



## 19-Физические методы исследования в экологии, радиоэкологии

Байжанова Жанар Ондасыновна, аспирант 2 года  
Казахский Национальный Университет, физический  
**Естественная радоновая опасность онкологических заболеваний**  
Научный руководитель: Юшков Александр Витальевич, д.ф.-м.н.  
E-mail: [slava\\_kpss@mail.ru](mailto:slava_kpss@mail.ru) стр. 613

Бураева Елена Анатольевна, научный сотрудник  
Центр Радиационной экологии и технологий, НИИ Физики РГУ  
**Возможности определения низких содержаний искусственных радионуклидов в объектах окружающей среды гамма-спектрометрическим методом.**  
Научный руководитель: Давыдов Михаил Гаврилович, д.ф.-м.н.  
E-mail: [nucllab.davidov@mail.ru](mailto:nucllab.davidov@mail.ru) стр. 613

Кузнецова Ольга Григорьевна, ст. преподаватель  
Якутский Государственный Университет, физический  
**Содержания цезия-137 и свинца-210 в мохово-лишайниковом покрове от глобальных выпадений в Якутии**  
Научный руководитель: Степанов Валерий Егорович, д.ф.-м.н.  
E-mail: [fz99ves@sitc.ru](mailto:fz99ves@sitc.ru) стр. 614

Мандрыгина Валентина Николаевна, ассистент  
Омский Государственный Педагогический Университет, физический  
**Диэлектрические свойства влажных почв с различным содержанием гумуса на СВЧ**  
Научный руководитель: Бобров Павел Петрович, д.ф.-м.н.  
E-mail: [valemi07@mail.ru](mailto:valemi07@mail.ru) стр. 615

Марков Дмитрий Анатольевич, 5 курс  
Якутский Государственный Университет, физико-технический институт  
**Метод приведенной эффективности полупроводникового детектора GR3020 и его применение для исследования глобальных выпадений и локальных радиоактивных загрязнений в условиях Якутии**  
Научный руководитель: Степанов Валерий Егорович, д.ф.-м.н.  
E-mail: [mda17@mail.ru](mailto:mda17@mail.ru) стр. 616

Новик Сергей Николаевич, аспирант  
Томский Государственный Университет, радиофизический  
**Электрофизические и радиолокационные характеристики деревообразующих элементов в СВЧ диапазоне**  
Научный руководитель: Тельпуховский Евгений Дмитриевич, д.т.н.  
E-mail: [SergeyNovik@mail.ru](mailto:SergeyNovik@mail.ru) стр. 617

Ноговицына Надежда Ивановна, зав. лаб.  
Якутский Государственный Университет, физический  
**Содержание гамма-излучающих радионуклидов в сельскохозяйственных продуктах питания на территории Республики Саха (Якутия)**  
Научный руководитель: Степанов Валерий Егорович, д.ф.-м.н.  
E-mail: [n.i.nogovitsyna@mail.ru](mailto:n.i.nogovitsyna@mail.ru) стр. 619

Попова Валентина Викторовна, магистрант 2 года  
Ростовский Государственный Университет, физический  
**Профили распределения радионуклидов вдонных отложениях Цимлянского водохранилища.**  
Научный руководитель: Давыдов Михаил Гаврилович, д.ф.-м.н.  
E-mail: [nucllab.davidov@mail.ru](mailto:nucllab.davidov@mail.ru) стр. 619

Решетникова Дарианна Иннокентьевна, 1 курс  
Якутский Государственный Университет, физический  
**Разработка экспресс-метода определения содержания хлорофилла в листьях комнатных растений с использованием цифровой технологии**  
Научный руководитель: Алексеев Александр Алексеевич, к.б.н.  
E-mail: [fz\\_aaa@sitc.ru](mailto:fz_aaa@sitc.ru) стр. 620

Стасов Виталий Викторович, магистрант 2 года  
Ростовский Государственный Университет, физический  
**Определение радионуклидного состава приземного слоя воздуха гамма-спектрометрическим методом.**  
Научный руководитель: Давыдов Михаил Гаврилович, д.ф-м.н.  
E-mail: [nucllab.davidov@mail.ru](mailto:nucllab.davidov@mail.ru) стр. 621

Ужегова Нина Викторовна, аспирант  
Институт Оптики Атмосферы СО РАН,  
**Исследование различий состава воздуха и метеовеличин в городской и пригородной территориях г. Томска**  
Научный руководитель: Белан Б.Д., д.ф-м.н.  
E-mail: [ninosh@mail.ru](mailto:ninosh@mail.ru) стр. 622

Ужегова Нина Викторовна, аспирант  
Институт Оптики Атмосферы СО РАН,  
**Исследование различий альbedo подстилающей поверхности городской и пригородной территорий по данным самолетного зондирования**  
Научный руководитель: Белан Б.Д., д.ф-м.н.  
E-mail: [ninosh@mail.ru](mailto:ninosh@mail.ru) стр. 623

Фарахов Азамат Азатович, 5 курс  
Башкирский Государственный Университет, физический  
**Об одной термогидродинамической модели термоэрозии криолита**  
Научный руководитель: Хабибуллин Ильдус Лутфурахманович, д.ф-м.н.  
E-mail: [codehope@yandex.ru](mailto:codehope@yandex.ru) стр. 623

Филиппова Евдокия Геннадиевна, 5 курс  
Якутский Государственный Университет, физический  
**Радиоцезий в компонентах биосферы на примере села Сюля Нюрбинского улуса Республики Саха (Якутия)**  
Научный руководитель: Степанов Валерий Егорович, д.ф-м.н.  
E-mail: [dusya\\_ykt@mail.ru](mailto:dusya_ykt@mail.ru) стр. 624

Шульгина Лидия Адольфовна, магистрант 2 года  
Томский Государственный Университет, радиофизический  
**Метод ЛИФ для мониторинга лесов Западной Сибири**  
Научный руководитель: Матвиенко Геннадий Григорьевич, д.ф-м.н.  
E-mail: [sla@iao.ru](mailto:sla@iao.ru) стр. 625

Яковлева Валентина Дмитриевна, ст.преподаватель  
Якутский Государственный Университет, физический  
**Радиоэкологическое обследование радиоактивного следа ПЯВ 'КратонЗ' в Якутии**  
Научный руководитель: Степанов Валерий Егорович, д.ф-м.н.  
E-mail: [YVDYak@rambler.ru](mailto:YVDYak@rambler.ru) стр. 626

## **Естественная радоновая опасность онкологических заболеваний**

**Байжанова Жанар Ондасыновна**

*Дьячков Вячеслав Валерьевич, Мухамедова Эльмира Ериковна, Умаргалиева Сабина*

*Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби*

*Юшков Александр Витальевич, д.ф.-м.н.*

*[slava\\_kpss@mail.ru](mailto:slava_kpss@mail.ru)*

В настоящее время особое внимание уделяется онкологическим заболеваниям, возможной причиной которых может быть естественная радиоактивность и естественное радиоактивное излучение. Организм подвергается постоянному фоновому воздействию ионизирующей радиации, основным источником которой – космические лучи и естественные радиоактивные элементы, присутствующие в земной коре и проникающие из нее в атмосферу и водоемы. Особую опасность представляют собой три изотопа радона: Актинон ( $A=219$ ), Торон ( $A=220$ ) и Радон ( $A=222$ ). Относительно безопасное при внешнем воздействии, внутри организма радоновое облучение вызывает с большей долей вероятности онкологические заболевания. В первую очередь этой опасности подвергаются органы дыхания. Пути проникновения радона в организм человека до настоящего времени считались однозначными: вдыхание человеком радона. Поскольку радон – благородный газ, то он обладает низкой химической активностью и слабо связывается с тканями тела. Растворимость радона в тканях тела также мала, но дочерние продукты распада имеют как раз противоположные химические и физические свойства по отношению к органическим веществам, т.к. являются тяжелыми металлами. Поэтому интегрально радиотоксичность ингалируемого радона велика. Это проявляется в большой статистике раковых заболеваний респираторного тракта человека.

Обычно считается, что рак других органов человеческого тела не имеет радиогенного радонового происхождения. Однако в проводимых нами исследованиях по сорбции радона различными веществами показали, что эти вещества, сорбируя радон, становятся носителями альфа-активности и могут проникать в любые органы тела. Хотя в почвах содержание тория обычно превышает содержание урана в три раза, концентрация торона в атмосферном воздухе примерно в 10 раз ниже, чем радона. Это обусловлено различием периодов полураспада: у радона он составляет 3,285 суток, у торона – 54,5 сек., средняя продолжительность жизни радона 5,518 суток, торона - 78,5 сек. Относительная долговечность радона в сочетании с химической инертностью обуславливает его проникновение в воздушную среду, как в производственных, так и бытовых условиях. В этом заключена основная причина того, что радон в некоторых случаях оказывается основным источником радиационной опасности и приобретает особое гигиеническое значение.

