

УДК 504

DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-1-246-263

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА – ОДНОГО ИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ГОРОДА УФЫ**

*Наил Султанович Миниغازимов*

Башкирский государственный аграрный университет, 450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, доктор технических наук, профессор кафедры природообустройства, строительства и гидравлики, тел. (917)418-54-14, e-mail: nail.minigazimov@mail.ru

*Эльнара Тимергалиевна Хайдаршина*

Башкирский государственный аграрный университет, 450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, ст. преподаватель кафедры природообустройства, строительства и гидравлики, тел. (927)350-91-19, e-mail: elnara\_tim@mail.ru

*Бахытгалей Николаевич Батанов*

Башкирский государственный аграрный университет, 450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры природообустройства, строительства и гидравлики, тел. (927)941-11-08, e-mail: elnara\_tim@mail.ru

Более половины населения планеты проживает в городах. Обусловленное этим интенсивное загрязнение городской среды представляет собой серьезную экологическую проблему. В городах происходит максимальное накопление отходов функционирования человечества – выбросов, сбросов, токсикантов, размещение жидких и твердых отходов. Объемы выбросов вредных веществ в атмосферу непрерывно растут, что свидетельствует о необходимости и важности систематического изучения загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий. Особая роль в оценке экологического состояния окружающей среды городов отводится изучению токсичных тяжелых металлов.

Цель настоящего исследования – анализ химического состава снежного покрова в различных функциональных зонах города Уфы и выявление связи между уровнем техногенного воздействия и присутствием в снеге загрязняющих веществ.

Снежный покров обладает высокой сорбционной способностью и представляет собой информативный объект при выявлении техногенного загрязнения городской среды. Состояние снежного покрова является надежным индикатором загрязнения атмосферного воздуха и последующего загрязнения водных объектов и почвы. В результате аккумуляции содержание химических соединений в снеге на 2-3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе. Данные о содержании веществ в снежном покрове являются единственными материалами для оценки регионального загрязнения атмосферы в зимний период на больших территориях и выявления ареала распространения загрязняющих веществ.

**Ключевые слова:** снежный покров, загрязняющие вещества, тяжелые металлы, нефтепродукты, поверхностный сток, город Уфа.

### **Введение**

Исследование снежного покрова является удобным и экономичным способом получения данных о поступлении загрязняющих веществ из атмосферы на подстилающую поверхность. Особый интерес снежный покров представляет при изучении процессов длительного загрязнения (месяц, сезон), поскольку как естественный планшет-накопитель дает действительную величину сухих и влажных выпадений в холодное время года. Таким образом, по составу снежного покрова можно выявлять территории в черте города, где формируются неблагоприятные условия для проживания населения [1–5].

Одним из основных источников загрязнения водных объектов города является поверхностный сток (ливневые и талые воды) с территории, определяемый как неорганизованный, который не подпадает под правовое регулирование из-за отсутствия нормативно-методических документов, определяющих условия нормирования сброса этого вида сточных вод. Поверхностный сток по рельефу местности поступает в водные объекты, в городскую водоотводящую сеть или на пониженные участки водосборной территории, где постепенно испаряется и фильтруется в почвогрунты, может вызывать подтопление и разливы, заиливание водных объектов, бактериальное загрязнение, повышение температуры и понижение содержания кислорода в принимающем водотоке, ухудшение качества питьевой воды [6, 7].

Проблема загрязнения водных объектов талыми снеговыми водами привлекает внимание многих исследователей. Снег консервирует почти весь объем выпадений из атмосферы за зимний период, что позволяет считать его надежным индикатором загрязнения [8]. Отмечается, что в снеге, собранном с обочин улиц и парков, присутствуют углеводороды, тяжелые металлы, биогенные соединения [9], а качество снежного покрова изменяется в зависимости от расстояния от края дороги [10]. По мнению авторов [11], дорожное движение является одним из основных источников загрязнений в городах. Проведенный ими анализ ингредиентов в снеговых пробах вдоль дорог показал снижение уровня загрязнения через 5 м от дороги. Коллектив ученых [12] исследовал загрязнение почв Москвы бенз(а)пиреном, поступающим из снежного покрова. Согласно расчетам, содержание бенз(а)пирена в твердой фракции снега в 11,5 раз выше фона и почти в 100 раз выше предельно допустимой концентрации (ПДК). Изучение процессов осаждения загрязняющих веществ, поступающих в поверхностные воды в результате таяния снега, проводилось для района Лулео (Швеция) [13]. При этом выявлено повышение концентрации загрязняющих ингредиентов в осадках, накапливающихся в водоеме-приемнике. Снежный покров играет большую роль в поглощении тяжелых металлов, попадающих в окружающую среду в период его таяния [14]. В городе Елгава (Латвия) были выде-

лены три района, отличающиеся по концентрации загрязнителей в снеге: 1 – железнодорожный и промышленный; 2 – транзитных дорог с интенсивной урбанизацией; 3 – лесных и открытых участков. Согласно [15], состояние снежного покрова дает возможность зонирования территорий по степени загрязнения и позволяет объяснить процессы, протекающие в техногенных ландшафтах. Значительный интерес представляет результат изучения снежного покрова районов Лонгйир и Баренцбург (архипелаг Шпицберген, Арктика) [16]. Высокие концентрации полициклических ароматических углеводородов, макроионов и других компонентов объясняются функционированием местных источников сжигания и промышленной деятельности. В целом, мнения исследователей сводятся к единому тезису: состояние снежного покрова является одним из основных показателей загрязненности среды.

На долю поверхностного стока приходится свыше 80 % взвешенных веществ, около 14 % биохимически окисляемых органических соединений, 23 % нефтепродуктов, вносимых в водные объекты со всеми видами городских сточных вод, и до 30 % общего объема загрязненных сточных вод города [17].

Усугубляет положение неудовлетворительное состояние ливневой канализации в городе, отсутствие систем очистки поверхностного стока, поступление в ливневую канализацию от предприятий так называемых условно-чистых производственных вод и промышленных отходов (особенно во время сильных дождей и интенсивного снеготаяния). Количество загрязняющих веществ, выносимых с городских территорий поверхностным стоком, определяется плотностью населения, уровнем благоустройства территорий, интенсивностью движения транспорта, частотой уборки улиц, видом поверхностного покрова.

Поверхностный сток с территории промышленных предприятий имеет, как правило, более сложный состав и определяется характером основных технологических процессов. Концентрация загрязняющих веществ в поверхностном стоке с территории предприятий зависит от вида и санитарного состояния поверхности водосбора, эффективности работы систем газо- и пылеулавливания, организации складирования и транспортировки сырья, продукции, а также отходов производства [18].

Многолетние динамические наблюдения за составом снега на одной и той же территории позволяют выявить тенденцию в изменении качества окружающей среды, оценить опасность антропогенного воздействия.

