

# ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 87.17

## Изменение рН и электропроводность снежного покрова Братска\*

Н.И. Янченко<sup>a</sup>, А.Н. Баранов<sup>b</sup>, В.А. Ершов<sup>c</sup>, Е.В. Тимкина<sup>d</sup>

Иркутский государственный технический университет, ул. Лермонтова 83, Иркутск, Россия

<sup>a</sup>fduesn@bk.ru, <sup>b</sup>a\_baranow@mail.ru, <sup>c</sup>v.ershov@mail.ru, <sup>d</sup>timkina.ekaterina@yandex.ru

Статья поступила 15.05.2014, принята 11.08.2014

*В марте 2013 и 2014 годов, перед активным снеготаянием, был выполнен отбор проб снежного покрова в Братске. Пробы снега характеризуют состояние атмосферного воздуха за период устойчивого снежного покрова с октября по март. Величина рН и электропроводности в фильтрате снеговой воды отражает наличие водорастворимых газовых примесей и аэрозолей в атмосфере. В качестве районов исследования снежного покрова выбраны селитебная территория и основная промышленная зона Братска. Установлено, что атмосфера в жилых районах менее загрязнена по сравнению с промышленной зоной. Особенностью снежного покрова в Братске является не закисление снежного покрова, а смещение рН в щелочную область. Это обусловлено применением соединений натрия в технологии производства алюминия и в целлюлозно-бумажном производстве. Отмечено, что в районах незамерзающей реки Ангара регистрируется повышенное значение электропроводности по сравнению с ближайшими точками отбора. Вероятно, это связано с процессами, идущими на границе «атмосфера – водная поверхность».*

**Ключевые слова:** электропроводность, снежный покров, ландшафт, корреляция, величина рН.

## Changing pH and conductivity of the snow cover in the city of Bratsk

N.I. Yanchenko<sup>a</sup>, A.N. Baranov<sup>b</sup>, V.A. Ershov<sup>c</sup>, E.V. Timkina<sup>d</sup>

Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov Str., Irkutsk, Russia

<sup>a</sup>fduesn@bk.ru, <sup>b</sup>a\_baranow@mail.ru, <sup>c</sup>v.ershov@mail.ru, <sup>d</sup>timkina.ekaterina@yandex.ru

Received 15.05.2014, accepted 11.08.2014

*In March 2013 and 2014 before the active snowmelting, sampling of snow in the city of Bratsk was done. Snow samples characterize the state of the air for a period of stable snow cover from October to March. PH value and conductivity of the filtrate snow water reflects the presence of water-soluble trace gases and aerosols in the atmosphere. As the survey shows, some areas of snow cover selected residential areas and the main industrial zone of Bratsk. It has been established that the atmosphere in residential areas is less polluted compared to industrial zones. Special feature of the snow cover in Bratsk is not its acidification but pH-shifting to the alkaline range. This is due to the use of compounds of sodium in aluminum production and in pulp and paper industry. It has been noted that in areas of unfrozen river Angara high conductivity value as compared to the closest points of the selection was registered. This is probably due to the processes occurring at the border «atmosphere – water surface».*

**Keywords:** conductivity, snow cover, landscape, correlation, pH value.

**Введение.** Снежный покров является индикатором загрязнения не только атмосферных осадков, но и самого атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения воды и почвы. Отбор снега прост и не требует сложного оборудования по сравнению с отбором проб воздуха. Одна проба снега по всей толщине снежного покрова дает представительные данные о загрязнении атмосферного воздуха в период от образования устойчивого покрова до момента отбора проб [1]. Снежный покров является эффективным накопителем газообразных и аэрозольных загрязняющих веществ, выпадающих из атмосферного воздуха, следовательно, он является эффективным индикатором процессов загрязнения природных сред. Измерение электропроводности используется для оценки состава атмосферы [2,

3]. Промышленные выбросы в Братске обусловлены деятельностью заводов по производству алюминия (БрАЗ), целлюлозы, предприятий теплоэнергетики и автотранспорта.

