

*С.В. Темерев, И.В. Индюшкин***Химический мониторинг снежного покрова
в области влияния Барнаула***S.V. Temerev, I.V. Indyushkin***Chemical Monitoring of Snow Cover
in the Area of Barnaul's Influence**

Снежный покров вблизи города использован как индикатор состояния атмосферного воздуха. В качестве химических индикаторов состояния снежного покрова и для идентификации источников получены пространственные распределения тяжелых металлов на городских и прилегающих к городу территориях. Установлен положительный тренд содержания цинка и меди в снежном покрове в сравнении с результатами прошлых лет. Физико-химическое распределение металлов позволило идентифицировать атмосферный путь их поступления в почву с автомобильными выбросами.

Ключевые слова: анализ природных объектов, химические индикаторы, снежный покров, тяжелые металлы.

ВВЕДЕНИЕ

Снежный покров выбран в качестве естественного индикатора – коллектора атмосферных загрязнений. Актуальность такого выбора определяется тем, что государственные службы не исследуют систематически химический состав снежного покрова. Снег при формировании эффективно сорбирует примеси из атмосферы и депонирует не только влажные выпадения атмосферы, но и сухие пылевые выбросы от техногенных источников и автомобильного транспорта. В период снеговой паводка талые воды выступают активным мигрантом аэрозольных и водорастворимых форм токсикантов. Как показывают мониторинговые исследования [1], концентрация загрязняющих веществ в снеге оказывается на 2–3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе, поэтому измерения содержания веществ могут производиться достаточно простыми методами и с высокой степенью надежности. Всего лишь один снеговой керн, взятый по всей толще снежного покрова, дает представительные данные о химическом загрязнении в период от образования устойчивого снежного покрова до момента отбора пробы (максимального снегозапаса).

В качестве информативных химических индикаторов состояния снежного покрова и химических антропогенных загрязнений выбраны следующие микроэлементы: Zn, Pb, Cu, Hg, As, Se, так как методы аналитической химии позволяют достоверно контролировать их содержание в снежной массе, они в условиях таяния снега не трансформируются,

The snow cover near the town was used to research atmospheric air as an indicator. As the chemical indicator for the snow cover state and to identify sources authors use spatial distributions of heavy metals on urban and pre-urban areas. The positive trend of zinc and copper content in the snow cover in comparison with the results of previous years was established. Physical-chemical distribution of metals allowed us to identify the atmospheric route into soil with automobile emissions.

Key words: environmental analysis, chemical indicator, snow cover, heavy metals.

а лишь перераспределяются в компоненты экосистем: почву, взвешенное вещество, донные осадки. Самым информативным компонентом в снежной массе служат твердые частицы «particulate matter», так как они сорбируют наибольшее количество микроэлементов при формировании снежного покрова [2].

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель данной работы – оценить современное состояние снежного покрова вблизи города по распределению микроэлементов: Zn, Pb, Cu, Hg, As, Se на примере Барнаула.

При выполнении исследования необходимо было решить следующие задачи:

- в соответствии с требованиями международных стандартов выполнить отбор образцов снега в период максимального снегозапаса, подготовить аналитические образцы твердой компоненты снежной массы;
- проанализировать минерализаты частиц снега на содержание выбранных микроэлементов;
- обработать полученные результаты в моделирующей программе Surfer 8.0, построить пространственные распределения на исследуемой территории;
- идентифицировать источники антропогенного загрязнения рассматриваемой территории, оценить ее современное экологическое состояние.