Город Уфа является одним из крупных промышленных центров Урало-Поволжья с населением свыше 1 миллиона человек. Расположен он на востоке Русской равнины в пределах Прибельской холмисто-увалистой равнины. Абсолютные отметки колеблются от 80–85 м до 200–218 м. Основная часть города (жилая и промышленная) расположена на так называемом Уфимском полуострове (Бельско-Уфимская водораздельная равнина). Многие жилые кварталы расположены на первой надпойменной террасе и высокой пойме рек Белой и Уфы [19, 20]. В городе сконцентрированы крупные предприятия различных

отраслей; лидирующее положение занимают предприятия энергетики, нефтепереработки и нефтехимии. Среднегодовое количество осадков по многолетним данным составляет 557 мм (метеостанция «Уфа»). Химический состав атмосферных осадков и их минерализация характеризуются большой пестротой [21]. Дождевая вода в северной (промышленной) части города преимущественно хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатная, а в южной (жилой) – гидрокарбонатно-сульфатная и сульфатно-гидрокарбонатная. Снеговая вода в зависимости от места отбора имеет минерализацию от 8 до 62 мг/дм<sup>3</sup>, рН 6,4–7,6, Eh от +210 до +285 мВ. По данным многолетних наблюдений на метеостанции «Уфа», минерализация их изменяется от 7,4 до 67,1 мг/дм<sup>3</sup> (в среднем 31 мг/дм<sup>3</sup>) [21]. Реакция среды слабокислая (рН 4,4–7,2; в среднем 6,2). Количество растворенных солей, выпадающих в год, составляет в среднем 20,2 т/год км<sup>2</sup>. Атмосферные осадки в районах промышленных предприятий насыщаются также бенз(а)пиреном на площадках, окружающих предприятия энергетики и нефтехимии г. Уфы; в воздухе отмечена концентрация бенз(а)пирена на уровне 1,5–4 нг/м<sup>3</sup> и более, что превышает ПДК (1 нг/м<sup>3</sup>) [19].

### *Материалы и методы*

Эпизодические исследования территории города Уфы, т. е. снега, почв, водоемов, подземных вод с целью определения степени загрязненности проводились, начиная с 1987 г., несколькими специализированными аналитическими службами.

Согласно [22, 23] на городской территории и территории промышленных предприятий отбираются пробы вблизи основных источников выбросов в местах ненарушенного первичного залегания снежного покрова. Отбор проб производится в период 1–2-й декады марта по Республике Башкортостан (РБ), что соответствует периоду максимального накопления влагозапаса в снеге. При этом отбор проб следует вести в условиях, когда дневные температуры воздуха не выше 0 °С.

Каждая проба снега является сборной, состоящей из нескольких (обычно не менее 5) частных проб (кернов снега), отбираемых с помощью плотномера в отдельных точках выбранной площадки согласно ГОСТ 17.44.02–84. Отбор проб снега производится методом «конверта» (из 5 точек) на всю глубину снежного покрова. Объем пробы снега должен соответствовать 5 дм<sup>3</sup> талого снега.

Отбор проб производится с учетом розы ветров на постах наблюдения Росгидромета; в жилой зоне на территории детских учреждений, парков, на пересечении автомагистралей с интенсивным движением транспорта; в промышленной зоне на территории промплощадок и т. д.

Изучение загрязнения снежного покрова г. Уфы тяжелыми металлами (ТМ) производилось Окским экологическим объединением «Экор» в 1990 г. В снеге определялись 13 элементов в 50 точках города. По трем районам данные представлены в табл. 1 [17].

Таблица 1

Содержание ТМ в снежном покрове г. Уфы  
по данным Окского экологического объединения «Экор»

Район	Средняя концентрация в снеге, мг/дм <sup>3</sup>						
	Кадмий	Хром	Медь	Марганец	Никель	Свинец	Кобальт
Кировский	0,000 27	0,065 8	0,023 2	0,024 2	0,056 6	0,017 8	0,010 2
Затон	0,000 25	0,031 5	0,013	0,022 5	0,035 5	0,008 5	0,013
Сипайлово	0,007 3	0,049 5	0,018	0,086	0,094 5	0,016 5	0,016 5

Исследование снежного покрова на загрязнение ТМ показало наличие в отдельных пробах снега экстремально высоких концентраций никеля, меди, свинца.

С целью выявления экологических условий проживания населения г. Уфы в 1991 г. УФНИИ медицины труда и экологии человека проводил гигиеническую оценку почвы, растений и снега. В селитебной зоне были выбраны районы: Шакша, Затон, Кировский район, а также микрорайон «Зеленая роща» [17].

Оценка загрязненности почв производилась в сравнении с уровнем ПДК в почве; загрязнение снега соответственно оценивалось по ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК<sub>рыб.хоз.</sub>). При исследовании снежного покрова контролем был взят Кушнарниковский и Дюртюлинский районы РБ. Оба района были выбраны в качестве контрольных в связи с отсутствием там крупных промышленных предприятий, и они характеризуются одинаковыми с Уфимским районом климатическими условиями.

Ниже представлены результаты химического анализа проб снежного покрова (табл. 2).

Таблица 2

Содержание химических веществ в снежных пробах, мг/дм<sup>3</sup> по данным  
УФНИИ медицины труда и экологии человека [17]

Район	Нефте-продукты	Фенол	Бенз(а)пирен	Сульфат	Азот аммонийный	Нитраты
Шакша	0,45	< 0,000 1	0,002 3	11,25	1,12	0,81
Сипайлово	28,02	0,000 2	0,005	7,77	1,13	0,66
Зеленая роща	6,4	0,000 3	0,015 3	10,9	4,08	1,03
Затон	3,39	0,000 1	0,031 14	6,79	3,95	0,81
Кировский район	6,69	0,000 2	0,043 0	14,3	5,99	1,58
Контроль (Кушнарниково)	0,56	< 0,000 1	0,000 9	4,7	1,9	0,73

Исследования снежного покрова показали наличие загрязнения антропогенного характера во всех изучаемых районах, в том числе контрольном –

Кушнаренковском. Значительный уровень загрязнения наблюдался в центральных районах города, таких как Кировский, Сипайлово. Превышение ПДК по бензину наблюдалось только в микрорайоне «Зеленая роща» (166 ПДК). Наблюдалось повсеместное загрязнение снега бенз(а)пиреном (в 1,5–4 раза превышалось среднее фоновое содержание). Фоновое содержание, в свою очередь, для бенз(а)пирена в снеге в 180 раз превышало ПДК<sub>рыб. хоз.</sub> [17].

Для интегральной оценки уровня загрязнения снега рассчитывался суммарный показатель загрязнения  $Z_c$  по формуле [24]

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1),$$

где  $K_c$  – коэффициент загрязнения  $i$ -го загрязняющего компонента, равный кратности превышения содержания данного компонента над фоновым значением;  $n$  – число элементов с превышением коэффициента загрязнения выше 1.

Сравнение величин суммарного показателя загрязнения ( $Z_c$ ) дало возможность выявить пространственную структуру распределения очагов загрязнения (табл. 3). Наиболее загрязненным оказался снег в Кировском районе ( $Z_c = 60,9$ ), а затем следует Сипайлово (54,3) и микрорайон «Зеленая роща» (29,2). Наиболее чистым оказался микрорайон Шакша (3,3). Содержание нефтепродуктов в снеге достигало уровня 4,5–280 ПДК (в пересчете на воду), фоновое их содержание в контрольном районе составило 194 ПДК<sub>рыб. хоз.</sub> [17].