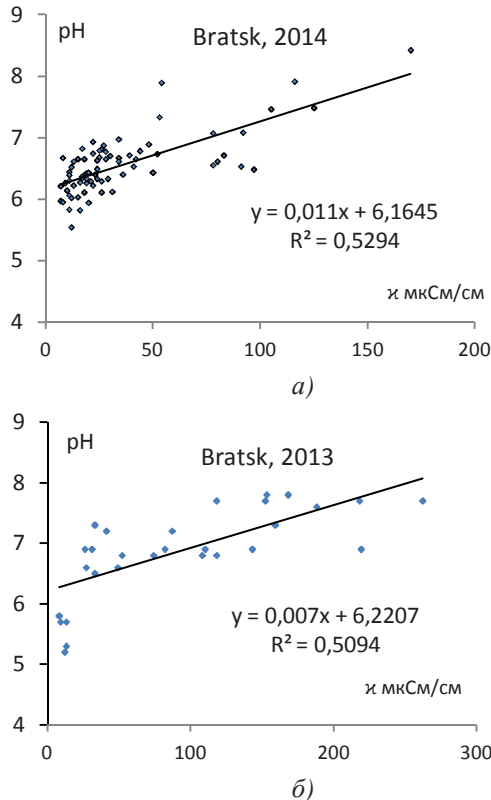
Районы и объект исследования. Районом исследования является зона выбросов промышленных предприятий Братска. Координаты г. Братска: широта – 56° 7' с. ш., долгота – 101° 35' в. д. В районе Братска рельеф крупномасштабный, с перепадами высот в пределах от 402 до 670 м. В течение года скорость ветра – 0,1-0,3 м/с, преобладает юго-западный ветровой перенос воздушных масс [4], и выбросы направлены в основном на селитебные территории. В Братске в среднем за год выпадает 369 мм осадков, из которых 25 % приходится на холодный период и 75 % – на теплый [4]. Так как технологические циклы не являются замкнутыми, происходят потери компонентов сырья и их распределение в объектах окружающей среды, что является опасным для человека и экосистем.

\* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (государственное задание 127, 2014 год), ОАО «РУСАЛ Братский алюминиевый завод».

В данной работе рассматриваются особенности распределения pH и электропроводности снежного покрова в зоне выбросов промышленных предприятий в условиях ландшафта Братска. Объектом исследования является снежный покров зимой 2012/2013 и 2013/2014 годов. Пробы отобраны перед активным снеготаянием в начале марта 2013 и 2014 годов по всей высоте снежного покрова, с учетом методических указаний Росгидромета [5].

**Методы исследования.** Электропроводность фильтрата снежного покрова измеряли кондуктометрами «Эксперт-002» и «HANNA DIST WP 1», при комнатной температуре, в единицах измерения мкСм/см. Кондуктометрия относится к электрохимическим методам анализа, основанным на измерении электропроводности разбавленных растворов, которая пропорциональна концентрации вещества-электролита в растворе [6]. Показатель кондуктометрии в общем виде характеризует соотношение веществ-электролитов и веществ – не электролитов в снеговой воде. Известно, что электропроводность растворов определяется ионным составом, в том числе наличием ионов, обладающих малым ионным радиусом и другими свойствами [7]. Высота точек отбора проб снежного покрова регистрировалась с помощью навигатора GPS.

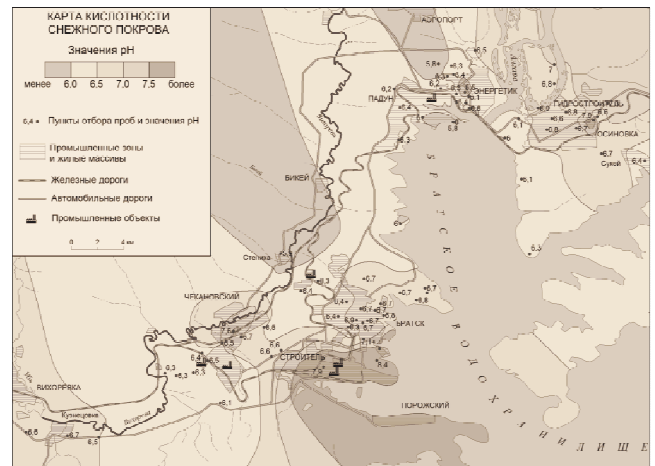
**Результаты и обсуждение.** На основании данных 2013 и 2014 годов установлена корреляция между величиной pH и электропроводностью снежного покрова в зоне выбросов предприятий как в жилых (рис. 1 а), так и в промышленных районах Братска (рис. 1 б).