**МЕТОДИКА И ТЕХНИКА
ЭКСПЕРИМЕНТА**

Отбор кернов снежного покрова в марте 2009 г. проводили по схеме (рис. 1, точки 1–23). Для установ-

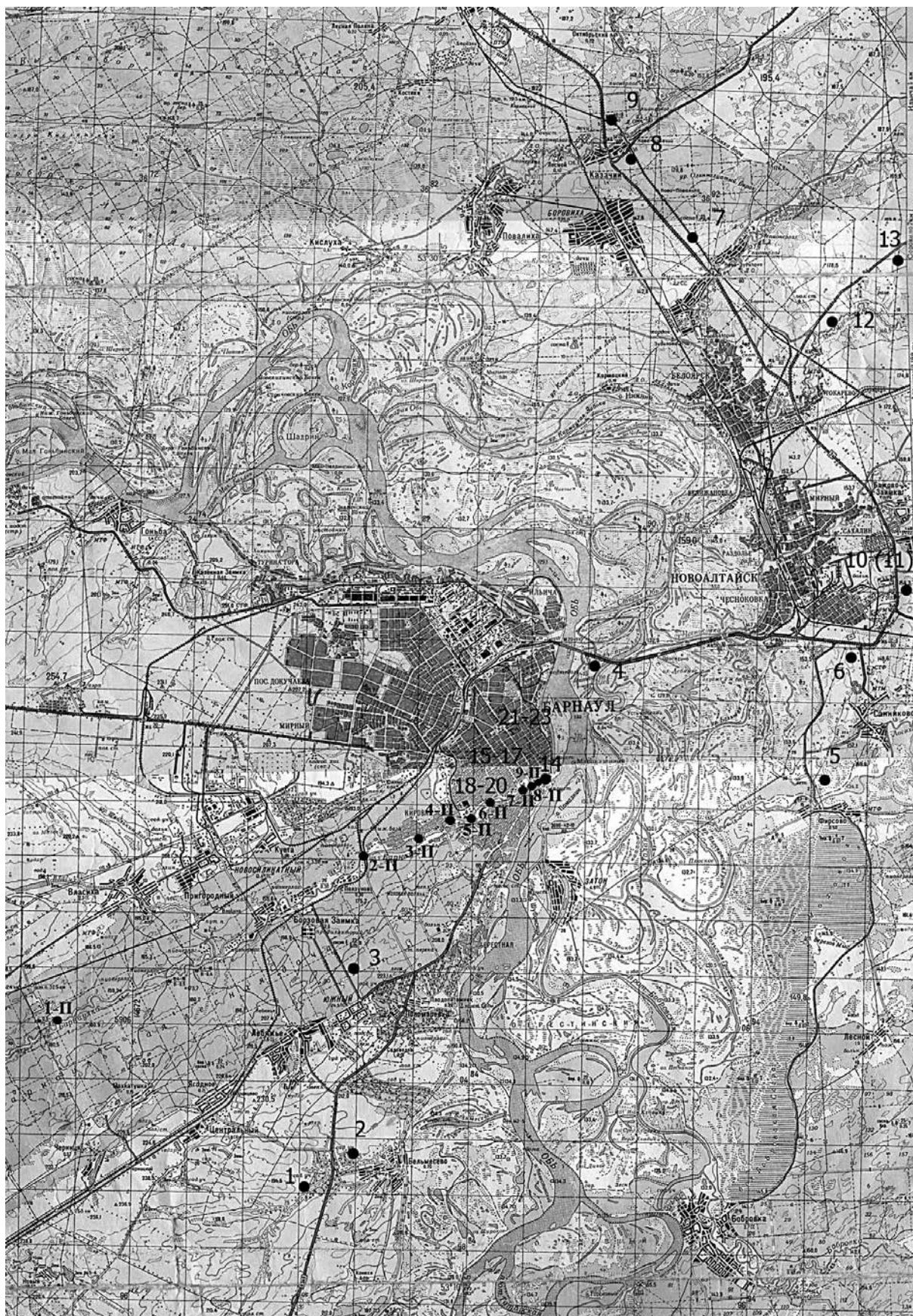


Рис. 1. Картограмма отбора снежных кернов (3 – 8.03.09)