Таблица 3

Содержание химических веществ в снежных пробах, мг/дм<sup>3</sup>  
по данным УФНИИ медицины труда и экологии человека [17]

Район	$K_c$ нефтепродуктов	$K_c$ сульфатов	$K_c$ аммиака	$K_c$ нитратов	$K_c$ бенз(а)пирена	$Z_c$
Шакша	0,8	2,4	0,6	1,1	2,4	3,3
Сипайлово	50,0	1,6	0,6	0,9	5,2	54,3
Зеленая роща	11,4	2,3	2,2	1,4	15,9	29,2
Затон	6,0	1,4	2,1	1,1	1,5	8,1
Кировский район	12,0	3,0	3,2	2,2	44,5	60,9

Значительное содержание (выше ПДК) в снеге ТМ является показателем загрязненности природной среды [25].

Для выявления уровня загрязнения территории г. Уфы ТМ и другими супертоксикантами Институтом проблем прикладной экологии и природопользования РБ (ИППЭиП) в 1994 г. проведены исследования снежного покрова г. Уфы по всем районам города, в садах северной части и на территории промышленных площадок города [17]. Концентрации загрязняющих веществ в пробах снега показаны на рис. 1–4. Точки отбора проб снега представлены в табл. 4 и на рис. 5.

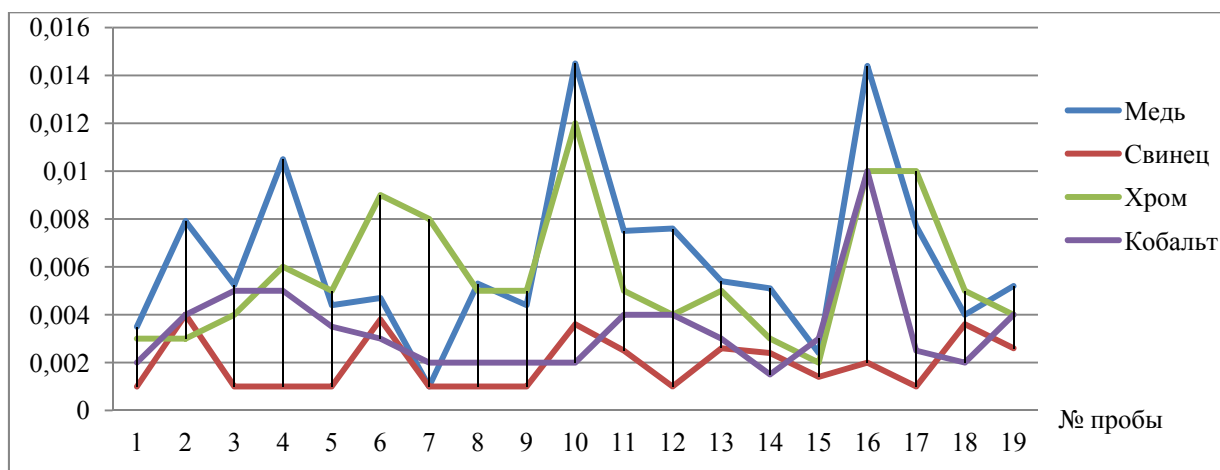


Рис. 1. Концентрация загрязняющих веществ в пробах снега в диапазоне 0–0,016 мг/дм<sup>3</sup>

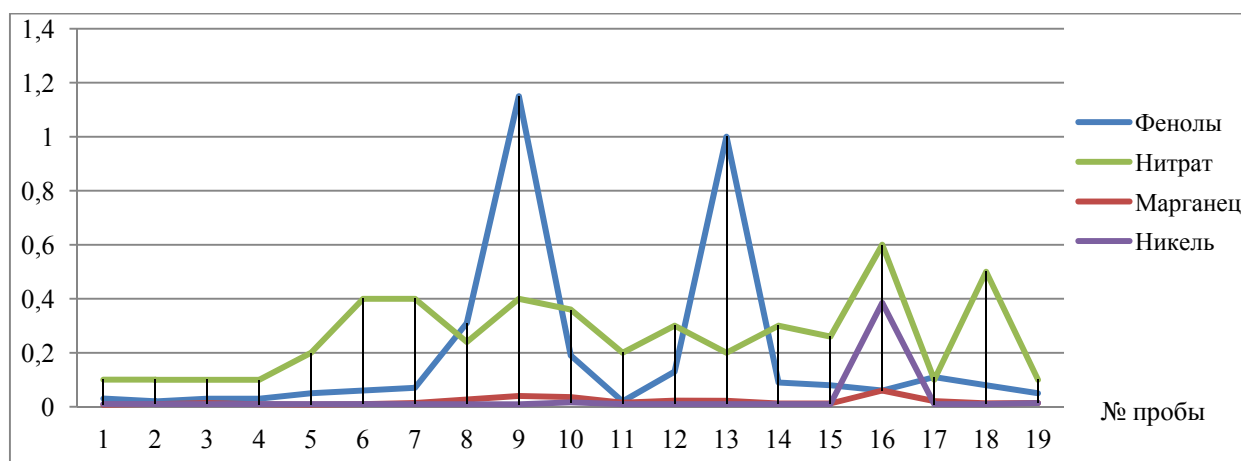


Рис. 2. Концентрация загрязняющих веществ в пробах снега в диапазоне 0–1,2 мг/дм<sup>3</sup>

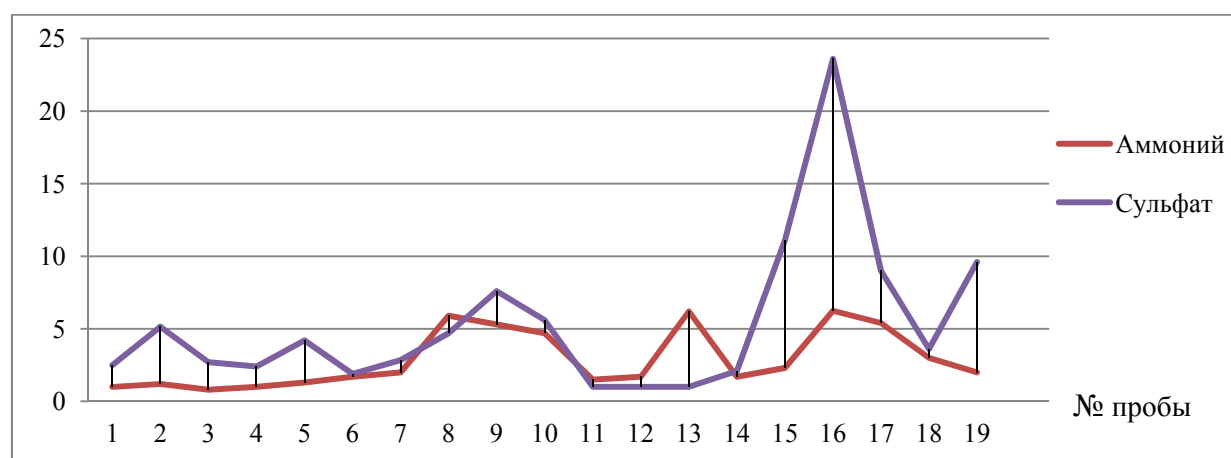


Рис. 3. Концентрация загрязняющих веществ в пробах снега в диапазоне 0–25 мг/дм<sup>3</sup>

