

Методические АСПЕКТЫ АНАЛИЗА ЗАГРЯЗНЕНИЙ

снегового покрова
В СВЯЗИ С ИХ ВЛИЯНИЕМ НА КАЧЕСТВО

ПРИРОДНЫХ ВОД

Часть 1

По литературным источникам и экспериментально проанализированы некоторые аспекты воздействия загрязненного снежного покрова на гидрохимический статус водных объектов. В настоящей части работы (часть 1, аналитический обзор) рассмотрены информационные источники за 2005-2009 гг., включая анализ состояния снежного покрова. Предложена технологическая последовательность изучения загрязнения снежного покрова. В снежном покрове реальных водных объектов экспериментально выявлен ряд неорганических и органических веществ (часть 2). Для последних предложен алгоритм оценки их биологической активности, необходимой для оценки экологических рисков.



уровню загрязнения атмосферы в данном районе за период от начала формирования снежного покрова до времени отбора пробы. Применительно к влиянию на водные объекты снеговые загрязнения условно можно поделить на три группы в зависимости от места выпадения: а) загрязнения снега на самих водных объектах (выпавший снег со всеми накопленными загрязняющими веществами при таянии непосредственно является прямым источником питания водоемов, а, соответственно, и источником загрязнения); б) снеговые загрязнения территории водосбора вне крупных городов (соответствующие территории не испытывают антропогенного пресса, и по мере поступления в водоем в виде талых вод проходят частичную природную фильтрацию); в) снеговые загрязнения городов и промышленных центров, где производится сброс снега в водные объекты, а талые воды при отсутствии ливневой канализации способны дополнительно аккумулировать загрязнения с территории. Учитывая это, в последующем обзоре

Введение

Одним из определяющих индикаторов загрязненности окружающей среды на территориях, где существуют сезоны с отрицательными температурами воздуха, является снежный покров, который из атмосферы накапливает в себе различные загрязнения. Среди приоритетных загрязнителей снега нередко встречаются токсичные, в том числе особо опасные и стойкие. Хотя атмосфера вносит большой вклад в загрязнение поверхностных вод, исследования, изучающие влияние загрязнения снежного покрова на природные воды, проводятся достаточно редко: такие анализы традиционно используются в качестве индикаторов загрязнения атмосферного воздуха. Отбор проб снежного покрова сравнительно прост. Суммарная проба всех снегопадов усредняет все загрязнения как по направлению сноса, так и по времени. Такая усредненная проба наиболее близка к среднему

Г.М. Баренбойм *,
д. ф-м н., профессор,
главный научный
сотрудник Института
водных проблем РАН

М.А. Чиганова,
аспирант Института
водных проблем РАН

О.П. Авандеева,
аспирант
кафедры экологии
и управления
водными ресурсами
экологического
факультета
Российского
университета
дружбы народов

* Адрес для корреспонденции: gbarenboim@gmail.com

будут рассмотрены все три группы снегового загрязнения, которое в итоге приводит к загрязнению водных объектов.

Существенным в проблеме влияния снежного покрова на качество природных вод является не только оптимизация мониторинга снежного покрова, но и оценка концентраций в воде веществ, попавших из снега, а также их биологической опасности, особенно, если обнаружены вещества, для которых отсутствуют нормированные значения ПДК и ориентировочно допустимых уровней (ОДУ).

1. Статистика публикаций.

Был рассмотрен ряд периодических изданий за пять лет (2005-2009 гг.): реферативные журналы ВИНТИ («Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов», «Охрана и улучшение городской среды», «Технологические аспекты охраны окружающей среды»), журналы «Водные ресурсы», «Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление», «Метеорология и гидрология», «География и природные ресурсы» и некоторые работы, выявленные в интернете.

Общая статистика распределения публикаций по годам представлена на рис. 1.

Отметим ограниченность числа публикаций (всего 22 за пять лет), посвященных проблематике загрязнения снежного покрова органическими соединениями, среди которых может быть сосредоточено наибольшее количество устойчивых супертоксикантов, в том числе, мутагенов, канцерогенов и т.п. Распределение всех найденных публикаций по темам в зависимости от типа анализируемого органического вещества представлено в табл. 1.

