

Таким образом, самыми теплыми почвами Амурской области в градации до 5 °С являются почвы пойменно-лугового ряда и пойменные с суммами: пойменные – 2600, луговые – 2450, лугово-черноземовидные – 2400; дерново-луговые и бурые лесные – 2300 °С. К пограничным участкам с суммами в 2000 °С можно отнести бурые лесные оподзоленные почвы. Ниже этого значения располагаются почвы дерново-подзолистые (с суммами 1250-1900 °С) и буроземно-подзолистые (1450-1900 °С). Полученные данные подтверждают целесообразность тепловых мелиораций и важны для районирования, в том числе сельскохозяйственного.

### Литература

1. Шульгин А.М. Климат почв и его регулирование. JL.: Гидрометеоздат, 1967. 299 с.
2. Кречетов П.П., Черницова О.В. Эколого-географический анализ температурного режима почв Восточно-европейской равнины и Предкавказья. М.: Пеликан, 2007. 95 с.
3. Колосков П.И. К вопросу о тепловой мелиорации почв // Изв. опытных полей Амурской области. 1918. Вып. 2. С. 5-6.
4. Колосков П.И. К вопросам динамической метеорологии. Благовещенск, 1926. 447 с.
5. Колосков П.И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование. Л., 1971. 328 с.
6. Андросов И.С. О микробиологической активности почв Приамурья // Вопросы развития сельского хозяйства Приамурья. Благовещенск, 1955. С. 55-60.
7. Колосков П.И. Климатические основы сельского хозяйства Амурской губернии, Благовещенск, 1925. 153 с.
8. Людевиц Л.Ю. К организации кормового фонда. Травяной клин в Амурской губернии // Изв. Амурской областной сельскохозяйственной опытной станции. 1925. Вып. 4. С. 57-59.
9. Пустовойтов Н.Д. Сезонно-мерзлотные почвы и их мелиорация. М.: Наука, 1971. 232 с.
10. Стоценко А.В. Сезонное промерзание грунтов Дальнего Востока вне области мерзлоты. М.: АН СССР, 1952. 248 с.
11. Стоценко А.Б. Пути изучения сезонной мерзлоты на территории СССР // Материалы по общему мерзлотоведению. М., 1959. С. 174-185.
12. Зархина Е.С. О направленности климаторегулирующего действия защитных лесов в условиях муссонно-континентального кли-

мата Приамурья // Использование и воспроизводство лесных ресурсов Дальнего Востока: сб. ст. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1975. С. 141-167.

13. Зархина Е.С. Влияние леса на температурный и мерзлотный режим почв прилегающих открытых пространств // Почвенно-лесоводственные исследования на Дальнем Востоке: сб. ст. Владивосток, 1977. С. 64-73.
14. Зархина Е.С. Регулирование естественной лесистости сельскохозяйственных земель как основной метод лесных мелиораций // Тр. ДальНИИЛХ. 1978. Вып. 20. С. 26-33.

### References

1. Shul'gin A.M. Soil climate and its control. L: Gidrometeoizdat, 1967. 299 s. 2-e izd.: 1972. 341 s.
2. Krechetov P.P., Chernitsova O.V. Ecogeographical analysis of soil temperature conditions of the East European Plain and Ciscaucasia. M.: Pelikan, 2007. 95 s.
3. Koloskov P.I. On the issue of thermal soil development // Izv. opytnyh poley Amurskoy oblasti. Vyp.2, 1918. s. 5-6.
4. Koloskov P.I. On the dynamic meteorology issues. Blagoveshchensk, 1926. 447 s.
5. Koloskov P.I. Agriculture climatic factor and agroclimatic regionalization. L., 1971. 328 s.
6. Androsov I.S. On the Priamuriye microbiological soil activity // Voprosy razvitiya sel'skogo hozyaystva Priamuriya. Blagoveshchensk, 1955. S. 55-60.
7. Koloskov P.I. Climatic fundamentals of Amur province agriculture. Blagoveshchensk, 1925, 153 s.
8. Lyudevig L. Yu. On the food stock organization. Temporary grass in Amur province // Izv. Amurskoy oblastnoy sel'skohozyaystvennoy opytnoy stantsii. Vyp.4, 1925. S. 57-59.
9. Pustovoytov N.D. Seasonally frozen soils and their reclamation. M.: Nauka, 1971. 232 s.
10. Stotsenko A. V. Seasonal frost penetration of the Far East soil beyond the frost area. M.: AN SSSR, 1952. 248 s.
11. Stotsenko A. B. Ways of seasonal frost investigation on the USSR territory // Materialy po obshchemu merzlotovedeniyu. M., 1959. S. 174-185.
12. Zarkhina E.S. On the protection forest climate – regulating effect under the conditions of monsoon continental climate of Priamuriye // Ispol'zovanie i vosproizvodstvo lesnykh resursov Dal'nego Vostoka. Khabarovsk: Izd-vo Dal'NIILH, 1975. S. 141-167.
13. Zarkhina E.S. Forest impact on the soil temperature and frost conditions in the bordering open space // Pochvenno-lesovodstvennyye issledovaniya na Dal'nem Vostoke. Vladivostok, 1977. S. 64-73.
14. Zarkhina E.S. Control of natural forest cover of agricultural lands as a forest reclamation basic procedure // Tr. Dal'NIILH. Vyp. 20. Khabarovsk, 1978, s. 26-33.

УДК 502; 556.124; 543.31

## Зонирование селитебной территории г. Братска по уровню загрязнения снежного покрова

О.В. Игнатенко<sup>1</sup>, М.В. Сенченко<sup>1</sup>, Н.А. Мещерова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Братский государственный университет, Макаренко, 40, Братск, Россия. E-mail: eco@brstu.ru

<sup>2</sup>ОАО «Сибирский научно-исследовательский институт лесной и целлюлозно-бумажной промышленности», Братск, Россия  
Статья поступила 17.05.2012, принята 20.09.2012

*Определено содержание загрязняющих веществ в снежном покрове селитебной территории г. Братска; рассчитана плотность выпадения загрязняющих веществ на снежный покров. В снежном покрове селитебной территории г. Братска отмечается значительное накопление нерастворимых веществ, растворимых соединений кальция, натрия, фтора, алюминия, сульфат-ионов, гидрокарбонат-ионов. В снежный покров Центрального округа г. Братска ежемесячно поступает 1,7 – 4,5 т/км<sup>2</sup> нерастворимых веществ. Плотность выпадения загрязняющих веществ на снежный покров превышает фоновые значения: по нерастворимому остатку в 22 – 59 раз; по ионам кальция в 6 – 21 раз; по водорастворимому фтору в 15 – 36 раз; по водорастворимому алюминию в 3 – 16 раз; по сульфат-ионам в 1,2 – 3 раза. Составлены карты-схемы, характеризующие*

*распределение загрязняющих веществ в снежном покрове на селитебной территории г. Братска. Проведено зонирование селитебной территории г. Братска по величине суммарного показателя загрязнения снежного покрова. На основании расчетов суммарного показателя загрязнения установлено, что наибольший уровень загрязнения снежного покрова наблюдается на территории 5, 6, 15, 16, 18 микрорайонов Центрального округа г. Братска.*

**Ключевые слова:** снежный покров, селитебная территория, уровень загрязнения, плотность выпадения загрязняющих веществ, суммарный показатель загрязнения.

