

Литература

1. Антропова М.В., Бородкина Г.В. Прогностическая значимость адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы у детей 10-11 лет // Физиология человека. 2000. Т.26, № 1. С. 56–61.
2. Баранов А.А., Щеплягина Л.А. Экологические и гигиенические проблемы детей и подростков. М. 1998. 336с.
3. Громбах С. М., Ужвии В.Т., Ямпольская Ю.А. Антропофизиологические адаптации подростков к различным воздействиям // Вопр. антропологии. 1974. Вып. 17. С. 98–108.
4. Давыденко Н.А. Физическое развитие школьников образовательных учреждений Волгограда // Гигиена и санитария. 2004. № 2. С. 45– 47.
5. Зюзина Н.Е. Состояние здоровья подростков в экономически "благополучных" семьях и оздоровительные программы // Там же. 2005. № 4. С. 46– 49.
6. Карцев И.Д., Халдеева Л.Ф., Павлович К.Э. Физиологические критерии профессиональной пригодности подростков к различным профессиям. М.: Медицина, 1977. 176 с.
7. Кучма В.Р. Формирование здоровья детей и подростков в современных социальных и эколого-гигиенических условиях. М.: Медицина, 1996. 282 с.
8. Лысенко А.И., Яруллин А.Х., Даутов Ф.Ф. Состояние здоровья детей дошкольного возраста на территориях с различным уровнем антропогенной нагрузки // Гигиена и санитария. 2002. № 4. С. 41–43.
9. Маторова Н.И., Прусакова А.В. Характеристика физического развития и уровней артериального давления у детей, проживающих в условиях йодного дефицита и техногенной нагрузки // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2002. № 3. С. 60– 63.
10. Формирование основ здорового образа жизни у школьников / Л.А. Пономарева, Л.К. Абдукадырова, С.А Шарипова, И.Т. Юлдашбаев // Гигиена и санитария. 2002. № 1. С. 44– 45.
11. Рахманин Ю.А., Ревазовы Ю.А. Донозологическая диагностика в проблеме окружающая среда – здоровье населения // Там же. 2004. № 6. С. 3–5.
12. Сухарева Л.М., Павлович К.Э. Теоретические предпосылки гигиенической регламентации профессионального обучения и труда подростков // Экологические и гигиенические проблемы здоровья детей и подростков: сб. ст. М., 1998. С. 261–288.
13. Юрко Г.П., Лашнева И.П., Березина Н.О. Состояние здоровья детей и разработка оздоровительных мероприятий в дошкольных образовательных учреждениях // Гигиена и санитария. 2000. № 4. С. 39–41.

УДК 574.5; 572.1/4

И.И. Гаврилин, Е.М. Рунова*

ЗАГРЯЗНЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА г. БРАТСКА КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ УРБОЭКОСИСТЕМЫ

В статье представлены результаты исследований состояния снежного покрова в городе Братске. Рассчитан показатель суммарного загрязнения снежного покрова и построена карта-схема. Установлено, что снежный покров является важным индикатором состояния урбоэкосистем, но в г. Братске используется лишь частично.

Ключевые слова: снежный покров, урбоэкосистема, загрязнение, индикатор.

Современные геохимические исследования городов по оценке экологической обстановки базируются, главным образом, на изучении химического состава воздуха, воды, почвы и практически не используют данные по составу снежного покрова [1]. Такое положение сложилось вследствие того, что при оценке

экологической обстановки территорий в рамках программы экологического мониторинга исследованию состояния водной, воздушной и почвенной сред отводится доминирующее значение [2].

Снежный покров накапливает в своем составе практически все вещества, поступаю-

* - автор, с которым следует вести переписку.