Поступление в организм радона, как и других газов, определяется главным образом степенью его растворимости в крови – 0,31 и большей части внутренних органов. В связи с этим общее его количество в организме даже при неограниченно длительном пребывании в воздухе, содержащем радон, измеряется сравнительно небольшой величиной.

Целью настоящей работы является следующее: 1) исследование территории для поиска «радоновых факелов» – локальных участков концентрации содержания радона в которых превышает на порядки среднего значения данного территориального фонового излучения; 2) исследование вертикального профиля концентрации радона в жилых и административных зданиях; 3) исследование продольного и поперечного профиля распределения отсорбированного радона в организме человека; 4) поиск повышенной концентрации радона в крови группы людей страдающих онкологическими заболеваниями.

В результате проведенных исследований были получены и обобщены следующие результаты: 1) получена взаимосвязь пространственного распределения концентрации радона от тектонических разломов плит земной коры; 2) исследован вертикальный профиль распределения концентрации радона, который подчиняется барометрическому распределению; 3) обнаружены локальные участки на человеческом теле, в которых концентрация радона завышена.

## **Возможности определения низких содержаний искусственных радионуклидов в объектах окружающей среды гамма-спектрометрическим методом**

**Бураева Елена Анатольевна**

*Ростовский Государственный Университет, НИИ Физики*

*Давыдов Михаил Гаврилович, д.ф.-м.н.*

*[Nucllab.davidov@mail.ru](mailto:Nucllab.davidov@mail.ru)*

Разработана методика, расширяющая возможности гамма-спектрометрического определения радионуклидов в объектах экосферы по числу одновременно определяемых радионуклидов и, по минимальной детектируемой активности (МДА). Это достигается за счет: 1) применения коаксиального GeHP детектора с эффективностью 25% в диапазоне 30÷1500кэВ, отношением пик/комpton 51,7:1 (модель 7229N-7500sl-2520, фирмы Canberra); 2) оптимальных счетных геометрий Д0,02л и Д0,04л, обеспечивающих минимальное

самопоглощение квантов с энергией <100кэВ; 3) комбинированной пассивной защитой с кратностью ослабления аппаратного фона  $K_{\phi} \geq 30$ ; 4) увеличения времени набора спектра до 24 часов. Возможности методики по МДА иллюстрируются в таблице:

Тип пробы	Минимальная удельная активность, Бк/кг			
	<sup>241</sup> Am	<sup>137</sup> Cs	<sup>141</sup> Ce	<sup>95</sup> Nb
Почва (слой 0-5см)	0,663	1,305	0,832	0,956
Растительность	0,575	0,596	0,654	1,103
Опад	0,447	0,667	0,401	0,790
Водоросли	1,312	1,103	0,368	0,675

Методика широко используется в лаборатории для определения ИРН и ЕРН в различных объектах. В качестве примера в следующей таблице приведены результаты определения ИРН в некоторых пробах (из числа проб, отобранных в 3-х км. зоне расположения Волгодонской АЭС).

Тип пробы	Удельная активность±Погрешность, Бк/кг			
	<sup>241</sup> Am	<sup>137</sup> Cs	<sup>141</sup> Ce	<sup>95</sup> Nb
Почва (слой 0-5см)	4,62±1,46	10,2±1,59	7,51±1,61	4,06±0,84
Растительность	3,22±1,41	<п.о.	5,10±1,12	7,06±1,14
Опад	3,07±0,84	4,06±0,74	1,99±1,28	5,68±0,74
Водоросли	22,21±1,87	10,60±1,14	1,97±0,50	3,22±0,51

## Содержания цезия-137 и свинца-210 в мохово-лишайниковом покрове от глобальных выпадений в Якутии

*Кузнецова Ольга Эдуардовна*

*Сидорова Анна Борисовна*

*Якутский Государственный Университет*

*Степанов Валерий Егорович, профессор, д.ф-м.н.*

*fz99ves@sitc.ru*

Оценены содержания цезия-137 и свинца-210 во мхах, лишайниках и грибах, отобранных на территории Амгинского улуса. Для изучения показателей миграции этих радионуклидов в элементы северного биогеоценоза биологические пробы были проанализированы методами полупроводниковой гамма-спектрометрии на спектрометре фирмы «Канберра» с детектором из особо чистого германия. Основные характеристики спектрометра: диапазон регистрируемых энергий от 3 кэВ до 3 Мэв, энергетическое разрешение 1,5 кэВ по линии 112 кэВ Со-57 и 2,2 кэВ по линии 1332 кэВ Со-60.

Охвачены наиболее распространенные виды съедобных грибов и кормовых лишайников. Данные о концентрации радиоцезия в исследуемых образцах можно использовать в качестве некоторого интегрального показателя, характеризующего интенсивность вовлечения радионуклидов в трофические цепи. Доза излучения Рb-210 пренебрежимо мала по сравнению с дозой от  $\alpha$ -частиц Ро-210, тем не менее сведения о концентрации Рb-210 не лишены интереса, поскольку вероятно за счет этого изотопа и его медленного обмена достигается высокий аккумуляционный эффект в организме животных и человека.

Отбор растительных образцов проводился в августе 2004 года. В качестве индикаторного вида использован напочвенный лишайник (*Cladina arbuscula*). Мохово-лишайниковый покров исследованной территории образован в основном видами родов *Cladina*, *Cladonia*, *Cetraria*, *Pleurozium*, *Aulacomnium*, *Dicranum*, *Rhuidium*.

Гамма-спектрометрический анализ выполнялся в большинстве случаев в озоленных или обугленных образцах. Температура озоления составляла не выше 450<sup>0</sup>С. Затем содержание радионуклидов было пересчитано на воздушно-сухую массу.

Вследствие воздушного отложения радиоактивного материала на поверхности слоевищ, а также за счет подпитки снизу из субстрата, а также многолетнего характера роста, напочвенные лишайники являются эффективными индикаторами, по которым можно судить о радиоактивном загрязнении. Например, концентрация радиоцезия в наиболее молодых частях слоевища лишайника *Cladina arbuscula* составила 7,9±1,9 Бк/кг, а свинца-210 — 327,7±3,2 Бк/кг. В нижней части *Cladina arbuscula* эти значения составили — 33,4±3,1 и

497,1±39,6 Бк/кг соответственно. Средние концентрации цезия-137 в кормовых лишайниках рода *Cladina* довольно близки и изменяются от 8 до 34 Бк/кг, а свинца-210 — 393 до 412 Бк/кг.

Известно, что большая сомкнутость мохового покрова способствует длительному удерживанию в нем водных растворов. Благодаря этому со временем мхи могут обогащаться радиоактивными веществами, поступающими с осадками из атмосферы и с поверхностным стоком. Тому же способствуют медленные процессы нарастания и отмирания моховой растительности, что снижает скорость выделения радионуклидов из мхов в природных условиях. Поэтому содержание цезия-137 и свинца-210 во мхах сопоставимо с содержанием этих радионуклидов в лишайниках. Например, во мхе *Rhizidium rugosum* удельное содержание цезия составило 12,8±2,3 Бк/кг, свинца — 493,2±34,7 Бк/кг.

Накопление радиоцезия плодовыми телами грибов связано с расположением сети гиф мицелия преимущественно в верхних, обычно наиболее загрязненных горизонтах почвы. В съедобных видах макромицетов, отобранных на территории Амгинского улуса, средние величины концентрации радиоцезия близки и изменяются от 128 до 160 Бк/кг. Так в плодовом теле *Lactarius resimus* (Груздь настоящий) содержание цезия-137 — 159,4±11,3 Бк/кг, а свинца-210 — 30,9±12,1 Бк/кг.

Получены показатели радиоактивного загрязнения, обусловленные глобальными выпадениями, из которых следует, что свинца-210 в грибах в 100 раз меньше, чем в лишайниках, а цезия в 6 раз больше, чем в лишайниках.

