

УДК 504.3.054; 504.064.2

*Н. А. Федорук, И. В. Галицкая*

## **Анализ загрязняющих компонентов в жидкой фазе снега на территории правого берега г. Дубны в 2020 г.**

*Анализируются компоненты жидкой фазы свежеснегавшего снега в феврале 2020 года в г. Дубне. По проведенному лабораторному анализу талой снеговой воды выявлены значения pH, общей жесткости, взвешенных веществ, кальция, магния, свинца, цинка, меди, кадмия, никеля, фосфат-иона, нитрит-иона, аммоний-иона в 9 точках исследования.*

*Ключевые слова: снег, снежный покров, жидкая фаза, атмосферный воздух, Дубна*

### **Об авторах**

**Федорук Николай Анатольевич** – аспирант 1-го года обучения кафедры экологии и наук о Земле государственного университета «Дубна». *E-mail:* fedoruk\_dubna@mail.ru. 141981, Московская область, г. Дубна, ул. Школьная, д. 10, кв. 30.

**Галицкая Ирина Васильевна** – доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук. *E-mail:* galgeoenv@mail.ru.

**Актуальность** исследования обусловлена особенностями снежного покрова как индикатора состояния окружающей среды, в частности атмосферного воздуха. Выпадающий снег является эффективным накопителем широкого спектра загрязняющих веществ, выпадающих из атмосферы. При снеготаянии эти вещества мигрируют во все природные среды, главным образом в почву, поверхностные и подземные воды, а также обратно в атмосферный воздух, загрязняя их.

Загрязнение же самого снежного покрова происходит в два этапа. Во-первых, это загрязнение снежинок во время их 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, а также их поступления из почвы. В результате этих процессов концентрация загрязняющих веществ в снеге оказывается обычно на 2–3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе [2; 4].

**Целью** работы был анализ свежеснегавшего снега на загрязняющие компоненты в изучаемом районе. Исследование проводилось на территории правого берега г. Дубны.

Стоит упомянуть, что подобное исследование, проведенное в 2007 г. Савватеевой О.А., Алексеевой Л.И., Каманиной И.З. и Капли-

ной С.П., также затрагивало изучаемый район. В работе «Оценка загрязнения территории городского поселения от источников антропогенного воздействия на основе химического анализа снежного покрова на примере Дубны» авторами были рассмотрены различные компоненты воздействия, составлены ГИС-карты функционального зонирования, распределения элементов в точках отбора. В дальнейшем результаты исследования легли в разработку методических рекомендаций по составлению отчета города. Отбор производился в 33 точках, а анализ состояния снежного покрова жидкой фазы осуществлялся по следующим компонентам: величина pH, удельная электропроводность, взвешенные вещества, сульфаты, хлориды, нитраты, гидрокарбонаты, ионы аммония, кальция, магния, натрия, а также нефтепродукты [3].

Стоит отметить, что за последние 13 лет в инфраструктуре города произошли существенные изменения. Интенсивная застройка правобережья определенно внесла вклад в загрязнение территории данного населенного пункта. Кроме того, сегодня наиболее существенной проблемой всех городов Подмосковья является рост количества автотранспорта, в том числе и личного, который привносит загрязняющие вещества в атмосферный воздух, ухудшая качество жизни населения, которое, по официальным данным, увеличилось в Дубне почти на 15 тысяч человек. Однако, по данным из последних отчетов, Дубна ха-

рактируется благоприятной экологической обстановкой, хотя спектр производств довольно широк, превышений ПДК (предельно допустимая концентрация) в атмосферном воздухе не выявляется, но обратить внимание на данную проблему необходимо [9].

**Объектом исследования** был выбран правый берег г. Дубны, как наиболее заселенный и развитый участок. Наукоград расположен на севере Московской области, в 120 км от Москвы. Среди стационарных источников загрязнения основными являются котельные, приносящие 65% выбросов. Однако в последнее время все больше загрязняющих веществ выбрасывается с выхлопами автотранспорта, который показывает тенденцию к дальнейшему распространению [9].

