

**Е. В. НАПРАСНИКОВА, А. П. МАКАРОВА**

## **СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

*Рассмотрены информативные данные о санитарно-экологических особенностях снежного покрова, ранее в этом отношении не изучавшегося. Приведены результаты экспрессной геохимической индикации снежного покрова как показателя загрязнения атмосферы индустриального города — Иркутска.*

*We examine the informative data on sanitary-ecological characteristics of snow cover, which have not been studied to date. Also, we present the results from an express geochemical indication of snow cover as the air pollution index for the industrial city of Irkutsk.*

Как известно, снег, обладающий высокой сорбционной способностью и поглощающий из атмосферы газовые и пылевые массы, представляет собой депонирующую природную среду. Это позволяет оценить уровень загрязнения атмосферы большого города за продолжительный зимний период и в определенной степени характеризует вклад в загрязнение почвенного покрова. С учетом значимости экологических проблем городов Прибайкалья в данной экспериментальной работе изучен снежный покров г. Иркутска с целью выявления особенностей биологического загрязнения на фоне эколого-геохимического состояния городской среды.

Для получения наиболее достоверной информации образец снега (для анализов) составлялся из отдельно взятых проб. Определение химических элементов осуществлялось на приборе Optima 2000 DV —

**© 2006 Напрасникова Е. В., Макарова А. П.**

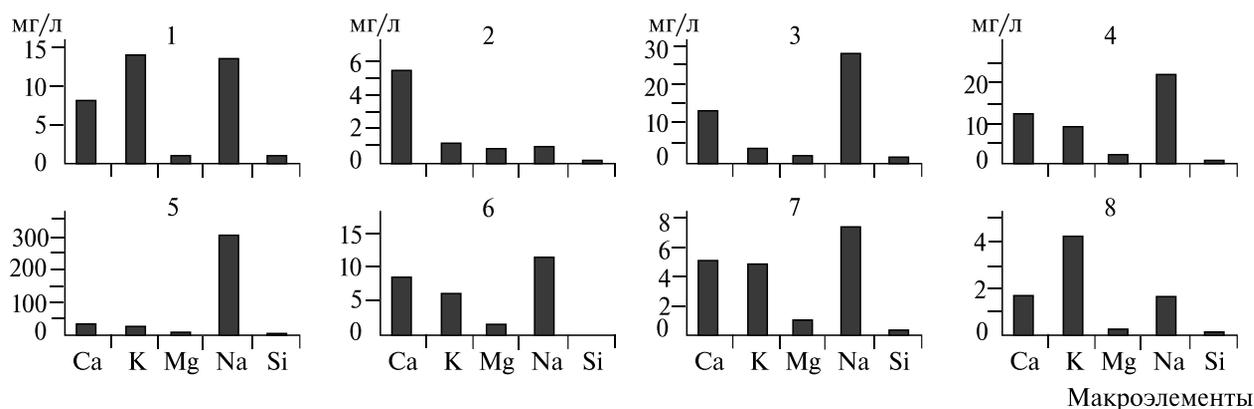


Рис. 1. Содержание макроэлементов в снежном покрове г. Иркутска.

Образцы: 1 — микрорайон Солнечный, 2 — предместье Рабочее, 3 — центр города, 4 — Ново-Ленино (жилой массив), 5 — там же (транспортная зона), 6 — микрорайон Синюшина Гора, 7 — там же (промышленная зона), 8 — Академгородок (жилой массив).

оптическом эмиссионном спектрометре с индукционной плазмой и компьютерным управлением (фирма Perkin Elmer LLC, США). Реакция среды снежного покрова определялась на рН-метре ионере «Эксперт-001». Санитарно-экологическая оценка проводилась по общепринятым методикам [1].

Рассмотрены аналитические показатели снежного покрова опорных площадей опробования как экспрессной геохимической индикации, отражающей особенности этой среды в конкретный момент.

Значения рН снежного покрова в пробах колеблется в диапазоне слабокислых и умеренно-щелочных значений, т. е. от 6,1 до 7,3 ед. Для Иркутска характерно достаточно высокое содержание щелочных компонентов в атмосфере, что и определяет относительно редкое выпадение кислых осадков, чем в сопредельных территориях [2]. По нашим данным рН снежного покрова зимой 2006 г. в разных функциональных зонах пос. Листвянка, территорию которого условно можно считать контрольной, изменяется от 5,3 до 6,7.

