

**Оценка степени загрязнения снегового покрова
в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината**

© 2011. С. Г. Скугорева¹, к.б.н., н.с., Т. А. Адамович², аспирант, Г. Я. Кантор¹, к.т.н., н.с.,
В. П. Савиных³, д.т.н., чл.-корр. РАН, Т. Я. Ашихмина^{1,2}, д.т.н., зав. лабораторией,
А. В. Измestьева², студент,

¹Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,

²Вятский государственный гуманитарный университет,

³Московский государственный университет геодезии и картографии,
e-mail: ecolab2@gmail.com

В статье представлены данные по состоянию снегового покрова в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината по результатам химического анализа и биотестирования за два зимних периода (2008–2009 и 2009–2010 гг.). Выявлены участки максимального загрязнения снега нитратом аммония и хлоридом натрия. Установлено, что жизнеспособность семян пшеницы оказалась наиболее восприимчивым показателем к содержанию поллютантов в снеге. Для визуализации полученных данных использовали методы картографирования.

The article presents the data on the state of snow cover pollution within the Kirovo-Chepetsk chemical plant according to the results of chemical analysis and biotesting during two winter seasons (2008–2009 and 2009–2010). The areas with maximum snow pollution with ammonium nitrate and sodium chloride were found out. It is stated that the most sensitive indicator of pollutants content in snow is the viability of wheat seeds. In order to visualize the data acquired mapping methods are used.

Ключевые слова: Кирово-Чепецкий химический комбинат, загрязнение снегового покрова, экологический мониторинг

Key words: the Kirovo-Chepetsk chemical plant, snow cover pollution, ecological monitoring

Одним из методов, позволяющих оценить степень техногенной нагрузки на природный комплекс, является мониторинг загрязнения атмосферных осадков. Наиболее удобным в изучении видом осадков является снеговой покров. В среднем на территории Кировской области устойчивый снеговой покров сохраняется достаточно долго – в течение 5–5,5 месяца [1]. За счёт высокой сорбционной способности снеговой покров аккумулирует и сохраняет в своём составе практически все загрязняющие атмосферу компоненты. В связи с этим он является удобным и надёжным индикатором загрязнения воздуха, а также последующего загрязнения почвы и воды [2].

Как показывают наблюдения, концентрация загрязняющих веществ в снеге оказывается на 2–3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе [3]. В атмосферных осадках могут фиксироваться загрязнители, которые не улавливаются прямыми измерениями и не учитываются при расчётах рассеивания поллютантов в атмосферном воздухе. Всего лишь одна проба по всей толще снегового покрова даёт представительные данные о загрязнении в период от образования устойчивого снегового покрова до момента отбора пробы.

Химический состав снега формируется в результате поступления с осадками различных химических веществ, поглощения снеговым покровом газов и водорастворимых аэрозолей и взаимодействия с ним пылевых частиц, оседающих из атмосферы. Загрязнение снегового покрова происходит в 2 этапа. Во-первых, это загрязнение снежинок во время их образования в облаке и выпадение на местность – влажное выпадение загрязняющих веществ со снегом. Во-вторых, это загрязнение уже выпавшего снега в результате сухого выпадения загрязняющих веществ из атмосферы, а также их поступления из подстилающих почв и горных пород.

В Кировской области одним из крупнейших промышленных предприятий и источников техногенного воздействия на окружающую среду более полувека являлся Кирово-Чепецкий химический комбинат им. Б. П. Константинова. В настоящее время на базе бывшего химкомбината действует целый ряд промышленных и коммерческих предприятий, крупнейшими из которых являются Завод минеральных удобрений (ЗМУ), входящий в холдинг «Уралхим», и Завод полимеров (холдинг «Галополимер»). Эти заводы

относятся также к химически опасным предприятиям. В данной статье наряду с современными названиями заводов мы будем использовать традиционное название промышленного комплекса г. Кирово-Чепецка – Кирово-Чепецкий химический комбинат (КЧХК).

