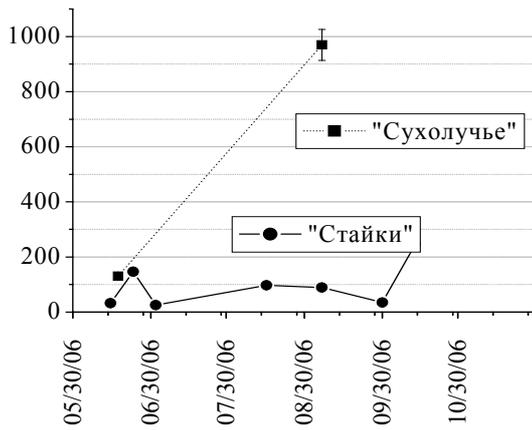


Рис. 3. Содержание ^{137}Cs в белом грибе на полигонах «Сухолучье» и «Стайки» в 2006 г., Бк/кг сырой массы.

Сложный характер динамики содержания ^{137}Cs отмечен для всех грибов-симбиотрофов (кроме лисички настоящей) при условии отбора проб ежемесячно. Для большинства видов характерным является превышение октябрьских значений по сравнению с июньскими (рис. 4). Но в динамике содержания ^{137}Cs в польском грибе выделяется максимум в сентябре, который превышает октябрьские значения почти в два раза. Кроме того, динамика содержания ^{137}Cs разными видами не синхронна: в то время, как у польского гриба наблюдается максимум, у масленка обыкновенного, напротив, зафиксировано минимальные за весь период вегетации значения содержания ^{137}Cs .

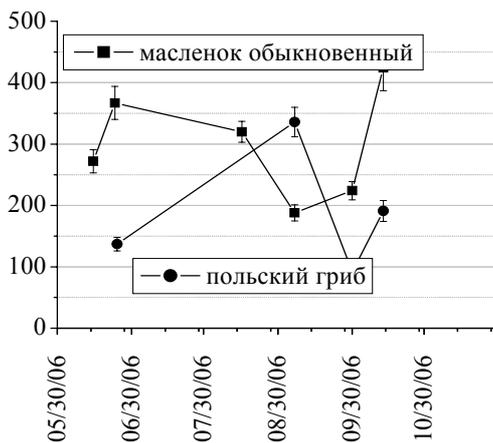


Рис. 4. Содержание ^{137}Cs в масленке обыкновенном и польском грибе на полигоне «Стайки» в 2006 г., Бк/кг сырой массы.

Рост содержания ^{137}Cs в плодовых телах грибов до конца вегетационного периода может быть связан с ежегодным увеличением биомассы почвенного мицелия в сентябре – октябре. При скачкообразном росте, грибной мицелий должен

интенсивно аккумулировать минеральные элементы из почвы, к которым можно отнести и химический аналог калия - ^{137}Cs , и передавать его в плодовые тела, таким образом, увеличивая содержание в них этого радионуклида в пределах вегетационного сезона. После окончания вегетационного периода какая-то часть мицелия отмирает [4] и ^{137}Cs , который содержался в нем, снова попадает в почву; с началом следующей ежегодной вегетации ^{137}Cs начинает постепенно аккумулироваться растущим мицелием. С этим процессом могут быть связаны самые низкие уровни удельной активности ^{137}Cs в июне для большинства исследованных видов.

Динамика содержания ^{137}Cs в подберезовике на полигоне «Стайки» имеет самый сложный характер. Это единственный вид, у которого в октябре был зарегистрирован самый низкий уровень удельной активности ^{137}Cs за вегетационный период; максимум содержания был зарегистрирован в августе (рис. 5). На другом полигоне - «Сухолучье» - этот вид грибов был отобран дважды - в июне и сентябре, что не позволило зафиксировать сезонных изменений содержания ^{137}Cs в подберезовике и провести сравнение этого процесса на разных полигонах.

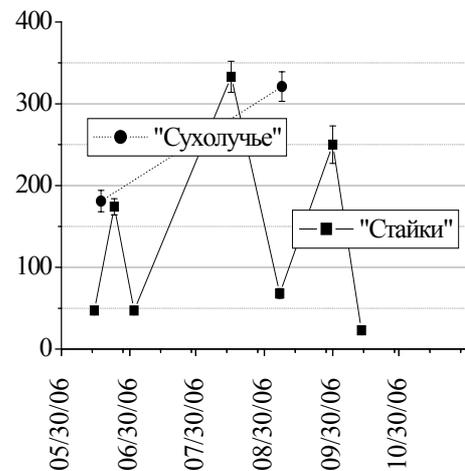


Рис. 5. Содержание ^{137}Cs в подберезовике на полигонах «Стайки» и «Сухолучье» в 2006 г., Бк/кг сырой массы.