## Zoning of Bratsk settlement areas according to snow mantle pollution level

O. V. Ignatenko<sup>1</sup>, M. V. Senchenko<sup>1</sup>, N. A. Meshcherova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bratsk State University, 40 Makarenko str, Bratsk, Russia. E-mail: eco@brstu.ru

<sup>2</sup>JSC "Siberian Research Institute of Forestry, Pulp and Paper Industry", Bratsk, Russia

The article received 17.05.2012, accepted 20.09.2012

*The content of pollutants in the snow mantle of the city of Bratsk settlement areas has been determined; the density of pollutants falling onto the snow mantle has been calculated. In the snow mantle of the Bratsk settlement area, a significant accumulation of insoluble substances, soluble calcium compounds, sodium, fluorine, aluminum, sulphate ions, bicarbonate ions is observed. 1.7 - 4.5 t/km<sup>2</sup> of insoluble matters penetrates into the snow mantle of the Central District of the city of Bratsk monthly. The pollutants fallout density onto the snow mantle exceeds the background values as to the insoluble residue by 22 - 59 times; calcium ions by 6 - 21 times, water-soluble fluorine by 15 - 36 times; water-soluble aluminum by 3 - 16 times, sulphate ions by 1.2 - 3 times. The maps, diagrams characterizing the distribution of pollutants in the snow mantle in the settlement area of Bratsk have been charted. The Bratsk settlement area zoning as to the aggregate parameter value of the snow mantle pollution has been carried out. Based on the calculations of the aggregate pollution index, it has been revealed that the highest pollution level of the snow mantle is observed in the 5, 6, 15, 16, 18 districts of the Central District of the city of Bratsk.*

**Keywords:** snow mantle, settlement area, pollution level, pollutants fallout density, aggregate pollution index.

Город Братск является одним из промышленных центров Восточной Сибири, на территории которого находятся алюминиевый завод ОАО РУСАЛ, Филиал ОАО Группа «Илим», предприятия теплоэнергетики (ТЭЦ-6 и ТЭЦ-7 ОАО «Иркутскэнерго»).

В настоящее время Братский алюминиевый завод вносит наиболее значимый вклад в суммарные выбросы от стационарных источников в г. Братске. Валовые выбросы предприятия в 2008-2010 гг. составили 81713-92502 т, в том числе по основным загрязняющим веществам: оксид углерода – 71858,8 т, диоксид серы – 3152,2 т, фтористый водород – 1436,4 т, твердые фториды – 1985,9 т, пыль неорганическая – 4900,7 т, смолистые вещества – 2128,4 т (по данным за 2009 г.). Второе место по объему выбросов в атмосферный воздух на территории г. Братска занимают предприятия теплоэнергетики. Выбросы ТЭЦ-6 ОАО «Иркутскэнерго» в 2008-2010 гг. составили 10383-11670 т, в т. ч. золы 3299 т (по данным за 2009 г.).

Основными ингредиентами-загрязнителями в составе выбросов Филиала ОАО Группа «Илим» являются метилмеркаптан, диметилсульфид, диметилдисульфид, сероводород, диоксид серы и твердые частицы (оксид кальция, сульфат натрия, карбонат натрия, сульфид натрия, зола древесная), а также хлор и диоксид хлора. В 2008-2010 гг. от предприятия в атмосферный воздух ежегодно поступало 5417-5603 т загрязняющих веществ [1, 2, 3]. Из всех стационарных источников в атмосферу поступают диоксид серы, пыль, оксид углерода, оксиды азота.

Город Братск на протяжении многих лет включается в Приоритетный список городов РФ с очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. В последние годы в Братске величина комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) колеблется от 31 до 44.

Веществами, определяющими высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Братске, являются бенз(а)пирен, формальдегид, сероводород, фтористый водород, диоксид азота, взвешенные вещества. По данным Братского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Братский ЦГМС), среднегодовые концентрации диоксида азота за период 2006-2010 гг. составляли от 1 ПДК (пост № 2, п. Падун) до 6 ПДК (пост № 8, ул. Комсомольская). В период 2006-2010 гг. среднегодовые концентрации фтористого водорода в атмосферном воздухе центральной части г. Братска превышали ПДК с.с. в 1,2-2,8 раза (по данным наблюдений на посту № 8, ул. Комсомольская). Среднегодовое содержание бенз(а)пирена в атмосферном воздухе в г. Братске изменялось от 2,1 ПДК (пост № 2, п. Падун) до 9,6 ПДК (пост № 8, ул. Комсомольская). По данным наблюдений на постах № 7, ул. Энгельса, и № 3, п. Энергетик, среднегодовые концентрации формальдегида за рассматриваемый период времени составляли от 4,7 ПДК до 13,3 ПДК.

За период 2008-2010 гг. на селитебной территории г. Братска максимальные разовые концентрации достигали по бенз(а)пирену 10-16 ПДК, сероводороду 2,9-7,9 ПДК, формальдегиду 3,8-5,2 ПДК, фтористому водороду

ду 2,6-3,9 ПДК, диоксиду азота 1,5-3,7 ПДК, взвешенным веществам 2,0-2,2 ПДК.

Очень важную роль в распределении техногенных выбросов промышленных предприятий играют рельеф местности, ветровой режим, атмосферные осадки, особенности городской застройки. Закономерности выноса и рассеивания техногенных выбросов в общем виде характеризуются розой ветров: наибольшая дальность выноса отмечается в направлении господствующих ветров. Увеличению концентрации вредных примесей в атмосфере способствуют приземные и приподнятые инверсии. В зимний период в г. Братске наблюдается максимальная повторяемость приподнятых и приземных инверсий (до 70 и 73 % соответственно), в связи с чем формируются неблагоприятные условия для рассеивания примесей. Неблагоприятные условия для рассеивания примесей усугубляются высокой повторяемостью штиля и слабого ветра (0-1 м/сек). В среднем за год на территории г. Братска штиль и слабый ветер регистрируются в 40 % случаев. Условия рассеивания осложняются крупнохолмистым рельефом города с перепадом высот от 402 до 670 м.

В г. Братске наименьшие нагрузки характерны для северной части Центрального округа, что связано с отсутствием здесь крупных промышленных объектов. Наиболее сильная техногенная нагрузка ложится на территории юго-западной и юго-восточной частей города, что обусловлено выбросами крупнейших предприятий, расположенных в южном и юго-западном направлении от города. Производственная площадка Филиала ОАО Группа «Илим» и ТЭЦ-6 расположена с южной и юго-восточной стороны г. Братска. От ближайшей жилой застройки предприятие удалено на 2,5 км. Алюминиевый завод ОАО РУСАЛ расположен на расстоянии 8-10 км в юго-западном направлении от г. Братска. Таким образом, наибольший вынос выбросов данных промышленных предприятий на жилые кварталы города наблюдается при формировании юго-западного и южного потоков в приземном слое атмосферы.