**Методика отбора проб.** При отборе проб снежного покрова необходимо руководствоваться следующими нормативными документами:

1) ГОСТ 17.1.5.05–85. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков;

2) Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве (Ревич, Саэт и др., 1990);

3) Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186–89 (действует с 01.07.1991). М.: Госкомгидромет, 1991 [1; 5].

Отбор проб производится в период его максимального накопления, незадолго до периода снеготаяния (конец февраля – март) на открытых местах, на расстоянии не менее 500 м от ближайшего источника антропогенного воздействия (в лесу – на больших полянах). Отбор проб производят на участке 5×5 м методом «конверта»; пробы отбираются на всю мощность из шурфов или снегоотборниками из химически стойкого полимерного материала, при этом с поверхности удаляется мусор (листья, ветки и др.), исключается попадание в образец частиц почвы. Из отобранных проб составляется сборная проба весом не менее 2 кг, которая помещается в емкость из химически стойкого полимерного материала и маркируется [6; 8].

В связи с малоснежной зимой 2020 года (что не характерно для Дубны), отбор проб осуществлен 10.02.2020 года при температуре воздуха +2 °С, когда снег начал таять. Пробы отбирались вблизи источников антропогенного воздействия (автомагистрали, промышленные предприятия), а также в лесных массивах и жилых районах. Таким образом, обозначено 9 точек исследования (9-я точка не попала на схему) (рис. 1).

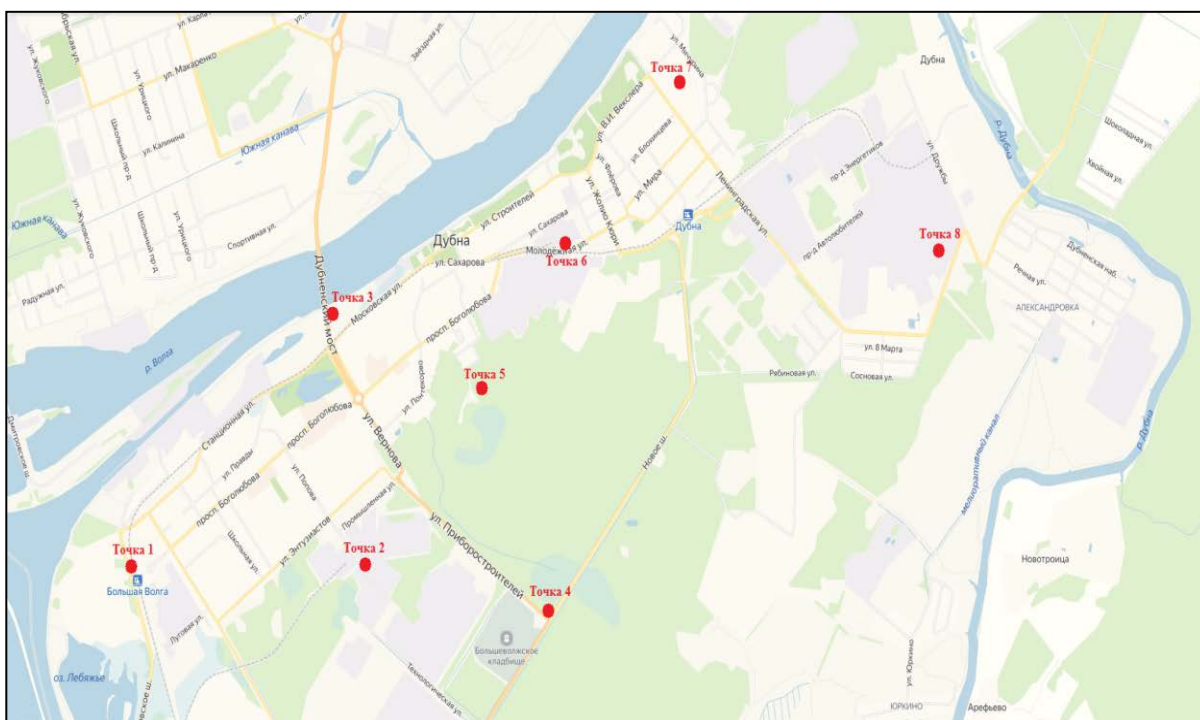


Рис. 1. Расположение точек отбора проб на территории правого берега г. Дубны

**Химический анализ** талой снеговой воды проводился по следующим компонентам: pH талой снеговой воды, жесткость талой снеговой воды, кальций, магний, взвешенные вещества, аммоний-ион ( $\text{NH}_4^+$ ), нитрит-ион ( $\text{NO}_2^-$ ), фосфат-ионы, тяжелые металлы (медь (Cu), цинк (Zn), свинец (Pb), кадмий (Cd), никель (Ni)). Рассмотрим каждый компонент более подробно.