Подвижность и биодоступность ^{137}Cs в почве, как хорошо растворимого элемента, возрастают при увеличении ее влажности [4]. Вероятно, пики уровней удельной активности ^{137}Cs в грибах на протяжении вегетационного периода связаны именно с осадками, которые предшествовали появлению плодовых тел в конце июня, в начале августа и с начала сентября. Хотя это и не объясняет, почему в польском грибе и подберезовике динамика содержания ^{137}Cs не совпадает с дина-

микой в других видах грибов. Возможно, физиологические особенности мицелия каждого вида могут быть причиной расхождения в сезонной динамике содержания ^{137}Cs грибами. К этим особенностям можно отнести: количество цезия, который содержится в разных видах грибов в начале вегетационного периода, отношение уровней удельной активности ^{137}Cs в октябре относительно июня и отличия динамики накопления этого радионуклида.

Анализируя ежегодную динамику содержания ^{137}Cs , можно предположить, что после окончания вегетации (в конце осени - октябре - ноябре) этот радионуклид из грибного мицелия переходит в

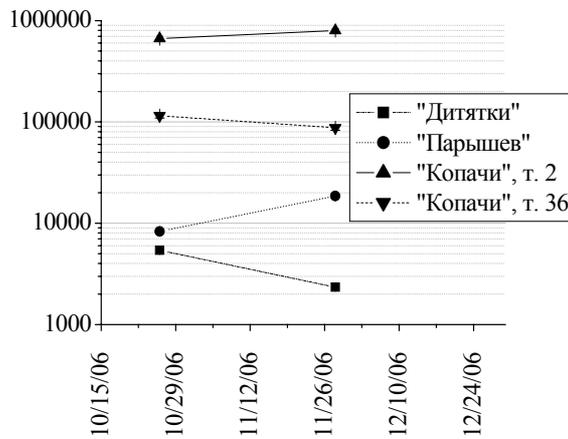


Рис. 6. Содержание ^{137}Cs в зеленушке на территории разных полигонов Чернобыльской зоны отчуждения осенью 2006 г., Бк/кг сырой массы.

Выводы

Впервые проведенные исследования сезонной динамики содержания ^{137}Cs в плодовых телах грибов-макромицетов дают возможность сделать следующие выводы:

в течение вегетационного периода отмечается рост уровней удельной активности ^{137}Cs в плодовых телах грибов большинства исследованных видов;

исключение составляет подберезовик, у которого в октябре зарегистрирован самый низкий уровень удельной активности ^{137}Cs ;

в зависимости от загрязнения почв и вида грибов содержание ^{137}Cs в них осенью увеличивается в 1.1 – 30 раз по сравнению с началом вегетационного сезона;

на протяжении вегетационного периода были зарегистрированы значительные колебания уровней удельной активности ^{137}Cs в большинстве исследованных видов;

почву, где, в основном, и остается до начала следующего сезона вегетации. Для проверки этого предположения пробы грибов отбирались на полигонах Чернобыльской зоны отчуждения в октябре и ноябре 2006 г. (рис. 6 и 7). Отбирались те виды грибов, которые при соответствующих погодных условиях плодоносят до декабря: зеленушка и рядовка серая.

Снижение содержания ^{137}Cs в этих видах грибов в период с октября по ноябрь было отмечено в половине случаев. Это дает возможность предположить, что после окончания вегетации содержание ^{137}Cs в грибном мицелии снижается до начала следующей ежегодной вегетации.