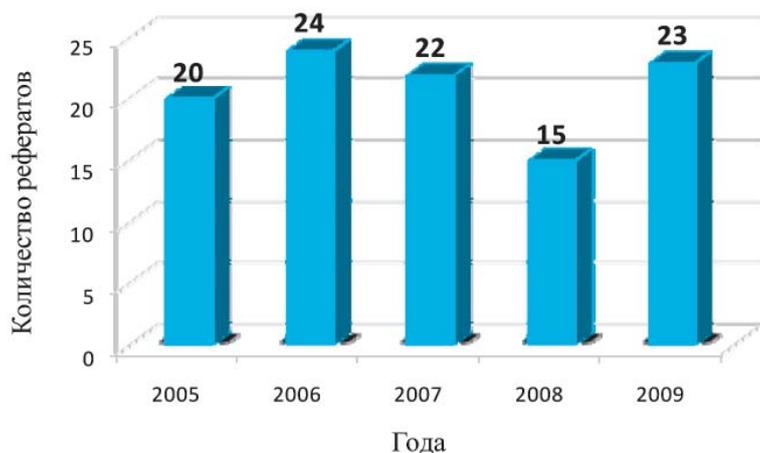


Рис. 1. Общая статистика годового распределения публикаций по оценке загрязнения снежного покрова по данным реферативных журналов.

Перечень реферативных журналов см. в тексте (раздел 1)

Таблица 1

Распределение данных об индивидуальных органических загрязняющих веществах снежного покрова по данным реферативных журналов и других источников

Загрязняющие вещества	Процентное содержание, %
Нефтепродукты	13
ПАУ	13
Пестициды	10
Бенз(а)пирен	8
Антрацен	3
Орган. фосфорсодержащие соединения	3
СПАВ	3
Дибензофуран	3
Легкие ароматические углеводороды	3
Пул орган. соединений, структура которых не расшифровывается в статье	13
Фенол	10
Бифенил и ПХБ	10
Фенантрен	3
Нафталан	3
Пластификаторы	3
Хлорорганич. дибензо-п-диоксин	3
Ксилол	3

Перечень реферативных журналов см. в тексте (раздел 2). В одной публикации может упоминаться несколько органических соединений

Ряд публикаций характеризует загрязнения органическими веществами в общем, не акцентируя внимание на их принадлежность к тому или иному химическому классу (13% публикаций). Такое же число статей (по 13% каждое) рассматривает проблемы загрязнения нефтепродуктами и полициклическими ароматическими углеводородами. Ряд работ посвящен загрязнению фенолом (10%), хлорорганическими пестицидами (10%), бифенилом и полихлорбифенилом (10%) и бенз(а)пиреном (8%). Было найдено всего по одной публикации (т.е. по 3%), касающихся загрязнений фенантреном, антраценом, нафталином, ксилолом, органическими фосфорсодержащими соединениями и пластификаторами, дибензофураном и дибензо-п-диоксином.

Статистический анализ публикаций показывает, что число работ, связанных с изучением загрязнения снежного покрова, в среднем по годам не изменилось. Следует отметить значительное преобладание городских территорий в качестве объекта исследования. Специфическое рассмотрение снежного покрова, как одного из загрязнителей территорий водосбора и непосредственно водных объектов, используется редко.

2. Технология изучения загрязнения снежного покрова.

