

Таблица 4. ЛИТОФИЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ, мг/л

Место отбора	Fe _{общ}	Al	Si
Древлянка, Лососинское шоссе	0,054	0,01	0,055
Ключевая, пол-ка № 4	0,031	0,02	0,137
Сулажгора, ст. «Динамо»	0,019	0,01	0,055
Кукковка, т/к «Ника»	0,010	0,01	0,041
Перевалка, автовокзал	0,067	0,02	0,055
ТЭЦ	0,044	0,02	0,062
Октябрьский пр-т	0,105	0,04	0,123
ул. К. Маркса	0,137	0,05	0,069
Соломенное	0,398	0,05	0,144
Статистические показатели			
Min	0,010	0,007	0,04
Max	0,398	0,051	0,14
Медиана	0,054	0,022	0,06

Таблица 5. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В ТАЛОЙ СНЕГОВОЙ ВОДЕ, мкг/л

Место отбора	Zn	Cu	Pb	Cd
Древлянка, Лососинское шоссе	6	3,1	0,03	0,02
Ключевая, пол-ка № 4	8	2,1	0,01	0,06
Сулажгора, ст. «Динамо»	9	2,7	0,07	0,04
Кукковка, т/к «Ника»	10	3,7	0,07	0,04
Перевалка, автовокзал	21	1,9	0,20	0,05
ТЭЦ	7	10,0	0,16	0,09
Октябрьский пр-т	11	3,4	0,16	0,03
ул. К. Маркса	4	2,0	0,07	0,03
Соломенное	23	3,7	1,56	0,17
ПДК	10	1	5	5

меди в других пробах составили 1,9–3,7 мкг/л, что выше ПДК для рыбохозяйственных водоемов (табл. 5). Максимальные концентрации цинка отмечены в пробах снега, отобранных у автовокзала (21 мкг/л) и в Соломенном (23 мкг/л) (табл. 5).

ЛИТЕРАТУРА

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 1995–2007 гг. Петрозаводск, 1996–2008.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2007 году. Петрозаводск, 2008. С. 10–16.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования атмосферных осадков на территории г. Петрозаводска показали, что в пробах снега наблюдалось повышенное содержание калия, кальция, хлорида натрия, сульфатов, общего железа. Во всех пробах обнаружены гидрокарбонаты, а сульфаты представлены в виде солей. Величина pH исследованных проб снега была выше равновесного значения для атмосферных осадков и изменялась в пределах от 5,95 до 6,96.

Атмосферные осадки отличаются повышенным содержанием биогенных элементов и незначительным количеством органического вещества. Почти все пробы снега загрязнены нефтепродуктами, что в целом согласуется с транспортной нагрузкой.

Среди тяжелых металлов во всех пробах снега было отмечено повышенное содержание меди и в некоторых пробах – цинка. Наибольшее загрязнение тяжелыми металлами характерно для проб, отобранных в районе автовокзала и ТЭЦ.

Из всех исследованных проб снега наиболее загрязненной оказалась проба, отобранная у Соломенского лесозавода, что связано, возможно, с локальным загрязнением от лесозавода и котельной, а возможно, и с попаданием частиц почвы, о чем свидетельствуют высокие значения содержания Si и Fe.

В целом полученная картина загрязненности снежного покрова является типичной для городских территорий.

Израэль Ю. А., Назаров И. М., Филиппова Л. М. и др. Кислотные дожди. Л., 1989. 206 с.

Лозовик П. А., Потапова И. Ю. Поступление химических веществ с атмосферными осадками на территории Карелии // Водные ресурсы. 2006. Т. 33, № 1. С. 111–118.

Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 200 с.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУЛЬФАТОВ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ

Н. Е. Кулакова*, А. В. Лебедева**, П. А. Лозовик*

* Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

** Лицей № 40

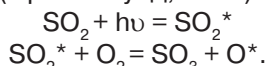
Содержание сульфатов в природных водах Карелии, в том числе и в атмосферных осадках, достаточно низкое, и существует проблема их определения различными методами. Для повышения качества выполнения анализа и получения воспроизводимых результатов была моди-

фицирована методика фотометрического определения сульфатов и применена для анализа атмосферных осадков.