## Диэлектрические свойства влажных почв с различным содержанием гумуса на СВЧ

*Мандрыгина Валентина Николаевна*

*Омский Государственный Педагогический Университет*

*Бобров Павел Петрович, д.ф.-м. н.*

*valemi07@mail.ru*

Загрязнение почвы и ее дегумификация представляют собой серьезную проблему экологии. В результате нерационального землепользования почвы, особенно черноземные, быстро теряют свои ценные качества. Наземные методы контроля не обеспечивают необходимый обхват больших территорий. Эта задача может быть решена только с применением дистанционных методов, в первую очередь с применением электромагнитных волн микроволнового диапазона. Однако для правильной интерпретации получаемой информации необходимы данные о комплексной диэлектрической проницаемости (КДП) почв, которая, в свою очередь, зависит от влажности, гранулометрического состава, температуры, степени загрязненности и т.д. Учет тех или иных параметров позволяет получить с разной степенью точности полезную информацию о состоянии поверхностного слоя почвы. Однако в литературе данные о влиянии содержания гумуса и основных типов загрязнений на КДП почв практически отсутствуют.

Для проведения эксперимента были выбраны два образца с близким минеральным составом, но разным содержанием гумуса (образец 1 – содержание гумуса 0,6%; образец 2 – содержание гумуса 6,6%) и один образец гумата натрия, являющегося одной из составных частей природного гумуса – сложного комплекса органических соединений, включающего гуминовые кислоты и фульвокислоты.

Измерения проводились в диапазоне частот от 0,1 до 16 ГГц с помощью панорамных измерителей коэффициента стоячей волны и ослабления. В качестве основного метода применялся метод определения диэлектрической проницаемости почв по модулям коэффициентов прохождения и отражения. Погрешность измерений составила не более 10 % для действительной части и не более 20 % для мнимой части КДП.

На основании полученных данных эксперимента были построены диэлько-влажностные зависимости исследуемых образцов для всего диапазона частот. Видно (рис.1), что при увеличении содержания гумуса в образцах возрастает максимальное количество связанной воды:  $W_{11} < W_{12} < W_{13}$ , где  $W_{11}$ ,  $W_{12}$ ,  $W_{13}$  – это максимальное количество связанной воды (переходная влажность) для образцов 1, 2 и 3, соответственно. Такое влияние гумуса можно объяснить тем, что молекулы гуминовых кислот имеют рыхлое губчатое строение и, обволакивая поверхность почвенных частиц тонким слоем, увеличивают общую поверхность, связывающую молекулы воды. При этом, значения диэлектрической проницаемости связанной воды, оцениваемые по углу наклона начального участка линейно-ломаной аппроксимации, с увеличением содержания гумуса в образцах уменьшаются (рис.1).

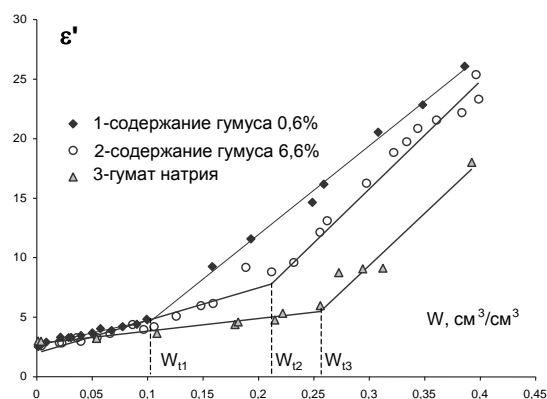


рис. 1. Диэлько-влажностная зависимость действительной части КДП образцов с разным содержанием гумуса на частоте 1

На основании данных проведенных измерений была предложена следующая зависимость значения  $W_t$  (в г/г) от гранулометрического состава и содержания гумуса в почве:

$$W_t = (0,22 \pm 0,03)C + (1,25 \pm 0,21)H, \quad (1)$$

где С и Н – это процентное содержание в почве физической глины и гумуса, соответственно.

С помощью рефракционной диэлектрической модели, представленной в [1], были получены значения диэлектрической проницаемости связанной и свободной воды. Расчет параметров модели Дебая с использованием этих значений показал, что присутствие гумуса в почве оказывает влияние на статическую диэлектрическую проницаемость связанной воды. На основании вышеуказанного и выражения (1) представляется возможным модельный расчет диэлектрической проницаемости почв сходного минерального состава на любых частотах в диапазоне от 0,3 до 16 ГГц, если известен гранулометрический состав, содержание гумуса и плотность сложения почвы.

Проведенное исследование высоко- и малогумусных почв с внесением в них гидрофобных и гидрофильных загрязнителей (сырой нефти и зольных выбросов ТЭЦ) [2] показало, что высокое содержание гумуса в почве уменьшает влияние вышеуказанных загрязнителей на КДП почвы, и таким образом, затрудняет их идентификацию методами дистанционного зондирования.

Список публикаций:

[1] V.L. Mironov, P.P. Bobrov, and V.N. Mandrygina, "Bound Water Spectroscopy for the Soils with Varying Mineralogy," in Proc. IGARSS'04, Anchorage, USA, vol. V, pp. 3478 - 3480, 2004.

[2] Мандрыгина В.Н. Исследование влияния гидрофильных и гидрофобных веществ на диэлектрическую проницаемость почв в СВЧ-диапазоне. //Сб.тезисов десятой всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых. В 2-х т. Т.2. – Екатеринбург-Красноярск: Изд-во АСФ России. - 2004. - С. 1276-1278.

## **Метод приведенной эффективности полупроводникового детектора GR3020 и его применение для исследования глобальных выпадений и локальных радиоактивных загрязнений в условиях Якутии**

*Марков Дмитрий Анатольевич*

*Яковлева Валентина Дмитриевна*

*Якутский Государственный Университет*

*Степанов Валерий Егорович, д.ф.-м.н.*

*Fz99ves@sitc.ru*

Содержание гамма излучающих техногенных радионуклидов в почвенно-растительном покрове измерено на полупроводниковом гамма-спектрометре с детектором GR3020. Германиевый детектор имеет преимущества высокого разрешения, которое позволяет более конкретно установить отдельные радионуклиды и, как следствие этого, более точно определить активность каждого радионуклида, присутствующего в пробе. Однако при измерении радионуклидов, обусловленных глобальными радиоактивными выпадениями, могут возникнуть проблемы в связи с их малыми содержаниями в пробе.

Цель работы заключается в измерении техногенных радионуклидов малой активности с применением метода приведенной эффективности полупроводникового детектора.

Метод приведенной эффективности полупроводникового детектора включает следующие этапы: 1) отбор проб; 2) измерение объемных градуировочных источников; 3) обработка спектра источника, нахождение эффективности прибора по площади фотопика исследуемого радионуклида; 4) измерение пробы; 5) обработка спектра пробы, с помощью экспериментально найденного значения эффективности прибора. Новизна метода заключается в делении чистой площади фотопика на число каналов, в приведении эффективности прибора к среднему значению на один канал фотопика. Такой метод улучшает точность обработки спектра, поскольку учитывается эффект уширения спектра за счет комптоновского рассеяния.

Измеряя источник, с известной активностью находим эффективность регистрации по следующему соотношению: для источника амерция-241

$$A_{\text{ист}} = \frac{S_{59}}{t_{\text{изм}} I_{59} \epsilon_{59} m_{\text{ист}} n} \quad (1)$$

отсюда

$$\epsilon_{59} = \frac{S_{59}}{t_{\text{изм}} I_{59} A_{\text{ист}} m_{\text{ист}} n} \quad (2)$$

где  $S$  – чистая площадь фотопика, определяется  $S = I - S_{\text{фон}}$ , где  $I$  – сумма импульсов в фотопике,  $S_{\text{фон}}$  площадь фона, рассчитывается  $S_{\text{ф}} = B_1 \cdot n + \frac{1}{2} (B_2 - B_1) \cdot n$ , где  $B_1, B_2$  – число импульсов в начальном и конечном каналах фотопика,  $n$  – номер канала.

$t_{\text{изм}}$  – время измерения образца;

$I_{59}$  – вероятность эмиссии гамма-излучения с энергией 59,54 кэВ;

$\epsilon_{59}$  – эффективность регистрации детектором гамма-излучения с энергией 59,54 кэВ;

$m_{\text{ист}}$  – масса источника.