Проведённые ранее исследования [5, 6] показывают, что окружающая среда на территории вблизи комбината за десятилетия его производственной деятельности подвергалась воздействию широкого спектра загрязнителей, включающего минеральные соединения азота, фториды, тяжёлые металлы и т. д.

Целью настоящей работы было изучение современного состояния снегового покрова на территории, прилегающей к химическому комбинату [7, 8]. Для оценки степени загрязнения снега проводился анализ ионного состава, оценивалось содержание взвешенных веществ. Кроме того, был выполнен экотоксикологический анализ проб снега с использованием методов биотестирования.

Пробы снега отбирали в феврале–марте 2009–2010 гг. на участках с ненарушенным снежным покровом, которые располагались по восьми румбам от источников загрязнения – Завода минеральных удобрений и Завода полимеров (рис. 1, см. цветную вкладку). С каждого участка на всю глубину снежного покрова отбирали одну смешанную пробу, состоящую из 3-х точечных проб. Фоновый участок находился в лесном массиве у с. Тохтино Орловского района Кировской области. После таяния образцы снеговой воды фильтровали. Содержание взвешенных веществ определяли гравиметрическим методом [9], водородный показатель – на рН-метре-иономере «Эксперт-001», электропроводность – на кондуктометре «Cond 340i». Определение массовой концентрации ионов проводили методом ионной хроматографии на хроматографе «Стайер» [10, 11].

Кроме того, для установления острой токсичности проб снега нами были использованы в качестве тест-объектов: культура инфузорий (*Paramecium caudatum*), дафний (*Daphnia magna* Straus), водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer.) и тест-система «Эколюм», тетразольно-топографический метод определения жизнеспособности семян [12] и метод определения всхожести семян пшеницы [13].

Для визуализации данных по распределению нитрата аммония в снеге и по его токсичности для биотест-объектов использовали методы картографирования с применением ГИС MapInfo Professional и ArcGIS.

В ходе химического анализа получены результаты, которые приведены в таблице 1. Электропроводность снега варьировала от 14,7 до 160 мкСм/см. Максимальное значение электропроводности в 13 раз превышающее фоновое значение, определено в точке 53. В образцах проб снега с участков 1, 3 и 55 электропроводность выше фона в 4,3–5,5 раза. Минимальные значения данного показателя отмечены в снеге на участках 13 и 54. По значению электропроводности можно судить об общем содержании различных солей в снеге.

Значение рН снеговых вод является хорошим индикатором влияния промышленных объектов на исследуемой территории. Из естественных агентов наибольшее влияние на величину рН оказывает содержание углекислого газа в воздухе. Среднему содержанию углекислого газа в воздухе и незагрязнённым атмосферным осадкам соответствует значение рН=5,5–5,6. Выбросы предприятий чаще всего дают повышенные значения рН. Значения водородного показателя проб снега на исследуемой территории составили 6,6–7,2, т. е. все образцы снега имели реакцию, близкую к нейтральной, что говорит о некотором преобладании щелочных компонентов в выбросах КЧХК. Содержание взвешенных веществ варьировало в широких пределах от 0,5 до 20,2 мг/л. Наибольшее количество взвешенных веществ, в 37–67 раз превышающих фон, содержали пробы снега с участков 9, 18 и 55.

Содержание катионов натрия в пробах снега варьировало от 0,32 до 98 мг/л. Наибольшие концентрации ионов натрия, в 34–77 раз выше фона, определены на участках 53/1 и 53/2 и 13. Высокое содержание ионов натрия в снеге в точках 53/1 и 53/2, очевидно, обусловлено близостью этих точек к площадке хранения солевого сырья (главным образом, хлорида натрия).

Концентрация катионов калия в пробах изменялась от 0,14 до 28,8 мг/л. Максимальные значения содержания ионов калия установлены нами в точке 9/1, расположенной между секциями шламонакопителя, и в точке 15, находящейся в 500 м на запад от ЗМУ. В большинстве образцов снега концентрация ионов была невысокой. В целом, по сравнению с 2009 г. содержание ионов калия на всех участках в 2010 г. было несколько ниже [7].