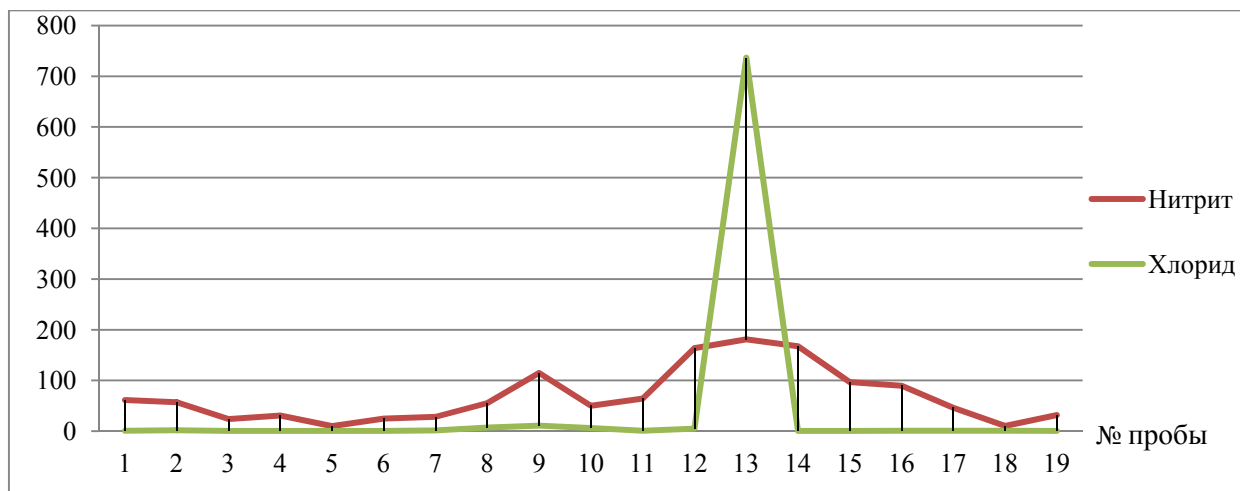


Рис. 4. Концентрация загрязняющих веществ в пробах снега в диапазоне 0–750 мг/дм<sup>3</sup>

Таблица 4

Точки отбора проб снега по данным  
Института проблем прикладной экологии и природопользования РБ

Номер пробы	Район города	Место отбора
1	Кировский	Кондитерская фабрика
2	Советский	ул. Мингажева
3	Затон	Затон-Восточный
4	Октябрьский	ул. 50-летия СССР
5	Тимашево	Территория детского сада
6	Орджоникидзевский	Битумные ямы
7	Орджоникидзевский	берег р.Чернушка
8	Орджоникидзевский	Цех № 5 «Химпром»
9	Орджоникидзевский	Административно-бытовой корпус
10	Орджоникидзевский	Цех № 41 «Химпром»
11	Орджоникидзевский	СЗЗ «Химпром»
12	Орджоникидзевский	Полигон отходов
13	Орджоникидзевский	Цех № 19 «Химпром»
14	Орджоникидзевский	Заводоуправление
15	Орджоникидзевский	Черниковка Восточная
16	Калининский	ТЭЦ-2
17	Орджоникидзевский	АП «Уфанефтехим»
18	Орджоникидзевский	ТЭЦ-1
19	Орджоникидзевский	Уфаоргсинтез



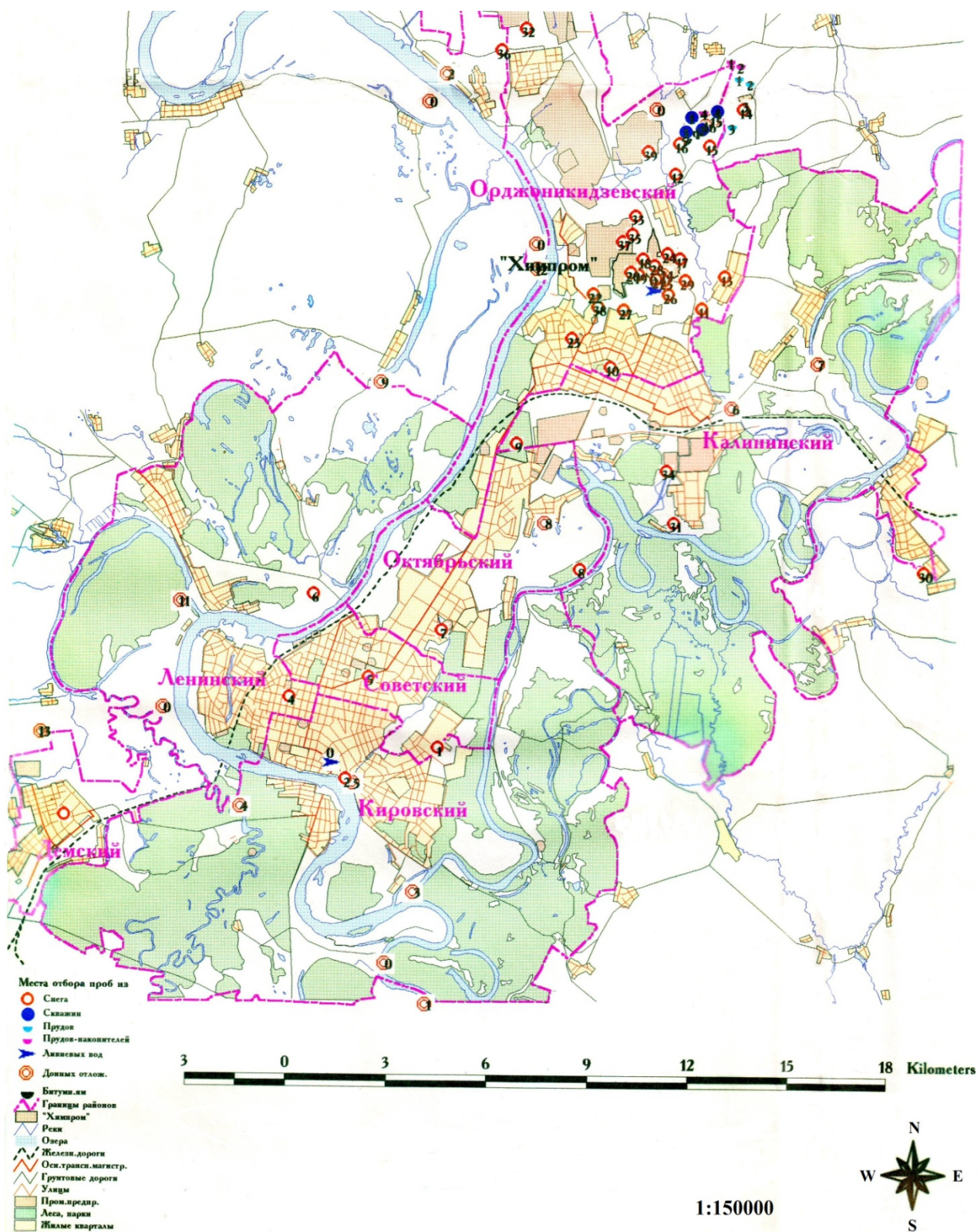


Рис. 5. Места отбора проб снега по данным Института проблем прикладной экологии и природопользования РБ

## Результаты

Анализируя данные по содержанию ТМ в пробах снега, можно отметить, что содержание всех металлов в пробах, отобранных ИППЭиП, ниже, чем по данным экологического объединения «Экор». Содержание хрома во всех пробах на уровне 0,003–0,012 мг/дм<sup>3</sup>, верхний предел определен в пробах, отобранных около ОАО «Уфахимпром».

