УДК 624.131:551.3

А.В.ТАЛОВСКАЯ
Томский политехнический университет

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ТОМСК-СЕВЕРСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ АГЛОМЕРАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ПЫЛЕАЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫПАДЕНИЙ

Представлены результаты многолетних исследований пылеаэрозольных выпадений снегового покрова. Изучен минерально-вещественный состав, радиогеохимические и геохимические особенности твердого осадка снега. Применен метод биотестирования на Drosophila melanogaster. Результаты исследования базируются на современных количественных аналитических методах (атомно-эмиссионный с индуктивно-связанной плазмой, инструментальный нейтронно-активационный, атомно-абсорбционный), а также электронной микроскопии, рентгеноструктурном анализе, импульсной катодной люминесценции, *f*-радиографии. Проводится комплексная геоэкологическая оценка территории Томск-Северской промышленной агломерации, которая подвергается воздействию предприятий ядерно-топливного цикла.

Results of studying of dust-aerosol fallouts in snow cover are presented. Mineral composition, radiogeochemical and geochemical characteristics of solid snow precipitation are studied. The research was carried out using the method of biological test on Drosophila melanogaster using up-to-date analytical methods (atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma; instrumental neutron-activation method; atomoc absorption analyses) as well as electron microscopy, X-ray structural analysis, cathode pulse luminescence and *f*-radiography. A complex geoecological evaluation of the Tomsk-Seversk industrial agglomeration area is presented. This area is affected by nuclear-fuel industrial enterprises.

В земной атмосфере рассеяно громадное количество различных веществ в виде аэрозолей. Наиболее опасными для органов дыхания человека являются частицы размером от 0,5 до 5 мкм. Для изучения атмосферных выпадений в южной части г.Томска и пос.Тимирязево (пригород) автором в течение 2001-2005 гг. проводился комплексный мониторинг пылеаэрозольных выпадений.

В качестве объектов исследования использовался снеговой покров в зимний период, а в летний – материал накапливался на планшетах. В качестве пунктов мониторинга были выбраны следующие площади: территория учебных корпусов Томского политехнического университета, Лагерного сада и пос.Тимирязево.

Микроэлементный состав твердого осадка снега (ТОС) и атмосферной пыли проводился в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА), а также изучался вещественный состав проб с использованием импульсной катодной люминесценции на кафедре лазерной и световой техники ТПУ.

Кроме этого, автором на кафедре биологии и генетики Сибирского медицинского государственного университета в течение 2001-2004 гг. проводилось биотестирование аэрозольных выпадений на Drosophilide melanogaster. В 2003 г. проводилось исследование снегового покрова территории ряда промышленных предприятий г.Томска (ГРЭС-2, АООТ «ТЭМЗ», АООТ «ТЗИА», Кирпичный завод, АООТ «ТЭТЗ», АОЗТ «ТЭЛТЗ») и на территории пос.Поросино, устанавливался уровень пылевого загрязнения и определялся минерально-вещественный состав проб (Таловская, 2004).

Сравнивая данные по среднесуточной пылевой нагрузке и соотношение в пробах частиц природного и техногенного происхождения за период 2001-2005 гг., можно отметить, что на протяжении всего периода величины показателей существенно не менялись: среднесуточная пылевая нагрузка входит в низкую степень запыленности (10-80 мг/м^2 в сутки), частицы техногенного происхождения (муллит, ферромагнезит, асбест и др.) составляют 80-90 % в твердом осадке снега и преобладают над природными (кварц, полевой шпат, слюда и др.) на 10-20 %; в пыли частицы природного происхождения (70-80 %) доминируют над техногенными (30-40 %).

По результатам снегового опробования на территориях промышленных предприятий г.Томска среднесуточная пылевая нагрузка соответствует низкому уровню загрязнения (10-50 мг/м^2 в сутки), в вещественном составе твердого осадка снега частицы техногенного происхождения (55-80 %) доминируют над природными частицами (20-45 %) (Таловская, 2004).