Концентрация ионов кальция в снеге составляла 1,2–7,5 мг/л. На участках 18, 26, 53 и 55 содержание ионов Ca^{2+} было в 7,5–9,5 раза выше, чем в пробах снега на фоновом участке. Концентрация катионов магния была крайне

Таблица 1

Химический состав снега вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината в 2009–2010 гг.

№ точки	Э*	рН*	СВВ*	Содержание ионов, мг/л										
				Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ^{2+*}	Mg ^{2+*}	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	
1	53,7	6,64	2,2	0,69/2,20	0,54/1,39	3,44/4,73	3,58	0,87	0,11/0,21	1,29/1,76	17,5/10,7	0,10/нп	2,25/1,73	
3	69,1	7,17	2,6	0,72/1,85	0,44/1,41	4,85/3,94	3,87	0,75	0,15/нп	0,93/0,81	18,5/7,65	0,24/нп	1,95/1,06	
4	24,9	6,70	0,5	0,48/2,71	0,14/2,74	1,60/2,35	1,34	нп	нп/0,38	0,70/2,05	5,66/3,04	0,12/0,08	1,36/2,27	
6	32	6,62	1,2	0,49/3,21	0,31/1,25	2,40/1,06	1,51	нп	нп/0,24	0,66/1,76	6,14/3,73	нп/нп	1,67/1,25	
7	–	–	–	–/1,75	–/0,74	–/1,96	–	–	–/0,23	–/1,85	–/5,16	–/0,05	–/2,07	
8	29	6,98	2,5	0,40/4,52	0,31/2,87	1,91/3,01	1,37	нп	0,09/0,34	1,33/2,28	10,8/7,25	0,34/0,45	2,70/4,36	
9.2/9.1	31,1/–	6,67/–	20,2/–	0,68/0,97	0,21/22,86	1,85/1,50	1,93/–	1,13/–	0,07/0,18	1,33/2,33	5,62/3,08	0,09/0,06	1,59/3,30	
10	42,0	6,94	3,4	2,76/1,63	0,51/1,36	2,28/3,52	1,99	нп	0,06/нп	2,42/1,42	4,15/3,06	нп/нп	2,50/1,76	
11	46,5	7,06	0,3	0,39/1,79	0,29/5,22	2,85/3,52	2,09	нп	0,11/0,10	0,77/2,37	5,25/4,71	нп/нп	1,45/2,87	
13.2/13.1	14,7/–	6,60/–	0,6/–	0,35/9,02	0,10/2,21	0,75/10,2	1,03	1,27	нп/нп	0,52/4,67	2,61/1,27	нп/2,53	0,97/1,76	
14	31,1	6,94	0,6	0,71/1,54	0,78/2,31	2,48/2,33	2,01	1,02	нп/0,19	0,99/2,10	3,69/2,76	нп/0,06	1,53/1,78	
15	–	–	–	–/1,32	–/28,8	–/3,21	–	–	–/0,32	–/1,57	–/3,52	–/нп	–/1,74	
16	–	–	–	–/1,55	–/1,42	–/2,83	–	–	–/нп	–/0,48	–/3,37	–/нп	–/1,60	
18	43,4	7,22	11,1	0,95/2,58	нп/0,75	1,41/1,61	5,98	1,14	0,16/0,86	2,54/2,11	2,16/3,14	нп/0,28	2,85/2,36	
19	19,6	7,02	5,5	0,66/5,15	нп/3,02	0,93/1,06	1,71	нп	0,06/0,76	1,03/3,56	1,99/1,02	нп/0,07	1,70/1,42	
20	23,4	7,07	4,1	0,89/5,55	0,31/1,86	0,94/1,26	1,33	нп	0,05/1,66	1,42/7,43	9,31/2,44	нп/нп	1,62/3,07	
22	26,0	6,88	3,0	1,08/2,31	0,34/2,14	1,31/5,36	1,47	1,28	0,05/0,30	1,31/2,95	2,75/7,50	0,07/0,21	1,69/10,2	
23	26,5	7,08	2,7	0,32/–	0,13/–	1,69/–	2,16	1,15	0,05/–	0,55/–	5,41/–	нп/–	1,35/–	
25	28,6	6,83	3,3	0,50/3,73	0,49/1,72	1,61/2,08	1,68	1,18	0,05/нп	1,20/3,11	2,07/3,31	нп/нп	2,27/2,53	
26	21,8	6,63	3,9	0,53/3,04	0,41/2,58	1,16/2,53	7,06	3,02	0,05/0,29	0,71/1,63	1,93/2,21	нп/нп	1,75/2,10	
27	24,9	6,78	8,1	0,60/2,44	0,32/1,28	1,22/1,17	3,03	1,26	0,05/нп	0,97/3,11	1,94/3,24	нп/нп	2,23/2,92	
53.2/53.1	160/–	6,84/–	0,4/–	19,3/98	0,47/1,72	1,47/1,15	7,53	2,19	0,11/1,15	32,6/162	5,21/4,10	0,48/нп	5,13/15,5	
54	15,2	6,80	1,3	0,43/–	0,28/–	0,84/–	1,15	1,06	нп/–	0,47/–	2,01/–	нп/–	1,12/–	
55	55,1	6,74	13,7	0,47/–	0,21/–	2,61/–	6,43	нп	0,17/–	1,04/–	6,40/–	нп/–	4,33/–	
фон	12,5	6,49	0,3	0,57/1,28	0,35/1,05	0,48/1,07	0,8	–	нп/нп	1,07/2,77	1,14/1,28	нп/нп	0,71/1,81	