Выявлен уровень содержаний макроэлементов в снежном покрове Иркутска, которые значительно варьируют (рис. 1). Так, кальция содержится 1,6–37,7 мг/л, калия — 1,1–30,3, натрия — от 1,0 до аномально высоких значений (305,0 мг/л), магния — 0,3–3,6, кремния — 1,4–2,7 мг/л.

Прослежены и математически обоснованы тенденции зависимости показателей кислотно-щелочных условий снежного покрова от содержания щелочно-земельных и щелочных металлов. Составлены графики, отображающие эти зависимости (рис. 2). Как и следовало ожидать, определяющий вклад в количественном отношении в изменение рН среды снежного покрова в щелочную сторону внесли прежде всего кальций и натрий, затем (в порядке убывания) калий, магний, стронций, барий. Во всех случаях, кроме

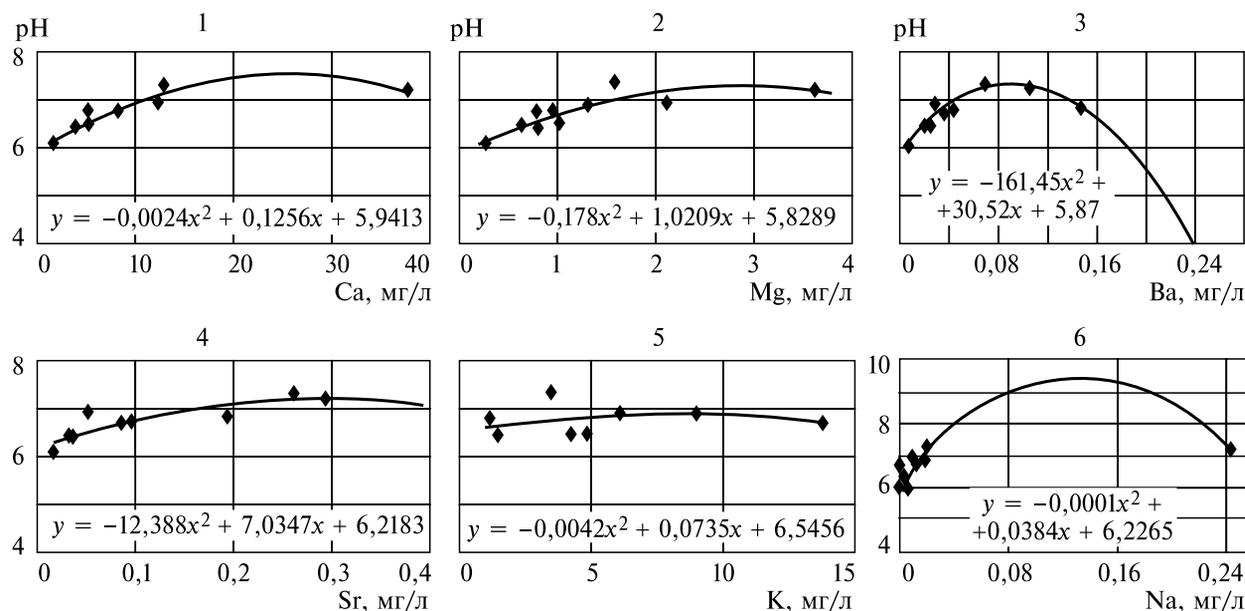


Рис. 2. Тенденции связей между щелочно-земельными (1–4) и щелочными металлами (5, 6) и рН среды.

Данные о содержании микроорганизмов в снежном покрове Иркутска

Номер образца	Место отбора проб	Бактерии, КОЕ/мл талой воды		Грибы на среде Чапека	Дрожжи на среде Сабуро
		МПА	КАА	КОЕ/мл талой воды	
1	Микрорайон Солнечный, селитебно-транспортная зона	400	640	13	160
2	Предместье Рабочее, селитебно-транспортная зона	376	970	11	440
3	Центр города, набережная р. Ангары	1820	1920	16	450
4	Ново-Ленино, селитебная зона	6800	1100	80	150
5	Там же, транспортная зона, АЗС	3120	4000	18	490
6	Микрорайон Синюшина Гора, селитебная зона	2720	6100	18	390
7	Там же, промышленная зона	3100	3000	10	440
8	Академгородок, селитебная зона	6400	8100	15	600

Примечание. КОЕ — колониеобразующие единицы; МПА — мясо-пептонный агар; КАА — крахмало-аммиачный агар.