Содержание меди в пробах снега находится в диапазоне от 0,001 до 0,014 5 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальное содержание меди (0,014 5 мг/дм<sup>3</sup>) обнаружено на территории ОАО «Уфахимпром». Содержание кадмия во всех пробах менее 0,001 мг/дм<sup>3</sup>. Свинец определяется в пробах снега на уровне < 0,001–0,004 мг/дм<sup>3</sup>, причем верхний уровень обнаружен в пробах снега, отобранных вблизи автомагистралей. Содержание анионов хлора колеблется от 0,46 до 10,9 мг/дм<sup>3</sup>, максимальное количество – 736,6 мг/дм<sup>3</sup> обнаружено на территории ОАО «Уфахимпром». Анионы сульфатов обнаружены в пределах < 1–23,80 мг/дм<sup>3</sup>, нитратов – от < 0,1 до 0,6 мг/дм<sup>3</sup>, нитритов – 0,83 до 181,20 мг/дм<sup>3</sup>, ионы аммония – от 0,81 до 6,24 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание фенола колеблется от 0,02 до 1,15 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальные концентрации фенола 1,15 и 1 мг/дм<sup>3</sup> обнаружены на территории ОАО «Уфахимпром».

Значительное содержание перечисленных ионов наблюдается также и на территории ТЭЦ-2. ТМ обнаружены в 94 % исследованных проб. Сопоставляя данные по содержанию металлов в пробах снега с данными экологического объединения «Экор», можно отметить одинаковый уровень содержания кадмия, свинца, меди, а уровень содержания хрома в пробах ИППЭиП на порядок ниже. Максимальное загрязнение снега по всем определяемым экотоксикантам выявлено на территории ОАО «Уфахимпром».

Вопросы загрязнения селитебной зоны г. Уфы ТМ изучены недостаточно. В основном проводились работы по оценке степени загрязнения почв и снега свинцом. Специалистами Башгидромета проводились обследования снежного покрова жилой зоны [26]. На основании полученных результатов за 1999 г. авторы делают выводы, что содержание ТМ находится на уровне среднегодовых значений по всем городам страны [27].

Для отбора проб снега авторами (2007 г.) были выбраны несколько открытых площадок, недоступных для загрязнения твердыми и жидкими отходами [27]. Отбор производился согласно [23, 24] в местах ненарушенного первичного залегания снежного покрова, по направлению господствующих ветров местности в 12 точках.

В качестве фона выбрана площадка на территории санатория «Радуга», не подвергающаяся загрязнению промышленными выбросами и автотранспортом. Использован спектральный метод анализа.

Согласно эколого-гигиенических представлениям при оценке уровня загрязнения снежного покрова необходимо учитывать, насколько фактическое содержание вредных веществ превышает существующие регламенты. Учитыв-

вая, что ПДК токсикантов для снежного покрова не существует, оценку производят по нормативам содержания металлов в воде водных объектов. Данный подход оправдан тем, что талые воды, поступающие в период весеннего половодья с городских территорий в реки Белая, Уфа, Шугуровка, Дема, составляют определенный процент от их общего питания, что приводит к значительному загрязнению [27].

По результатам исследований, содержание ТМ в пробе снега, отобранной около санатория «Радуга», – минимальное и не превышает ПДК<sub>рыб.хоз.</sub>. Таким образом, фоновый участок выбран на территории, подвергающейся загрязнению в меньшей степени. Кроме того, он находится в зоне расположения южного водозабора г. Уфы [27].

Отдельные пробы снега, отобранные на городской территории, имели повышенное содержание ТМ и превышали ПДК<sub>рыб.хоз.</sub> в несколько раз. Около автозаправки по улице Ветошникова превышение составило: по марганцу – в 1,6 раза, по цинку – в 2,2 раза; в районе Уфимского завода эластомерных материалов и конструкций (УЗЭМИК) по цинку – в 4,8 раза, по меди – в 13,9 раза; около проходной Уфимского нефтеперерабатывающего завода (УНПЗ) по никелю – в 2,1 раза, по цинку – в 2,3 раза, по меди – в 1,8 раза; около Уфимского моторостроительного производственного объединения (УМПО) по никелю – в 1,2 раза, по марганцу – в 2,0 раза, по цинку – в 1,8 раза, по меди – в 7,6 раза [27].

В снеговых пробах, отобранных в сквере около УЗЭМИК, выявлено наибольшее значение для свинца, фоновый уровень превышен в 2,8 раза. Наиболее высокое содержание никеля регистрируется в районе УНПЗ, превышение фона в 4,9–2,0 раза. Пробы снега, отобранные в районе УМПО и автозаправки по улице Ветошникова, содержат марганец, превышающий фон в 7,6 и 6,3 раза соответственно. Наибольшее содержание цинка и меди в снежном покрове установлено в районе сквера УЗЭМИК. Превышение фона в пробах для цинка – в 3,4 раза, для меди – в 17,4 раз [27].

Как показали исследования, наиболее высокая концентрация токсичных элементов обнаруживается в снеговом покрове в сквере рядом с заводами УЗЭМИК, Гидравлика и районной котельной. Основной вклад в загрязнение снежного покрова исследуемыми металлами вносит медь – 56,7 %, марганец – 13,7 %, цинк – 11,1 %, свинец – 9,1 %. Повышенное содержание этих металлов в снеге связано с непосредственной близостью автодорог с интенсивным движением, а также работой гальванических и металлообрабатывающих цехов заводов [27].

В пробах снега около проходной УНПЗ и товарного двора преобладают по удельному вкладу: никель – 33,1 % и марганец – 29,1 %. Повышенный уровень загрязнения снега этими ТМ в районе УНПЗ можно объяснить технологическими процессами нефтепереработки, сжиганием больших объемов топлива [27].

Уровень загрязнения снежного покрова для центральной и северной частей города по величине суммарного показателя загрязненности характеризуется как

«умеренно опасный». Приоритетными металлами, загрязняющими снежный покров территории г. Уфы, являются: марганец, медь, никель, кадмий и ртуть [27].

Авторы в своих исследованиях рассматривали степень загрязнения отдельных компонентов природной среды г. Уфы за 2005–2015 гг. [28].

Для г. Уфы, отличающегося преимущественно нефтяной и нефтехимической специализацией, типоморфная ассоциация характеризуется наличием ТМ – свинец (Pb), медь (Cu), цинк – (Zn), никель (Ni), марганец (Mn), ртуть (Hg). Выбор этих элементов определялся производственной спецификой города. Большинство этих элементов являются типоморфными для производств, расположенных в городе, либо это соединения, присутствующие в средах любого промышленного города [29].