Следует отметить, что над территорией г. Братска преобладают западные и юго-западные ветры, повторяемость которых составляет 33-42 %. Наибольшая повторяемость ветров юго-западного направления составляет 17 %, что предопределяет существенное влияние выбросов алюминиевого завода на центральную часть г. Братска. На ветровой режим в последние годы оказывает влияние Братское водохранилище. Так повторяемость западных ветров уменьшается на 4-12 %, а южных – возрастает на 8-21 %, что способствует большему выносу примесей предприятий Филиала ОАО Группа «Илим» на селитебную территорию г. Братска. Наибольшая повторяемость ветров южного направления составляет 14 %.

При геохимическом анализе состояния геосистем, урбоэкосистем степень загрязнения компонентов ландшафта промышленными выбросами можно оценивать по количеству нерастворимых и растворимых веществ, накапливаемых в снежном покрове за зимний период. В условиях достаточно длительного периода залегания устойчивого снежного покрова наиболее корректным и эффективным способом оценки текуще-

го загрязнения территории является снеговая съемка, несущая информацию о количестве и составе загрязняющих веществ, выпавших за время залегания снежного покрова [4]. Широкому применению снегохимической съемки способствует то, что основные промышленные центры России, в том числе и г. Братск, находятся в зоне устойчивого снегового покрова. Накопление загрязняющих веществ в снежном покрове связано с адсорбцией из воздуха газообразных соединений и оседанием техногенной пыли, обогащенной рядом химических элементов. Основная масса загрязнителей попадает в снежный покров из атмосферы во время снегопадов.

Проба по всей толщине снежного покрова дает представительные данные о загрязнении в период от даты образования устойчивого снегового покрова до момента отбора пробы. Опробование снега предполагает отдельный анализ снеговой воды, полученной при оттаивании, и твердого осадка.

Снежный покров служит удобным индикатором загрязнения приземных слоев атмосферы, т. к. снежный покров, обладая кумулятивным эффектом, позволяет получать реальную суммарную величину выпадений загрязняющих веществ, отражающую уровень загрязнения приземных слоев атмосферы. В снеговых выпадениях фиксируются загрязнители, которые не улавливаются прямыми измерениями или не определяются расчетными данными по пылегазовым выбросам. Контроль загрязнения снежного покрова также имеет важное значение для понимания процессов загрязнения почв в результате атмосферного переноса. Гидрохимическое исследование снежного покрова позволяет количественно оценить поток техногенных веществ, поступающих из атмосферы в почву.

Таким образом, снежный покров, служащий индикатором предшествующего загрязнения атмосферы и последующего загрязнения почвы и гидросферы, выступает универсальным индикатором техногенной нагрузки на окружающую среду. Изучение пространственного распределения загрязняющих веществ в снежном покрове позволяет определить дальность распространения выбросов предприятий и дифференцировать зоны по интенсивности техногенного воздействия.

В г. Братске мониторингом загрязнения снежного покрова занимается Братский ЦГМС – снегомерный маршрут составляет 11 точек отбора проб снежного покрова, при этом в Центральном округе г. Братска и пос. Энергетик отбор проб снежного покрова не производится. Кроме того, круг определяемых компонентов в отбираемых образцах снега ограничен (сульфат-ионы, нитрат-ионы, ионы аммония, фториды растворимые и нерастворимые).

Целью проводимых исследований являлись анализ пространственного распределения загрязняющих веществ в снежном покрове селитебной территории г. Братска и расчет величин плотности выпадения загрязняющих веществ из атмосферы на снежный покров, позволивший провести зонирование селитебной территории г. Братска по уровню загрязнения снежного покрова.

Снегомерный маршрут включал 21 точку отбора проб: 16 точек в Центральном округе г. Братска, 5 точек в п. Энергетик. В пос. Энергетик и Центральном



округе г. Братска точки отбора проб находились в жилых кварталах. В 7 микрорайоне п. Энергетик было отобрано две пробы – I проба на расстоянии 800 м от ТЭЦ-7, II – на расстоянии 1500 м от ТЭЦ-7. Отбор проб снежного покрова производился в период с 24 февраля по 5 марта 2008 г. Содержание загрязняющих веществ в снеге не нормируется, поэтому для оценки уровня техногенной нагрузки необходимо проводить анализ фоновой пробы. В качестве фоновой точки выбрано место отбора пробы снежного покрова на расстоянии 75 км в северном направлении от предприятий Филиала ОАО Группа «Илим» (берег р. Ангара).

Для отбора проб снега использовался стандартный снегомер-плотномер (30х30х60 см), с помощью которого на полную глубину снежного покрова вырезался керн снега. Глубина снежного покрова составляла 29-43 см, в фоновой точке отбора проб – 45 см. Предварительная обработка проб снега проводилась для разделения жидкой и твердой фаз пробы с целью отдельного определения химического состава и концентраций загрязняющих веществ в этих фазах. Первичная обработка проб включает операции растапливания снега и фильтрования. Нерастворимое вещество, накопившееся в снежном покрове, отфильтровывалось из снеговой воды на фильтры и взвешивалось. Объем отфильтрованной талой воды (фильтрата), полученной из каждой пробы снега, замерялся с точностью до 10 см<sup>3</sup>.

Определение содержания растворимых компонентов в фильтрате снеговой воды проводили по стандартным методикам анализа природных вод. Содержание сульфатов определяли реакцией осаждения в кислой среде сульфат-ионов хлористым барием в виде сернокислого бария по ГОСТ 4389–72. Массовую концентрацию гидрокарбонатов определяли титриметрическим методом по ПНД Ф 14.2.99-97, содержание ионов кальция – комплексонометрическим методом [5], массовую концентрацию ионов водорастворимого алюминия – по реакции с алюминоном [5]. Определение содержания водорастворимого фтора и ионов натрия проводилось ионселективным методом [6]. Концентрация растворимых компонентов выражалась в мг/л фильтрата снеговой воды.

Нерастворимый остаток снежного покрова проанализирован на содержание тяжелых металлов (меди, цинка, кадмия, свинца, марганца). Содержание меди, цинка, кадмия, свинца определяли инверсионным вольтамперометрическим методом. Содержание марганца определяли по методике, основанной на окислении ионов марганца персульфатом калия в сернокислом растворе в присутствии азотнокислого серебра и фосфорной кислоты [7]. Химические анализы выполнены в лаборатории аккредитованного испытательного аналитического центра ОАО СибНИИ ЦБП (г. Братск).

Расчет плотности выпадения загрязняющих веществ на снежный покров за зимний период (кг/км<sup>2</sup>) выполнялся по формуле:

$$P_{з.п.} = \frac{C \cdot V}{S},$$

где  $C$  – концентрация загрязняющего вещества в отфильтрованной снеговой воде, мг/л,  $V$  – объем талой

снеговой воды одной пробы, л,  $S$  – площадь снегомера-плотномер, м<sup>2</sup>.

Среднемесячная плотность выпадения ( $P_{с.м.}$ ), кг/км<sup>2</sup>, рассчитывалась по формуле:

$$P_{с.м.} = \frac{P_{з.п.}}{n} = \frac{C \cdot V}{S \cdot n},$$

где  $n$  – количество месяцев с даты установления устойчивого снежного покрова до даты отбора пробы.