Примечание: Э – электропроводность (мкСм/см), СВВ – содержание взвешенных веществ (мг/л), нп – концентрация ионов ниже предела обнаружения. В числителе указаны значения концентраций ионов для 2010 г., в знаменателе – для 2009 г. Звёздочкой обозначены данные за 2010 г. Прочерк означает, что измерение не проводили; жирным шрифтом обозначены значения показателей, максимально превышающие фон.

невысокой, в третьей части проанализированных проб данные ионы не определены. Лишь только в образцах на участках 53 и 26 содержание Mg^{2+} было выше 2 мг/л. Катионы лития и стронция во всех пробах снега методом ионной хроматографии не были обнаружены.

Содержание фторид-ионов в исследуемых пробах оказалось незначительным. Наибольшее значение концентрации было отмечено на участках 20, 53 и составило 1,66 и 1,15 мг/л соответственно, что может быть связано с близким расположением исследуемых участков от Завода полимеров.

Концентрация хлорид-ионов в пробах снега варьировала от 0,48 до 162 мг/л. Наименьшие концентрации ионов отмечены на участках 3, 16. Наибольшие значения установлены в точках 53/1 и 53/2, расположенных вблизи склада хлорида натрия. В снеге на данных участках содержание хлоридов было в 30–58 раз выше фона.

Содержание фосфат-ионов в пробах снега было незначительным и составляло в среднем 0,06–0,48 мг/л. Максимальное значение концентрации иона было отмечено на участке 13 и составило 2,53 мг/л. В 60% проанализированных проб данные ионы методом ионной хроматографии не были обнаружены.

Концентрация сульфат-ионов в пробах снега изменялась в пределах от 0,97 до 15,5 мг/л. В 2010 г. максимальное значение их установлено в точках 53/1, 53/2, 55, 22. Превышение фонового значения концентрации SO_4^{2-} на данных участках составило 6–8,6 раза.

При оценке ионного состава снегового покрова нами сделан акцент на содержание приоритетного загрязнителя окружающей среды в районе КЧХК – нитрата аммония. Он попадает в атмосферный воздух в виде аэрозоля с

газопылевыми выбросами комбината и способен сорбироваться снегом.