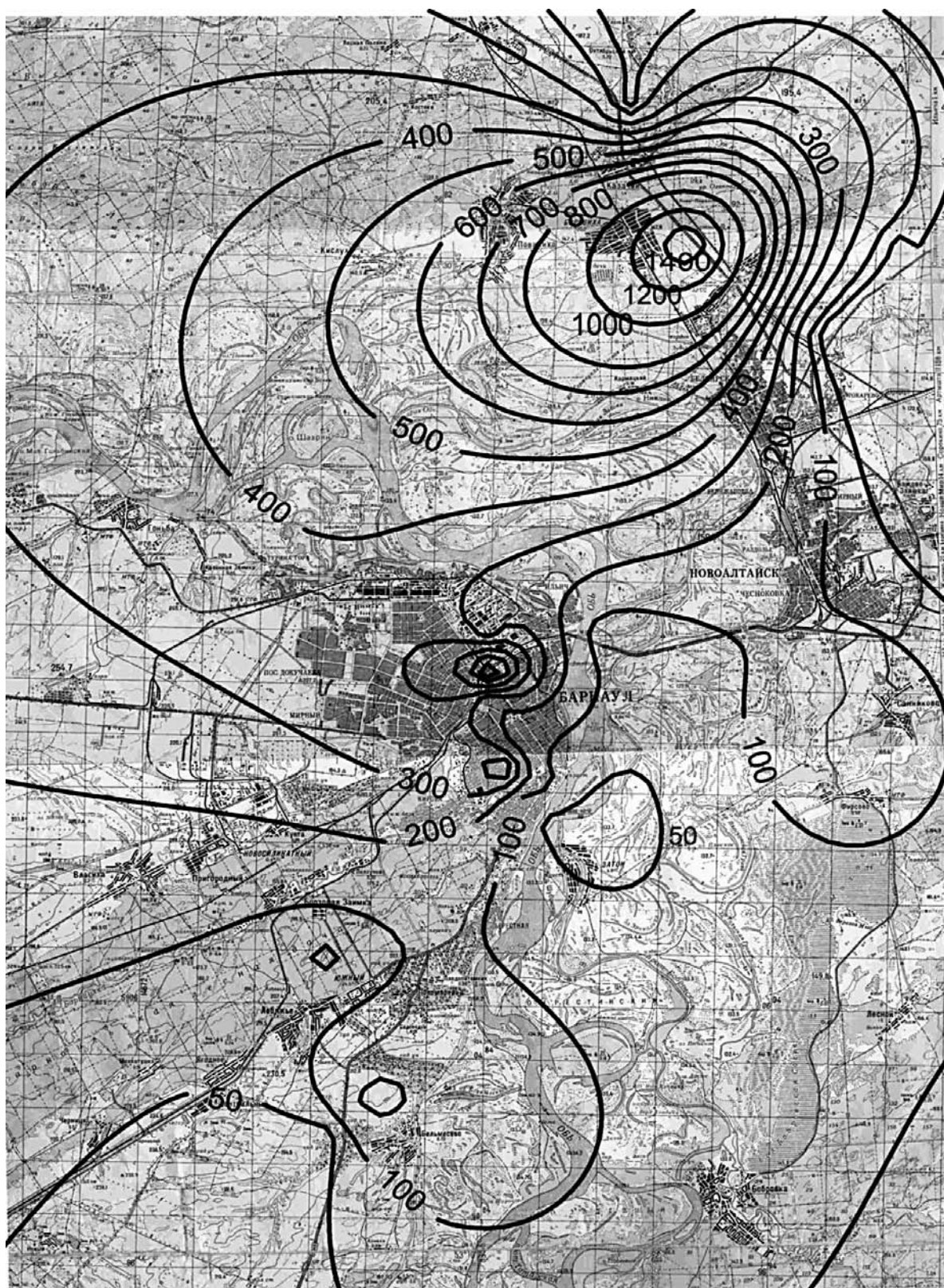


Рис. 2. Изоконцентраты **цинка** в снежном покрове (расчет на талую воду), [мкг/л]