щие в атмосферный воздух, он обладает высокой сорбционной способностью, захватывает во время снегопада существенную часть продуктов техногенеза из атмосферы и консервирует их на поверхности [3]. Снеговой покров аккумулирует также пыль, оседающую в периоды между снегопадами. Таким образом, загрязнение снежного покрова происходит в два этапа – во-первых, загрязнение снега во время его образования в облаке и выпадения на местность (влажное выпадение загрязняющих веществ со снегом); во-вторых, загрязнение уже выпавшего снега в результате сухого выпадения загрязняющих веществ из атмосферы [4]. Взаимоотношение между сухими и влажными выпадениями зависит от ряда факторов, главными из которых являются: длительность холодного периода, в течение которого сохраняется снежный покров; частота снегопадов и их интенсивность; физико-химические свойства загрязняющих веществ; размер частиц-загрязнителей. При этом в течение всего длительного зимнего периода загрязнение среды проецируется на однородном по свойствам естественном субстрате – снежном покрове, который сохраняет геохимическую информацию до начала снеготаяния [5].

Среди компонентов урбоэкосистемы Братска снежный покров является наиболее чувствительным индикатором экологической обстановки, так как, в отличие от почвы, снег не является активным ни в химическом, ни в биологическом отношении. В снежном покрове почти не происходит трансформация веществ, поэтому он служит не только индикатором предшествующего загрязнения атмосферы, но и последующего загрязнения почвы, поверхностных вод и растений. Таким образом, снежный покров выступает универсальным индикатором техногенной нагрузки на окружающую среду. Установлено, что концентрация загрязняющих веществ в снежном покрове оказывается обычно на 2 – 3 порядка величины выше, чем в атмосферном воздухе. Поэтому измерения содержания этих веществ могут производиться достаточно простыми методами и с высокой степенью надежности.

Город Братск расположен в южной части Среднесибирского плоскогорья, на берегу Братского водохранилища, в зоне очень высокого потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА). С 1995 г. Братск включается в приоритетный список городов России с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха

[6]. Город относится к крупным промышленным узлам Восточной Сибири, здесь размещено более 40 крупных и мелких промышленных предприятий [7].

Наибольшую нагрузку на окружающую среду г. Братска оказывают три ведущие отрасли промышленности: цветная металлургия (предприятие по производству алюминия ОАО «РУСАЛ Братск»), теплоэнергетика (предприятия ИТЭЦ-6, ИТЭЦ-7 ОАО «Иркутскэнерго», котельная ООО «ВСТК»); деревообрабатывающая и деревоперерабатывающая промышленность (ОАО «Группа Илим» в Братске). Также дополнительным источником загрязнения является автомобильный транспорт. Наибольший вклад в загрязнение воздушного бассейна города вносят: алюминиевый завод (ОАО «Русал Братск») – 41,3 %, лесопромышленный комплекс – 9,1 % (ОАО «Группа Илим» в Братске, далее БЛПК), предприятия теплоэнергетики (ТЭЦ-6, ТЭЦ-7, котельная ООО «ВСТК») – 17,1 %, завод ферросплавов (ООО «Братский завод ферросплавов») – 5,2 %, автотранспорт – 15 %.

Район исследования характеризуется суровыми климатическими условиями. Климат на территории г. Братска резко континентальный, с суровой и продолжительной, но сухой зимой и сравнительно теплым, с обильными осадками, летом. В среднем за год выпадает 369 мм осадков, из которых 25 % приходится на холодный период и 75 % – на теплый. Сумма положительных температур составляет 1500-1620°. Снеговой покров в среднем 40-50 см, достигает наибольшей мощности в конце февраля – первой декаде марта. Незначительная мощность снегового покрова способствует глубокому промерзанию почвы – до 1,5-2,0 м под пологом леса и до 3,0 м на открытых площадях. Данные условия оказывают большое влияние на состояние и устойчивость древесной растительности урбоэкосистемы Братска.

Необходимо отметить, что в г. Братске такие метеорологические факторы, как инверсии, большая повторяемость штилей и слабых ветров, наличие туманов и преобладание незначительного количества осадков усиливают негативное воздействие промышленных выбросов на состояние всех компонентов урбоэкосистемы. По данным Братского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (БЦГМС, территориальное подразделение Росгидромета), в атмосферный воздух поступает 109 загрязняющих веществ.

