

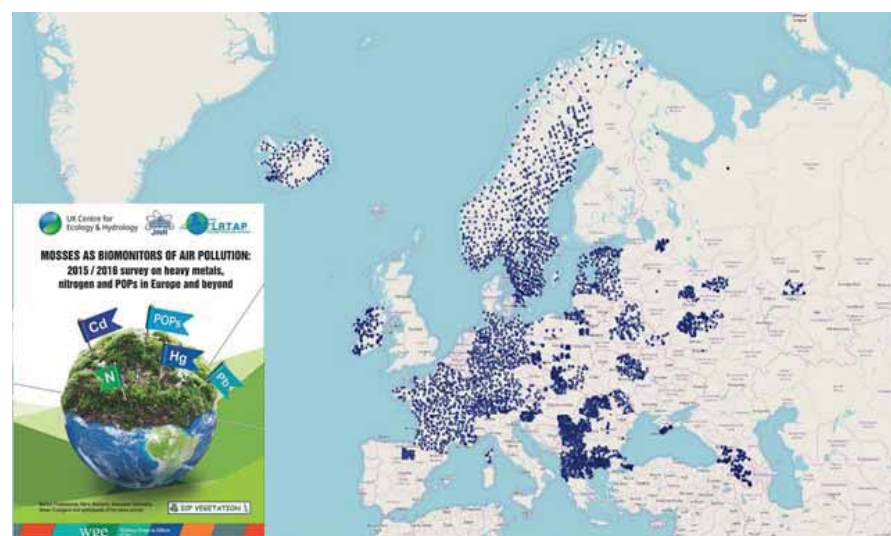
Assessment of heavy metal deposition by moss monitoring

The moss biomonitoring method in combination with analytical nuclear physics and chemical methods of analysis has been regularly used for the last 30 years in Western European countries to study atmospheric deposition of heavy metals, and over the past 15 years it has become widespread in Eastern Europe. Within the framework of the international program "Atmospheric Deposition of Heavy Metals in Europe — Assessment Based on Moss Analysis" under the auspices of the United Nations, the European Atlas of Atmospheric Deposition of Heavy Metals is published every 5 years. The aim of this program is to qualitatively and quantitatively

characterize the distribution of regional atmospheric depositions in Europe and now in Asia, to identify the location of important sources of heavy metal pollution and provide a retrospective picture of comparison with similar studies repeated every 5 years. Concentrations of heavy metals in mosses correlate well with atmospheric precipitation, and the transition to absolute values of heavy metal concentrations in air through calibration based on the total amount of precipitation is quite simple. The choice of mosses for the assessment of atmospheric deposition of heavy metals and other trace elements is determined by the fact that mosses ef-

Fig. 1
Map of sample collection sites of moss biomonitors in 2015–2016.

Рис. 1
Карта пробоотбора мхов-биомониторов в 2015–2016 гг.



Оценка осаждения тяжелых металлов методом мхов-мониторов

Метод мхов-биомониторов, в сочетании с ядерно-физическими и химическими аналитическими методами анализа, регулярно используется в течение последних 30 лет в странах Западной Европы для изучения атмосферных выпадений тяжелых металлов, а за последние 15 лет он нашел распространение и в странах Восточной Европы. В рамках международной программы «Атмосферные выпадения тяжелых металлов в Европе — оценки на основе анализа мхов-биомониторов» с периодичностью в 5 лет под эгидой ООН издается Европейский Атлас атмосферных выпадений тяжелых металлов. Цель этой программы — качественно и количественно охарактери-

зовать распределение региональных атмосферных выпадений в Европе, а теперь и в Азии, выделить местоположение важных источников загрязнения тяжелыми металлами и дать ретроспективную картину сравнения с такими же исследованиями, повторяющимися каждые 5 лет. Концентрации тяжелых металлов во мхах хорошо коррелируют с атмосферными выпадениями, а переход к абсолютным величинам содержания тяжелых металлов в воздухе через калибровку по общему количеству осадков достаточно прост. Выбор мхов для оценки атмосферных выпадений тяжелых металлов и других микроэлементов определяется тем, что мхи эффективно концент-

ively concentrate pollutants from the air and precipitation. Moreover, they do not have a root system and, therefore the contribution of sources other than atmospheric deposition is in most cases limited. Mosses can be analyzed using a variety of analytical methods.