Содержание иона аммония в пробах снега варьировало в пределах от 0,75 до 10,2 мг/л. На участках 1 и 3 установлены максимальные значения, которые были в 7–10 раз выше фона. Высокие концентрации NH_4^+ определены на участках 10, 11, 14 и 55, они составили 2,3–2,9 мг/л, что в 4,8–6 раз превышает значение данного показателя в фоновой точке.

По сравнению с другими анионами, наибольшие различия в концентрациях на участках отбора снега установлены для нитратов: минимальное значение составило 1,02 мг/л, максимальное – 18,5 мг/л. Наибольшие значения содержания нитрат-ионов зафиксированы в пробах с участков 1, 3, 8, 55. Так, на участках 1 и 3 значения концентрации нитратов в снеге были выше в 15–16 раз по сравнению с фоном.

Для визуализации полученных данных по содержанию ионов аммония и нитрат-ионов нами были построены карты распределения загрязнителей в снеговом покрове в 2009 г. (рис. 2А) и 2010 г. (рис. 2Б) (см. цветную вкладку). Из карт видно, что наиболее загрязненными нитратом аммония являются участки 1, 3, 6, 8, расположенные в непосредственной близости от Завода минеральных удобрений, на котором действуют производства аммиака, азотной кислоты и нитрата аммония. Высоки значения концентрации NH_4NO_3 на участках 55, 13/1 и 20(22).

По данным метеостанции Киров [14] были построены распределения повторяемости направлений ветра за периоды существования устойчивого снегового покрова в 2008–2009 гг. и 2009–2010 гг. (зимние розы ветров, рис. 3). Согласно этим распределениям, в зимний период наибольшей повторяе-

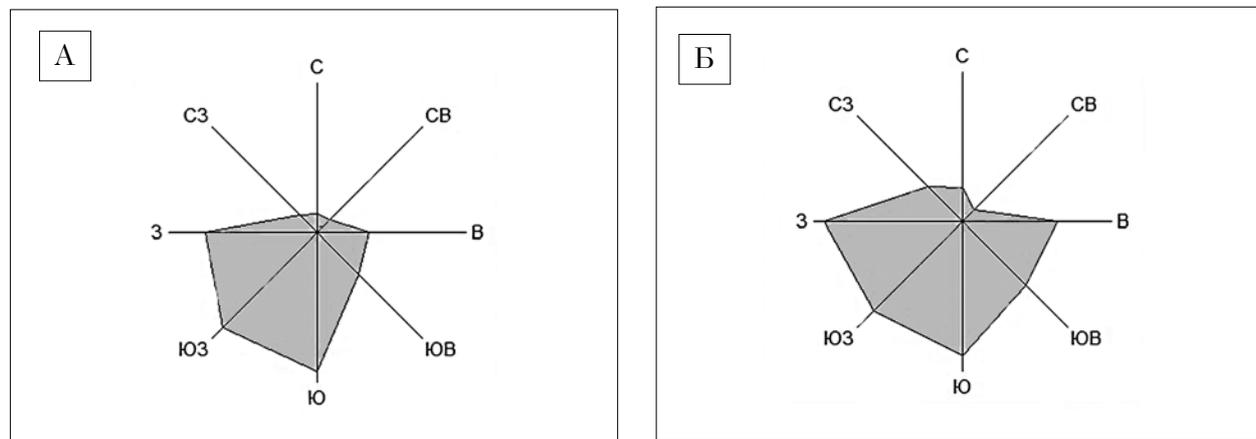


Рис. 3. Средняя повторяемость направлений ветра за зимние сезоны по данным метеостанции Киров
А – зима 2008–2009 гг.; Б – зима 2009–2010 гг.