Следует отметить, что нами был впервые выполнен расчет величин плотности выпадения загрязняющих веществ на снежный покров селитебной территории г. Братска на основе экспериментальных данных по химическому составу снеговой воды и нерастворимого остатка. При проводимых ранее ГП «Сосновгеология» снего-геохимических съемках в промышленной зоне и частично на селитебной территории г. Братска расчет величин плотности выпадения загрязняющих веществ на снежный покров не проводился. Лабораторией Братского ЦГМС ежегодно рассчитывается лишь плотность выпадения растворимых и нерастворимых фторидов, причем, как выше уже отмечалось, отбор проб снежного покрова в Центральном округе г. Братска и в пос. Энергетик не предусмотрен программой мониторинга.

Согласно полученным нами результатам, рН талой снеговой воды образцов, отобранных на селитебной территории г. Братска, лежит в пределах от 6,78 до 7,94. В пос. Энергетик показатель кислотности меняется от 6,78 до 7,23. Минимальное значение показателя рН = 6,78 (слабокислая, близкая к нейтральной реакция среды) наблюдается на территории 7 микрорайона пос. Энергетик (проба I), расположенного вблизи ТЭЦ-7. Талая снеговая вода проб, отобранных в других микрорайонах пос. Энергетик, характеризуется слабощелочной, близкой к нейтральной реакцией среды. Показатель кислотности талой воды проб снежного покрова, отобранных на территории Центрального округа г. Братска, лежит в пределах от 7,08 до 7,94, при этом максимальные значения рН – 7,65; 7,94 наблюдаются соответственно в 15 и 16 микрорайонах города, находящихся в зоне воздействия выбросов предприятий Филиала ОАО Группа «Илим», содержащих щелочной натр и карбонат натрия, что вызывает подщелачивание снеговой воды. Для образцов снега, отобранных в фоновой точке, характерна слабкокислая, близкая к нейтральной реакция среды (рН = 6,15).

Экспериментальные данные по содержанию нерастворимого остатка в пробах снежного покрова и рассчитанные на их основе величины плотности выпадения нерастворимого остатка на снежный покров представлены в таблице 1. На основе данных по плотности выпадения составлена карта-схема, характеризующая распределение нерастворимого остатка в снежном покрове на территории различных микрорайонов Центрального округа г. Братска (рис. 1).

Согласно данным таблицы 1, в Центральном округе г. Братска максимальное содержание нерастворимого остатка в снежном покрове (248,67 мг/л), превышающее фоновое значение в 38 раз, наблюдается в 16 микрорайоне, расположенном в юго-восточной части горо-

да, по направлению оси факела выбросов предприятий Филиала ОАО Группа «Илим» и ИТЭЦ-6 (рис. 1). Достаточно велико содержание нерастворимого остатка в пробах, взятых в 15 и 18 микрорайонах (159,50 мг/л; 190,57 мг/л), также находящихся в зоне влияния этих предприятий. Превышение над фоном составляет, соответственно, в 24 и 29 раз.

Сравнительно большие концентрации нерастворимого остатка в снежном покрове наблюдаются на территории 4, 5, 6 и 12 микрорайонов (160,33 мг/л; 193,37 мг/л; 173,70 мг/л; 215,77 мг/л), расположенных в юго-западной части Братска в зоне влияния выбросов алюминиевого завода ОАО РУСАЛ (фоновое значение превышено, соответственно, в 24, 29, 26, 32 раза).

Содержание нерастворимого остатка в пробах снежного покрова, отобранных в пос. Энергетик, ниже в 1,5-3 раза, чем в пробах, отобранных на территории

Центрального округа г. Братска. Исключение составляет образец, отобранный в 7 микрорайоне пос. Энергетик вблизи ТЭЦ-7 (I проба), где наблюдалось максимальное содержание нерастворимого остатка – 177,9 мг/л, что в 26 раз превосходит фоновое значение. Велико содержание нерастворимого остатка в снежном покрове и на территории 4 микрорайона пос. Энергетик – 128,58 мг/л, превышение над фоном – в 19,5 раза, что можно объяснить интенсивным движением автотранспорта в этом районе.

Согласно полученным данным, в снежный покров селитебной территории г. Братска за зимний период поступают значительные количества нерастворимого остатка: от 2438,82 до 18512,10 кг/км<sup>2</sup>, что превышает фоновое значение в 7,5-56,7 раз (таблица 1). На территории одиннадцати микрорайонов Центрального округа накопление нерастворимого остатка в снеговом покрове в течение зимнего периода выше 10т/км<sup>2</sup>.

Таблица 1

*Содержание нерастворимого остатка в пробах снежного покрова и величины плотности выпадения нерастворимого остатка на снежный покров*

| Микрорайон                          | Содержание нерастворимого остатка, мг/л | Плотность выпадения, кг/км <sup>2</sup> |                |
|-------------------------------------|---|---|----------------|
|                                     |   | за зимний период                        | среднемесячная |
| <i>Центральный округ г. Братска</i> |   |   |                |
| 2                                   | 214,00                                  | 12697,30                                | 3096,90        |
| 4                                   | 160,33                                  | 9530,73                                 | 2443,78        |
| 5                                   | 193,37                                  | 16329,02                                | 4186,93        |
| 6                                   | 173,70                                  | 14127,60                                | 3622,46        |
| 7                                   | 109,60                                  | 6588,20                                 | 1689,30        |
| 8                                   | 174,30                                  | 10458,00                                | 2681,53        |
| 10                                  | 160,37                                  | 12651,40                                | 3243,90        |
| 12                                  | 215,77                                  | 14624,40                                | 3566,90        |
| 15                                  | 159,50                                  | 12139,72                                | 3112,70        |
| 16                                  | 248,67                                  | 18512,10                                | 4515,15        |
| 17                                  | 149,73                                  | 10148,37                                | 2602,15        |
| 18                                  | 190,57                                  | 14610,40                                | 3563,51        |
| 20                                  | 121,13                                  | 7375,50                                 | 1843,90        |
| 22                                  | 106,87                                  | 8062,70                                 | 2015,70        |
| 24                                  | 99,23                                   | 8048,70                                 | 2012,20        |
| 26                                  | 141,93                                  | 11039,00                                | 2759,80        |
| <i>пос. Энергетик</i>               |   |   |                |
| 1                                   | 78,90                                   | 5496,70                                 | 1308,70        |
| 4                                   | 128,58                                  | 8829,16                                 | 2102,20        |
| 5                                   | 34,03                                   | 2438,82                                 | 580,67         |
| 7 – I проба                         | 177,90                                  | 12551,83                                | 2988,50        |
| 7 – II проба                        | 45,50                                   | 3346,78                                 | 796,90         |
| Фон                                 | 6,60                                    | 326,30                                  | 75,90          |



Рис. 1. Карта-схема распределения нерастворимого остатка в снежном покрове на территории Центрального округа г. Братска.