По данной методике исследованы образцы почвы, отобранные на устьях притоков реки Марха. На расстояниях в 29, 19, 15, 10, 7, 2,5 км от аварийного подземного ядерного взрыва «Кратон-3». В пробах определены основные дозообразующие техногенные радионуклиды: 1)  $^{137}\text{Cs}$ , образующийся при делении ядер  $^{235}\text{U}$  и  $^{239}\text{Pu}$  с выходом около 7%. При радиоактивном распаде  $^{137}\text{Cs}$  испускает электроны с максимальной энергией 1173 кэВ и превращается в короткоживущий гамма-излучающий нуклид  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  с энергией 661 кэВ. 2)  $^{241}\text{Am}$ , образующийся в результате  $\beta$  – распада  $^{241}\text{Pu}$ . Претерпевая  $\alpha$  – распад,  $^{241}\text{Am}$  испускает интенсивное  $\gamma$ -излучение с энергией 59,54 кэВ.

Получены следующие результаты: 1) Наименьшее содержание  $^{241}\text{Am}$  отмечается в мертвом растительном слое почвенного горизонта в 10 км от места взрыва и составляет 0,2 Бк/кг, а максимальное – в мертвом растительном слое в 7 км – 1,5 Бк/кг. При пересчете на поверхностную активность по америцию максимальное отмечено в 7 км от места взрыва на устье ручья Кустарниковый (40,5 Бк/м<sup>2</sup>), уровни глобальных радиоактивных выпадений составляют от 2,1 до 5 Бк/м<sup>2</sup>.

2) Для цезия-137 наименьшее значение составляет 0,7 Бк/кг в минеральном слое почвенного покрова, на глубине 12 см в 19 км от радиоактивного пятна; наибольшее – в 10 км в слое мертвой растительности (364,4 Бк/кг). При пересчете площадной активности, исследованные территории соответствуют уровню глобальных радиоактивных выпадений.

Метод приведенной эффективности полупроводникового детектора дает более точные результаты для определения радионуклидов малых активностей.

## **Электрофизические и радиолокационные характеристики деревообразующих элементов в СВЧ диапазоне**

*Новик Сергей Николаевич*

*Томский Государственный Университет*

*Тельпуховский Евгений Дмитриевич, д.т.н.*

*SergeyNovik@mail.ru*

В настоящее время отмечается всё возрастающая роль аэрокосмических информационных технологий, основанных на применении радиотехнических систем в микроволновом диапазоне радиоволн в задачах охраны окружающей среды и, в частности, в оценки биологического и экологического состояния бореальных лесов планеты.

Свыше 2/3 площади лесов нашей страны составляют хвойные. Для адекватной оценки состояния лесного покрова по данным аэрокосмического зондирования необходима электрофизическая модель лесного полога. С радиофизической точки зрения лесной полог представляет собой композиционную среду, состоящую из множества неплотно упакованных неоднородностей различной формы и ориентации, таких как хвоя, ветки, стволы. Основными параметрами электрофизической модели лесного полога как среды распространения радиоволн является диэлектрическая проницаемость, показатель преломления, проводимость, поляризуемость среды, которые, в свою очередь, могут быть выражены друг через друга. Поэтому необходим учёт электрофизических свойств каждого деревообразующего элемента в создании электрофизической модели лесного полога. В данной работе рассматриваются электрофизические характеристики хвои (комплексный показатель преломления) и радиолокационные характеристики стволов древостоя (эффективная площадь рассеяния (ЭПР)).

Экспериментальные исследования зависимости показателя преломления хвои от влажности в СВЧ диапазоне проводились на основе резонаторных методов. Измерения проводились на основном типе колебаний  $E_{010}$  на собственной частоте резонатора 2.8 ГГц.

Действительная  $\epsilon'$  и мнимая  $\epsilon''$  части комплексной диэлектрической проницаемости находились с применением формул:

$$\epsilon' = 1 + 0.5395 \cdot \frac{\pi \cdot a^2}{\Delta S} \frac{\partial f}{f}, \quad \epsilon'' = 0.269 \cdot \frac{\pi \cdot a^2}{\Delta S} \left( \frac{1}{Q} - \frac{1}{Q_0} \right),$$



где  $a$  - радиус резонатора,  $\Delta S$  - площадь поперечного сечения образца,  $\delta f$  - смещение значения резонансной частоты при внесении образца в резонатор,  $f$  - значение резонансной частоты резонатора с образцом,  $Q_0$ ,  $Q$  - добротности пустого резонатора и резонатора с образцом соответственно.

Показатель преломления  $\hat{n} = \sqrt{\hat{\epsilon}} = n + ik$ . На (рис.1) представлена нормированная зависимость показателя преломления и поглощения для хвой сосны от объемной влажности. Проявление излома на аппроксимирующих графиках можно объяснить тем, что в хвое вода находится в различных состояниях. При небольших значениях влажности вода в хвое находится в связанном состоянии, а при увеличении объемной влажности хвой в свободном. Переход между этими участками наблюдается довольно резкий вследствие того, что диэлектрическая проницаемость свободной и связанной воды отличаются во много раз. Для других пород деревьев также наблюдается излом.

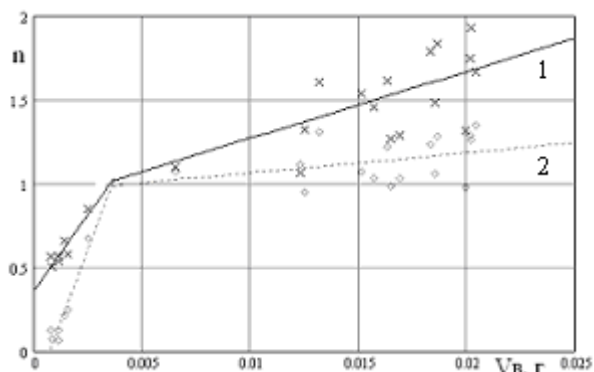


рис.1 Зависимость показателя преломления (1) и поглощения (2) для хвой сосны от объемной влажности

лиственница с известной влажностью для каждой породы. Стволы одной породы различного диаметра выпиливались из одного дерева по три штуки: сверху дерева, с середины и снизу, чтобы влажность образцов одной породы была одинакова для всех диаметров. Измерения проводились через каждые  $10^0$  поворота ствола вокруг своей оси на одинаковом расстоянии в 62см. от рупора.

Ствол дерева представляет собой не идеально гладкий цилиндр, а, в зависимости от породы дерева, структуры коры, индивидуальных особенностей формы ствола, возраста дерева и т.д., является не идеально круговым цилиндром с шероховатой поверхностью и неровностями различной степени. Поэтому были проведены экспериментальные исследования по определению зависимости мощности отражённой волны (искомой величины для определения ЭПР) от ракурса ствола.

В эксперименте использовались свежесрубленные стволы деревьев пяти пород различного диаметра: пихта, сосна, ель, кедр и

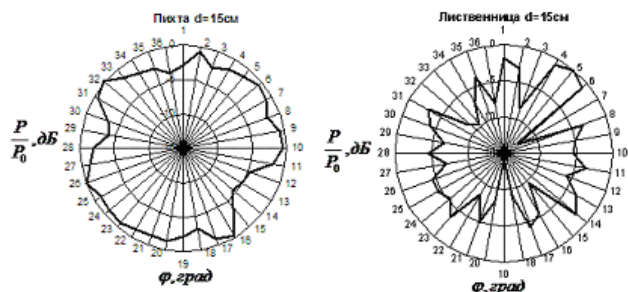


Рис.2 Зависимость нормированной отражённой мощности от ракурса облучения ствола

Для наглядного анализа данного эксперимента на (рис.2) изображены наиболее отличающиеся зависимости относительной отражённой мощности в децибелах от ракурса ствола для пихты и лиственницы одинакового диаметра  $d=15$ см. Остальные породы деревьев имеют разброс значения ЭПР между 28 и 70 процентами. Из (рис.2) можно заключить, что для стволов деревьев характерна относительно сильная зависимость мощности отражённой волны, а значит и погонного ЭПР, от ракурса облучения ствола. Это можно объяснить следующим образом: у пихты практически гладкая кора, что даёт меньшее рассеяние волн в

различных направлениях на неоднородностях коры, чем, например, у лиственницы, кора которой представляет собой довольно сильно шероховатую поверхность с большими неоднородностями (порядка длины волн), а также довольно сложной зависимостью отражённой мощности от толщины коры.

Полученные экспериментальные данные используются для составления электрофизической модели лесного полога.

## Содержание гамма-излучающих радионуклидов в сельскохозяйственных продуктах питания на территории Республики Саха (Якутия)

*Ноговицына Надежда Ивановна*  
*Яковлева Валентина Дмитриевна*  
*Якутский Государственный Университет*  
*Степанов Валерий Егорович, д.ф.-м.н.*  
[n.i.nogovitsyna@mail.ru](mailto:n.i.nogovitsyna@mail.ru)

Территория Якутии в радиоэкологическом отношении является наименее изученным районом северо-востока России. Поэтому актуальна задача об экспериментальной оценке содержания одних из основных дозообразующих радионуклидов цезия-137.