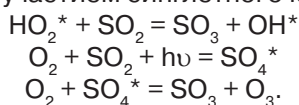
Основным антропогенным источником серы, поступающей в атмосферу, является ископаемое топливо. Соединения серы (сульфиды,

самородная сера и другие) содержатся в углях и рудах (особенно много сульфидов в бурых углях), при сжигании или обжиге которых образуются летучие соединения: оксид серы (IV) – SO_2 , в меньшей степени оксид серы (VI) – SO_3 и сероводород – H_2S (в малых количествах, при недостаточном обжиге или неполном сгорании, при низкой температуре). В результате сжигания ископаемого топлива в атмосферу попадают значительные количества соединений серы и главным образом в виде диоксида. Среди различных видов топлива на первом месте стоит каменный уголь, который дает 70% от антропогенных выбросов серы. Автомобильный транспорт также является источником поступления соединений серы в атмосферу (Примбклунд, 1986).

В тропосфере диоксид серы подвержен фотохимическим превращениям, поскольку при поглощении света в области 340–400 нм образуются возбужденные молекулы SO_2^* со временем жизни 8 мс. Дальнейшее окисление SO_2^* кислородом воздуха приводит к образованию SO_3 (Примбклунд, 1986):



Образование SO_3 может происходить в результате окисления SO_2 под действием HO_2 -радикалов и с участием синглетного кислорода:



Далее при взаимодействии SO_3 с водой в атмосфере происходит образование серной кислоты, которая с дождевой водой и снегом падает на землю.

Существуют также естественные источники поступления серы в атмосферу. К ним относятся процессы анаэробного разложения растительных остатков, вулканическая деятельность и морские аэрозоли. При участии анаэробных микроорганизмов (действующих в отсутствие кислорода) происходят процессы разрушения органических веществ и восстановления сульфатов, благодаря чему содержащаяся в них сера переходит в газообразные соединения. Эти процессы активно протекают в болотах, у береговой линии морей, в устьях рек и некоторых почвах, содержащих большое количество органических веществ. В целом считается, что выделение серы биологическим путем достигает 30–40 млн т в год, что составляет около 1/3 всего количества серы, поступающей в атмосферу.

При извержении вулканов в атмосферу наряду с большим количеством диоксида серы попадают сероводород, сульфаты и элементарная сера. В результате извержения вулканов

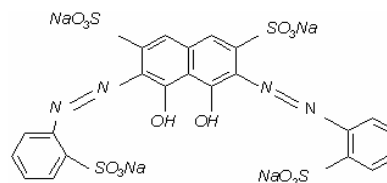
в атмосферу в среднем ежегодно поступает около 2 млн т серосодержащих соединений.

Морские аэрозоли также являются источником поступления сульфатов в атмосферу, образованию которых способствуют активные процессы газовой выделения из морской воды.

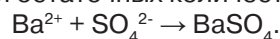
Для определения сульфатов в поверхностных водах, в том числе и в атмосферных осадках, существует много методов (Бабко, Пилипенко, 1974):

- гравиметрические (весовое определение сульфатов в виде осадка BaSO_4),
- титриметрические (основаны на титровании сульфатов солями бария или свинца в присутствии чувствительных металлоиндикаторов),
- комплексометрические (осаждение сульфатов хлоридом бария и обратное титрование избытка ионов бария стандартным раствором ЭДТА после удаления осадка),
- фотометрические (основаны на образовании окрашенных продуктов с ионами бария после связывания сульфатов в виде BaSO_4),
- турбидиметрические (измерение интенсивности помутнения растворов, содержащих сульфатные ионы, в присутствии солей бария),
- ионная хроматография (разделение ионов на ионообменной колонке).

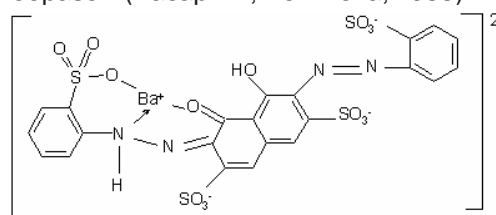
В аналитической практике широко используют фотометрические методы определения сульфатов с применением производных хромотроповой кислоты: нитрхромазо, диметилсульфоназо III, ортанилового К и др. Очень часто в качестве такого индикатора применяют сульфоназо III, или [2,7-бис(2-сульфофенилазо)] хромотроповая кислота тетранатриевая соль (Петрова, Бонвеч, 1970).



