

направления от точечного высотного источника загрязнения функций распределения загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах предприятий [3].

Для эксперимента были использованы угольная ТЭЦ, находящаяся в г. Новосибирск и алюминиевый завод, находящийся в г. Красноярск. Измерение функций распределения было проведено с помощью метода мхов-трансплантатов для разных периодов экспозиции. Определение содержания химических элементов в образцах мха проведено в научных подразделениях Томского политехнического университета: нейтронно-активационным методом на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т и методом атомно-эмиссионной спектроскопии на спектрометре iCAP6300 Duo научно-аналитического центра.

Для оценок вертикального коэффициента турбулентной диффузии  $k_z$  использованы функции распределения только тех химических элементов, для которых наблюдается зависимость концентраций химических элементов во мхах от расстояния, характеризующаяся наличием максимума. Данное условие необходимо для использования при оценках  $k_z$  аналитического решения диффузионно-конвективного уравнения, полученного для монодисперсных выбросов. В расчетах параметров переноса по формулам при определении средней скорости ветра использованы данные Gismeteo, приведенные для высоты 10 м за разные периоды экспозиции при НАА и АЭС.

В работе показано, что усредненные значения  $k_z$  возрастают с увеличением средней скорости ветра и степени неоднородности подстилающей поверхности. Выявленные для длительных промежутков времени закономерности хорошо согласуются с результатами, полученными при малых периодах наблюдения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 272 с.
2. Лайхтман Д.Л. Физика пограничного слоя атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 342 с.
3. Ryzhakova (Rizhakova), Nadezhda Kirillovna. Use of moss biomonitors for turbulent transport coefficient estimation for industrial emissions [Electronic resource] / N. K. Ryzhakova (Rizhakova), A.L. Borisenko, V.O. Babicheva // Atmospheric Pollution Research. - 2017 - Vol. 8 - №. 5. - p. 997-1004.

### **БИОМОНИТОРИНГ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ВЫБРОСОВ КРУПНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Рогова Н.С., Бирюков К.П., Тайлашева К.А.

Научный руководитель: Рыжакова Н.К., к.ф.-м.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: rogoва@tpu.ru

Контроль загрязнения атмосферного воздуха является одной из важнейших задач индустриально развитых стран. Особый интерес представляют зоны влияния крупных предприятий топливно-энергетической и металлургической промышленности, простирающиеся на расстояния более 10-15 км. В Российской Федерации измерение содержания вредных веществ проводят на подфакельных постах, которые перемещаются в соответствии с направлением факела источников выбросов [1]. Данный способ контроля является трудоемким, к тому же измеряются разовые концентрации ограниченного числа вредных веществ.

В настоящее время широкое применение нашел метод биомониторинга загрязнения атмосферного воздуха с помощью мхов [2, 3]. Традиционно мхи отбирают в точках, равномерно распределенных на исследуемой территории. В Томском политехническом университете разработан менее трудоемкий способ биомониторинга, основанный на измерении уровня загрязнения вдоль какого-либо направления. На основе полученной зависимости и розы ветров можно прогнозировать размеры зон влияния предприятий и расстояния с максимальным уровнем загрязнения вдоль других направлений.

В работе представлены пространственные распределения загрязняющих веществ в зонах влияния угольной ТЭЦ (г. Новосибирск) и алюминиевого завода (г. Красноярск). Распределения получены методом регрессионного анализа концентраций химических элементов в образцах мхов, экспонированных на разных расстояниях от предприятий вдоль выбранных направлений. В исследовании использованы периоды экспозиции, равные 2, 8 и 11 месяцев в зоне действия алюминиевого завода, 2 и 8 месяцев – в зоне влияния ТЭЦ. Измерения проведены в научных подразделениях ТПУ на исследовательском реакторе ИРТ-Т и атомно-эмиссионном спектрометре iCAP6300 DUO научно-аналитического центра. В исследовании определены: методом АЭС концентрации 21 химического элемента (Al, Ag, B, Ba, Be, Bi, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Pb, Sn, Si, Sr, Ti, V, W, Zr.); методом НАА – 22 элемента (Sm, Mo, Ce, Ca, Lu, U, Tb, Th, Cr, Yb, Hf, Ba, Sr, Nd, Br, As, Sb, Cs, Sc, Rb, Fe, Zn, Ta, Co, Na, Eu, K, La).