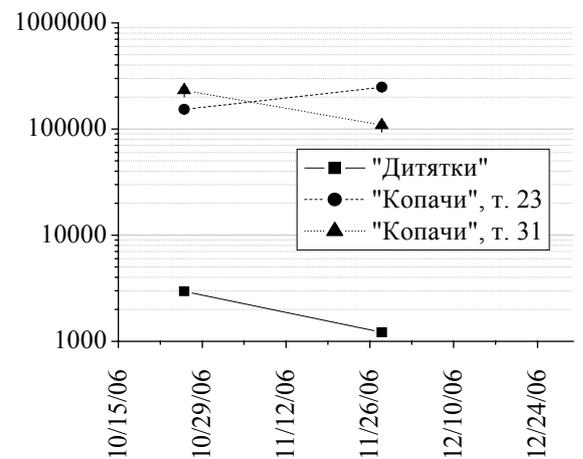


Рис. 7. Содержание ^{137}Cs в рядовке серой на территории разных полигонов Чернобыльской зоны отчуждения осенью 2006 г., Бк/кг сырой массы.

при проведении исследований содержания ^{137}Cs в грибах-макромицетах на разных территориях необходимо учитывать не только видовую принадлежность, характеристики почв, погодных условий и т.д., но и конкретный период вегетационного сезона (сравнение результатов даже по разным месяцам может быть некорректным).

Исходя из полученных данных, можно предположить, что в зависимости от периода вегетационного сезона и погодных условий физиологические процессы, происходящие в мицелии грибов-симбиотрофов, могут различаться. Это, в свою очередь, приводит к значительным изменениям уровней удельной активности ^{137}Cs в мицелии, а следовательно, и в плодовых телах грибов в течение вегетационного периода. Т.е. с весны до осени мицелий аккумулирует ^{137}Cs , находящийся в почве, а с осени до весны этот радионуклид вновь поступает из мицелия в почву.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Bakken L.R., Olsen R.A.* Accumulation of radiocaesium in fungi // *Canadian J. Of microbiology.* - 1990. - Vol. 36, No. 10. - P. 704 - 710.
2. *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.
3. *Dighton J., Clint G.M., Poskitt J.* Uptake and accumulation of ^{137}Cs by upland grassland soil fungi: a potential pool of Cs immobilization // *Mycol. Res.* - 1991. - Vol. 95 (9). - P. 1052 - 1056.
4. *Переволоцкий А.Н.* Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесных биогеоценозах. - Минск: РНИУП «Институт радиологии», 2006. - 256 с.
5. *Щеглов А.И.* Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах. - М.: Наука, 1999. - 267 с.
6. *Орлов О.О., Ірклієнко С.П., Турко В.М.* Вміст ^{137}Cs в компонентах біогеоценозів мезооліготрофних боліт Українського Полісся та роль сфагнового покриву у перерозподілі потоків калію та ^{137}Cs в їх екосистемах // *Проблеми екології лісів і лісокористування на Поліссі України. Наукові праці.* - Вип. 6. - Житомир, 1999. - С. 26 - 33.
7. *Полянская Л.М.* Микробная сукцессия в почве: Дис. д-ра биол. наук в форме науч. докл. - М., 1996. - 96 с.
8. *Предтеченская О.О.* Пространственное размещение и биомасса мицелия макромицетов в грунтах сосновых и березовых лесов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.24 / МГУ. - М., 1998. - 22 с.
9. *Шатрова Н.Е.* Аккумуляция аварийного ^{137}Cs разными частями тел грибов-микоризообразователей // *Зб. наук. праць Ін-ту ядерних досл.* - 2001. - № 1 (3). - С. 175 - 179.

СЕЗОННА ДИНАМІКА ВМІСТУ ^{137}Cs У ГРИБАХ

Н. Є. Зарубіна

Проведено дослідження сезонної динаміки вмісту ^{137}Cs в грибах. При умові відбору проб грибів різних видів тільки два рази на рік - на початку та вкінці вегетаційного періоду - відзначено зростання рівнів питомої активності ^{137}Cs до осені. При щомісячному відборі грибів динаміка вмісту ^{137}Cs носить стрибкоподібний характер. Сезонна динаміка вмісту ^{137}Cs відрізняється для грибів різних видів.

SEASONAL DYNAMIC OF CONTENT OF ^{137}Cs IN MUSHROOMS

N. E. Zarubina

Researches of seasonal dynamics of content of ^{137}Cs in mushrooms were carried out. Under condition of selection, mushrooms of different kinds only 2 times in one year - in the beginning and in the end of vegetative period - are marked with increase of levels of specific activity of ^{137}Cs by autumn. During monthly selection of mushrooms, dynamics of the contents of ^{137}Cs carries spasmodic character. Seasonal dynamics of the contents of ^{137}Cs varies for mushrooms of different kinds.

Поступила в редакцію 05.03.07,
после доработки – 20.04.07.