Максимальные значения плотности выпадения нерастворимого остатка характерны для 16 микрорайона ( $18512,10 \text{ кг/км}^2$ , фон превышен в 56,7 раз) и для 5 микрорайона ( $16329,02 \text{ кг/км}^2$ , фон превышен в 50 раз), что обусловлено влиянием как предприятий промышленности и теплоэнергетики, так и влиянием автомобильного транспорта.

Минимальное значение плотности выпадения нерастворимого остатка на снеговой покров Центрального округа характерно для территории 7 микрорайона –  $6588,20 \text{ кг/км}^2$  за зимний период, что превышает фоновое значение в 20 раз.

Количество нерастворимых веществ, поступающих в снежный покров пос. Энергетик, ниже, чем в Центральной части г. Братска ( $2438,82\text{-}5496,70 \text{ кг/км}^2$  за зимний период, что превышает фоновую величину в 7,5-16,8 раз), за исключением 4 микрорайона, а также района отбора I пробы в 7 микрорайоне (в зоне влияния выбросов ТЭЦ-7), где плотность выпадения нерастворимых веществ за зимний период превышает фоновое значение в 27 и 38,5 раз соответственно.

По результатам определения содержания тяжелых металлов, содержание меди в нерастворимом остатке проб снежного покрова на селитебной территории г. Братска колеблется в пределах  $(7,97 \div 16,15) \cdot 10^{-3} \%$ , при этом в пос. Энергетик максимальное количество меди в нерастворимом остатке  $12,00 \cdot 10^{-3} \%$  наблюдалось в пробе снежного покрова, отобранной на территории 1 микрорайона, а минимальное –  $7,97 \cdot 10^{-3} \%$  – на территории 7 микрорайона (II проба). В Центральном округе г. Братска минимальное содержание меди в нерастворимом остатке снежного покрова наблюдалось в 2 микрорайоне ( $8,68 \cdot 10^{-3} \%$ ), а максимальное содержание – в 8 микрорайоне ( $16,15 \cdot 10^{-3} \%$ ).

Содержание цинка колеблется от 0,103 % до 0,564 %, при этом максимальные значения (0,515 % и 0,564 %) наблюдаются соответственно в снежном покрове 1 и 7 (II проба) микрорайонов пос. Энергетик, а минимальное значение (0,103 %) – на территории 26 микрорайона Центрального округа г. Братска. В целом по микрорайонам Центрального округа г. Братска больших колебаний содержания цинка в нерастворимом остатке проб снегового покрова не наблюдается.

Содержание кадмия в нерастворимом остатке незначительно и составляет от  $2,3 \cdot 10^{-4} \%$  (16 микрорайон Центрального округа) до  $4,3 \cdot 10^{-4} \%$  (1 микрорайон пос. Энергетик). Следует отметить, что на территории 2 и 26 микрорайонов Центрального округа, а также на территории 4 и 7 микрорайонов пос. Энергетик, кадмий в снежном покрове не был обнаружен.

Наибольшее количество свинца ( $245,5 \text{ мг/кг}$  нерастворимого остатка) отмечено в 16 микрорайоне Центрального округа. На территории остальных исследуемых микрорайонов г. Братска содержание свинца колеблется от  $2,93 \cdot 10^{-3} \%$  до  $9,69 \cdot 10^{-3} \%$ , при этом минимальные значения ( $2,93 \cdot 10^{-3} \%$ ;  $3,57 \cdot 10^{-3} \%$ ) наблюдаются, соответственно, на территории 7 (I проба) и 4 микрорайонов пос. Энергетик.

Необходимо указать, что содержание меди, цинка, кадмия, свинца в нерастворимом остатке проб снежного покрова, отобранных на территории микрорайонов пос. Энергетик, незначительно отличается от содержания этих элементов в нерастворимом остатке проб, отобранных в Центральном округе. В отношении марганца эта закономерность не соблюдается. Так, в нерастворимом остатке проб, отобранных на территории 1, 4, 7 (II проба) микрорайонов пос. Энергетик, содержание марганца в 2,2-3,4 раза ниже, чем в пробах, отобранных на территории микрорайонов Центрального округа, и составляет соответственно 96,2; 90,9; 91,5 мг/кг нерастворимого остатка. Исключение составляет I проба снежного покрова, отобранная в 7 микрорайоне пос. Энергетик вблизи ТЭЦ-7, где содержание марганца составляет  $182,7 \text{ мг/кг}$  нерастворимого остатка. В Центральной части г. Братска содержание марганца колеблется в пределах от  $214,5 \text{ мг/кг}$  в 16 микрорайоне до  $311,5 \text{ мг/кг}$  нерастворимого остатка во 2 микрорайоне, т. е.  $(2,145 \div 3,115) \cdot 10^{-2} \%$ . В фильтрате снеговой воды определялось содержание гидрокарбонат-ионов ( $\text{HCO}_3^-$ ) и сульфат-ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ); ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ), натрия ( $\text{Na}^+$ ); ионов фтора ( $\text{F}^-$ ) и алюминия ( $\text{Al}^{3+}$ ). Выбор данных компонентов определялся составом выбросов предприятий г. Братска. В Филиале ОАО Группа «Илим» производство целлюлозы осуществляется по сульфатному способу.

Содержание растворимых в фильтрате снеговой воды компонентов, мг/л

| Микрорайон                          | $\text{HCO}_3^-$ | $\text{F}^-$ | $\text{Na}^+$ | $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{Al}^{3+}$ |
|-------------------------------------|------------------|--------------|---------------|------------------|--------------------|------------------|
| 1                                   | 2                | 3            | 4             | 5                | 6                  | 7                |
| <i>Центральный округ г. Братска</i> |                  |              |               |                  |                    |                  |
| 2                                   | 36,61            | 3,460        | 2,00          | 8,016            | 14,82              | 0,19             |
| 4                                   | 33,56            | 3,620        | 1,05          | 7,014            | 13,33              | 0,23             |
| 5                                   | 33,56            | 3,460        | 2,00          | 8,016            | 16,13              | 0,29             |
| 6                                   | 36,61            | 3,540        | 2,39          | 10,270           | 14,16              | 0,23             |
| 7                                   | 33,56            | 3,010        | 1,05          | 10,020           | 12,35              | 0,26             |
| 8                                   | 30,51            | 2,620        | 2,77          | 9,018            | 13,83              | 0,33             |
| 10                                  | 30,51            | 2,880        | 3,65          | 8,016            | 15,47              | 0,21             |
| 12                                  | 24,41            | 3,790        | 1,05          | 7,014            | 12,67              | 0,23             |
| 15                                  | 42,71            | 3,460        | 3,65          | 10,020           | 13,70              | 0,28             |
| 16                                  | 45,76            | 2,880        | 2,77          | 14,028           | 16,30              | 0,37             |
| 17                                  | 42,71            | 2,620        | 2,77          | 9,018            | 10,37              | 0,23             |
| 18                                  | 36,61            | 3,460        | 2,77          | 10,020           | 15,14              | 0,17             |
| 20                                  | 24,41            | 2,080        | 1,45          | 5,010            | 8,56               | 0,25             |
| 22                                  | 27,46            | 3,620        | 1,05          | 7,014            | 7,41               | 0,65             |
| 24                                  | 21,36            | 2,390        | 1,05          | 6,012            | 4,61               | 0,10             |
| 26                                  | 24,41            | 2,280        | 1,45          | 5,010            | 14,65              | 0,25             |
| <i>пос. Энергетик</i>               |                  |              |               |                  |                    |                  |
| 1                                   | 21,36            | 0,548        | 0,17          | 4,008            | 4,61               | 0,06             |
| 4                                   | 26,24            | 0,689        | 0,12          | 6,012            | 13,16              | 0,13             |
| 5                                   | 21,36            | 0,548        | 0,12          | 4,509            | 3,46               | 0,13             |
| 7 – I проба                         | 18,36            | 0,500        | 0,12          | 3,507            | 9,70               | 0,06             |
| 7 – II проба                        | 21,36            | 0,548        | 0,11          | 4,509            | 3,46               | 0,08             |
| Фон                                 | 0,61             | 0,165        | 1,45          | 1,002            | 8,50               | 0,06             |