Таблица 2

Всхожесть и жизнеспособность семян пшеницы в пробах снеговой воды

Показатель № участка	К	1	3	4	6	8	9	10	11	13	14
Жизнеспособность, %	100	85±5	89±5	94±3	96±2	89±4	95±2	89±2	88±5	89±6	98±1
Всхожесть, %	100	93±2	94±4	96±1	97±1	91±4	94±4	91±1	90±6	98±2	99±1
Показатель № участка	18	19	20	22	23	25	26	27	53	54	55
Жизнеспособность, %	95±2	86±5	83±5	91±6	88±10	82±1	86±2	85±1	83±8	87±6	86±5
Всхожесть, %	97±2	93±4	91±2	99±1	95±5	98±2	96±3	95±1	91±5	96±2	95±5

Примечание: К – контроль.

мостью характеризуются ветра южных, юго-западных и западных направлений. В связи с этим можно ожидать наличие более высоких концентраций аммонийного и нитратного азота в снеге в северном, северо-восточном и восточном направлениях от источника выбросов нитрата аммония. Полученные экспериментальные данные достаточно хорошо согласуются с этим предположением.

Данные, полученные в 2009 г. при биотестировании проб снега с использованием трёх биотестов, показали, что большинство исследованных проб не обладает острым токсическим действием. Лишь две пробы, отобранные на участках № 16 и 18, имеют умеренную степень токсичности по биотесту *Paramecium caudatum*. Проба с участка №18 является токсичной и по тест-системе «Эколюм». Экотоксикологический анализ проб снега с использованием тест-объекта *Chlorella vulgaris* выявил, что все проанализированные пробы, за исключением проб с участков 11 и 13/1, оценены как не токсичные. Пробы с участков 13/1 и 11 являются слаботоксичными.

В 2010 г. нами были определены жизнеспособность и всхожесть семян пшеницы в пробах снеговой воды (табл. 2). Жизнеспособность оказалась более чувствительным параметром, чем всхожесть семян. Установлено, что в 65% проб снега отклонение от контроля составляло более 10%, что указывает на токсичность исследуемых образцов. Максимальные отклонения от контроля отмечены для участков 1, 20, 25, 27 и 53/2. На рис. 4 (см. цветную вкладку) наглядно представлены данные по жизнеспособности семян пшеницы под воздействием снеговой воды. Из рисунка видно, что участки с наибольшей токсичностью снега сосредоточены вокруг Завода полимеров и прилегающей к нему жилой зоны г. Кирово-Чепецка и лишь один участок (№ 1) находится в непосредственной близости от ЗМУ.

Всхожесть семян пшеницы незначительно отличалась от контроля и варьировала в пределах от 91 до 99%.

При сопоставлении данных биотестирования проб снега с данными по химическому составу снега обращает на себя внимание тот факт, что в некоторых случаях в разряд токсичных попадают пробы, которые не содержат больших концентраций исследуемых ионов. Вероятно, это обусловлено наличием других загрязнителей в снеге, негативно влияющих на жизнедеятельность биотест-объектов. На наш взгляд, это может быть связано с промышленными выбросами, работой ТЭЦ-3, городского автотранспорта и бытовым загрязнением в г. Кирово-Чепецке.

Таким образом, по полученным в ходе исследования результатам можно сделать следующие выводы:

1. Приоритетным загрязнителем снега на территории в зоне действия КЧХК является нитрат аммония. Максимальные значения содержания нитрат-ионов и ионов аммония отмечены на участках, расположенных в непосредственной близости (500 м) от Завода минеральных удобрений, на котором действуют производства аммиака, азотной кислоты и нитрата аммония. Высока концентрация нитрата аммония в снеге вблизи секции №6 хвостохранилища мела КЧХК. На других участках с повышенным содержанием нитрат-ионов и катионов аммония загрязнение носит локальный характер.

2. Данные по распределению соединений азота в снеге достаточно хорошо согласуются с зимней розой ветров. Наибольшее загрязнение снега происходит в северном, северо-восточном и восточном направлениях, так как зимой преобладают южные и юго-западные и западные ветра.

3. Наиболее загрязненными катионами кальция, магния, натрия, хлорид- и сульфат-ионами являются участки 53/1 и 53/2. Основным загрязнителем снега на данных участках является хлорид натрия, концентрация которого в 30–60 раз выше, чем на фоновом участке. Высокое содержание натрия и хлорид-

ионов в снеге связано с близким расположением участков к складу хлорида натрия.