Все фотометрические методы с сульфоназо и его производными основаны на осаждении сульфатов ионами бария и фотометрическом определении остаточных количеств Ba^{2+} :



В результате взаимодействия ионов бария с сульфоназо III образуется комплекс состава 1 : 1, и строение комплексного иона выглядит следующим образом (Басаргин, Новикова, 1966):



Устойчивость окраски комплекса зависит от ряда факторов и прежде всего от рН и наличия щелочноземельных металлов (Ca^{2+} , Mg^{2+}). Для устранения их мешающего влияния пробу катионируют, т. е. пропускают через колонку, заполненную катионитом КУ-2 в H^+ -форме (Дедкова и др., 1982).

Зависимость оптической плотности растворов комплексов сульфоназо III с барием от рН показана на рис. 1.

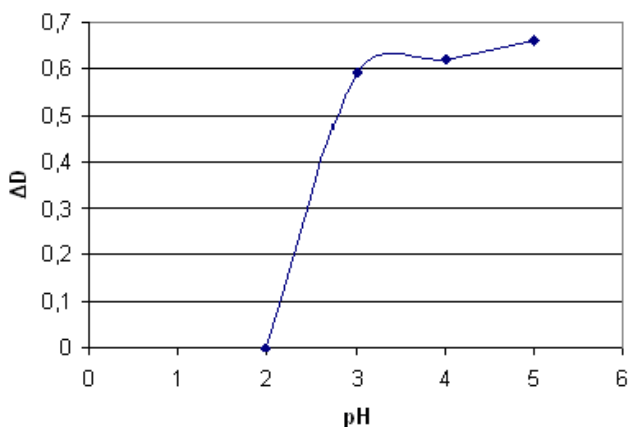


Рис. 1. Зависимость оптической плотности от рН раствора

Как видно из рис. 1, в диапазоне рН 3–5 наблюдается максимальное значение оптической плотности, и в качестве оптимальной величины рН выбрано значение 3,0. Дальнейшее измерение оптической плотности показало высокую устойчивость окраски во времени (рис. 2), что является большим выигрышем методики, так как все проводимые при анализе процедуры требуют временных затрат.

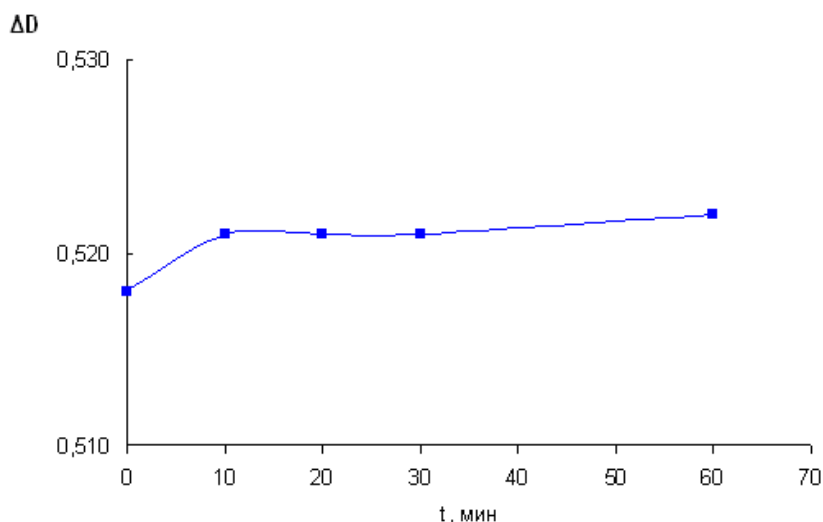


Рис. 2. Устойчивость окраски комплекса барий-сульфоназо III во времени

Опыт проведения анализа сульфатов с использованием сульфоназо III в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН показал, что основным недостатком метода является низкая воспроизводимость градуировочных графиков. Для его устранения при построении градуировочных графиков предложено использовать не абсолютные значения оптических плотностей, а разность: $\Delta D = D_{640} - D_{615}$ (рис. 3).