Кислотность снеговых вод зависит от множества факторов, например минерализации. По водородному показателю все пробы показали близкие друг к другу значения, которые колебались от 6,4 до 7,5 (слабокислые и слабощелочные, близкие к нейтральной среде).

Жесткость воды – одна из качественных характеристик воды, которая обуславливается наличием в воде солей двух щелочноземельных металлов – кальция и магния [2]. Общая жесткость определялась титриметрическим методом. Результат анализа талой воды показал, что вода во всех пробах оказалась мягкой (критерии мягкой воды: 0–4,0 мг-экв/л), самые высокие показатели жесткости обнаружены у Дубненского моста, а также у завода железобетонных изделий (ЗЖБИ) и составили 1,5 мг-экв/л и 1,22 мг-экв/л соответственно (рис. 2). Пики по кальцию и магнию похожи на график, представленный снизу. Максимальное значение по кальцию составляет 21,2 мг/дм<sup>3</sup>, по магнию – 5,4 мг/дм<sup>3</sup>.

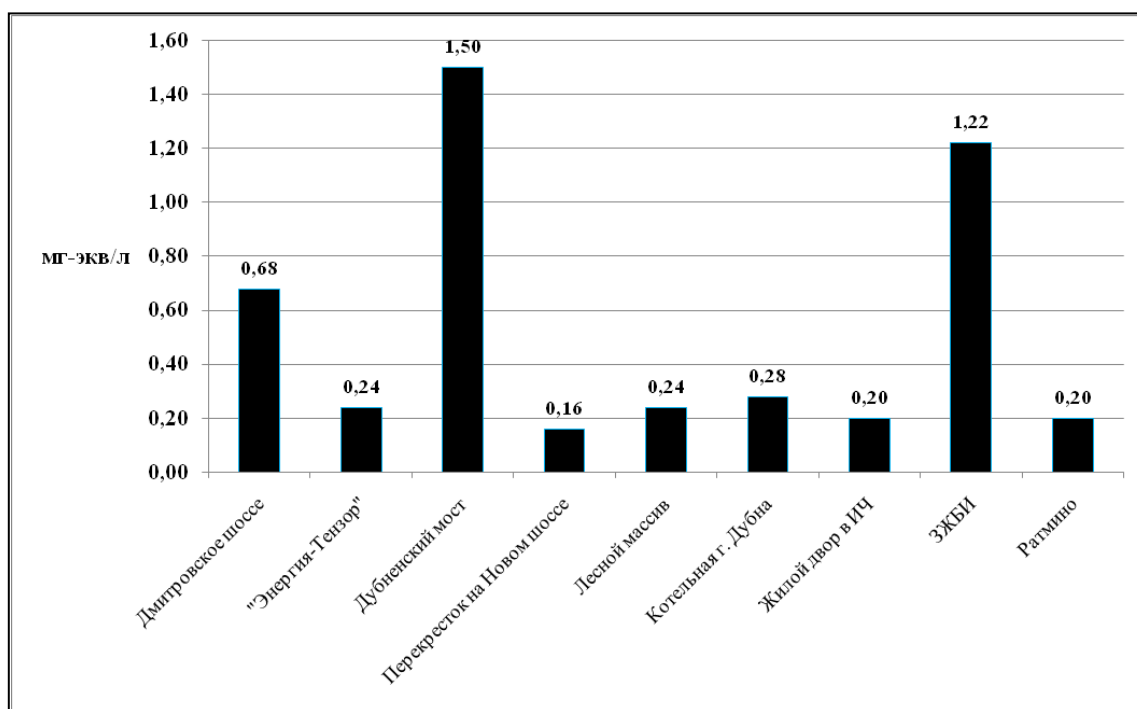


Рис. 2. Жесткость талой снеговой воды в точках территории правого берега г. Дубны

Следующий компонент анализа – взвешенные вещества, которые присутствуют в снеге в виде пыли, частиц глины, песка, остатков растительности [2]. Визуально в местах отбора проб снежный покров был «грязный» лишь около Дмитровского шоссе, Дубненского моста и завода железобетонных изделий. Результаты анализа представлены на рис. 3.