Рассмотрены содержание цезия-137 в продукции скотоводства, коневодства, оленеводства, рыболовства и охотничьих промыслов северных, западных и центральных улусов Республики Саха (Якутия). Пробы измерены в сыром виде без предварительной химической подготовки, в сосудах Маринелли объемом 1 литр на полупроводниковом гамма-спектрометре фирмы Канберра (США) с детектором из особо чистого германия с тонким бериллиевым окном по утвержденной методике.

Исследование содержания радиоцезия в продукции скотоводства и коневодства в ряде улусов республики Саха (Якутия) показало, что наблюдается тенденция повышения содержания радиоцезия в них в северо-западном направлении от центра. Такое направление по данным аэро-гамма-спектрометрической съемки наблюдалось при загрязнении от испытаний на Северном полигоне. Не исключено также влияние аварийных ПЯВ, проведенных в Мирнинском улусе. Так содержание цезия-137 в мышечной ткани КРС колеблется от 0,08 до 13,1 Бк/кг сырого веса. В продукции оленеводства содержание цезия-137 варьирует от 33,5 до 92,5 Бк/кг.

Гамма-спектральному анализу подверглись также мясо диких животных таких как лось, дикий олень. Среднее значение по радиоцезию в мышечной ткани дикого оленя составляет 40,3 Бк/кг. Различия в содержании цезия (в 10 раз) объясняется характером питания данных животных, так в рацион питания оленя в основном входят высокоактивные лишайники, лось в свою очередь питается кусистыми видами растительности.

В 50 образцах озерных и речных рыб определена удельная активность радиоцезия. Содержание радиоцезия в озерных рыбах, а именно в карасе в среднем составляет 0,98 Бк/кг, а в некоторых пробах меньше минимально детектируемой активности (МДА) 0,12 Бк/кг. МДА – это активность радионуклида, меньше которой при данных условиях пробоподготовки, времени измерения и эффективности регистрации детектор не обнаруживает. Содержание радиоцезия в речных рыбах: сиг, пелядь, чир, ленок меньше, чем в карасях и ниже минимально детектируемой активности. Это может объяснить различием в характере питания этих рыб и уровнем содержания радионуклидов в озерной и речной воде.

Средние значения удельной активности цезия-137 в исследованных пищевых продуктах не превышают допустимых уровней, установленных санитарными правилами и нормами СанПин 2.3.2.560-96 по разделу 6 «Гигиенические нормативы качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов».

## Профили распределения радионуклидов в донных отложениях

### Цимлянского водохранилища

*Попова Валентина Викторовна*  
*Бураева Елена Анатольевна, Зорина Людмила Валерьевна*  
*Ростовский Государственный Университет*  
*Давыдов Михаил Гаврилович, д.ф.-м.н.*  
[Nucllab.davidov@mail.ru](mailto:Nucllab.davidov@mail.ru)

В экспедициях 2000г. отбирались керны донных отложений Цимлянского водохранилища для оценки запасов  $^{137}\text{Cs}$  чернобыльского происхождения. После разделения кернов на слои толщиной от 1см до 5см приготавливались счетные образцы (в геометриях Д0,015л, Д0,040л и Д0,100л) для гамма-спектрометрии на Ge(Li) детекторе типа ДГДК-80. Для 8 кернов по гамма-излучению с энергией  $>100\text{кэВ}$  были определены профили распределения  $^{137}\text{Cs}$ , а также ЕРН:  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{224}\text{Ra}$  и  $^{40}\text{K}$

Представляет интерес определение профилей распределения  $^{210}\text{Pb}$  по глубине кернов. При определенных условиях по этому профилю можно определять скорость осадконакопления и возраст донных отложений.

Поэтому профили распределения радионуклидов в ранее отобранных кернах донных отложений были определены по новой методике в счетной геометрии Д0,020л ( $\varnothing 67\text{мм}$ ,  $h=6-7\text{мм}$ ,  $V=20\text{ см}^3$ ) на GeHP-детекторе фирмы «Canberra» (модель 7229N). Это позволило без систематических погрешностей из-за эффекта

самопоглощения определять  $^{210}\text{Pb}$  по пику 45,6кэВ и  $^{234}\text{Th}$  по пикам 63кэВ и 93кэВ, а также  $^{238}\text{U}$  по  $^{234}\text{Th}$  (после выдержки образца более 120 суток).

При определении  $^{210}\text{Pb}$  среднеквадратичные погрешности определения  $\delta=3\div7\%$  (ранее  $\delta >35\%$ , для более половины проб  $\delta >60\%$ ), а при определении  $^{234}\text{Th}$   $\delta=2,7\div6,5\%$  (ранее  $\delta=11\div60\%$ ). Погрешности определения других радионуклидов по старой и новой методике практически не изменились:  $^{226}\text{Ra}$  ( $\delta=1,6\div20\%$ ),  $^{40}\text{K}$  ( $\delta=5,0\div19\%$ ) с  $^{137}\text{Cs}$  ( $\delta=3,0\div30\%$ ).

Для примера приведем результаты определения профилей распределения некоторых радионуклидов для одного из кернов:

Шифр пробы	Глубина, см	GeHP	Ge HP		Ge HP	Ge HP	Ge(Li)
		A <sub>уд</sub> ±Погрешность, Бк/кг					
		Pb-210	Th-234		Ra-226	Cs-137	
63 кэВ	93 кэВ						
хх701	0-1	314,4±21,7	339,1±22,0	391,1±21,5	52,1±5,7	15,0±4,1	9,7±1,9
хх702	1-2	341,6±23,3	349,5±23,4	406,7±23,2	56,6±5,5	20,5±3,05	11,6±2,3
хх703	2-3	321,3±20,4	389,4±22,2	383,2±19,9	43,1±5,4	6,2±2,0	9,2±2,3
хх704	3-4	262,8±20,8	381,0±22,5	395,2±20,9	42,7±1,0	15,1±2,7	7,7±1,8
хх705	4-5	282,9±20,6	433,6±24,3	427,9±21,8	48,1±5,5	15,2±2,5	6,6±1,6
хх706	5-7	326,6±10,7	396,5±11,5	408,9±10,6	48,3±0,8	24,1±1,3	15,0±1,8
хх707	7-9	348,8±21,5	416,6±23,3	395,4±20,1	54,2±2,7	19,9±2,9	21,2±1,8
хх708	9-11	292,6±19,1	346,9±20,8	384,1±19,2	35,9±0,6	25,2±2,6	21,7±1,8
хх709	11-13	319,6±20,6	358,7±21,9	412,3±20,2	51,4±3,5	34,4±2,9	26,4±2,0
хх710	13-15	296,6±19,1	361,5±21,3	371,1±19,3	45,4±2,8	29,6±2,8	28,1±1,8
хх711	15-20	284,6±18,1	371,1±15,9	363,2±19,2	45,3±9,6	50,7±3,1	68,8±1,9
хх712	20-25	406,5±15,5	508,0±17,3	500,0±15,5	72,0±2,4	57,8±2,4	39,8±1,6
хх713	25-30	256,0±20,2	379,3±20,9	403,6±19,0	59,3±3,0	12,1±2,3	11,1±1,1
хх714	30-35	281,1±19,8	362,5±21,8	365,0±19,7	57,7±3,2	19,6±2,4	10,0±1,1
хх715	35-40	256,8±20,8	357,5±22,5	386,4±20,5	54,7±2,5	13,6±2,4	15,6±1,2
хх716	40-45	265,3±20,0	411,7±22,6	381,1±21,3	56,8±8,1	13,5±2,6	16,8±1,2
хх717	45-50	312,6±19,3	386,8±21,3	388,±20,2	52,1±4,8	20,4±2,7	24,7±1,5

Профили распределения  $^{210}\text{Pb}$  по глубине кернов использовались для определения скорости осадконакопления (возраста осадков по известному методу). Это дало возможность датирования накоплений  $^{137}\text{Cs}$  в донных отложениях приплотинной части Цимлянского водохранилища.