Однако наибольшее влияние на окружающую среду оказывают 14 веществ: сернистый ангидрид, окись углерода, окислы азота, пыль, зола угольная, формальдегид, сероводород, диметилсульфид, смолистые вещества, бенз(а)пирен, фтористый водород и твердые фториды. Кроме этого, существенный вклад в загрязнение урбоэкосистемы Братска вносят пыль и тяжелые металлы.

В городе Братске исследование снежного покрова проводится только Братским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. При этом отбор проб снежного покрова на территории Братска и Братского района производится в 11 точках, определяется небольшое количество ингредиентов (ионы сульфата, нитрата, аммония; содержание растворимых и нерастворимых фторидов и количество нерастворимого остатка). Таким образом, анализ проб снежного покрова охватывает очень узкий круг определяемых ингредиентов. Поэтому недостаток информации о загрязнении снежного покрова территории урбоэкосистемы Братска вызывает необходимость проведения исследований в этой области.

Исследование загрязнения снежного покрова проводилось в 2009-2010 гг. в лесных массивах урбоэкосистемы Братска, находящихся под влиянием выбросов ОАО «РУСАЛ Братск», БЛПК и предприятий теплоэнергетики.

Определение загрязнения снежного покрова г. Братска проводилось в соответствии с принятыми методиками [8, 9, 10]. Отбор проб снежного покрова осуществлялся с помощью стандартного снегомера-плотногомера площадью 30х30 см. Затем производилась первич-

ная обработка проб для последующего анализа в лаборатории. Анализы выполнялись в лаборатории ФГУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений» (Братский отдел ФГУ «ЦЛАТИ») по семи ингредиентам: гидрокарбонат-ионы, сульфат-ионы; ионы натрия, ионы кальция, ионы водорастворимого фтора и алюминия; нерастворимый остаток. Метрологическая оценка качества анализов осуществлялась в соответствии с требованиями ОСТ-41-08-212-82.

Отбор осуществлялся перед началом снеготаяния на 26 пробных площадях и по заданному снегомерному маршруту в северо-восточном направлении от промышленных предприятий г. Братска. Контрольная точка (далее контроль) находится на расстоянии 75 км в северном направлении от основных промышленных предприятий г. Братска. Глубина снежного покрова селитебной территории г. Братска за зимний период 2009-2010 г. варьируется в пределах от 29 до 43 см и в среднем составляет 32 см.

Достоверно известно, что в зависимости от источника загрязнения изменяется состав снежного покрова. При этом кислотность проб снежного покрова является аналитическим показателем, отражающим особенности этой среды в конкретный момент времени. На основании проведенных исследований для снежного покрова г. Братска характерны слабощелочная (pH=5-6,5), нейтральная (pH=6,5-7,5), слабощелочная (pH=7,5-8,5) реакции среды. Результаты определения реакции среды (pH) отобранных проб в северо-восточном направлении от основных промышленных предприятий представлены на рис. 1.

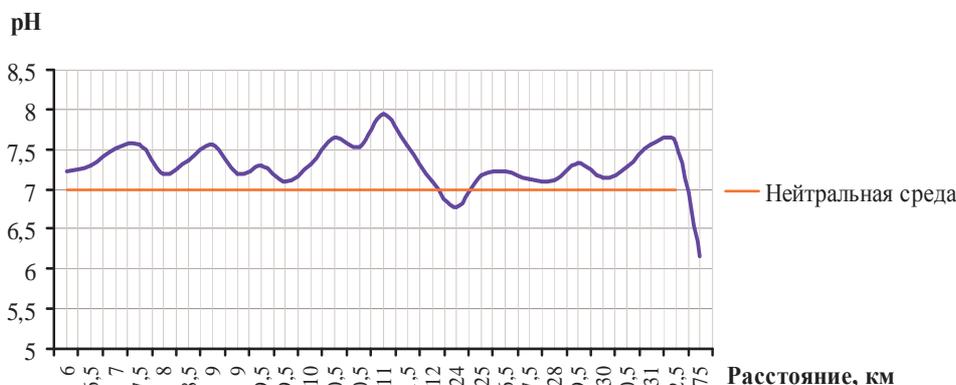


Рис. 1. Показатели pH проб талой снеговой воды в г. Братске (2009-2010 гг.).