В снежном покрове также растворены различные ионные комплексы. Были рассмотрены и проанализированы аммоний-ион ( $\text{NH}_4^+$ ), нитрит-ион ( $\text{NO}_2^-$ ) и фосфат-ионы. Данные компоненты характерны для водое-

мов, превышение их в сточных водах способно нарушить органический баланс. Для осадков, таких как свежеснеживший снег, наличие этих ионов будет весьма незначительно, т.к. в Дубне отсутствуют масштабные промышленные предприятия, а выбросы автотранспорта за короткий промежуток времени снег впитать не успел. На рис. 4 представлен результат анализа аммоний-иона, т.к. его значения самые высокие, но гораздо ниже ПДК (1,5 мг/дм<sup>3</sup>) [7]. В точке у Дмитровского шоссе зафиксирована концентрация 0,41 мг/дм<sup>3</sup>.

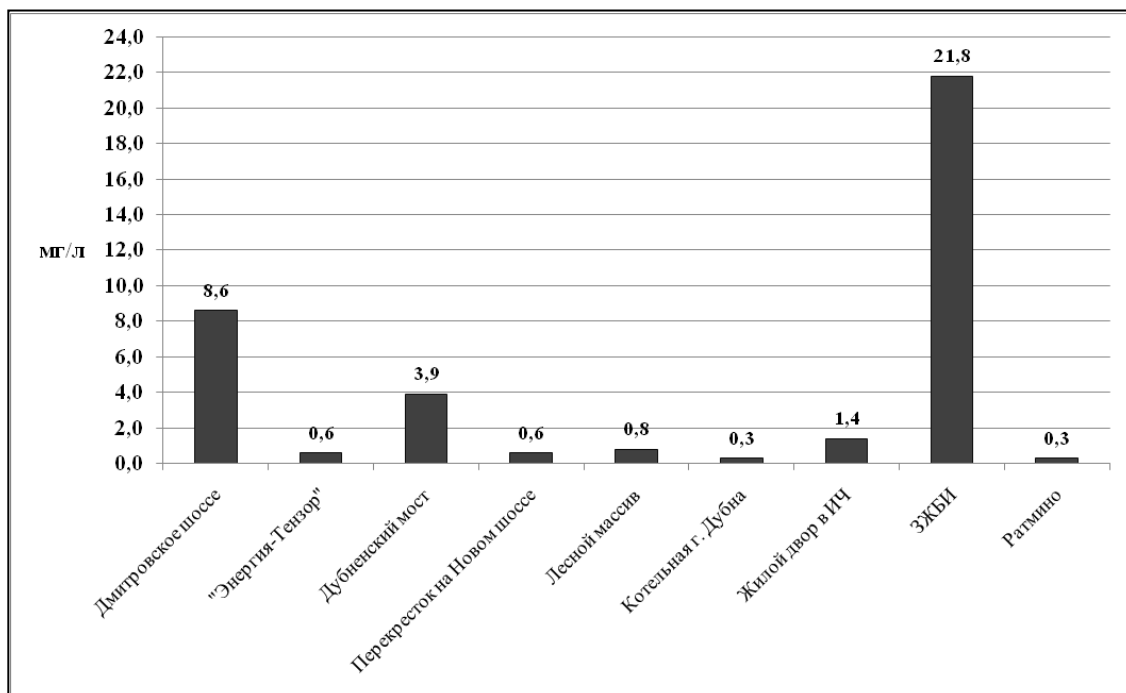


Рис. 3. Взвешенные вещества в снежном покрове правого берега г. Дубны