В зоне влияния угольной ТЭЦ обнаружено большое содержание As, Ca, Ce, Cs, Hf, La, Lu, Mo, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb, Zn, для которых максимальные концентрации выше фоновых концентраций в несколько раз и более. В зоне влияния Красноярского алюминиевого завода максимальные

концентрации, превышающие фоновые значения в несколько раз и более, обнаружены для Ca, Cr, Cs, Eu, Hf, La, Lu, Mo, Na, Nd, Sb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, U, Yb, Zn. Фоновые концентрации измерены во мхах, отобранных на расстоянии более 50 км от промышленных центров.

Размеры зон влияния предприятий оцениваются как расстояния, на которых концентрации химических элементов в образцах мхов убывают до фоновых значений. Зона влияния ТЭЦ для большинства элементов простирается на расстояние до 8-10 км. Для более легких и мелких частиц выбросов АЗ размеры зоны влияния больше и для большинства элементов составляет от 10 до 20 км. Расстояния с максимальными уровнями загрязнения увеличиваются с ростом скорости ветра, усредненной за период экспозиции. Эти расстояния для большинства элементов в зоне влияния ТЭЦ составляют от 2 до 3.5 км, в зоне влияния АЗ несколько больше – от 2.5 до 4 км.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы (Часть I. Разделы 1-5)
2. Deljanin I., et al. Lead spatio-temporal pattern identification in urban microenvironments using moss bags and the Kohonen self-organizing maps // Atmospheric Environment. – 2015. – V. 117. – p. 180 – 186.
3. Boquete M.T. et al. Analysis of temporal variability in the concentrations of some elements in the terrestrial moss *Pseudoscleropodium purum* // Environmental and Experimental Botany. – 2011. – V. 72. – №. 2. – p. 210-216.

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА РАДОНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Ложников Ф.И.<sup>1</sup>, Ставицкая К.О.<sup>2</sup>, Альмяков П.Э.<sup>2</sup>

Научный руководитель: Рыжакова Н.К.<sup>2</sup>, к.ф.-м.н., доцент.

<sup>1</sup>Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: philiplozhnikov13@mail.ru

Радиоактивный газ радон –222 дает самый большой вклад (до 70 %) в дозу за счет природных источников облучения [1]. В нашей стране в соответствии с нормативными документами перед проведением строительных работ на земной поверхности проводят измерения плотности потока радона (ППР) [2]. Однако, в последние годы данный подход к оценке радоноопасности участков застройки подвергается критике, так как за время применения этого критерия накопилось большое количество экспериментальных данных, указывающих на значительные вариации плотности потока радона. Одной из основных причин изменчивости значений ППР является вариабельность физических свойств поверхностных грунтов и меняющиеся во времени атмосферные условия, в том числе разные режимы увлажнения грунтов [3]. Обзор результатов измерения ППР показывает, что наиболее сильное влияние на выход радона оказывают тип грунта, его влажность и пористость. Однако, каких-либо систематических исследований о влиянии различных факторов на ППР не проведено. В данной работе на основе результатов измерений ППР на поверхности одиннадцати пород разного типа с помощью регрессионного и дисперсионного анализа изучено влияние плотности, различных характеристик влажности и пористости грунтов на выход радона.

Измерения ППР проводили в летний период 2020 года на одиннадцати экспериментальных площадках г. Томска. Выбранные виды грунтов типичны для осадочных пород, характерных для большинства населенных территорий. Измерения ППР проводили методом угольных адсорберов с помощью измерительного комплекса Камера-01. Методом режущего кольца отбирали пробы грунта для определения следующих характеристик - естественная, весовая, объемная влажности, коэффициент влажности, пористость, коэффициент водонасыщения и плотность сухого грунта.

Проведенный однофакторный дисперсионный анализ показал значимое различие ППР, измеренных на поверхности одиннадцати типов осадочных пород. В результате регрессионного и дисперсионного анализа показано, что для некоторых типов пород наибольшее влияние на ППР оказывает естественная влажность, пористость и плотность. В связи с этим обнаруженные зависимости предполагается положить в основу разработки нового метода оценки радоноопасности участков застройки. Данный подход позволит не проводить трудоемких измерений ППР, а также при необходимости предусмотреть меры противорадоновой защиты на стадиях проектирования и строительства зданий.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90044.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. H.Alonso, J.G.Rubiano, “Assessment of radon risk areas in the Eastern Canary Islands using soil radon gas concentration and gas permeability of soils” J. Science of The Total Environment, vol.664, pp.449-60, 2019.
2. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99), СП 2.6.1.799-99, Минздрав РФ, 2000.