На рис. 1 видно, что кислотность талой снеговой воды из образцов, отобранных в северо-восточном направлении от основных источников загрязнения на территории г. Братска, варьируется в пределах от 6,78 до 7,94.

Таким образом, результаты рН отобранных проб снеговой воды свидетельствуют о том, что имеет место тенденция к защелачиванию осадков.

Наиболее информативным при оценке загрязненности снежного покрова в урбоэкосистемах является суммарный показатель загрязнения (Z_c), который рассчитывается по формуле:

$$Z_c = \sum_i^n K_{Pi} - (n-1), \quad (1)$$

где n – число суммируемых элементов; K_{Pi} – коэффициент накопления химического элемента, определяемый по формуле:

$$K_{Pi} = \frac{Pi}{Pi_{\phi}}, \quad (2)$$

где P_i – плотность выпадения загрязняющего вещества на снежный покров в исследуемом микрорайоне, кг/км²; P_{ϕ} – фоновое значение плотности выпадения загрязняющего вещества на снежный покров, кг/км².

Расчет суммарного показателя загрязнения снежного покрова г. Братска выполнялся по семи ингредиентам: гидрокарбонат-ионы, сульфат-ионы; ионы натрия, ионы кальция, ионы водорастворимого фтора и алюминия; нерастворимый остаток. Результаты расчетов с использованием метода эколого-геохимического картирования были нанесены на карту-схему и представлены на рис. 2.

Как видно на рис. 2, общий уровень техногенного загрязнения снежного покрова г. Братска по суммарному показателю Z_c сохраняется на высоком уровне, и наблюдается масштабная устойчивость распределения различных веществ. Ареалы загрязнения по суммарному показателю Z_c занимают обширную площадь и распространяются в северо-восточном направлении от основных промышленных предприятий.