Практически вся территория города и близлежащих пригородных территорий имеет значение суммарного коэффициента загрязнения от 16 до 24. Очевидно, что для г. Уфы такой показатель будет являться обычным городским уровнем загрязнения, и в ряде работ такие значения рекомендовано относить к низкому уровню загрязнения. На фоне общего значения  $Z_{\text{сумм}}$  от 16 до 24 выделяются зоны загрязнения до 32 [29]. В основном они расположены в северной части города, приурочены к крупным промышленным объектам, имеют суммарные размеры ближней и дальней зон загрязнения от 0,5 км (предприятия машиностроения) до 2-3 км (предприятия химической и нефтехимической промышленности). Контуры этих аномалий слегка вытянуты в меридиональном направлении из-за специфики рельефа и направлений господствующих ветров [29].

В зависимости от изменчивости ветров происходит формирование геохимического фона – увеличение концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) на север и северо-восток города, где расположена нефтехимическая промышленная зона г. Уфы. На сложную структуру распределения суммарного коэффициента загрязнения оказывает влияние транспортная инфраструктура, перераспределяя основные потоки ЗВ и изменяя формы и размеры геохимических аномалий.

Наибольший вклад в формирование суммарного показателя загрязнения вносят валовые формы свинца и меди, источниками которых являются предприятия нефтехимии и теплоэнергетики, предприятия машиностроения, приборостроения, а также автотранспорт. Данные металлы содержатся в основном обрабатываемом сырье промышленности [29].

В результате продолжительных выбросов промышленными предприятиями и автомобильным транспортом происходит постоянная пылевая нагрузка на атмосферный воздух при повторяющихся метеорологических условиях, способствующих накоплению загрязняющих веществ в воздухе.

### *Заключение*

Интерес к изучению состава снежного покрова крупных городских агломераций продолжает возрастать. Исследования позволяют оценивать количест-

во веществ, которые после снеготаяния попадают в подземные и поверхностные воды. Для более полного и всестороннего исследования состояния окружающей среды важно проследить дальнейшую судьбу ТМ и других токсикантов после таяния снежного покрова, так как значительная их часть попадает в почвы, далее в поверхностные и подземные воды. Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха, снежного и почвенного покрова г. Уфы характерно для зон размещения нефтяной и нефтехимической отрасли и сопредельных территорий. В пределах селитебных территорий загрязнение несущественно, поэтому возможна эксплуатация объектов гражданского, лесопаркового хозяйства без экологических последствий.

Наблюдения за составом снежного покрова открывают возможность оценки интенсивности антропогенного процесса, что необходимо для прогноза состояния объектов окружающей среды в перспективе.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рапута В. Ф., Коковкин В. В., Морозов С. В. Экспериментальные исследования и численный анализ процессов загрязнения снежного покрова в окрестностях крупной автомагистрали г. Новосибирска // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2010. – Т. 18, № 1. – С. 63–70.
2. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 182 с.
3. Анализ состояния длительного загрязнения атмосферы и снежного покрова г. Новосибирска / В. В. Коковкин, В. Ф. Рапута, А. Ю. Девятова, В. А. Чирков, О. Е. Казьмин // *Гео-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.)*. – Новосибирск : СГГА, 2010. Т. 4. № 1. – С. 171–175.
4. Исследование районов высокого аэрозольного загрязнения снежного покрова в г. Новосибирске / В. В. Коковкин, В. Ф. Рапута, С. В. Морозов, О. В. Шуваева, А. Ю. Девятова // *ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.)*. – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 4. – С. 83–87.
5. Сопряженные исследования длительного загрязнения атмосферы и снежного покрова г. Барнаула / В. Ф. Рапута, А. Н. Романов, В. В. Коковкин, С. В. Морозов, К. О. Шутова // *Гео-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.)*. – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 4. – С. 88–93.
6. К вопросу о нормировании сбросов (на рельеф местности) загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами / В. Г. Печников, Н. Б. Карпова, Е. А. Елова, Н. П. Кузьмина, С. В. Артамонов // *CLTAN CITY*. – 2005. – № 1 (29). – С. 13–15.
7. Бульская И. В., Волчек А. А. Сток с урбанизированных территорий и его очистка // *Вестник БГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*. – 2013. – № 2. – С. 88–92.
8. Stepanova N. V., Fomina S. F., Valeeva E. R. Assessment and zoning of the urban area according to the level of heavy metal pollution // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2016. – Vol. 7, Issue 6. – P. 1148–1157.
9. Snow cover as a medium for deposition of pollution / E. Ociepa, M. Mrowiec, I. Deska, E. Okoniewska // *Rocznik Ochrona Srodowiska*. – 2015. – Vol. 17, Issue 1. – P. 560–575.
10. The protection of urban areas from surface wastewater pollutions / E. Vialkova, M. Zemlyanova, A. Vorotnikova, D. Cherkashin, A. Voronov, L. Maksimov // *MATEC Web of Conferences : International Science Conference SPbWOSCE-2016 «SMART City» / V. Murgul (Ed.)*. (St. Petersburg, November 15–17, 2016) – St. Petersburg, Russia, 2017. Vol. 106.

11. Urban snow indicates pollution originating from road traffic / K. Kuoppamaki, H. Setala, A. L. Rantalainen, D. J. Kotze // *Environmental Pollution*. – 2014. – Vol. 195. – P. 56–63.
12. Benzo[a]pyrene in urban environments of eastern Moscow: Pollution levels and critical loads / N. S. Kasimov, N. E. Kosheleva, E. M. Nikiforova, D. V. Vlasov // *Atmospheric Chemistry and Physics*. – 2017. – Vol. 17, Issue 3. – P. 2217–2227.
13. Stormwater impact on urban waterways in a cold climate: Variations in sediment metal concentrations due to untreated snowmelt discharge / G.-T. Blecken, R. Rentz, C. Malmgren, B. Öhlander, M. Viklander // *Journal of Soils and Sediments*. – 2012. – Vol. 12, Issue 5. – P. 758–773.
14. Heavy metal concentration and distribution of snow and Lichea samples in urban area: Case study of Jelgava / J. Pilecka, I. Grīnfelde, K. Valujeva, I. Straupe, O. Purmalis // 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, SGEM 2017 : Surveying Geology and Mining Ecology Management (29 June 2017–5 July 2017). – Albena, Bulgaria, 2017. Vol. 17. Issue 41. – P. 459–466.
15. Pollution of snow cover in the impact zone of enterprises in Norilsk Industrial Area / A. A. Onuchin, T. A. Burenina, O. N. Zubareva, O. V. Trefilova, I. V. Danilova // *Contemporary Problems of Ecology*. – 2014. – Vol. 7, Issue 6. – P. 714–722.
16. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in snow particulates around Longyearbyen and Barentsburg settlements, Spitsbergen / A. Abramova, S. Chernianskii, N. Marchenko, E. Terskaya // *Polar Record*. – 2016. – Vol. 52, Issue 6. – P. 645–659.
17. Исследование загрязнения территории, поверхностной, подземной и питьевой воды в г. Уфе диоксинами и другими супертоксиантами : отчет о научно-исследовательской работе. – Уфа : Институт проблем прикладной экологии и природопользования РБ (ИППЭИП), 1994. – 170 с.
18. Особенности водосборных бассейнов городских водотоков как фактор формирования поверхностного стока / Н. Н. Красногорская, Т. Б. Фащевская, Л. В. Федосова, А. Р. Хабимова // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти профессора Анатолия Павловича Кузьмина «Экология. Риск. Безопасность» : сборник материалов / Ответственный редактор С. К. Белякин. – 2010. – С. 45.
19. Бурячок О. В. Влияние атмосферных осадков на подземную гидросферу г.Уфы // Межведомственный сборник тезисов, посвященных Всемирному дню водных ресурсов. – Уфа : Информреклама, 2010. – С. 36–39.
20. Минигазимов Н. С., Хамитов Р. З. Методические особенности оценки экологического состояния «Большого города» (на примере г. Уфы) // Научный семинар-выставка «Проблемы экологического мониторинга : тез. докл. – Уфа, 1994. – С. 72–73.
21. Черняева Л. Е., Черняев А. М., Могилевских А. К. Химический состав атмосферных осадков (Урал и Приуралье). – Л. : Гидрометеиздат, 1978. – 179 с.
22. Временные методические указания для производства отбора и обработки проб снежного покрова в городах и их окрестностях на комплекс загрязняющих веществ. Утверждены УКЗ Госкомгидромета 24.01.1985, ИПГ им. Федорова Е. К., 1985.
23. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами [Электронный ресурс]: утв. Минздравом СССР 13.03.1987 № 4266-87 (с изм. от 07.02.1999 г.). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
24. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве [Электронный ресурс] : утв. Минздравом СССР от 15.05.1990 № 5174-90. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
25. Минигазимов Н. С., Даукаева Р. Ф., Сафина Г. Г. Исследование снежного покрова г.Уфы на содержание диоксинов и других супертоксиантов // Эколого-гигиенические про-