Изучение вещественного состава пылеаэрозольных выпадений в ТОС методом катодной люминесценции позволило более точно диагностировать частицы природного происхождения с характерным свечением (кварц – голубое, кальцит – желтое и т.д.).

Минералогическая оценка твердого осадка снега территории Томской агропромышленной агломерации фиксирует четкие признаки техногенной нагрузки, проявленные в присутствии твердых минеральных фаз техногенного происхождения. Присутствие бадделеита, асбеста, оксидов урана, тодорокита и группы самородных металлов позволяет наметить основные источники загрязнения, среди которых наиболее вероятными являются предприятия ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) Сибирского химического комбината и топливно-энергетического комплекса[*].

По результатам инструментального нейтронно-активационного анализа в пробах твердого осадка снега по годам и по месяцам (2001-2004 гг.) поступление редких и редкоземельных элементов носит относительно однородный геохимический характер. Тогда как наиболее интересная динамика в накоплении радиоактивных элементов – накопление урана и тория – в ТОС весьма неоднородно как по месяцам, так и по годам, причем это характерно как для города, так и для пригородной зоны, что свидетельствует о наличии локальных источников их поступления, кроме этого, величина содержания урана и тория в пылеаэрозольных выпадениях соответствует значениям территорий со средней техногенной нагрузкой (см. таблицу).

Сопоставление значений содержаний тяжелых металлов классов опасности I (As, Be, Cd, Pb), II (Co, Cr, Cu, Mo, Sb), III (Ba, Mn, Sr, V, W) в пробах, отобранных на территории г.Томска и г.Северска, по данным метода индуктивно-связанной плазмы отмечает повышенные содержания Cd, Pb, W в ТОС территории г.Томска, тогда как содержание Zn, Cu, Mo, Sb больше в ТОС территории г.Северска. Следует отметить, что на территории г.Томска действуют предприятия различного типа, а на территории г.Северска располагается предприятие ЯТЦ – Сибирский химический комбинат.

По результатам исследования вещественного состава 112 снеговых проб, отобранных на территории г.Северска, установлено, что частицы техногенного происхождения – 50-70 % (сажа, шлак, муллит, ферромагнезит) доминируют над природными – 20-30 % (кварц, полевой шпат, кальцит).

Метод биотестирования на Drosophila melanogaster проводился в целях оценки влияния аэрозольных выпадений на живые организмы. Суть опыта заключалась в изучении влияния ТОС на соотношение полов, выявление мух с морфозами и мозаиками.

Для эксперимента использовался ТОС территорий учебных корпусов ТПУ (1 %-ная концентрация), промышленных предприятий г.Томска (ГРЭС-2 – 3 и 4 %; АООТ «ТЭМЗ» – 3 %; АООТ «ТЗИА» – 1 %; Кир-

[*] Минеральный состав пылеаэрозольных выпадений снегового покрова Томской агропромышленной агломерации / Е.Г.Язиков, Р.В.Голева, Л.П.Рихванов и др. // Записки ВМО. 2004. № 5. С.69-78.

Величины среднесуточной пылевой нагрузки $P_п$, общей нагрузки $P_{общ}$ и содержания радиоактивных элементов в твердом осадке снега по мониторинговым исследованиям территории южного округа г.Томска и пос.Тимирязево