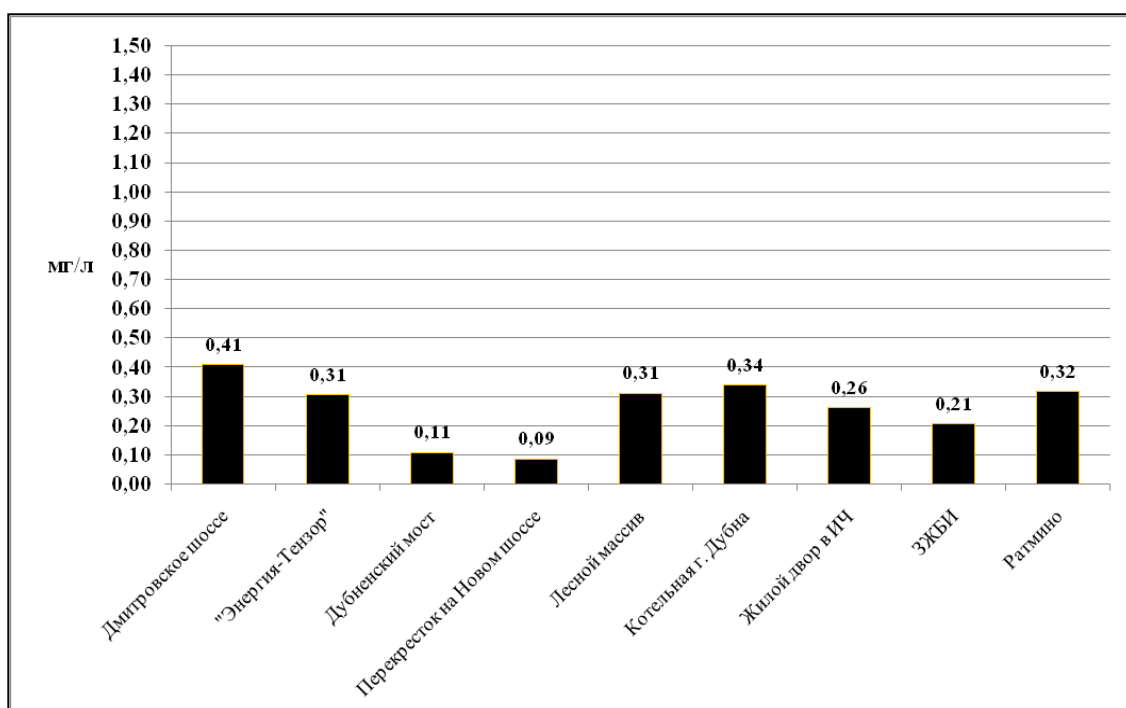


Рис. 4. Аммоний-ион в снежном покрове правого берега г. Дубны

Концентрации тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Ni, Pb) в снежном покрове определялись методом атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе ААС «Квант 2А». Анализируемые тяжелые металлы содержатся

в топливе автомобилей, а также попадают в окружающую среду при производстве металлосодержащих изделий.

Самые высокие концентрации обнаружены по кадмию (рис. 5) и свинцу (рис. 6),

но они также ниже ПДК. Кадмий обнаружен в лесном массиве (точка 5), на Дмитровском шоссе (точка 1), у центральной котельной на Молодежной улице (точка 6). Концентрации кадмия в этих точках не превышают 0,0004

мг/дм<sup>3</sup>, в то время как ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования данного металла составляет 0,001 мг/дм<sup>3</sup> [7].