Таблица 1

Градуировочные зависимости величины пика атомной абсорбции (пламенная атомизация)
от концентрации свинца, цинка, меди

Элемент	Уравнения регрессии, $A, [\text{мм}] = a + bC_{\text{Me}}, [\text{мкг/мл}]$	Коэффициент корреляции, R
Pb	$A = 6,1 + 3,7C_{\text{Pb}}$	0,998
Zn	$A = 18,4 + 4,8C_{\text{Zn}}$	0,997
Cu	$A = 3,7 + 11,0C_{\text{Cu}}$	0,997
Cd	$A(\text{отн.ед.}) = 0,001 + 0,528C_{\text{Cd}}$	0,999
Ni	$A(\text{отн.ед.}) = 0,004 + 0,054 C_{\text{Ni}}$	0,999

Таблица 2

Градуировочные зависимости площади пика атомной абсорбции (гидридная атомизация)
от концентрации ртути, мышьяка, селена

Элемент	Уравнения регрессии, $A, [\text{см}^2] = a + bC_{\text{Me}}, [\text{мкг/л}]$	Коэффициент корреляции, R
Hg	$A = 0,6 + 3,3C_{\text{Hg}}$	0,988
As	$A = 2,0 + 0,3C_{\text{As}}$	0,994
Se	$A[\text{мм}^2] = 18 + 36 C_{\text{Se}}$	0,998

ления концентрационных коэффициентов и идентификации источников дополнительно отбирали керны снега в пойме р. Барнаулки (рис. 1, 1 п – 10 п), именно в тех местах, где в конце октября 2009 г. был отобран почвенный покров. Из образцов почвы готовили водную, ацетатную и кислотную вытяжки по соответствующим биогеохимическим стандартам [3]. Приготовление аналитических образцов, методические особенности аналитической процедуры и обработки данных подробно описаны в [4, с. 526–528; 5, с. 108–119]. Градуировочные зависимости аналитического сигнала от концентрации стандартов представлены в таблицах 1, 2.

РЕЗУЛЬТАТЫ, ОБСУЖДЕНИЕ, ВЫВОДЫ, РЕКОМЕНДАЦИИ

Анализ пространственных распределений Zn (рис. 2), Cu (рис. 3), Pb (рис. 4) в снежный покров в области влияния крупного промышленного центра показал их неравномерность, обусловленную воздействием антропогенных источников. Нельзя исключить и влияние господствующего западного переноса атмосферных аэрозолей.

Пространственные распределения изоконцентрат мышьяка, ртути и селена однородны, а интервалы варьирования не превышали фоновые величины и составили соответственно: 0,1–3,5 мкгAs/л,

Таблица 3

Концентрационные коэффициенты, нормированные к водной вытяжке из почв ВВВ
(мкг ТМ/г воздушно-сухой почвы)

ТМ	Объект	Номер образца согласно схеме на рисунке 1					
		1	2	3	4	5	6
Cu	ЧС	400	1254	343	685	1611	147
	АВП	3	6	14	6	11	28
Pb	ЧС	800	720	68	100	553	140
	АВП	40	90	44	17	70	415
Zn	ЧС	6	810	448	728	2500	397
	АВП	29	118	121	62	138	163
Cd	ЧС	200	5560	550	300	550	90
	АВП	70	400	130	40	30	100
Ni	ЧС	153	1733	220	400	1305	1740
	АВП	3	17	14	6	9	37

Примечание: ЧС – частицы снега (кислотный минерализат), АВП – ацетатная вытяжка из почв.