**Рис. 1.** Корреляция pH и электропроводности (мкСм/см) в фильтрате снеговой воды снежного покрова, отобранного преимущественно в жилых районах (а) и преимущественно в основном промышленном районе Братска (б)

Результаты наблюдений за химическим составом и кислотностью осадков позволяют проводить диагностическую оценку экологического состояния окружающей среды. Атмосферные осадки обладают рядом особенностей, которые отличают их от всех других природных вод: обновление атмосферных вод происходит около 40 раз в год; в естественных условиях осадки всегда кислые ( $\text{pH} \ll 7$ ); кислотность осадков определяется и регулируется концентрацией углекислого газа в воздухе, а при отсутствии других факторов их величина pH близка к 5,6 и называется равновесной; по мере выпадения осадков их кислотность возрастает, а при хранении – падает; высокое влагосодержание воздуха способствует выпадению более кислых осадков.

Как видно на рис. 1, величина pH снежного покрова в жилых районах (рис. 1 а) ниже, чем в промышленных (рис. 1 б), что, безусловно, отражает состав атмосферы. Менее загрязнена атмосфера в жилых районах, и pH снеговой воды ближе к pH чистых атмосферных осадков pH 5,5-6,5 [8]. Величина pH атмосферных осадков и снеговой воды обычно обусловлена в основном присутствием карбонатов, сульфат-ионов, т. е. основных макрокомпонентов [8]. Высокая величина pH в снежном покрове (рис. 2) данного района исследования обусловлена применением каустической соды в технологии мокрой газоочистки выбросов на БрАЗе, кроме того, натрий входит в состав криолита  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  – основного компонента электролизного расплава. По данным О.В. Игнатенко, pH талой снеговой воды из образцов, отобранных на территории Центрального округа Братска, находится в интервале от 7,8 до 7,94. По мнению авторов [9], максимальные значения pH – 7,65 и 7,94 – наблюдаются в зоне воздействия выбросов предприятий ОАО Группа «Илим».



**Рис. 2.** Распределение pH в снежном покрове Братска. Март 2014 года

Территория Братска находится в пределах Ангарского кряжа, представляющего собой полосу возвышенностей, образованной системой трапповых массивов. С южной стороны город окаймляет Долгий хребет с абсолютными высотами до 700 м. Северную и южную части Братска разделяет хребет Пороги (до 620 м). Западной границей города является долина реки Вихорева с урезами воды от 320 до 340 м. Урез воды Братского водохранилища составляет 401 м.

Для интерполяции исходных значений использовался метод естественного соседства (Natural Neighbour Interpolation), известный также как интерполяция Сибсона (Sibson). Результатом интерполяции является грид-поверхность, по которой в дальнейшем были построены изолинии электропроводности с интервалом 10 мкСм/см (рис. 3). Также на картосхеме отображены локальные максимумы электропроводности, соответствующие точкам отбора проб с максимальными значениями и приуроченные к промышленным объектам – источникам загрязнения.

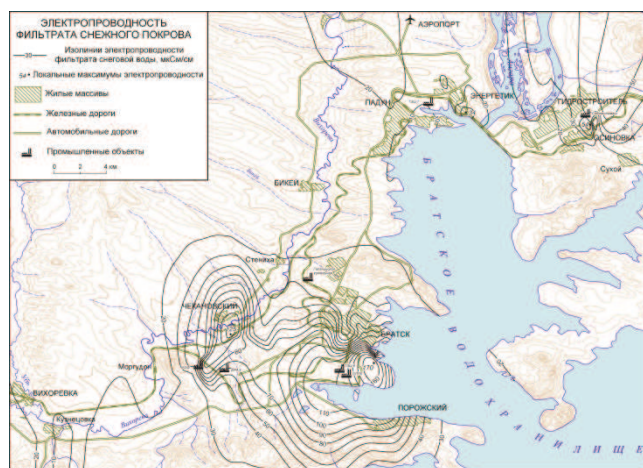


Рис. 3. Карта изолиний электропроводности снежного покрова в Братске. Март 2014 года

Предполагаем, что на берегу открытого водоема, а именно в районе незамерзающей Ангары – район о. Зуй, о. Тэнга, плотины ГЭС, в снежном покрове отмечаются повышенные значения электропроводности по сравнению с пробами территорий, удаленных от водоема.