2.1. Выбор территории исследования, отбор проб и пробоподготовка. При изучении снежного покрова необходимо помнить некоторые его особенности. Как уже отмечалось выше, загрязнения снега самого водного объекта после снеготаяния непосредственно попадут в водную среду. Поллютанты с территории водосбора за время поступления их в воду, с одной стороны, могут быть отфильтрованы грунтом, что уменьшит их концентрацию, а с другой, наоборот, могут увеличить общую концентрацию загрязняющих веществ в самом водном объекте за счет их смыывания талой водой с поверхности почвы. Изучение состояния снежного покрова начинается с выбора территории исследования. Места отбора проб обычно приурочены непосредственно к основным источникам загрязнения: к промышленному объекту, автомагистрали и т.д., при этом учитывается роза ветров для данной местности. Так, например, в Нижнем Тагиле обследовалось состояние снега в разных районах города на различных расстояниях от главного загрязнителя окружающей среды – Нижнетагильского металлургического комбината [1]. Непосредственная близость к источнику загрязнения позволяет оценить прямое воздействие на окружающую среду, происходящее в режиме реального времени на таких территориях. Для сравнения с территориями, где отсутствует непосредственная промышленная нагрузка, выбирают районы удаленные от источников поллюантов. Так, например, подобные исследования проводились на территории Ильменского государственного заповедника Уральского отделения Российской академии наук (УРО РАН) [2]. Следующий этап после выбора территории исследования – отбор снега и пробоподготовка. Выбор точек отбора снега производится либо, исходя из конкретной задачи, либо по статистически случайному отбору ячеек на картографической сетке анализируемой местности, или, например, рассчитывая удаленность от источника загрязнения. В частности, при исследовании загрязнения снежного покрова от автомобильного транспорта была использована технология, при которой отбор проб проводился в 5 точках – образцы отбирались с четырех сторон перекрестка на расстоянии 1 м от проезжей части, глубина отбора проб составляла 15-20 см, что соответствовало месячной норме осадков. Отбор проводился в последнем зимнем месяце [3]. Для отбора снега в основном используются стандартные приборы (снегомер – плотномер, стеклянный цилиндр и т.д.). Отличия

проявляются в технологии отбора проб и пробоподготовке. Одним из способов отбора снега и его подготовки к дальнейшим исследованиям заключается в том, что в месте отбора пробы пробоотборник врезают на всю толщину снежного покрова до поверхности земли, после чего трубу с керном снега вытаскивают. Нижнюю часть пробоотборника и основание столбика снежного керна тщательно очищают от частиц грунта. Пробу снега высыпают в полиэтиленовый мешок, взвешивают, пересыпают в чистую посуду для таяния, либо снег оставляют в пакете до полного таяния. После таяния снега и достижения талой воды комнатной температуры, проба готова к проведению анализа [4]. Используют различные методы пробоподготовки, например, экстракцию кадмия и свинца из твердой компоненты снега с помощью расслаивающейся системы, содержащей воду – тиопирин – трихлоруксусную – фосфорную кислоты (четырёхкомпонентный экстракт) и «мокрое озоление» твердых частиц снежной массы в смеси неорганических кислот [5].

2.2. Методики измерения загрязнения снежного покрова. В качестве методов исследования в основном используют количественный и качественный химический, визуальный и органолептический анализ [4], фотометрию [6], титрометрию [7], потенциометрию [8], атомную абсорбцию (в том числе с использованием электротермического атомизатора [9], качественный атомно-эмиссионный спектральный анализ [10], высокоэффективную жидкостную хроматографию [11; 12], изотахофорез [13], метод, основанный на изучении химических «отпечатков пальцев» различных источников загрязнения [14], геохимическое опробование снежного покрова [15], биотестирование и биоиндикацию [16].





Если исследование на выбранной территории проводится впервые, то анализ загрязнений проводят по обширной выборке веществ, то есть, проводят так называемую паспортизацию загрязнителей. После чего необходимо четко определить приоритетное направление поиска и выбрать, обнаружение каких веществ более актуально. Из массива рассмотренных публикаций следует, что в качестве наиболее точных и надежных методов исследования наиболее эффективно было использование хромато-масс-спектрографии для органических загрязнений и атомно-эмиссионный анализ для неорганических. Существенно при подобных исследованиях определение источника загрязнения. В работе [17] для этого предлагается использовать метод «отпечатков пальцев», где «пальцами» являются показатели содержания каждого из веществ в массиве загрязнения. Идентификация выбросов при снятии химических «отпечатков пальцев» (*chemical finger – printing*) рассматривается как новое направление при разработке методического обеспечения охраны окружающей среды. Перспективными для индикации этим методом являются: полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), диоксины, полихлорированные бифенилы, тяжелые металлы. С точки зрения применяемого математического аппарата, метод химических отпечатков пальцев основан на методе наименьших квадратов в многомерном пространстве и охарактеризован в работе [17]. При комплексной оценке загрязнения снежного покрова используются методы, позволяющие установить и описать зависимость между средними за зиму концентрациями ряда загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, между объектами выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и численностью населения, а также степень влияния снеготаяния с территории города на прилегающие водные объекты в зависимости от численности населения города [18]. В

качестве одного из индикаторов загрязнения снега используется параметр альbedo – как отражательная способность снега. Альbedo находится в обратной зависимости от интенсивности загрязнения снежной поверхности – чем сильнее снег загрязнен, тем меньше отражательная способность снега [19]. Заметим при этом, что попадание на снег малых, но опасных концентраций супертоксиантов, например, диоксинов, не повлияет на альbedo.