## Разработка экспресс-метода определения содержания хлорофилла в листьях комнатных растений с использованием цифровой технологии

*Решетникова Дарианна Иннокентьевна*  
*Якутский Государственный Университет*

*Алексеев Александр Алексеевич, к.б.н.*

*fz\_aaa@sitc.ru*

Увеличивающееся загрязнение окружающей среды, которое неблагоприятно воздействует на зеленую растительность, прогнозирование масштаба антропогенного загрязнения и т.д. требуют разработки новых, современных экспресс-методов мониторинга. Нами разработан экспресс-метод полуколичественного определения содержания хлорофилла в листьях комнатных растений с использованием цифрового фотоаппарата и последующей компьютерной обработкой цифровой информации, для дальнейшего использования данного метода в экологических целях. Объектом исследования служили листья комнатных растений: Герани (*Geranium*), Традесканции (*Tradescantia*) и Питтоспорума тобира (*P. tobira Ait*). Для выполнения использовались следующие приборы и материалы: цифровой фотоаппарат Photo Clip. 2.1 Megapixel. Model: DM 2132 A, спектрофотометр Spekol-20 (Германия), весы, колба Бунзена, стеклянный фильтр, фарфоровая ступка с пестиком, мерная пробирка, воздушный насос, ножницы, линейка, 80% -ный уксус.

Для достижения поставленной цели проведены следующие работы:

1. Получены цифровые фотографии листьев комнатных растений в ходе онтогенеза;
2. Определены содержания суммарного хлорофилла  $S_{a+b}$  в листьях комнатных растений классическим методом (Vernon, 1960);

3. Построена эталонная градация цветов листьев комнатных растений при помощи компьютерной программы *ACDSee 32*;

4. По эталонной градации определено примерное содержание хлорофилла в листьях комнатных растений с неизвестным содержанием хлорофилла.

Компьютерная обработка полученной фотографии и последующее определение неизвестного содержания хлорофилла проводили следующим образом. При помощи компьютерной программы *ACDSee 32 v 2.4* из полученных фотографий вырезали участки листка размером 200x200 или 100x100 отн. ед., и процесс их обработки переводили в *Microsoft Word*. Из вырезанных участков делали эталонную градацию цветов, где возле каждого цвета записывали полученные ранее значение содержания хлорофилла  $C_{a+b}$  в растительном материале в мг/г. Для определения неизвестной концентрации хлорофилла при тех же условиях брали лист комнатного растения с неизвестным содержанием хлорофилла, фотографировали данный лист. Затем переводили фотографию в компьютерную программу *ACDSee 32 v 2.4*, вырезали интересующий участок листка. После сравнения вырезанного участка листка с эталоном и по совпадению цвета исследуемого листка с цветом эталонной градации определяли содержание хлорофилла.

По итогам работы можно сделать следующие выводы.

1. С помощью разработанного экспресс-метода с использованием цифрового фотоаппарата можно приблизительно количественно определить содержание хлорофилла в листьях комнатных растений в течение 3-5 мин.

2. Разработанный нами экспресс-метод является универсальным, т.е. данный метод может применяться для определения содержания хлорофилла в любых растениях.

3. Данный экспресс-метод можно использовать в экологических целях для контроля состояния зеленой растительности.

## Определение радионуклидного состава приземного слоя воздуха гамма - спектрометрическим методом

**Стасов Виталий Викторович**

*Бураева Елена Анатольевна, Зорина Людмила Валерьевна*

*Ростовский Государственный Университет*

*Давыдов Михаил Гаврилович, д.ф.-м.н.*

*Nucllab.davidov@mail.ru*

Последние четыре года для мониторинга радиоактивности приземного слоя воздуха в г. Ростове-на-Дону используется аспирационная станция НИИ Физики РГУ. В ее состав входит фильтро-вентиляционная установка для отбора проб атмосферных аэрозолей производительностью 500 м<sup>3</sup>/час с фильтром ФПП15-1,7 общей площадью 0,56 м<sup>2</sup> и 2 кюветы общей площадью 0,5 м<sup>2</sup> для отбора атмосферных осадков. Из отобранных проб аэрозолей (1 раз в неделю) и осадков (1 раз в месяц) приготавливаются счетные образцы (геометрия «Фильтр», Ø 35мм, h=30мм, V=25 см<sup>3</sup>) для измерения гамма-спектров на низкофоновой установке РЭУС-II-15 (рабочий эталон II разряда) с Ge(Li)-детектором типа ДГДК-80. По пикам с энергией  $E_{\gamma} > 100$ кэВ определяются радионуклиды: космогенный <sup>7</sup>Be, искусственный <sup>137</sup>Cs и естественные <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>228</sup>Ac, <sup>224</sup>Ra и <sup>40</sup>K.

Для расширения возможностей радионуклидного анализа в методику внесены изменения, позволяющие использовать низкоэнергетическую часть гамма-спектров (30-100кэВ).

Для уменьшения эффектов самопоглощения использовалась новая счетная геометрия «Фильтр-1» (Ø 50мм, h=7мм, V=12 см<sup>3</sup>), а для повышения эффективности регистрации квантов низкой энергии- GeHP-детектор фирмы «Canberra» (модель 7229N). Это позволило дополнительно определять в аэрозолях <sup>210</sup>Pb по пику 45,6кэВ, <sup>234</sup>Th по пикам 63кэВ и 93кэВ, а также <sup>238</sup>U по <sup>234</sup>Th (после выдержки образца более 120 суток). Методика апробирована повторным определением радионуклидов в ранее отобранных и проанализированных образцах фильтров (всего 20 образцов). В пределах погрешности измерений результаты двух определений по <sup>137</sup>Cs, <sup>226</sup>Ra и <sup>40</sup>K совпадают. По новой методике определяются также <sup>210</sup>Pb, <sup>234</sup>Th и <sup>238</sup>U по <sup>234</sup>Th. В качестве примера в таблице приведены результаты радионуклидного анализа одного из образцов по обоим методикам (№14, экспозиция 20.10.2000-27.10.2000).

Радионуклид	ОА, мкБк/м <sup>3</sup>	
	«Фильтр»: 01.11.2000г,	«Фильтр-1»: 02.02.2004г,
<sup>7</sup> Be	2920±41	-
<sup>137</sup> Cs	0,67±0,25	1,09±0,42
<sup>226</sup> Ra	4,71±1,11	5,38±1,27
<sup>40</sup> K	27,9±5,2	37,0±6,9
<sup>210</sup> Pb	-	1020±69
<sup>234</sup> Th	-	120±39 (1)
<sup>238</sup> U	<п.о. (2)	120±39 (3)

- (1) Среднее результатов определения по пикам  $63\text{kэВ}$  и  $93\text{kэВ}$   $^{234}\text{Th}$ .
- (2) Определение по пику  $186\text{kэВ}$   $^{235}\text{U}$  с пересчетом на  $^{238}\text{U}$ .
- (3) Для условий равновесия  $^{238}\text{U}$ - $^{234}\text{Th}$ .

## Исследование различий состава воздуха и метеовеличин в городской и пригородной территориях г. Томска

**Ужегова Нина Викторовна**

Белан Борис Денисович

Институт оптики атмосферы СО РАН

Белан Борис Денисович, д.ф.-м.н.

[Ninosh@mail.ru](mailto:Ninosh@mail.ru)

Любой современный город из-за обилия автотранспорта и промышленных предприятий, расположенных на его территории, которые являются источниками выбросов, представляет собой зону повышенного загрязнения воздуха. Это обусловлено особенностями циркуляции воздуха, «запирающей» примеси на его территории. Многие аспекты влияния такой циркуляции на закономерности формирования полей примесей и метеовеличин в атмосфере города и его окрестностях остаются пока неясными. Не является исключением и г. Томск. Для выявления этих аспектов в СО РАН выполняется проект №130 «Экология промышленных городов Сибири». Для реализации проекта в ИОА СО РАН создана мобильная станция АКВ-2, с помощью которой проводятся исследования на территории ряда городов Сибири. В настоящем сообщении приводятся данные, полученные в ходе эксперимента в г. Томске в июне 2004 года.

Маршрут был условно поделен на три отрезка (см. рис. 1). Два из которых являлись фоновыми – к юго-западу (от пос. Черная речка) и к северо-востоку от города (до пос. Светлый). Третий же проходил непосредственно по основному городскому магистралям: ул. Нахимова, ул. Елизарова, пр. Кирова, пр. Комсомольский, ул. Пушкина, Иркутский тракт.