В результате такого подхода удалось получить воспроизводимые калибровочные графики (рис. 4) и хорошую сходимость данных анализа с образцами внутреннего контроля (табл. 1).

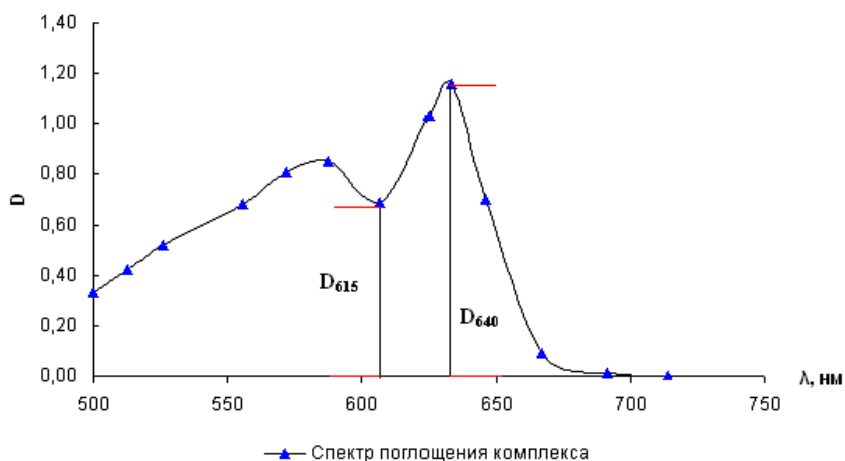
Таблица 1. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУЛЬФАТОВ МЕТОДОМ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ

	С (SO_4^{2-}), мг/дм ³	С (SO_4^{2-}) опр., мг/дм ³	δ, %
Стандартный раствор	2,0	2,05	2,5
Стандартный раствор	4,0	4,06	1,5
Проба	Проба	1,53	–
Внутренний контроль	Проба + 2,0 мг/л	3,61 (2,08*)	4,0

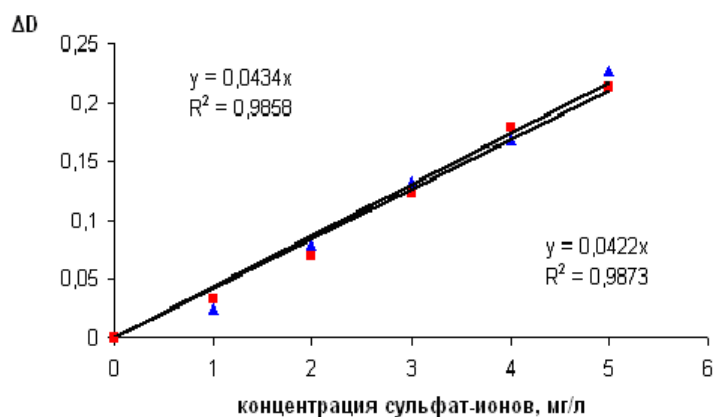
Примечание. * – результат внутреннего контроля.

Как видно из табл. 1, получаются весьма хорошие результаты анализа сульфатов на стандартных образцах.

Новая методика была применена при определении SO_4^{2-} в пробах снега, отобранных на территории г. Петрозаводска в декабре 2008 г. Кроме того, была рассчитана доля сульфатов техногенного происхождения по отношению сульфатов к хлоридам в морских аэрозолях (Корж, 1971) (табл. 2).



Р и с . 3 . Спектр поглощения комплекса бария с сульфозао III



Р и с . 4 . Градуировочные графики на сульфаты, выполненные в разное время (ноябрь и декабрь 2008 г.)

Таблица 2. СОДЕРЖАНИЕ СУЛЬФАТОВ В ПРОБАХ СНЕГА, ОТОБРАННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ г. ПЕТРОЗАВОДСКА, И ДОЛЯ СУЛЬФАТОВ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Место отбора пробы	Номер пробы	С (SO_4^{2-}), мг/л	Доля сульфатов техногенного происхождения, %
Древлянка, Лососинское шоссе	17сн	1,4	91
Ключевая, пол-ка № 4	18сн	1,9	93
Пятый поселок, стадион «Динамо»	19сн	1,5	92
Кукковка, торговый центр «Ника»	20сн	1,7	92
Автовокзал	21сн	2,1	94
Сулажгора, ТЭЦ	22сн	1,8	93
Октябрьский пр-т	23сн	2,3	94
ул. К. Маркса	24сн	1,6	92
Соломенное (центр)	25сн	6,8	98

В целом на территории города содержание сульфатов невысокое, за исключением станции в районе Соломенное. В то же время доля сульфатов техногенного происхождения достаточно большая (91–98%) по сравнению с долей сульфатов природного генезиса (2–9%).