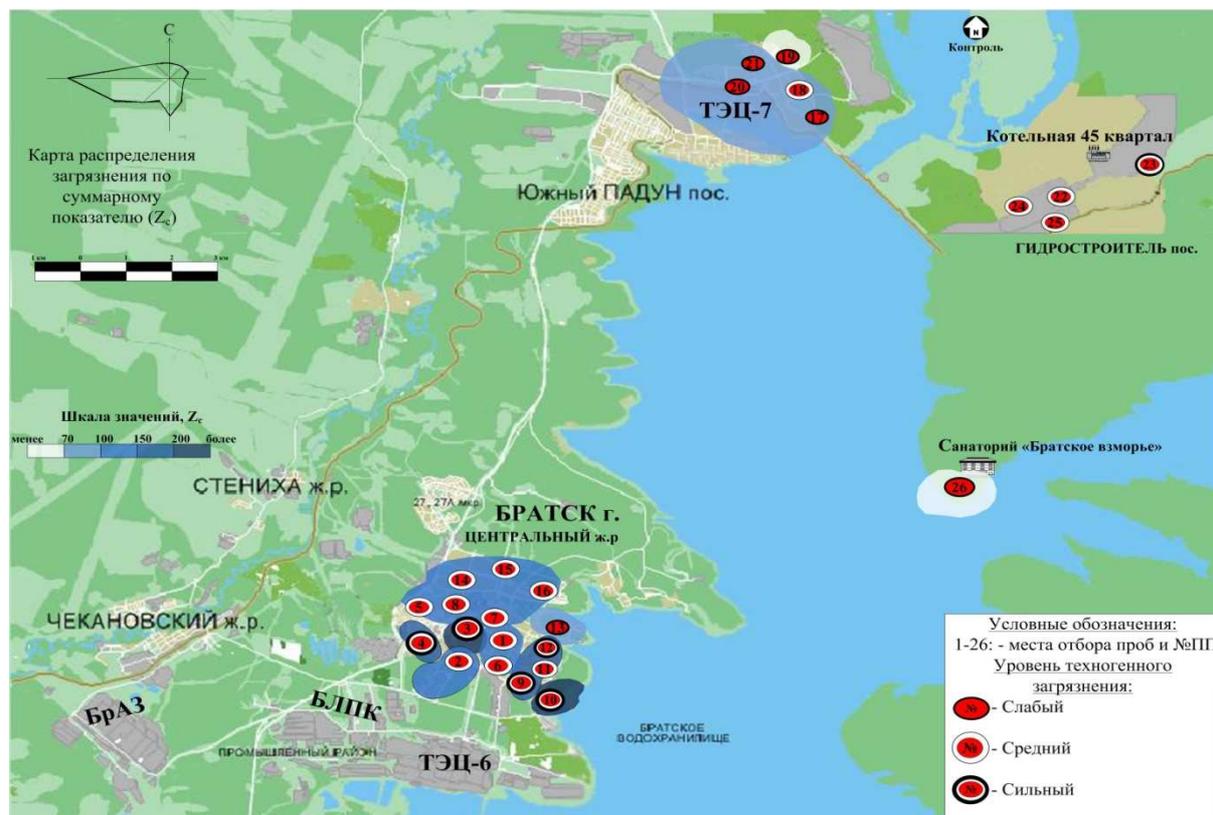


Рис. 2. Распределение загрязняющих веществ по уровню загрязнения снежного покрова г. Братска.

При этом зона сильного техногенного загрязнения имеет протяженность более 30 км и не оконтурена с восточного и западного направления. Суммарный показатель загрязнения в пределах этой зоны составляет от 190 до 226. В зоне среднего техногенного загрязнения шириной 3-10 км и протяженностью более 30 км, также в северо-восточном направлении, ареал распространения по Z_c варьируется от 100 до 165. Зона слабого техногенного загрязнения находится севернее основных промышленных предприятий, значения по Z_c здесь ниже и составляют от 67 до 95.

Таким образом, построенная на основании экспериментальных данных карта-схема загрязнения снежного покрова позволяет зонировать изучаемую территорию по уровню техногенного загрязнения. На основании полученных результатов выявлен уровень загрязнения снежного покрова г. Братска основными промышленными предприятиями. Полученные результаты позволяют не только оценить современное состояние снежного покрова г. Братска, но и оценить потенциальное загрязнение других компонентов урбоэкосистемы – почвы и растений.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

Установлено, что глубина снежного покрова селитебной территории г. Братска за зимний период 2009-2010 г. варьировалась в пределах от 29 до 43 см, и в среднем составляла 32 см. Выбросы промышленных предприятий вызывают подщелачивание снега. Для всех проб снега, отобранных на селитебной территории г. Братска, характерна слабощелочная, близкая к нейтральной реакция среды ($pH=6,78-7,94$).

Выявлено, что в составе анионов в снежном покрове селитебной территории г. Братска преобладают гидрокарбонат-ионы, сульфат-ионы, ионы фтора, в составе катионов – ионы натрия и кальция.

Получена карта-схема пространственного распределения различных веществ в снежном покрове, которые соответствуют уровню техногенного загрязнения промышленными предприятиями г. Братска.

Литература

1. Беус А.А., Грабовская Л.И. Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1976. 247 с.
2. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Сает, Б.А. Ревич, Е.П. Янин. М.: Недра, 1990. 333 с.
3. Ушаков С.А. Экологическое состояние территории России. М.: Академия, 2004. 128 с.
4. Воробьев А.Е. Человек и биосфера: глобальное изменение климата. М., РУДН, 2006. 910 с.
5. Василенко В.Н., Назаров И.М. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 312 с.
6. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2010 году: гос. доклад. М.: РППР РусКонсалтингГрупп, 2011. 199 с.
7. Рунова Е.М. Влияние техногенного загрязнения на леса Приангарья. Братск: БРИИ, 1999. 108 с.
8. ГОСТ 17.4. 402 – 84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Введ. 01.01.86. М.: Изд-во стандартов, 1986. 8 с.
9. ГОСТ 17.1.5. 05– 85. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда, атмосферных осадков. Введ. 01.07.86. М.: Изд-во стандартов, 1986. 23 с.
10. ГОСТ 4386-89. Вода питьевая. Введ. в 01.01.91. М.: Изд-во стандартов, 1996. 8 с.