рис.1

Полученные результаты показали, что город является островом тепла. Различия в температуре между городом и фоновыми районами составило  $1 - 1,5^\circ\text{C}$ . Влажность, как относительная, так и удельная, в городе в целом ниже. В газовом и аэрозольном составе наблюдается следующая картина: значения озона в юго-западном фоновом районе, оказавшемся в шлейфе выбросов, превышают городские на  $40\text{ мкг/м}^3$ , тогда как в северо-восточном, с наветренной стороны, всего на  $5\text{ мкг/м}^3$ ;  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ , а также концентрация аэрозоля в городе значительно выше, чем за его пределами. Причем прослеживаются явные максимумы на пересечении основных городских магистралей.

## Исследование различий альbedo подстилающей поверхности городской и пригородной территорий по данным самолетного зондирования

**Ужегова Нина Викторовна**

*Белан Борис Денисович, Фофанов Александр Вячеславович, Складнева Татьяна Константиновна*

*Институт оптики атмосферы СО РАН*

*Белан Борис Денисович, д.ф.-м.н.*

*[Ninosh@mail.ru](mailto:Ninosh@mail.ru)*

Высокая концентрация промышленных и социальных объектов на ограниченной территории, которая характерна для городских условий, приводит к тому, что его атмосфера отличается от окружающей среды повышенными уровнями загрязнения и теплосодержания. Относительно последнего фактора существует два предположения. Первое, повышенная температура в городе обусловлена дополнительным выбросом тепла промышленными предприятиями, теплотрассами и автотранспортом. Второе – отличием альbedo подстилающих поверхностей города и окружающей территории. В результате этого соседние площади получают разное количество солнечной энергии и, соответственно, будут различаться и температуры воздуха над ними в приземном слое.

Целью этой работы являлось изучение альbedo городской и пригородной территорий.

Для исследования использовались данные зондирования, полученные с помощью самолета-лаборатории Ан-30 «Оптик-Э» в 1997 – 2004 гг. На нем измерялись интегральные (по спектру) потоки солнечной радиации, поступающие из верхней и нижней полусфер. Для измерения применялись пиранометры М-115м, которые устанавливались на верхней части фюзеляжа и в нижнем фотолуке.

В результате анализа установлено, что альbedo городской и пригородной территорий в основном различаются в холодное время года, когда имеется устойчивый снежный покров. При этом различия в значениях альbedo соседних площадей может достигать 30%. Межгодовая изменчивость, оцененная по отдельным зимним месяцам, показывает, что вариации альbedo обеих типов подстилающей поверхности колеблются в пределах 15-35%.

Работа выполнена по междисциплинарному гранту СО РАН №130 «Экология промышленных городов Сибири».

## Об одной термогидродинамической модели термоэрозии криолита

**Фаррахов Азамат Азатович**

*Башкирский Государственный Университет*

*Хабибуллин Ильдус Лутфурахманович, д.ф.-м.н.*

*[fara.farrachov@rambler.ru](mailto:fara.farrachov@rambler.ru)*

Освоение Субарктической зоны сопровождается интенсивным техногенным воздействием на окружающую среду. При этом значительными по своим масштабам являются геокриологические процессы на поверхностном слое криолитозоны, такие как термокарст, солифлюкация, морозное пучение, термоэрозия и др. Следствием термоэрозии являются возникновение развитой сети промоин и оврагов, деградация мерзлоты, подтопление и заболачивание территорий.

Термоэрозия представляет собой совокупность целого ряда взаимосвязанных процессов гидродинамики (движение водных потоков по склонам), теплофизики (изменение температуры грунтов и фазовые переходы типа лед-вода) и механики грунтов (изменение прочностных свойств грунтов, смыв грунтовых частиц водным потоком и эрозия поверхности).

Математическая постановка задачи включает уравнение теплопроводности в областях талого и мерзлого грунта (1)-(2) и соответствующие граничные условия. Динамика температурного поля в грунте и расплавление мерзлого грунта описывается в рамках Стефановской концепции. При этом для температуры талой зоны получается задача типа Стефана с двумя подвижными границами, одна из которых определяется из условия теплового баланса, а вторая – из условия баланса массы частиц грунта

Исходная система уравнений для квазиодномерной геометрии имеет вид:

$$a_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial z^2} = \frac{\partial T_2}{\partial t} \quad S(t) < z < \eta(t) \quad (1)$$

$$a_3 \frac{\partial^2 T_3}{\partial z^2} = \frac{\partial T_3}{\partial t} \quad H_0 < z < S(t) \quad (2)$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial z} - \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial z} = m\rho_s L \frac{dS}{dt} \quad (3)$$

$$T_2(z = S(t)) = T_3(z = S(t)) = T_p \quad (4)$$

$$T_2(z = \eta(t)) = T_1(t) \quad (5)$$

$$T_2(z = H_0) = T_0 \quad (6)$$

Решение задачи (1)-(6) позволяет найти распределение температуры в области оттаявшего и мерзлого грунтов, а также динамику фронта таяния мерзлого грунта  $S(t)$ . При этом, в отличие от классической задачи Стефана, температура на поверхности  $z = \eta(t)$  может быть переменной величиной. Она определяется из решения температурной задачи для области  $z = \eta(t)$  с соответствующими условиями теплообмена этой области (стекания жидкости по склону) с атмосферным воздухом или же считается заданной функцией времени, определяемой из эмпирических соображений. Например, при небольшой глубине стока воды, эту температуру можно узнать по данным измерения температуры за определенный промежуток времени.

Закон движения поверхности  $z = \eta(t)$  определяется из решения гидродинамической задачи о размыве оттаявшего грунта потоком воды.

## Радиоцезий в компонентах биосферы на примере села Сюля Нюрбинского улуса Республики Саха (Якутия)

*Филиппова Евдокия Геннадиевна*

*Яковлева Валентина Дмитриевна*

*Якутский Государственный Университет*

*Степанов Валерий Егорович, профессор, д.ф.-м.н.*

*Dusya\_ykt@mail.ru*

Оценены содержания Cs-137 в мышечной ткани с/х животных и в почвенно-растительном покрове в условиях Нюрбинского улуса. Отобраны пробы мышечной ткани домашних животных: крупного рогатого скота, лошадей, свиней; диких животных: оленей; рыбы: карасей; растительности: брусники, подберезовиков, маслят, мхов и лишайников; почв: луговой, пойменной и опушки леса.

Измерения проведены на полупроводниковом гамма спектрометре с коаксиальным детектором из сверхчистого германия с тонким бериллиевым окном фирмы Канберра (США).

Пробы мышечных тканей животных и проходили взвешивание на весах с чувствительностью 0,1; пропускание через мясорубку; гомогенизирование. Высокая чувствительность американского полупроводникового гамма спектрометра фирмы Канберра – Паккард, с минимально детектируемой активностью по радиоцезию в 0,2 Бк. позволяет измерять мышечную ткань животных, рыбу и бруснику в неизменном свежем виде. А пробы почв, грибов, мхов и лишайников измерялись в воздушно-сухом виде, проходя взвешивание сырого веса, получение воздушно-сухого веса и взвешивание, пропускание через мясорубку, гомогенизирование. Результаты измерения образцов проб отражены в таблицах:

Вертикальное распределение радиоцезия на местообитаниях

Наименование пробы	Площадь, м <sup>2</sup>	Глубина, см	Площадное загрязнение	Cs-137, Бк/кг
почва лугового пояса	0,01125	0 – 1,5	816	43,8(1,0)
почва лугового пояса	0,01125	1,5 – 8,0	165	2,5(0,2)
почва лугового пояса	0,01125	8,0 – 10,0		
Сумма			981	
Пойменная почва	0,01125	0 – 2,7	935,9	33,1(0,6)
Пойменная почва	0,01125	2,7 – 10,2	425,9	7,0(0,5)
Пойменная почва	0,01125	10,2 – 12,7		
Сумма			1361,8	
Почва опушки леса	0,01125	0 – 2,8	1144,1	52,3(1,4)
Почва опушки леса	0,01125	2,8 – 8,1	139,9	3,5(0,6)
Почва опушки леса	0,01125	8,1 – 9,2	14,7	1,0(0,5)
Сумма			1298,7	

Удельная активность радиоцезия в мышечной ткани животных, Бк/кг.

Наименование пробы	Cs – 137		ПДК по Cs – 137	Отношение ПДК к уд. акт. Cs – 137
	2002г	2003г		
Говядина	0,15(0,07) [2г7мес]	0.67(0,09) [блг]	160	239-1066
Свинина	0,15(0,03)		160	1066
Жеребятина	1,69(0,16)		160	95
Оленина		63,9(1,6)	320	5

В круглых скобках указана погрешность измерений. В квадратных скобках - возраст крупного рогатого скота.