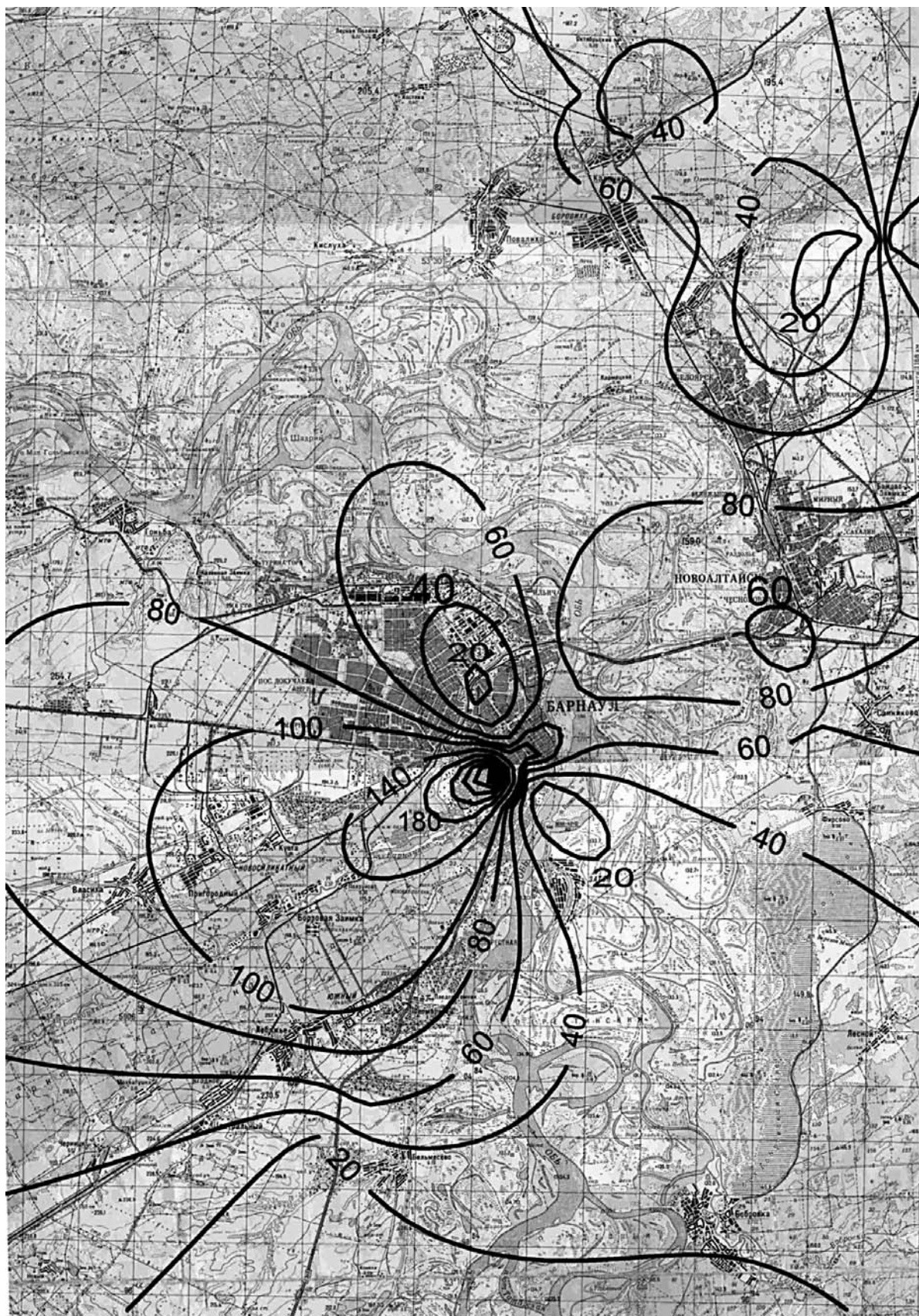


Рис. 3. Изоконцентраты меди в снежном покрове (расчет на талую воду), [мкг/л]

201

Таблица 4

Сравнительные результаты определения ТМ, десорбированных из твердой компоненты снега