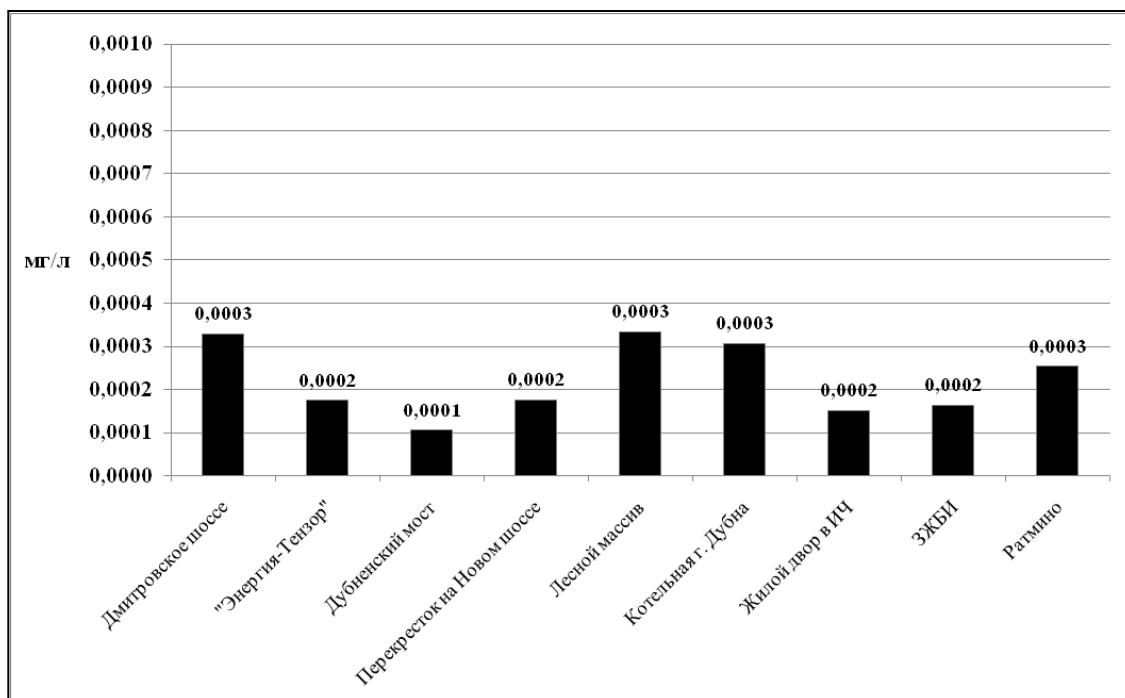


Рис. 5. Концентрация кадмия в снежном покрове правого берега г. Дубны

Свинец, который до 1990 года использовался как антидетонационная присадка, выделяется в жилом районе в институтской части города и у завода железобетонных изделий (точки 7 и 8 соответственно). Наличие свинца объяснимо для точек, расположенных около завода, однако в жилом дворе концентрация свинца гораздо выше. Возможно, это связано с применением красок, содержащих свинец. Стоит также отметить, что около авто-

магистралей концентрация этого тяжелого металла невелика. Ни в одной из точек не выявлено превышение ПДК водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования по свинцу, которая составляет 0,01 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 6). Остальные тяжелые металлы (Cu, Zn, Ni) не показали пиковых значений, а их концентрации существенно ниже предельно допустимых.