Since 1995, the Sector of Neutron Activation Analysis of FLNP JINR has been taking part in the European program "Atmospheric Deposition of Heavy Metals in Europe — Assessment Based on Moss Analysis". The first contribution to the Atlas for 1995/1996 was the results for the Eastern Carpathians, Romania. The Atlas for 2015-2016 includes results for 36 countries, including fourteen JINR Member States: Azerbaijan, Armenia, Belarus, Bulgaria, Czech Republic, Georgia, Kazakhstan, Moldo-

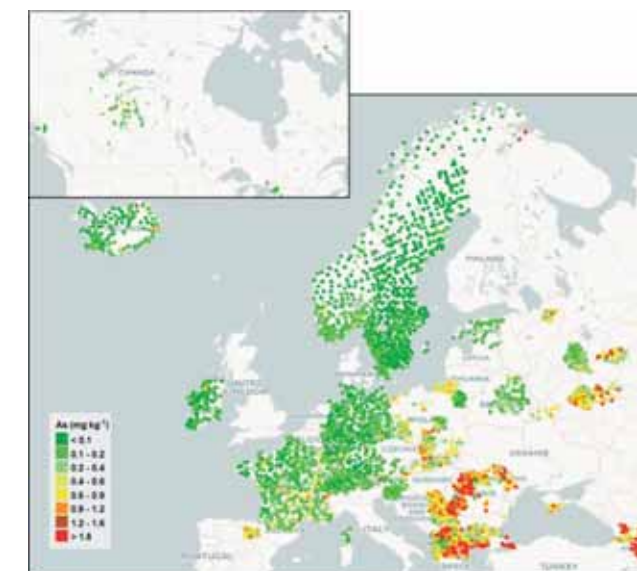
va, Mongolia, Poland, Romania, Russia, Ukraine and Vietnam. A total of 5,156 samples of moss biomonitors were collected (Fig. 1) and analyzed using various analytical techniques.

At FLNP, neutron activation analysis (NAA) is used, which allows the determination of up to 45 elements. The elements Cd, Cu, Pb, which are important from an environmental point of view, are additionally determined by atomic absorption spectrometry.

As an illustration, a map of arsenic distribution is presented (Fig. 2). High levels of arsenic were observed in southern and eastern countries such as Tajikistan, northern Turkey, Kazakhstan, Mongolia, Armenia, northern Greece, Azerbaijan and Romania.

Fig. 2
Map of arsenic distribution from the report for 2015-2016.

Рис. 2
Карта распределения содержания мышьяка из отчета 2015-2016 гг.



рируют загрязняющие вещества из воздуха и осадков. Более того, они не имеют корневой системы и, следовательно, вклад других источников, кроме атмосферных выпадений, в большинстве случаев ограничен. Анализ мхов может проводиться различными аналитическими методами.

Начиная с 1995 года, сектор нейтронного активационного анализа ЛНФ ОИЯИ принимает участие в Европейской программе «Атмосферные выпадения тяжелых металлов в Европе — оценки на основе анализа мхов» Первым вкладом в Атлас 1995/1996 года были результаты по Восточным Карпатам, Румыния. В Атлас 2015/2016 гг. вошли результаты по 36 странам, среди которых 14 стран-участниц ОИЯИ: Азербайджан, Армения, Беларусь, Болгария, Вьетнам, Грузия,

Казахстан, Молдова, Монголия, Польша, Россия, Румыния, Словакия, Украина и Чехия. В общей сложности были собраны 5156 образцов мхов-биомониторов (рис. 1), анализ которых проводили различными аналитическими методами.

В ЛНФ для анализа используют метод НАА, который позволяет определять до 45 элементов. Важные с экологической точки зрения элементы Cd, Cu, Pb определяются дополнительно, методом атомной абсорбционной спектроскопии.

В качестве примера приведена карта распределений мышьяка (рис. 2). Высокие уровни мышьяка наблюдались в южных и восточных странах, таких как Таджикистан, северная Турция, Казахстан, Монголия, Армения, северная Греция, Азербайджан и Румыния.