Индикаторными элементами для выбросов сульфатцеллюлозного производства и ИТЭЦ-6 являются кальций (в составе оксида кальция) – около 10-15 % от всех выбросов и сера (около 4,5-5 %) [8]. Сера входит в состав таких компонентов выбросов, как сульфат натрия, диоксид серы, диметилсульфид, диметилдисульфид, метилмеркаптан, сероводород и серная кислота. Кроме того, выбросы предприятий Филиала ОАО Группа «Илим» обеспечивают поступление в компоненты ландшафта ионов натрия в составе сульфата натрия, карбоната натрия, гидроксида натрия. Карбонат натрия входит также в состав выбросов алюминиевого завода ОАО РУСАЛ.

Производство алюминия является источником поступления в атмосферу фтористых соединений (фтори-

стый водород и плохо растворимые неорганические фториды); диоксида серы; техногенной пыли, обогащенной алюминием, кремнием и фтором; бенз(а)пирена и других соединений. Кроме соединений фтора, специфическим для предприятий алюминиевой промышленности является выброс в атмосферу оксида алюминия. Алюминий является основным компонентом твердого вещества выбросов алюминиевого завода, которое на 60-70 % состоит из оксида алюминия (около 36 % в пересчете на алюминий) [8]. Основываясь на компонентном составе выбросов Братского алюминиевого завода, можно предположить присутствие в снежном покрове соединений фтора и алюминия, как водорастворимых, так и в составе нерастворимого остатка, и сульфат-ионов вследствие выбросов диоксида серы.

Результаты определения концентрации растворимых в талой снеговой воде компонентов представлены в таблице 2.

Полученные экспериментальные данные по содержанию растворимых в талой воде компонентов были

использованы для расчета плотностей выпадения загрязняющих веществ из атмосферного воздуха на снежный покров. Данные расчетов представлены в таблицах 3, 4.

Таблица 3

*Плотность выпадения гидрокарбонат-ионов, сульфат-ионов, ионов натрия на снежный покров, кг/км<sup>2</sup>*

| Микрорайон                          | Гидрокарбонат-ионы |                 | Сульфат-ионы     |                 | Ионы натрия      |                 |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|                                     | за зимний период   | средне-месячная | за зимний период | средне-месячная | за зимний период | средне-месячная |
| 1                                   | 2                  | 3               | 4                | 5               | 6                | 7               |
| <i>Центральный округ г. Братска</i> |                    |                 |                  |                 |                  |                 |
| 2                                   | 2172,30            | 529,83          | 879,32           | 214,47          | 118,70           | 28,95           |
| 4                                   | 1995,00            | 511,54          | 792,39           | 203,18          | 62,42            | 16,01           |
| 5                                   | 2834,04            | 726,66          | 1362,09          | 349,25          | 168,90           | 43,30           |
| 6                                   | 2977,61            | 763,49          | 1151,68          | 295,30          | 194,40           | 49,84           |
| 7                                   | 2017,40            | 517,30          | 742,37           | 190,35          | 63,12            | 16,18           |
| 8                                   | 1830,60            | 469,38          | 829,80           | 212,77          | 166,20           | 42,62           |
| 10                                  | 2406,90            | 617,15          | 1220,41          | 312,93          | 287,90           | 73,83           |
| 12                                  | 1654,50            | 403,50          | 858,74           | 209,45          | 71,20            | 17,37           |
| 15                                  | 3251,01            | 833,60          | 1042,72          | 267,36          | 277,81           | 71,23           |
| 16                                  | 3407,00            | 830,97          | 1213,44          | 295,96          | 206,21           | 50,30           |
| 17                                  | 2894,80            | 742,30          | 702,86           | 180,22          | 187,74           | 48,14           |
| 18                                  | 2806,90            | 684,61          | 1160,73          | 283,10          | 212,37           | 51,80           |
| 20                                  | 1486,30            | 371,60          | 521,21           | 130,30          | 88,30            | 22,08           |
| 22                                  | 2071,70            | 517,90          | 559,04           | 139,76          | 79,22            | 19,80           |
| 24                                  | 1732,50            | 433,10          | 373,92           | 93,48           | 85,20            | 21,30           |
| 26                                  | 1898,60            | 474,70          | 1139,44          | 284,86          | 112,80           | 28,20           |
| <i>пос. Энергетик</i>               |                    |                 |                  |                 |                  |                 |
| 1                                   | 1488,08            | 354,30          | 321,16           | 76,47           | 11,84            | 2,82            |
| 4                                   | 1801,81            | 429,00          | 903,65           | 215,15          | 8,24             | 1,96            |
| 5                                   | 1530,80            | 364,48          | 247,97           | 59,04           | 8,60             | 2,06            |
| 7 – I проба                         | 1295,40            | 308,43          | 684,39           | 162,90          | 8,47             | 2,02            |
| 7 – II проба                        | 1571,14            | 374,08          | 254,50           | 60,60           | 8,09             | 1,93            |
| Фон                                 | 30,20              | 7,00            | 420,50           | 97,80           | 71,70            | 16,70           |



Таблица 4

*Плотность выпадения ионов кальция, водорастворимых фтора и алюминия на снежный покров, кг/км<sup>2</sup>*