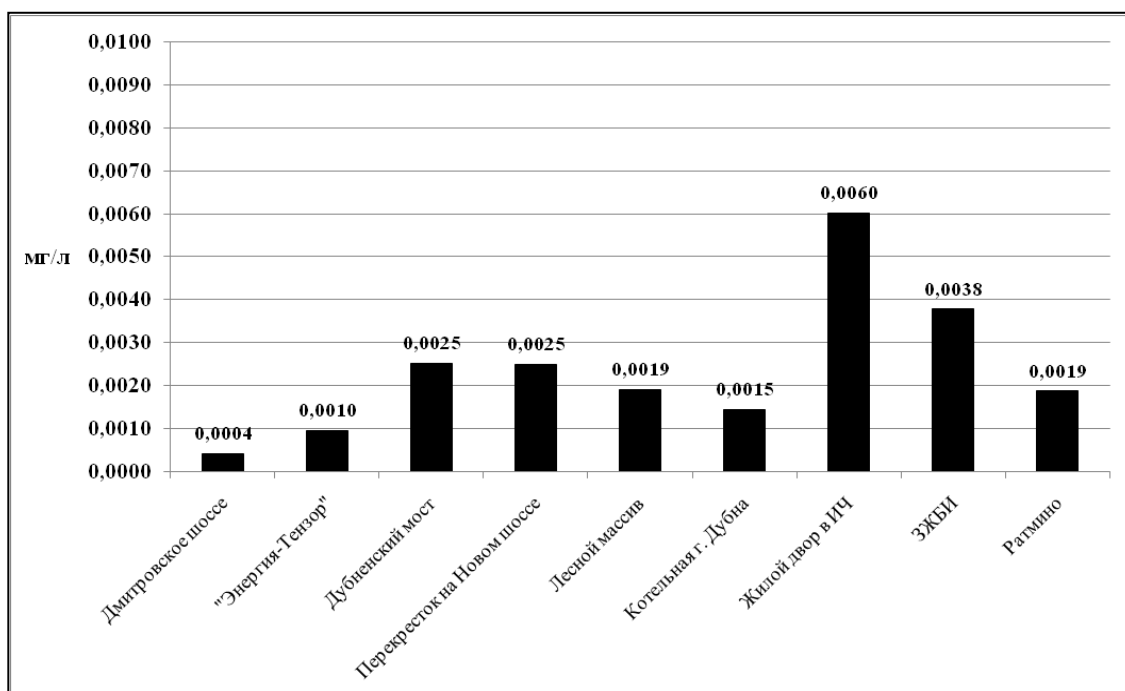


Рис. 6. Концентрация кадмия в снежном покрове правого берега г. Дубны

Таким образом, рассмотрен перечень всех компонентов, проанализированных в жидкой фазе снега, построены информативные гистограммы. Результаты лабораторного исследования показали ожидаемые результаты, о которых сказано в выводах.

### Выводы

Анализ жидкой фазы снега не выявил превышений ПДК водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ни по одному из компонентов. Связано это именно с тем, что снежный покров был свежеснежившим. В Дубне нет крупных металлургических предприятий, а также других объектов, оказывающих существенное загрязнение снега на этапе выпадения. Кроме того, уже выпавший снег также не впитал ощутимого количества загрязняющих веществ, т.к. пролежал порядка недели.

Значения рН близки по значениям к показателям для дождевых осадков, кроме точек, где наблюдается слабощелочная среда. Концентрации взвешенных веществ характеризуются небольшими значениями, за исключением точек 1 и 8, где наблюдаются интенсивные потоки автотранспорта и вблизи завода металлоконструкций соответственно. По показателям концентрации солей кальция и магния талая снеговая вода в точках исследования мягкая, что опять же говорит о слабой загряз-

ненности снежного покрова. Концентрации ионов и тяжелых металлов невелики и не превышают ПДК ни в одной из точек.

Подобное исследование планируется провести в следующем году с целью наблюдения динамики загрязнения и анализа корреляции компонентов.

### Библиографический список

1. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Ф. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 181 с.
2. Воронцова А.В., Нестеров Е.М. Геохимия снегового покрова в условиях городской среды // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2012. №147. С. 125–132.
3. Савватеева О.А., Алексеева Л.И., Камнина И.З., Каплина С.П. Оценка загрязнения территории городского поселения от источников антропогенного воздействия на основе химического анализа снежного покрова на примере Дубны // Современные проблемы науки и образования. М.: ИД «Академия естествознания», 2007. № 5. С. 115–123.
4. Соловьева Н.Е., Олькова Е.А., Алябьева А.А., Краева О.В. Исследование талой воды (снега) как показатель загрязнения атмосферы урбанизированной среды. // Молодой ученый. 2015. № 14 (94). С. 668–672.
5. [ГОСТ 17.1.5.05-85]: Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб по-

верхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. М.: Стандартинформ, 1986. 12 с.

6. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 15 МАЯ 1990 Г. N 5174-90).

7. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объек-

тов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: Изд-во ВНИРО, 1999. 304 с.

8. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186–89 (действует с 01.07.1991). М.: Госкомгидромет, 1991.

9. Экологическая обстановка на территории г. Дубны. – URL: <http://old.naukograd-dubna.ru/about/ekologiya-i-prirodopolzovanie/otsenka-ekologicheskoy-obstanovki-na-territorii-g-dubny-v-2012-g/> (режим доступа: свободный. Дата обращения: 18.04.2020).

---

*Поступила в редакцию  
28.08.2020*