Год Элемент		1997 (n = 20)	1998 (n = 20)	2003 (n = 38)	2009 (n = 23)
		C _{об} мкг/л	C _{об} мкг/л	C _{об} мкг/л	C _{об} мкг/л
Zn	миним.	11,98	18,40	20,89	19,15
	макс.	145,69	40,56	41,48	1577,67
	Среднее	22,6 ± 3,4	28,6 ± 3,6	41,0 ± 3,7	233,33±4,3
Cu	миним.	7,0	9,5	7,4	2,88
	макс.	22,6	25,7	35,1	431,85
	Среднее	11,4 ± 2,4	10,9 ± 3,5	21,9±2,4	75,42±3,4
Pb	миним.	1,8	1,6	0,91	4,21
	макс.	50,6	51,0	51,86	33,24
	Среднее	15,5 ± 0,7	15,9 ± 0,5	13,3 ± 0,6	14,07±0,7

0,16–0,19 мкгHg/л, 0,01–0,23 мкгSe/л. Удельные величины содержаний цинка, меди, свинца, кадмия и никеля в частицах снега (табл. 3) коррелируют с диффузными и точечными источниками поступления, локализованными главным образом на городских территориях, и проявляют устойчивые превышения кларков по Виноградову для литосферы Земли. Концентрационные коэффициенты подтверждают атмосферный путь поступления металлов в аккумулятивные горизонты почв и депонирование загрязнений экосистемой реки при снеговом стоке в половодье.

В массовом выражении депонирование системой Барнаулки металлов в период снегового паводка 2009 г. составило по меди 12 кг, по свинцу – 2 кг, по цинку – 17 кг, по кадмию – 0,4 кг, по никелю – 6,5 кг.

Сравнительный анализ кернов 2009 г. с результатами 1997, 1998, 2003 гг. (табл. 4, рис. 5–7) позволил квалифицировать устойчивую тенденцию к ухудшению экологического состояния снежного покрова, особенно по цинку и меди, под влиянием атмосферных выбросов, поступающих в условиях неконтролируемого увеличения числа автомобилей.

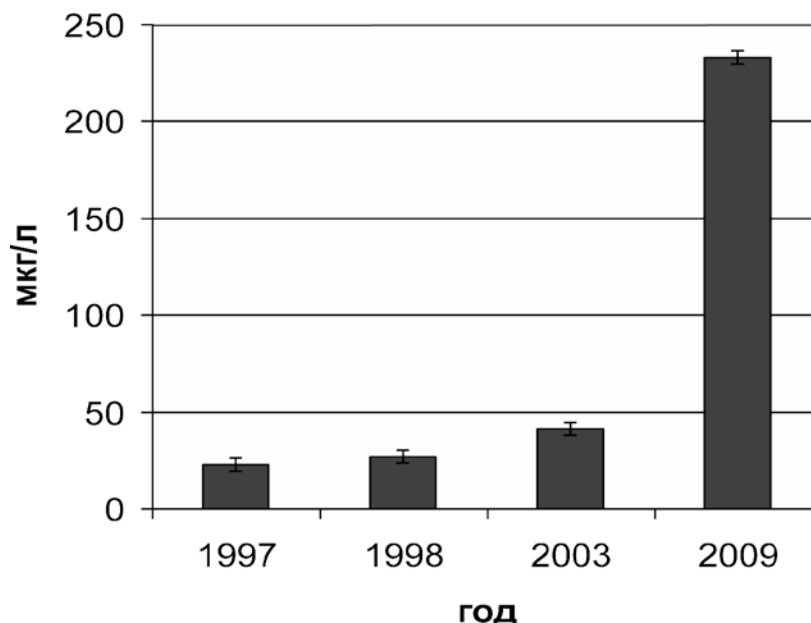


Рис. 5. Тренд средней концентрации **цинка**, десорбированного из твердой компоненты снежного покрова, в расчете на талую воду [мкгZn/л]