| Микрорайон                          | Ионы кальция     |                 | Водорастворимый фтор |                 | Водорастворимый алюминий |                 |
|-------------------------------------|------------------|-----------------|----------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
|                                     | за зимний период | средне-месячная | за зимний период     | средне-месячная | за зимний период         | средне-месячная |
| 1                                   | 2                | 3               | 4                    | 5               | 6                        | 7               |
| <i>Центральный округ г. Братска</i> |                  |                 |                      |                 |                          |                 |
| 2                                   | 475,62           | 116,00          | 205,29               | 50,07           | 11,27                    | 2,75            |
| 4                                   | 416,94           | 107,00          | 215,20               | 55,18           | 13,67                    | 3,50            |
| 5                                   | 676,90           | 173,57          | 292,20               | 74,92           | 24,49                    | 6,28            |
| 6                                   | 835,30           | 214,18          | 287,92               | 73,83           | 18,71                    | 4,80            |
| 7                                   | 602,31           | 154,40          | 180,93               | 46,39           | 15,63                    | 4,01            |
| 8                                   | 541,08           | 138,74          | 157,20               | 40,31           | 19,80                    | 5,08            |
| 10                                  | 632,37           | 162,15          | 227,20               | 58,26           | 16,57                    | 4,25            |
| 12                                  | 475,40           | 115,95          | 256,90               | 62,66           | 15,59                    | 3,80            |
| 15                                  | 762,63           | 195,55          | 263,30               | 67,50           | 21,31                    | 5,46            |
| 16                                  | 1044,30          | 254,70          | 214,40               | 52,30           | 27,54                    | 6,72            |
| 17                                  | 611,20           | 156,72          | 177,60               | 45,54           | 15,59                    | 4,00            |
| 18                                  | 768,20           | 187,36          | 265,20               | 64,70           | 13,03                    | 3,18            |
| 20                                  | 305,05           | 76,26           | 126,65               | 31,66           | 15,22                    | 3,81            |
| 22                                  | 529,16           | 132,30          | 273,10               | 68,27           | 49,04                    | 12,20           |
| 24                                  | 487,60           | 121,90          | 193,80               | 48,46           | 8,11                     | 2,03            |
| 26                                  | 389,70           | 97,40           | 177,30               | 44,33           | 19,44                    | 4,86            |
| <i>пос. Энергетик</i>               |                  |                 |                      |                 |                          |                 |
| 1                                   | 279,22           | 66,48           | 38,18                | 9,10            | 4,18                     | 1,00            |
| 4                                   | 412,82           | 98,29           | 47,31                | 11,26           | 8,93                     | 2,13            |
| 5                                   | 323,15           | 76,94           | 39,27                | 9,35            | 9,32                     | 2,22            |
| 7 (I проба)                         | 247,44           | 58,91           | 35,28                | 8,40            | 4,23                     | 1,01            |
| 7 (II проба)                        | 331,66           | 78,97           | 40,31                | 9,59            | 5,88                     | 1,40            |
| Фон                                 | 49,40            | 11,50           | 8,20                 | 1,90            | 3,00                     | 0,70            |

За зимний период в снежный покров на территории различных микрорайонов г. Братска поступило от 1295,40 до 3407,00 кг/км<sup>2</sup> гидрокарбонат-ионов (таблица 3), при этом максимальная плотность выпадения – 3251,01 и 3407,00 кг/км<sup>2</sup>, превышающая фоновое значение, соответственно, в 107,6 и 112,8 раз, наблюдалась на территории 15 и 16 микрорайонов Центрального округа, расположенных по оси факела выбросов предприятий Филиала ОАО Группа «Илим», в выбросах которых содержится значительное количество карбоната натрия. Также высокая плотность выпадения гидрокарбонат-ионов была отмечена в 5 и 6 микрорайонах

Центрального округа (2834,04 и 2977,61 кг/км<sup>2</sup>), расположенных по оси факела выброса Братского алюминиевого завода: превышение над фоном составило 93,8 и 98,6 раза. На территории остальных микрорайонов Центрального округа плотность выпадения гидрокарбонат-ионов на снеговой покров снижается по мере удаления от предприятий и в 20, 24, 26 микрорайонах, расположенных в северной, северо-восточной частях города, составляет менее 2 т/км<sup>2</sup>, однако превышение над фоном остается существенным – в 49-63 раза. В пос. Энергетик максимальная плотность выпадения гидрокарбонат-ионов (1801,81 кг/км<sup>2</sup>), превышающая

фоновую величину в 60 раз, наблюдалась на территории 4 микрорайона, расположенного в восточном направлении от ТЭЦ-7, что можно объяснить высокой повторяемостью ветров западного направления.

Плотность выпадения сульфат-ионов в Центральном округе г. Братска наиболее высока в 15, 16, 18 микрорайонах, расположенных вблизи предприятий Филиала ОАО Группа «Илим» и ИТЭЦ-6 (ежемесячно составляет 267,36-295,96 кг/км<sup>2</sup>, что превышает фоновое значение в 2,7-3,0 раза), в 5, 6 микрорайонах, расположенных по оси факела выбросов предприятия ОАО РУСАЛ (ежемесячно составляет 349,25 и 295,30 кг/км<sup>2</sup>, что превышает фон в 3,6 и 3,0 раза), а также в 10 и 26 микрорайонах (таблица 3). Значительная плотность выпадения сульфатов в 10 и 26 микрорайонах обусловлена, возможно, перекрытием зон воздействия данных предприятий. Минимальное накопление сульфат-ионов в снежном покрове характерно для 24 микрорайона (плотность выпадения сопоставима с фоновой величиной). На территории 1 и 5 микрорайонов пос. Энергетик плотность выпадения сульфат-ионов незначительна. На территории 4 микрорайона и 7 микрорайона (вблизи ТЭЦ-7) накопление в снежном покрове сульфатов сопоставимо с плотностями выпадения на территории Центрального округа г. Братска.

Максимальное накопление в снежном покрове ионов натрия наблюдается в 6, 10, 15, 16, 18 микрорайонах (таблица 3), а ионов кальция – в 6, 15, 16, 18 микрорайонах Центрального округа г. Братска (таблица 4). На территории этих микрорайонов в снежный покров за зимний период поступило от 194,40 кг/км<sup>2</sup> (в 6 микрорайоне) до 287,90 кг/км<sup>2</sup> (в 10 микрорайоне) ионов

натрия, от 762,63 кг/км<sup>2</sup> (в 15 микрорайоне) до 1044,30 кг/км<sup>2</sup> (в 16 микрорайоне) ионов кальция, что обусловлено влиянием промышленных предприятий, в зонах воздействия выбросов которых находятся перечисленные микрорайоны. Фоновое значение по содержанию ионов натрия превышено в 2,7-4,0 раза, а по содержанию ионов кальция – в 15,4-21,1 раз.

В пос. Энергетик плотность выпадения ионов натрия в 10-35 раз ниже, чем в Центральной части г. Братска. Плотность выпадения ионов кальция в пос. Энергетик составляет от 247,44 кг/км<sup>2</sup> (вблизи ТЭЦ-7) до 412,82 кг/км<sup>2</sup> (на территории 4 микрорайона), что превышает фон в 5,0-8,4 раза.

Плотность выпадения водорастворимого фтора за зимний период в центральной части г. Братска колеблется в пределах 126,65-292,20 кг/км<sup>2</sup> и превышает фоновое значение в 15,4-35,6 раз (таблица 4). Минимальное значение плотности выпадения (126,65 кг/км<sup>2</sup>) наблюдается на территории 20 микрорайона, а наибольшие значения – на территории 5, 6, 12, 22 микрорайонов, находящихся в зоне воздействия выбросов алюминиевого завода ОАО РУСАЛ, содержащих значительные количества фтористых соединений, а также на территории 15, 18 микрорайонов, расположенных в зоне воздействия ИТЭЦ-6, в выбросах которой содержится фтористый водород. Плотность выпадения ионов фтора в пос. Энергетик в 4-5 раз ниже, чем в Центральном районе, тем не менее, превышение фоновое значения достигает 4,3-5,8 раза. На рис. 2 представлено распределение растворимых фторидов в снежном покрове на территории Центрального округа г. Братска (по величине плотности выпадения).