Видно, что содержание радиоцезия в пробах жеребятины на порядок выше, чем в пробах говядины и свинины, особо выделяется проба оленины, поскольку высокая концентрация глобальных РПД в лишайнике, которым питаются олени, служит причиной большего содержания цезия-137 в мышечной ткани оленей. Содержание радиоцезия в говядине в среднем 381 раз, в свинине 1066 раз, в жеребятине 895 раз, в оленине 5 раз меньше предельно допустимой концентрации по СанПиНу. По сравнению с результатами опубликованными в Госдокладе «О санитарно-эпидемиологической обстановке в РС(Я) 2001г» наш показатель по говядине соответствует минимальным значениям, по жеребятине и рыбе – среднему значению.

Удельная активность радиоцезия в рыбах, Бк/ кг.

Наименование пробы	Cs – 137	ПДК по Cs – 137	Отношение ПДК к уд. акт. Cs – 137
Караси	0,82(0,08)	130	158

Содержание радиоцезия в карасях 158 раз меньше предельно допустимой концентрации по СанПиНу.

По сравнению с результатами опубликованными в Госдокладе «О санитарно-эпидемиологической обстановке в РС(Я) 2001г» наш показатель по рыбе соответствует среднему значению.

Удельная активность радиоцезия в растительности, Бк/ кг

Наименование пробы	Cs – 137	ПДК по Cs – 137	Отношение ПДК к уд. акт. Cs – 137
Vaccinium vitis-idaea (Брусника)	1,7(0,2)	160	4
Leccinum scabrum (Подберезовики)	128,3(9,9)	2500	9
Suillusgrevillei (Маслята)	21,6(4,1)	2500	116
Aulacomnium acuminatum	12,5(1,0)	Верхний зеленый слой	
Aulacomnium a.	8,1(0,9)	Светло-коричневый	
Aulacomnium a.	17,0(1,1)	Темно-коричневый	
Peltigera canina	5,8(0,7)		

Содержание радиоцезия в пробах брусники 4 раз, подберезовиков 9 раз, маслят 116 раз меньше предельно допустимой концентрации по СанПиНу. В целом концентрация радиоцезия в мышечных тканях животных и в растительности не превышают нормы по санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам, следовательно, сельскохозяйственная продукция Нюрбинского улуса на примере села Сюля радиационно «чиста».

## Метод ЛИФ для мониторинга лесов Западной Сибири

*Шульгина Лидия Адольфовна*

*Фатеева Наталья Леонидовна \**

*Томский Государственный Университет*

*\*Институт оптики атмосферы СО РАН*

*Матвиенко Геннадий Григорьевич*

*sla@iao.ru*

В настоящее время актуальность приобретают исследования, направленные на усовершенствование имеющихся и разработку новых научных подходов, методик и аппаратуры для мониторинга окружающей среды. Необходимо отметить, что принципиальное значение с этой точки зрения имеет получение экспресс - информации о состоянии природных объектов. Эффективным подходом к решению такого рода задач является использование дистанционных методов. Одна из важных задач экологического мониторинга - контроль состояния растительности, включающий в себя мониторинг лесов.

Метод ЛИФ может служить одним из способов ранней диагностики состояния лесов. В основу разработок ЛИФ метода положены следующие принципы. Существуют три основные пути реализации энергии



квантов света поглощенных молекулами хлорофилла – фотохимические реакции, тепловая диссипация и флуоресценция. Эти процессы являются конкурентными, вследствие чего изменение эффективности одного ведет к противоположному изменению двух других. Поэтому величина интенсивности флуоресценции при фотосинтезе зависит от целостности и функциональной активности фотосинтетического аппарата и чувствительна к изменениям интенсивности фотосинтетической активности.

В работе представлены результаты дистанционных измерений лазерно-индуцированной флуоресценции хлорофилла древесной растительности при различных условиях окружающей среды. В исследования были проведены на флуоресцентном лидаре. Для возбуждения флуоресценции использовалась вторая гармоника импульсного лазера на стекле с неодимом с длиной волны 532 нм. Известно, что в спектре флуоресценции растения преимущественно проявляются две полосы с максимумами на 685 нм и 740 нм.[1] В задачу входило снятие сигналов на этих длинах волн, а также на опорной длине волны 532 нм.

В качестве объектов исследования были выбраны наиболее распространенные в Западной Сибири хвойные и лиственные деревья, такие как кедр сибирский и сосна обыкновенная, а так же береза и осина. У всех исследованных древесных растений отчетливо прослеживались несколько стадии ответных реакции на стрессовые условия, отражающиеся в изменении флуоресцентных откликов, при этом наблюдался качественно одинаковый временной ход интенсивности флуоресценции по каждому флуоресцентному каналу отдельно. Было найдено, что наиболее чувствительной к стрессовым условиям является область 685 нм, по сравнению с 740 нм. Была отмечена несколько различающаяся чувствительность хвойных и лиственных деревьев к неблагоприятным воздействиям в зависимости от видовой принадлежности.

В целом эксперименты показали, что метод ЛИФ позволяет определить видовую принадлежность деревьев и обнаружить нарушения растительного покрова, выявить влияние неблагоприятных условий на развитие древесной растительности. Главная преимущество ЛИФ метода - возможность установить изменение в физиологическом состоянии у растений даже в отсутствие видимых признаков повреждения. Таким образом, приведенный выше экспериментальный материал показывает принципиальную возможность использования метода лазерно-индуцированной флуоресценции хлорофилла в мониторинге лесов, что коренным образом изменит существующую технологию и обеспечит при этом более высокую точность диагностики состояния лесных ресурсов.

Список публикаций:

- [1]. Шульгина Л.А. Фатеева Н.Л. Флуоресцентные методы исследования растительности. Сб. тезисов и лекций IX Международной школы - семинар по люминесценции и лазерной физике. Иркутск, 2004г. с.133  
[2]. Шульгина Л.А. Фатеева Н.Л. Хвойные леса как индикаторы антропогенного загрязнения Сб. тезисов докладов XI рабочей группы «Аэрозоли Сибири», Томск, 2004г, стр. 37

## **Глобальные радиоактивные выпадения в почвенно-растительном покрове таежно-аласном ландшафте Якутии**

**Яковлева Валентина Дмитриевна**

*Марков Дмитрий Анатольевич*

*Якутский Государственный Университет*

*Степанов Валерий Егорович, д.ф.-м.н.*

*[fz99ves@sitc.ru](mailto:fz99ves@sitc.ru)*

Первым звеном поступления искусственных радионуклидов на биоту является почвенно-растительный покров, характер поведения которых зависят от источника образования. Так, в нашем исследовании имеют место глобальные радиоактивные выпадения, обусловленные ядерными испытаниями в боевых целях, а также чернобыльской аварией на АЭС.

С радиоэкологической точки зрения таежно-аласный тип ландшафта, имеющий малую площадь и различные составляющие экосистемы, (т.е. лесная, луговая, болотная, озерная экосистемы) является очень удобной моделью для исследования миграции и распределения искусственных радионуклидов.

Исследуемая территория расположена в северной части умеренного географического пояса между  $58^{\circ}10'$  и  $62^{\circ}40'$  с.ш. и  $122^{\circ}10'$  и  $135^{\circ}30'$  в.д., входит в состав двух физико-географических стран – “Средняя Сибирь” и “гор Южной Сибири” (Мерзлотно-ландшафтная карта..., 1991). Бассейн р.Амги находится в центральной части Якутии, относящейся к области резко континентального климата.

Содержание цезия-137 в почвенно-растительном покрове по таежно-аласным экологическим подсистемам (ТАЭП) имеет неравномерное распределение, в зависимости от особенностей рельефа, растительности и почвенного покрова. Вертикальное распределения радионуклида в почвенных профилях является характерным для всех экологических подсистем, и максимальное количество его отмечается в верхнем пятисантиметровом органогенном слое.

Америций-241 обнаружен в почвенно-растительном покрове лесной подсистемы и максимальное содержание отмечается в верхнем растительном и гумусовом слоях.

Содержание Cs-137 в почвах под пологом леса характеризуется рядом специфических особенностей: глубиной проникновения, так в лесной почве до 5 см, луговой - 10см; валовым значением поверхностного загрязнения под пологом леса 2 раза больше, чем на лугу; почвообразующим растительным сообществам имеют разные типы. Эта особенность определяется существованием лесной подстилки.

Площадное содержание глобального цезия-137 варьирует в пределах 200 до 1800 Бк/м<sup>2</sup>, америция-241 оценивается 0.2 Бк/ м<sup>2</sup> в почве лесного пояса.