ЛИТЕРАТУРА

Бабко А. К., Пилипенко А. Т. Методы определения металлов. М.: Химия, 1974. 360 с.

Таким образом, применение нового подхода к анализу сульфатов позволило получить воспроизводимый градуировочный график, улучшить сходимость результатов анализа с образцами внутреннего контроля и в рамках международного сличения.

Басаргин Н. Н., Меньшикова В. Л., Белова З. С., Мясичева Л. Г. Фотометрическое определение микроколичеств сульфат-ионов или серы с применением нитхромазо // Журнал аналитической химии. 1968. Т. 23, вып. 5. С. 732–735.

Дедкова В. П., Акимова Т. Г., Савин С. Б. Фотометрическое определение сульфат-ионов реагентом Ортаноловым К // Там же. 1982. Т. 36, № 7. С. 1358–1361.

Корж В. Д. Расчет соотношений химических компонентов морской воды, переходящих из океана в атмосферу при испарении // Океанология. 1971. Т. 11, вып. 5. С. 881–888.

Петрова Г. С., Бонвеч Т. В. Органические реактивы для определения неорганических ионов. М.: НИИТЭХИМ, 1970.

Примбклунд Д. Химия атмосферы. М.: Мир, 1986. 350 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ СУНЫ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ ФЛОРЫ

И. П. Сочнева

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

ВВЕДЕНИЕ

Река Суна – второй по длине и третий по площади водосбора приток Онежского озера, что определяет актуальность оценки ее экологического состояния (Состояние водных объектов..., 2007). В среднем участке река не испытывает существенного влияния человека, поскольку протекает по территории заповедника «Кивач». Нижний участок реки подвержен антропогенному воздействию, так как в устье реки расположен животноводческий комплекс.

Высшие водные и прибрежно-водные растения являются яркими индикаторами трофического статуса водных экосистем (Фрейндлинг, 1982). В связи с этим была поставлена цель исследований – оценить состояние различных участков р. Суны на основе изучения прибрежно-водной флоры.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) определение видов высших сосудистых растений прибрежно-водной зоны р. Суны;
- 2) проведение таксономического и экологического анализа прибрежно-водной флоры;
- 3) изучение распространения индикаторных видов водной растительности р. Суны (в пределах заповедника и в устье).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовалась р. Суна (старое естественное русло), протекающая в средней части Карелии. Схема озерно-речной системы р. Суны представлена на рис. 1. Река вытекает из небольшого озера Кивиярви, лежащего в отрогах Западно-Карельской возвышенности. Река пересекает заповедник «Кивач» с северо-запада на юго-восток, в его пределах ее озерность составляет 30%. Впадает река в Кондопожскую

губу Онежского озера, в районе села Янишполе (Ивантер, Тихомиров, 1988).

В режиме реки выделяют три основных периода. Первый этап – естественное состояние водного режима (до 1929 г.). Средний многолетний расход воды в этот период составлял 69,2 м³/с. На втором этапе, после строительства Гирвасской плотины, существенно изменился гидрологический режим реки. От общего объема стока осталось всего 10% (Литвиненко, 1999). В этот же период (до 1973 г.) по реке осуществлялся лесосплав. Третий этап начался после прекращения лесосплава и продолжается до сих пор.

В настоящее время верхний и средний участки реки длиной 217 км остались в прежнем состоянии. Участок от Гирвасской плотины до устья (так называемое «старое русло») стал представлять собой отдельную реку длиной



Р и с . 1 . Современное состояние р. Суны после строительства каскада ГЭС (по: Литвиненко, 1999):

ст. 1 – станция на территории заповедника «Кивач»,
ст. 2 – станция в устье реки