2.3. Анализ полученных результатов и их представление для дальнейшего использования. Моделирование является одним из важных этапов исследований загрязнения снежного покрова. Оно позволяет строить модели изучаемых территорий, проследить движение загрязняющих веществ, их динамику, а также делать прогнозы на будущее. От моделей снегового загрязнения территорий водосбора возможен переход к моделям влияния этого загрязнения на водные объекты. В настоящее время используются модели, учитывающие длительное загрязнение местности. Регрессивные зависимости получают с использованием аналитических решений полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии в приземном слое атмосферы для оседающей примеси. Оценка параметров распределения проводится минимум по 1-2 точкам, где отбираются пробы. Остальные маршрутные точки используются для контроля [20]. Одним из наиболее перспективных направлений идентификации источников является метод рецепторного моделирования, который включает анализ загрязнения той или иной среды в точке-рецепторе, при котором вклады отдельных источников выявляются по соотношению концентраций заданного набора соединений [14].

Создание детальных тематических карт позволяет вести постоянный контроль за состоянием снежного покрова, за динамикой изменения его показателей, а также оценивать состояние экологических условий. Важным этапом является создание единой базы данных о содержании загрязняющих веществ в пробах снега на исследуемой территории, а также проведение экспериментов по математико-картографическому моделированию снежного покрова по данным сети наблюдений [21].

Особая проблема – оценка того, как загрязнение снега скажется на загрязнении воды. Экспериментально это можно определить, анализируя загрязнение вод до и после таяния снега, однако при этом сложно разделить вклад снега с различных территорий водосбора и вклад снежного покрова водного объекта. Такие оценки целесообразно произ-

водить путем моделирования, используя экспериментальные интегральные данные по воде (до и после снеготаяния).

Важная особенность работы по оценке снежного покрова – выявление соединений, способных генерировать высокие экологические риски: снег аккумулирует подобные соединения и их можно обнаружить более простыми методами, чем в воде. Если ПДК для таких соединений не известно, целесообразно применение различных методов оценки их биологической активности [см., например, 22]. Наличие «угрожающих» активностей предопределяет поиск веществ – носителей такой активности – непосредственно в воде. В целом, весь процесс исследования снежного покрова должен подчиняться определенному алгоритму, представленному на рис. 2.

3. Неорганические загрязнения снежного покрова.

Анализ источников загрязнения снега и Москвы-реки на территориях, прилегающих к крупнейшим автомагистралям Капотни и Марьино Южного административного округа г. Москвы, показал, что в зимний период в непосредственной близости от МКАД содержание в снеге солей, кальция и магния

превышает фоновые значения в десятки и сотни раз. Это объясняется использованием антиобледенителей, содержащих соли кальция, которые попадают на прилегающие к магистрали территории. Основными загрязняющими веществами признаны фториды, хлориды, фосфаты, тяжелые металлы (Cu, Cd, Pb, Zn, Mo и др.) [23].

Для определения уровня антропогенного воздействия загрязненных снежно-ледяных масс на экологию московской водной системы в цитируемой работе был проведен анализ объемов и загрязненности убираемого снега, который показал высокий уровень загрязненности. Пробы снега содержали большое количество взвешенных веществ, биологически трудно окисляемых органических соединений, солей жесткости. Содержание хлоридов превышало значение ПДК для водных объектов в 9-20 раз, сульфатов – в 10 раз. Концентрация ионов токсичных металлов (железа, марганца, лития, цинка, меди, молибдена, кобальта, кадмия) превышала ПДК для водных объектов от 1,5 до 73 раз. Содержание нефтепродуктов и фенолов превышало ПДК для водных объектов соответственно от 40 до 190 и от 1,5 до 5 раз. Значительное влияние на загрязнен-