4. Биотестирование проб снега показало, что большинство исследованных проб не обладает острым токсическим действием. По методу определения жизнеспособности семян пшеницы 65% проанализированных проб снега можно считать токсичными. Прямой взаимосвязи между данными экотоксикологического анализа и ионным составом снега не выявлено. Наблюдаемая токсичность может быть обусловлена присутствием в снеге других загрязнителей (в частности, органических), имеющих иное пространственное распределение.

5. Распределение загрязнения и токсичности проб снега на исследуемой территории может быть наглядно представлено методами тематического картографирования с применением ГИС-технологий (в частности, методом изолиний в среде ГИС ArcMap).

Литература

1. Снеговая съёмка территории г. Кирово-Чепецка и его окрестностей / Отчёт о НИР. Екатеринбург: Институт промышленной экологии УрО РАН, 1998. 35 с.

2. Бояркина А. П. Аэрозоли в природных планшетах Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1993.

3. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман И. О. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 181 с.

4. Ашихмина Т. Я. Экологические аспекты радиационной безопасности в районе Кирово-Чепецкого химического комбината // «Атомная энергия, общество, безопасность»: Матер. Второго общественного Форума диалога. Санкт-Петербург. 2008. С. 398–403.

5. Дружинин Г. В., Лемешко А. П., Нечаев В. А., Хитрин С. В. Отчёт по результатам комплексной оценки влияния хозяйственной деятельности ОАО КЧХК и прилегающей к нему площади водосбора на режим формирования качества и количества стоков. Киров: ООО «Геосервис», 2006. 146 с.

6. Скугорева С. Г., Дабах Е. В., Адамович Т. А., Кантор Г. Я., Шуктомова И. И., Ашихмина Т. Я. Изучение состояния почв на территории вблизи Кирово-Чепецкого

химического комбината // Теоретическая и прикладная экология. № 2. 2009. С. 37–46.

7. Новокшопова Я. В., Адамович Т. А., Скугорева С. Г., Кантор Г. Я. Оценка содержания загрязняющих веществ в снеговом покрове территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. IV обл. науч.-практ. конф. молодёжи. Киров. 2009. С. 46–48.

8. Скугорева С. Г., Шихова Ю. В., Жевлакова М. А., Адамович Т. А., Кантор Г. Я. Состояние снежного покрова в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. Всерос. науч.-практ. конф. молодёжи. Киров: ООО «Лобань», 2010. С. 163–167.

9. Методика выполнения измерений содержания взвешенных веществ и общего содержания примесей в пробах природных и очищенных сточных вод гравиметрическим методом. ПНД Ф 14.1:2.110-97. М.: 1997. 11 с.

10. Методика выполнения измерений массовой концентрации катионов аммония, калия, натрия, магния, кальция, стронция в пробах питьевой, минеральной, столовой, лечебно-столовой, природной и сточной воды методом ионной хроматографии. ФР.1.31.2005.01738. М.: «Аквилон», 2008. 30 с.

11. Методика выполнения измерений массовой концентрации фторид-, хлорид-, нитрат-, фосфат- и сульфат-ионов в пробах питьевой, минеральной, столовой, лечебно-столовой, природной и сточной воды методом ионной хроматографии. ФР.1.31.2005.01724. М.: «Аквилон», 2008. 26 с.

12. Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий / Под общ. ред. Т. Я. Ашихминой, Н. М. Алалыкиной. Киров: О-Краткое, 2008. 336 с.

13. Майсурия Н. А., Степанов В. Н., Кузнецов В. С., Лукьянюк В. И., Черномаз П. А. Растениеводство. М.: Изд-во «Колос», 1965. 472 с.

14. Сервер «Погода России» – Киров (Вятка) (электронный ресурс) // http://meteo.infospace.ru/win/wearch/html/r_day_stn.sht?num=839.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных – кандидатов наук № МК-7588.2010.5.