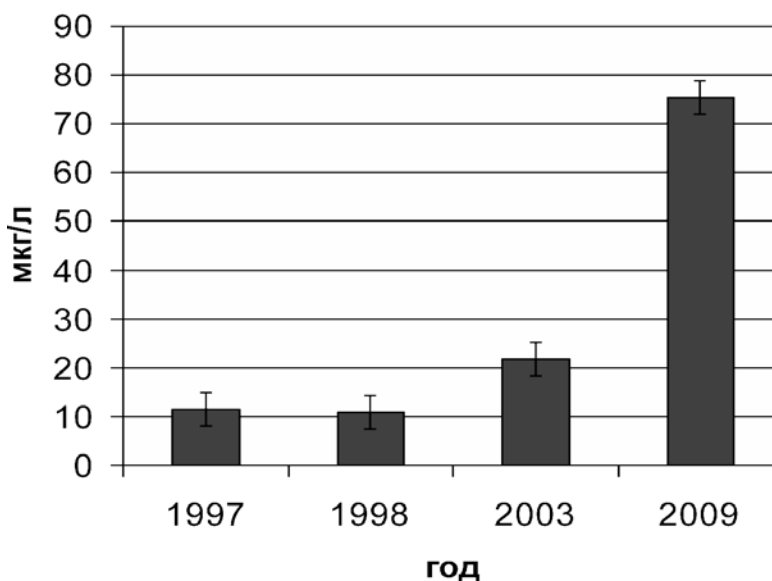


Рис. 6. Тренд средней концентрации **меди**, десорбированной из твердой компоненты снежного покрова, в расчете на талую воду [мкгCu/л]

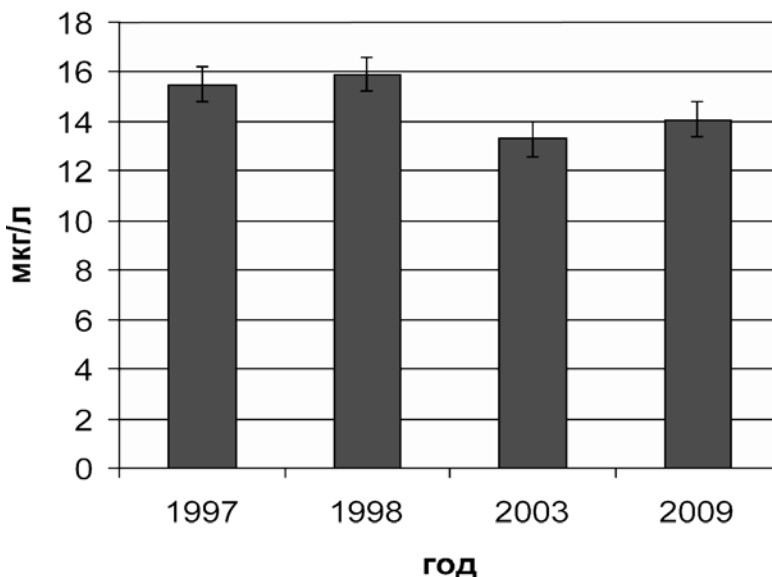


Рис. 7. Тренд средней концентрации **свинца**, десорбированного из твердой компоненты снежного покрова, в расчете на талую воду [мкгPb/л]

Следует рекомендовать государственным службам обратить внимание на мониторинг снежного покрова как недорогого и эффективного индикатора

состояния атмосферного бассейна крупных центров в условиях постоянно увеличивающейся химической нагрузки от автомобильного транспорта.

Библиографический список

1. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Ф. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л., 1985.
2. Темерев С.В. Микроэлементы в поверхностных водах бассейна Оби : монография / под ред. В.М. Савкина. – Барнаул, 2006.
3. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды / под ред. Л.К. Исаева. – СПб., 1998.
4. Индюшкин И.В., Темерев С.В. Оценка объемов снегового стока металлов в водоток в рамках модели «накопление – смыв» для урбанизированных территорий // Химия в интересах устойчивого развития. – 2004. – Т. 12.
5. Темерев С.В., Индюшкин И.В. Определение органических и неорганических форм свинца в снежном покрове атомно-абсорбционным методом // Вестник Томского государственного университета. – 2003. – №11.