блемы Уральского региона : материалы докл. научно-практ. конф., посвящ. 40-летию Уфимского НИИ МТ и ЭЧ. – Уфа, 1995. – С. 131–133.

26. Лапиков В. В., Жданова Н. В. и др. // Тез. докл. конф. «165 лет гидрометслужбе России». – Уфа, 1999. – С. 23–31.

27. Даукаев Р. А., Сулейманов Р. А. Исследование загрязненности снежного покрова города Уфы тяжелыми металлами // Башкирский экологический вестник. – 2007. – № 1. – С. 3–6.

28. Галеева Э. М., Галимова Р. Г., Теплова Д. С. К вопросу о комплексной оценке состояния окружающей среды в г. Уфа // Российский журнал прикладной экологии. – 2018. – № 1 (13). – С. 47–51.

29. Гареев А. М., Галеева Э. М., Теплова Д. С. Пространственная и временная изменчивость загрязнения окружающей среды в условиях влияния городских агломераций (на примере Уфимского промышленного узла) // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2018. – Т. 28. № 3 (91). – С. 41–50.

Получено 19.01.2019

© Н. С. Минигазимов, Э. Т. Хайдаршина, Б. Н. Батанов, 2019

## STUDY OF A SNOW COVER POLLUTION IS ONE OF THE MAIN FACTORS OF A SURFACE RUNOFF FORMATION OF THE CITY OF UFA

*Nail S. Minigazimov*

Bashkir State Agrarian University, 34, 50-letiya Octyabrya St., Ufa, 450001, Russia, D. Sc., Professor, Department of Land Management, Construction and Hydraulics, phone: (917)418-54-14, e-mail: nail.minigazimov@mail.ru

*El'nara T. Khaydarshina*

Bashkir State Agrarian University, 34, 50-letiya Octyabrya St., Ufa, 450001, Russia, Senior Lecturer, Department of Land Management, Construction and Hydraulics, phone: (927)350-91-19, e-mail: elnara\_tim@mail.ru

*Bakhytgaley N. Batanov*

Bashkir State Agrarian University, 34, 50-letiya Octyabrya St., Ufa, 450001, Russia, D. Sc., Professor, Department of Land Management, Construction and Hydraulics, phone: (927)941-11-08, e-mail: elnara\_tim@mail.ru

More than half of the population of the planet lives in cities, due to this intense pollution of the urban environment is a serious environmental problem. There is a maximum accumulation of waste from the functioning of mankind in cities – emissions, discharges, toxicants, disposal of liquid and solid waste. Volumes of emissions of harmful substances into the atmosphere are constantly growing, which indicates the need and importance of a systematic study of air pollution in urban areas. A special role in assessing the ecological state of the environment of cities is assigned to the study of toxic heavy metals.

The purpose of this study is to analyze the chemical composition of snow cover in various functional areas of Ufa and to identify the relationship between the level of anthropogenic impact and the presence of pollutants in the snow.

The snow cover has a high sorption capacity and is an informative object in identifying man-made pollution of the urban environment. The condition of snow cover is a reliable indicator of air pollution and subsequent pollution of water bodies and soil. As a result of accumulation, the content

of chemical compounds in snow is 2-3 times higher than in atmospheric air. Data on the content of substances in snow cover are the only materials for assessing regional air pollution in the winter period over large areas and identifying the distribution range of pollutants.

**Key words:** snow cover, pollutants, heavy metals, oil products, surface runoff, Ufa city.

## REFERENCES

1. Raputa, V. F., Kokovkin, V. V., & Morozov, S. V. (2010). Experimental studies and numerical analysis of the pollution of snow cover in the vicinity of a large highway in Novosibirsk. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya [Chemistry for Sustainable Development]*, 18(1), 63–70 [in Russian].
2. Vasilenko, V. N., Nazarov, I. M., & Fridman, Sh. D. (1985). *Monitoring zagryazneniya snezhnogo pokrova [Monitoring of snow pollution]*. Leningrad: Hydrometeoizdat Publ., 182 p. [in Russian].
3. Kokovkin, V. V., Raputa, V. F., Devyatova, A. Yu., Chirkov, V. A., & Kaz'min, O. E. (2010). Analysis of the state of long-term air pollution and snow cover in the city of Novosibirsk. In *Sbornik materialov GEO-Sibir'-2010: T. 4, Ch. 1 [Proceedings of GEO-Siberia-2010: Vol. 4, Part 1]* (pp. 171–175). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
4. Kokovkin, V. V., Raputa, V. F., Morozov, S. V., Shuvaeva, O. V., & Devyatova, A. Yu. (2011). Study of areas of high aerosol pollution of snow cover in the city of Novosibirsk. In *Sbornik materialov GEO-Sibir'-2011: T. 4 [Proceedings of GEO-Siberia-2011: Vol. 4]* (pp. 83–87). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
5. Raputa, V. F., Romanov, A. N., Kokovkin, V. V., Morozov, S. V., & Shutova, K. O. (2011). Joint studies of long-term air pollution and snow cover in the city of Barnaul. In *Sbornik materialov GEO-Sibir'-2011: T. 4 [Proceedings of GEO-Siberia-2011: Vol. 4]* (pp. 88–93). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
6. Pechnikov, V. G., Karpova, N. B., Elova, E. A., Kuz'mina, N. P., & Artamonov, S. V. (2005). Regulation of discharges (on the terrain) of pollutants entering with sewage. *CLTAN CITY*, 1(29), 13–15 [in Russian].
7. Bul'skaya, I. V., & Volchek, A. A. (2013). Runoff from urbanized areas and its cleaning. *Vestnik BGTU. Seriya. Vodokhozyaystvennoe stroitel'stvo, teploenergetika i geoekologiya [Bulletin of the Brest State Technological University. Series. Water management, Power System and Geoecology]*, 2, 88–92 [in Russian].
8. Stepanova, N. V., Fomina, S. F., & Valeeva, E. R. (2016). Assessment and zoning of the urban area according to the level of heavy metal pollution. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7(6), 1148–1157.
9. Ociepa, E., Mrowiec, M., Deska, I., & Okoniewska, E. (2015). Snow cover as a medium for deposition of pollution. *Rocznik Ochrona Srodowiska*, 17(1), 560–575.
10. Vialkova, E., Zemlyanova, M., Vorotnikova, A., Cherkashin, D., Voronov, A., & Maksimov, L. (2017). The protection of urban areas from surface wastewater pollutions. In *MATEC Web of Conferences: Vol. 106. International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City"*. V. Murgul (Ed.). St. Petersburg, Russia.
11. Kuoppamaki, K., Setala, H., Rantalainen, A. L., & Kotze, D. J. (2014). Urban snow indicates pollution originating from road traffic. *Environmental Pollution*, 195, 56–63.
12. Kasimov, N. S., Kosheleva, N. E., Nikiforova, E. M., & Vlasov, D. V. (2017). Benzo[a]pyrene in urban environments of eastern Moscow: Pollution levels and critical loads. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(3), 2217–2227.
13. Blecken, G.-T., Rentz, R., Malmgren, C., Öhlander, B., & Viklander, M. (2012). Stormwater impact on urban waterways in a cold climate: Variations in sediment metal concentrations due to untreated snowmelt discharge. *Journal of Soils and Sediments*, 12(5), 758–773.