Характеристика	$P_п$, (кг/км^2)сут	U, мг/кг	Th, мг/кг	Th/U	$P_{общ}$, (г/км^2)сут	
					U	Th
Южный округ г.Томска (территория учебных корпусов ТПУ), по годам						
2001	$\frac{74}{37-99}$ (4)	$\frac{5}{5}$ (1)	$\frac{10,3}{10,3}$ (1)	2,1	0,08	0,17
2002 (с 12.01 по 03.03)	$\frac{16}{1,9-42}$ (4)	$\frac{0,7}{0,7}$ (1)	$\frac{5,5}{5,5}$ (1)	7,9	0,03	0,24
2003 (с 12.02. по 03.03)	$\frac{44}{25-76}$ (4)	$\frac{5,4}{5,4}$ (1)	$\frac{10,9}{10,9}$ (1)	2	0,29	0,59
2004 (с 12.03 по 03.03)	$\frac{23}{15-30}$ (4)	$\frac{3,3}{3,3}$ (1)	$\frac{5,4}{5,4}$ (1)	1,6	0,14	0,23
По месяцам						
Декабрь 2002	76	38,9	9,7	0,2	2,96	0,74
Январь 2003	46	12,7	10	0,8	0,58	0,46
Февраль 2003	25	6,4	9,2	1,4	0,16	0,23
Март 2003	28	3,4	8,9	2,6	0,1	0,25
Пригород г.Томска (п.Тимирязево), по годам						
2001	$\frac{42}{36,4-47,6}$ (2)	$\frac{2,9}{2,9}$ (1)	$\frac{7,7}{7,7}$ (1)	2,7	0,12	0,32
2002 (декабрь)	$\frac{49}{49}$ (1)	$\frac{5,2}{5,2}$ (1)	$\frac{7,3}{7,3}$ (1)	1,4	0,21	0,3
2003(с 12.02. по 03.03)	$\frac{40,5}{36-49}$ (4)	$\frac{4,7}{4,7}$ (1)	$\frac{11,1}{11,1}$ (1)	2,4	0,13	0,3
2004 (с 12.03 по 03.03)	$\frac{24}{11-27}$ (4)	$\frac{4}{4}$ (1)	$\frac{6,7}{6,7}$ (1)	1,6	0,17	0,3
По месяцам						
Декабрь 2002	49	5,2	7,3	1,4	0,25	0,36
Январь 2003	29	7,3	8	1,1	0,21	0,23
Февраль 2003	48	3,2	8,6	2,7	0,15	0,41
Март 2003	36	0,43	11,1	25,8	0,02	0,4

Примечание. В числителе – среднее значение, в знаменателе – разброс значений, в скобках – количество проб

пичный завод – 2 %; АОЗТ «ТЭЛЗ» – 1 %); г.Северска – 6 % и 10 %; пос.Тимирязево – 2001 г. – 0,4 %; 2003-2004 гг. – 2 %, пос.Поросино – 4 %; пос.Тегульдет – 10 %.

В результате эксперимента оказалось, что с высокой степенью вероятности на соотношение полов по сравнению с контролем повлияли пробы твердого осадка снега территорий электромеханического завода, г.Северска, тогда как на количество мух с морфозами – пробы ТОС с территорий ГРЭС-2, электромеханического завода, завода режущих инструментов, г.Северска, учебных корпусов ТПУ (2001, 2002, 2004 гг.).

Результаты сравнения проб ТОС территории учебных корпусов ТПУ между собой по интенсивности воздействия на соотношение полов и число мух с морфозами, показали, что с большей степенью вероятности повлияли на соотношение полов пробы ТОС, полученные в 2001 и 2003 гг. по сравнению с другими годами опробования, при этом проба ТОС территории учебных корпусов, отобранная в 2001 г., с большей сте-

пенью вероятности оказала воздействие на соотношение полов по сравнению с ТОС территории пос.Тимирязево, также отобранную в 2001 г. В пробах твердого осадка снега присутствуют вещества, которые негативно влияют на фенотип Drosophila melanogaster.

В основу метода *f*-радиографии положено вынужденное деление изотопов урана тепловыми нейтронами на реакторе, что позволяет определять пространственное распределение изотопа урана-235. В изученных пробах различных территорий фиксируется уран как в форме молекулярного равномерного рассеяния, так и в виде отдельных скоплений. В отдельных случаях наблюдаются частицы, которые можно рассматривать как «горячие», так как скопления треков имеют звездчатый характер, что очень характерно для предприятий ядерно-топливного цикла.

Таким образом, комплексное изучение пылеаэрозольных выпадений позволило оценить сложную эколого-геохимическую обстановку на территории Томск-Северской промышленной агломерации.