Рис. 2. Карта-схема распределения водорастворимых фторидов в снежном покрове на территории Центрального округа г. Братска.

Существенное накопление водорастворимого алюминия в снежном покрове (49,04 кг/км<sup>2</sup> за зимний период, что превышает фоновую величину в 16,3 раза) наблюдается на территории 22 микрорайона Центрального округа г. Братска, расположенного по оси факела выбросов алюминиевого завода ОАО РУСАЛ. Достаточно велико значение плотности выпадения водорастворимого алюминия, превышающее фон в 6-9 раз, на территории 5, 6, 8, 15, 16, 26 микрорайонов центральной части города (таблица 4). В пос. Энергетик плотность выпадения водорастворимого алюминия в среднем в 2-7 раз ниже, чем в Центральном районе г. Братска.

В качестве интегрального показателя, позволяющего провести зонирование селитебной территории г. Братска по уровню загрязнения снежного покрова, использован суммарный показатель загрязнения снежного покрова ( $Z_c$ ), рассчитываемый по формуле:

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

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

Значения суммарного показателя загрязнения снежного покрова ( $Z_c$ )

| Район города | Центральный округ |     |     |     |     |                |     |     |             |              |     |
|--------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|-------------|--------------|-----|
| Микрорайон   | 2                 | 4   | 5   | 6   | 7   | 8              | 10  | 12  | 15          | 16           | 17  |
| $Z_c$        | 147               | 131 | 201 | 200 | 123 | 128            | 165 | 143 | 200         | 226          | 165 |
| Район города | Центральный округ |     |     |     |     | пос. Энергетик |     |     |             |              |     |
| Микрорайон   | 18                | 20  | 22  | 24  | 26  | 1              | 4   | 5   | 7 – I проба | 7 – II проба |     |
| $Z_c$        | 190               | 95  | 150 | 114 | 131 | 73             | 100 | 67  | 88          | 71           |     |

Рис. 3. Зонирование селитебной территории г. Братска по величине суммарного показателя загрязнения снежного покрова ( $Z_c$ ).

$$K_{\Pi i} = \frac{\Pi_i}{\Pi_{\Phi}},$$

где  $\Pi_i$  – плотность выпадения загрязняющего вещества на снежный покров на селитебной территории,  $\text{кг}/\text{км}^2$ ,  $\Pi_{\Phi}$  – фоновое значение плотности выпадения загрязняющего вещества на снежный покров,  $\text{кг}/\text{км}^2$ .

Расчет суммарного показателя загрязнения снежного покрова выполнен по семи ингредиентам: гидрокарбонат-ион; сульфат-ион; ионы натрия, кальция, водорастворимого фтора и алюминия; нерастворимый остаток (таблица 5).

На территории Центрального округа г. Братска максимальные значения суммарного показателя загрязнения снежного покрова наблюдаются в 5, 6 микрорайонах ( $Z_c = 201; 200$ ), расположенных по направлению факела выбросов алюминиевого завода ОАО РУСАЛ, и в 15, 16, 18 микрорайонах ( $Z_c = 200; 226; 190$ ), расположенных по направлению факелов выбросов предприятий Филиала ОАО Группа «Илим» и ИТЭЦ-6.

Достаточно велико значение суммарного показателя загрязнения для 17 микрорайона ( $Z_c = 165$ ), что обусловлено воздействием выбросов предприятий Филиала ОАО Группа «Илим» и ИТЭЦ-6, а также для 10 микрорайона Центрального округа ( $Z_c = 165$ ), что обусловлено совместным воздействием выбросов предприятий города. В Центральном округе минимальное накопление загрязняющих веществ в снеж-

ном покрове наблюдается на территории 20 микрорайона ( $Z_c = 95$ ). На территории пос. Энергетик максимальные значения суммарного показателя загрязнения ( $Z_c = 100; 88$ ) наблюдаются соответственно в 4 и 7 микрорайонах, расположенных в зоне влияния выбросов ТЭЦ-7.

На комплексной карте-схеме (рис. 3) представлено зонирование селитебной территории г. Братска по величине суммарного показателя загрязнения снежного покрова ( $Z_c$ ).

Таким образом, распространение зоны влияния промышленных предприятий на значительную часть селитебной территории города Братска подтверждается экспериментальными данными по уровню загрязнения снежного покрова. Согласно полученным данным, в составе растворимых соединений в снежный покров селитебной территории г. Братска поступают значительные количества гидрокарбонат-ионов, сульфат-ионов; ионов натрия, кальция, фтора, алюминия. При этом максимальные значения плотности выпадения этих ингредиентов, а также нерастворимого остатка, характерны для 5, 6, 15, 16, 18 микрорайонов Центрального округа, 4 и 7 микрорайонов пос. Энергетик, т. е. микрорайонов, расположенных по оси факелов выбросов крупных предприятий города (Филиал ОАО Группа «Илим», ОАО РУСАЛ, ИТЭЦ-6, ТЭЦ-7).

*Литература*

1. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2008 году: гос. доклад. Иркутск: Облмашинформ, 2009. 410 с.
2. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2009 году: гос. докл. Иркутск: Облмашинформ, 2010. 585 с.
3. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2010 году: гос. докл. М.: РППР РусКонсалтингГрупп, 2011. 199 с.
4. Васильенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 180 с.
5. Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды водоемов. М.: Медицина, 1990. 400 с.
6. Справочное руководство по применению ионоселективных электродов. М.: Мир, 1986. 231 с.
7. Руководство по санитарно-химическому исследованию почв: нормат. материалы. М., 1993. 325 с.
8. Давыдова Н.Д., Волкова В.Г. Ландшафтно-геохимический анализ состояния геосистем территории промышленного воздействия // География почв и геохимия ландшафтов Сибири: сб ст. Иркутск: СО АН СССР, Ин-т географии, 1988. 136 с.

*References*

1. On the state and environmental protection of Irkutsk region in 2008: gos. doklad. Irkutsk: Oblmashinform, 2009. 410 s.
2. On the state and environmental protection of Irkutsk region in 2009: gos. doklad. Irkutsk: Oblmashinform, 2010. 585 s.
3. On the state and environmental protection of Irkutsk region in 2010: gos. doklad. M: RPPR RusKonsaltingGrupp, 2011. 199 s.
4. Vasilenko V. N., Nazarov I. M., Friedman Sh. D. Monitoring of snow mantel pollution. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 180 s.
5. Novikov Y. V., Lastochkina K.O., Boldina Z.N. Methods for studying the reservoirs water quality. M.: Meditsina, 1990. 400 s.
6. Guidelines on the application of ion-selective electrodes. M.: Mir, 1986. 231 s.
7. Guide to the soil sanitary-chemical research: regulatory materials. M., 1993. 325 s.
8. Davydova N.D., Volkova V.G. Landscape-geochemical analysis of the industrial area geosystems impact // Geografiya pochv i geokhimiya landshaftov Sibiri: sb. st. Irkutsk: SO AN SSSR, In-t geografii, 1988. 136 s.