14. Pilecka, J., Grünfelde, I., Valujeva, K., Straupe, I., & Purmalis, O. (2017). Heavy metal concentration and distribution of snow and Lichea samples in urban area: Case study of Jelgava. In *17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, SGEM 2017: Vol. 17. Issue 41. Surveying Geology and Mining Ecology Management* (pp. 459–466). Albena, Bulgaria.
15. Onuchin, A. A., Burenina, T. A., Zubareva, O. N., Trefilova, O. V., & Danilova, I. V. (2014). Pollution of snow cover in the impact zone of enterprises in Norilsk Industrial Area. *Contemporary Problems of Ecology*, 7(6), 714–722.
16. Abramova, A., Chernianskii, S., Marchenko, N., & Terskaya, E. (2016). Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in snow particulates around Longyearbyen and Barentsburg settlements, Spitsbergen. *Polar Record*, 52(6), 645–659.
17. *Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote "Issledovanie zagryazneniya territorii, poverkhnostnoy, podzemnoy i pit'evoy vody v g. Ufe dioksinami i drugimi supertoksikantami"* [Report on the research work "Investigation of contamination of the territory, surface, underground and drinking water in the city of Ufa with dioxins and other super toxicants"]. (1994). Ufa: Institute of Problems of Applied Ecology and Nature Management of the Republic of Bashkortostan, p. 170 [in Russian].
18. Krasnogorskaya, N. N., Fashchevskaya, T. B., Fedosova, L. V., & Khabibova, A. R. (2010). Features of the catchment basins of urban watercourses as a factor in the formation of surface runoff. In *Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati professora Anatoliya Pavlovicha Kuz'mina: Ehkologiya. Risk. Bezopasnost'* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Professor Anatoly Pavlovich Kuz'min: Ecology. Risk. Security] (p. 45). S. K. Belyakin (ed.) [in Russian].
19. Buryachok, O. V. (2010). Influence of atmospheric precipitation on the underground hydrosphere of Ufa. In *Mezhvedomstvennyj sbornik tezisov, posvyashchennyh Vsemirnomu dnyu vodnyh resursov*. [Proceedings of Theses devoted to the World Water Day] (pp. 36–39). Ufa: Informreklama Publ. [in Russian].
20. Minigazimov, N. S., & Khamitov, R. Z. (1994). Methodological features of the ecological status assessment of the "Big City" (on the example of Ufa). In *Tezisy dokladov Nauchnogo seminar-vystavka: Problemy ehkologicheskogo monitoringa* [Proceedings of Scientific Seminar-Exhibition: Problems of Environmental Monitoring] (pp. 72–73). Ufa [in Russian].
21. Chernyaeva, L. E., Chernyaev, A. M., & Mogilevskikh, A. K. (1978). *Khimicheskiy sostav atmosferykh osadkov (Ural i Priural'e)* [The chemical composition of precipitation (the Urals and the Pre-Urals)]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ, p. 179 [in Russian].
22. Temporary guidelines for the production of sampling and processing of snow samples in cities and their environs on the complex pollutants. Approved by decree of the State Committee for Hydrometeorology January 24, 1985, Institute of Applied Geophysics named after academician Fedorov E. K. January 24, 1985 [in Russian].
23. Guidelines for assessing the degree of danger of soil contamination by chemical substances. Approved by the Ministry of Health of the USSR March 13, 1987 No. 4266-87. (amended from February 07, 1999. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
24. Guidelines for assessing the degree of air pollution of populated areas by metals according to their content in snow cover and soil. Approved by the Ministry of Health of the USSR May 15, 1990 No. 5174-90. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
25. Minigazimov, N. S., Daukaeva, R. F., Safina, G. G. (1995). The study of the snow cover of the city of Ufa on the content of dioxins and other supertoxicants. In *Materialy dokladov nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 40-letiyu Ufimskogo NII MT i EHCH: Ehkologo-gigienicheskie problemy Ural'skogo regiona* [Proceedings of Scientific and Practical Conference, dedicated to the 40th anniversary of the Ufa Research Institute of Occupational Medi-

*cine and Human Ecology: Ecological and Hygienic Problems of the Ural Region*] (pp. 131–133). Ufa [in Russian].

26. Lapikov, V. V., Zhdanova, N. V. et al. (1999). In *Tezisy dokladov konferencii: 165 let gidrometsluzhbe Rossii* [Abstracts of the Conference: 165 years of Hydrometeorological Service of Russia] (pp. 23–31). Ufa [in Russian].

27. Daukaev, R. A., & Suleymanov, R. A. (2007). Study of the snow cover contamination of the city of Ufa with heavy metals. *Bashkirskiy ekologicheskiy vestnik* [Bashkir Ecological Bulletin], 1, 3–6 [in Russian].

28. Galeeva, E. M., Galimova, R. G., & Teplova, D. S. (2018). Comprehensive assessment of the state of the environment in Ufa. *Rossiyskiy zhurnal prikladnoy ekologii* [Russian Journal of Applied Ecology], 1(13), 47–51 [in Russian].

29. Gareev, A. M., Galeeva, E. M., & Teplova, D. S. (2018). Spatial and temporal variability of environmental pollution under the influence of urban agglomerations (on the example of the Ufa industrial hub). *Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan* [Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan], Vol. 28, No. 3(91), 41–50 [in Russian].

Received 19.01.2019

© N. S. Minigazimov, E. T. Khaydarshina, B. N. Batanov, 2019