калия, выявлена статистически существенная связь между значениями рН и уровнем содержания элементов техногенного происхождения. Установлены следующие значения коэффициентов корреляции элементов (в соответствии с нумерацией на графиках): соответственно 0,9; 0,8; 0,8; 0,7; 0,1; 0,6.

По нашим данным тяжелые металлы, относящиеся к экотоксикантам, накапливаются почти во всех образцах снежного покрова. Свинец обнаружен только в центре города и в сфере влияния АЗС Ново-Ленино в относительно небольших количествах. Это можно объяснить тем, что содержание этого элемента снизилось везде или он вообще отсутствует в связи с запретом использования соединений свинца в бензине. Накопление цинка (до 0,06 мг/л) отмечено в микрорайоне Солнечный и в промышленной зоне Синюшиной горы, никель выявлен в транспортной зоне Ново-Ленино (0,002 мг/л).

Пределы обнаружения стронция составляют 0,01–0,3 мг/л, его максимальные значения зафиксированы в центре города и в Ново-Ленино. Накопление меди варьировало от 0,001 до 0,07 мг/л с максимальным уровнем в транспортных и промышленных зонах. Кадмий, хром, молибден, ванадий и бериллий в указанных точках опробования не обнаружены, а кобальт в незначительных количествах (0,001 мг/л) выявлен только в историческом центре города и в микрорайоне Солнечный.

Данные геохимического мониторинга загрязнения снежного покрова в Ангаро-Байкальском регионе свидетельствуют о значительном загрязнении техногенного происхождения [3–5]. Результаты наших исследований по содержанию некоторых элементов совпадают с опубликованными, однако следует отметить, что полученные данные несут информацию о существенном уменьшении содержания кремния, магния, титана, свинца и кобальта.

Общезвестно, что потоки атмосферных масс рассматриваются как биологически обогащенный компонент обратной геохимической связи, идущей через атмосферу [6]. Снежный покров содержит информацию не только о химических веществах, но и о биотических компонентах. В данном случае можно вести речь о биологическом загрязнении окружающей среды. В этой связи следует отметить, что атмосфера не является субстратом для жизнеобеспечения микробиоты, а снег считается ее временным местообитанием и неблагоприятен для ее размножения.

Непрерывный поток микробиоты можно представить следующим образом: почва → атмосфера → → снег → почва. Следовательно, пройдя через промежуточные природные среды, компоненты биоты после таяния снега вновь попадают в почву, что свидетельствует об определенной замкнутости потока микробиоты (циркуляции) в условиях городской среды. При этом важно учитывать, что в снежном покрове могут концентрироваться не только представители сапрофитной почвенной микрофлоры, условно-патогенные, но и патогенные микроорганизмы — возбудители заболеваний человека и животных. Таким образом, снежный покров представляет потенциальную эпидемическую опасность, поскольку жизнеспособность микроорганизмов в нем сохраняется.

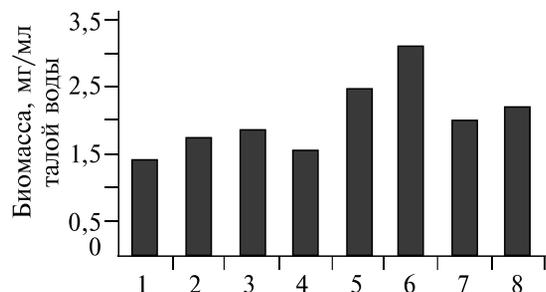


Рис. 3. Биомасса грибного мицелия в снежном покрове г. Иркутска. 1–8 см. на рис. 1.