### Заключение

В марте 2013 и 2014 годов проведен отбор проб снежного покрова в г. Братске. Установлена корреляция между электропроводностью и pH в фильтрате снеговой воды снежного покрова. Построены карты изолиний электропроводности и pH. Изменение этих показателей зависит от состава атмосферы и особенностей ландшафта г. Братска.

### Литература

1. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 183 с.
2. Zhiwen Dong, Mingjun Zhang, Zhongqin Li, Feiteng Wang, Wenbin Wang. The pH value and electrical conductivity of atmospheric environment from ice cores in the Tianshan Mountains // Journal of Geographical Sciences. August 2009. Vol. 19, Is. 4. P. 416-426.
3. Zongxing Li, Yuanqing He, Wilfred H. Theakstone, Wenxiong Jia, Huijuan Xin, Wei Zhang, Jing Liu, Shuxin Wang. Cha-

racteristics and environmental significance of pH and EC in summer rainfall and shallow firn profile at Yulong Snow Mountain, Lijiang City, China // Journal of Sciences. April 2010. Vol. 21, Is. 2. P. 157-165

4. Климат Братска / под ред. Ц.А. Швер, В.Н. Бабиченко. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 168 с.
5. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы / Госкомитет СССР по гидрометеорологии, М-во здравоохранения СССР. М., 1991. 683 с.
6. Грилихес М.С., Филановский Б.К. Контактная кондуктометрия: Теория и практика метода. Л.: Химия, 1980. 175 с.
7. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Основы теоретической электрохимии. М.: Высшая школа, 1978. 239 с.
8. Свистов П.Ф., Першина Н.А., Полищук А.И. Ежегодные данные по химическому составу атмосферных осадков за 1996-2000 гг.: обзор данных // Росгидромет. Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова». М.: Метеоагентство Госгидромета, 2006. 227 с.
9. Игнатенко О.В., Мещерова Н.А. Оценка загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами на селитебной территории г. Братска // Эколого-биологические проблемы Сибири и сопредельных территорий: материалы 2-й науч.-практ. конф. с междунар. участием. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гум. ун-та, 2011. С. 236-239.

### References

1. Vasilenko V.N., Nazarov I.M., Fridman Sh.D. Monitoring zagryaznenija snezhnogo pokrova. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 183 p.
2. Zhiwen Dong, Mingjun Zhang, Zhongqin Li, Feiteng Wang, Wenbin Wang. The pH value and electrical conductivity of atmospheric environment from ice cores in the Tianshan Mountains. Journal of Geographical Sciences. August 2009, Vol.19, Issue 4, P. 416-426.
3. Zongxing Li, Yuanqing He, Wilfred H. Theakstone, Wenxiong Jia, Huijuan Xin, Wei Zhang, Jing Liu, Shuxin Wang. Characteristics and environmental significance of pH and EC in summer rainfall and shallow firn profile at Yulong Snow Mountain, Lijiang City, China. Journal of Sciences. April 2010, Vol. 21, Issue 2, P. 157-165.
4. Klimat Bratska // Pod redakciej C.A. Shver, V.N. Babichenko. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 168 s.
5. RD 52.04.186-89 «Rukovodstvo po kontrolju zagryaznenija atmosfery» Goskomitet SSSR po gidrometeorologii i Ministerstvo zdavoohranenija SSSR. M., 1991. 683 p.
6. Grilihes M.S., Filanovskij B.K. Kontaktnaja konduktometrija: Teorija i praktika metoda // L.: Himija, 1980. 175 p.
7. Damaskin B.B., Petrij O.A. Osnovy teoreticheskoj jelektrohimii. M.: Vysshaja shkola, 1978. 239 p.
8. Svistov P.F., Pershina N.A., Polishchuk A.I. Annual data on the chemical composition of atmospheric precipitation for 1996-2000.: review of data // Rosgidromet. Glavnaya geofizicheskaya observatoriya im. A.I. Voeikova». M.: Mетеоагентство Gosgidrometa. 2006. 227 p.
9. Ignatenko O.V., Meshherova N.A. Ocenka zagryaznenija snezhnogo pokrova tzhazhelymi metallami na selitebnoj territorii g. Bratska // Jekologo-biologicheskie problemy Sibiri i sopredelnyh territorij: materialy 2-j nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Nizhnevartovsk: Izd-vo Nizhnevart. gum. un-ta, 2011. P. 236-239.