Санитарно-бактериологические показатели снежного покрова Иркутска

Номер образца	Место отбора проб	Численность на среде Эндо, КОЕ/мл	Coli-титр	Степень загрязнения снега
1	Микрорайон Солнечный, селитебно-транспортная зона	100	0,1	Сравнительно чистый
2	Предместье Рабочее, селитебно-транспортная зона	91	0,1	То же
3	Центр города, набережная р. Ангары	1640	0,0001	Сильно загрязненный
4	Ново-Ленино, селитебная зона	900	0,01	Загрязненный
5	Там же, транспортная зона, АЗС	117	0,1	Сравнительно чистый
6	Микрорайон Синюшина Гора, селитебная зона	2000	0,001	Загрязненный
7	Там же, промышленная зона	750	0,01	Загрязненный
8	Академгородок, селитебная зона	2800	0,0001	Сильно загрязненный

При изучении содержания микроорганизмов в снежном покрове на стандартных средах (см. табл. 1) установлено, что они значительно варьируют, а их численность в санитарно-экологическом аспекте можно считать высокой. Четкого соответствия между соотношением бактерий, усваивающих органический источник азота, с бактериями, ассимилирующими его минеральный источник, не выявлено. Доминировали бактерии родов *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Rodococcus*, колонии которых в основном пигментообразующие.

Как показали исследования микологического состояния снега, во всех образцах дрожжи доминируют над грибами и по численности превосходят их более чем на порядок. Следует отметить, что в почвах города микологическая картина противоположная [7]. Идентификация доминирующих грибов осуществлена на основании культурально-морфологических признаков и выявлены следующие их представители: *Aspergillus glaucus*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *Penicillium notatum*, *Penicillium cyclopium*, *Penicillium chrysogenum*, *Trichoderma lignorum*, *Cladosporium herbarum*, *Scopulariopsis bravicalis*. Большинство из них относится к аллергенным видам [8]. Дрожжи в основном представлены двумя родами — *Rodotorula* и *Candida*, как и в почвах города.

Прямой учет мицелия грибов по методу Моллисона и Джонсона [9] в снеге выявил их сравнительно высокое содержание по биомассе, хотя диаметр самого мицелия по сравнению с обитателями почвы почти в два раза меньше (см. рис. 3). Размеры биомассы колеблются от 1,4 мг на 1 мл талой воды (микрорайон Солнечный) до 3,1 (микрорайон Синюшина Гора), что можно отнести к значительным.

Основными показателями для санитарно-микробиологической оценки служили количество микроорганизмов на селективной среде Эндо и титр кишечной палочки, отражающие степень возможной эпидемической опасности окружающей среды (табл. 2). Эти показатели позволяют судить о степени загрязнения снежного покрова города. Там, где Coli-титр не опускается ниже 0,1, образец можно считать чистым. Последующее снижение титра свидетельствует о более сильном загрязнении снежного покрова в санитарно-бактериологическом отношении. Этот санитарно-экологический показатель (от сравнительно чистого до сильно загрязненного) существенно различается в разных районах города.

Таким образом, сопоставление экспрессной геохимической индикации и санитарно-бактериологических показателей позволяет сказать, что они, хотя и не совпадают относительно каждого местоположения, но значительно дополняют друг друга при экологической оценке окружающей среды промышленного города Прибайкалья.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Байкал-05-05-97218 и 05-05-64036).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов С. И., Дубынина Г. А. Методы изучения водных микроорганизмов. — М.: Наука, 1989.
2. Нецветаева О. Г. Формирование химического состава вод притоков Южного Байкала в современный период: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Иркутск, 2004.
3. Ломоносов И. С., Макаров В. Н., Гапон А. Е. и др. Экогеохимия городов Восточной Сибири. — Якутск, 1993.
4. Королева Г. П., Верхозина А. В., Гапон А. Е. Геохимический мониторинг загрязнения снегового покрова металлами — экотоксикантами (Южное Прибайкалье) // Инженерная экология. — 2005. — № 3.
5. Нечаева Е. Г., Макаров С. А. Снежный покров как объект регионального мониторинга среды обитания // География и природ. ресурсы. — 1996. — № 2.

6. **Глазовская М. А.** Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. — М.: Высш. шк., 1988.
7. **Напрасникова Е. В., Макарова А. П.** Санитарно-микробиологические и биохимические особенности почвенного покрова городов Прибайкалья // Сиб. мед. журн. — 2005. — № 4.
8. **Марфенина О. Е.** Антропогенные изменения комплексов микроскопических грибов в почвах: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — М., 1999.
9. **Мирчинк Т. Г.** Почвенная микология. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976.

*Институт географии СО РАН, Иркутск  
Иркутский государственный университет*

*Поступила в редакцию  
10 апреля 2006 г.*

---