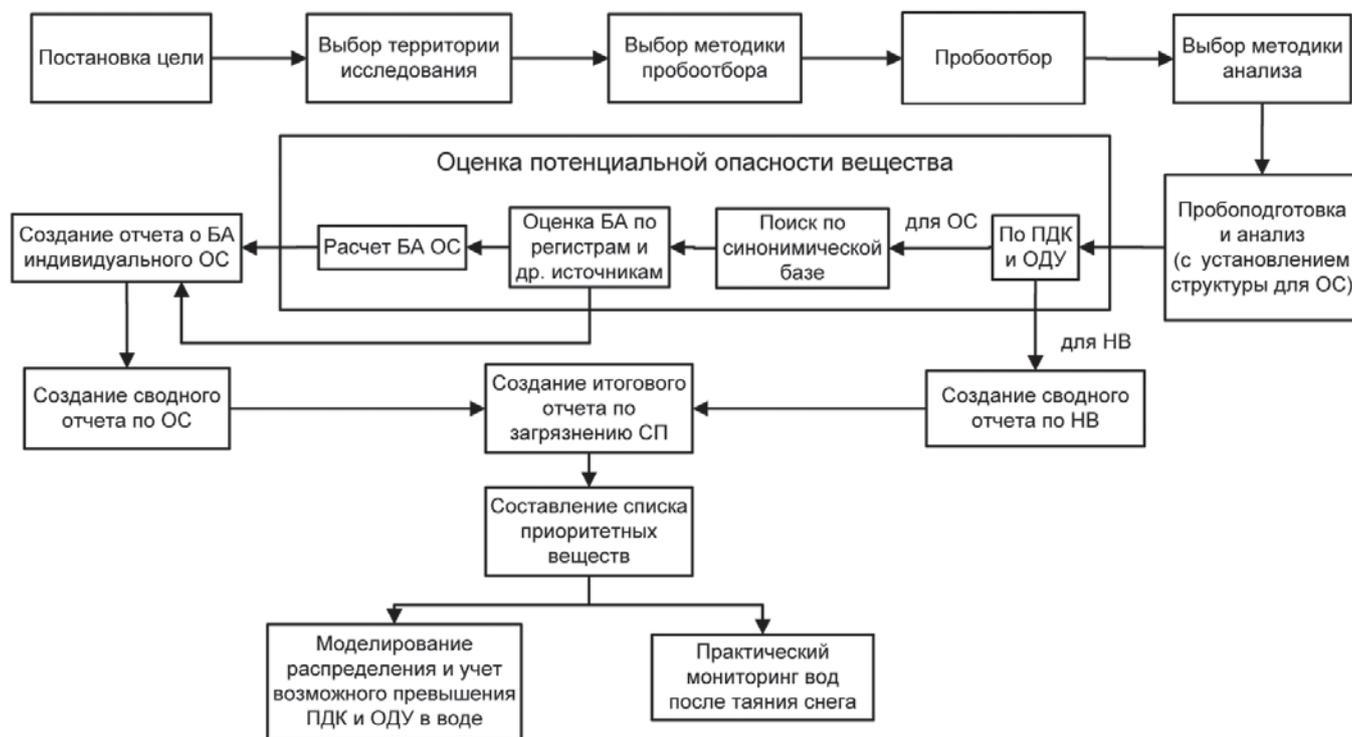


Рис. 2. Алгоритм проведения исследования снежного покрова.

Сокращения: ОС – органические соединения, НВ – неорганические вещества, ПДК – предельно допустимая концентрация химического вещества в воде, ОДУ – ориентировочно допустимый уровень химического вещества в воде, БА – биологическая активность, СП – снежный покров

ность городских снежно-ледяных масс оказывают противогололедные реагенты, используемые для борьбы с зимней скользкостью [24].

Загрязнение снежного покрова территорий водосбора, отличных от урбанизированных территорий, связано в основном частичным атмосферным переносом загрязняющих веществ на большие расстояния. К «неурбанизированным» районам относятся особо охраняемые территории, лесные участки, поля и т.д. Исследований в данном направлении известно мало. На территории Ильменьского государственного заповедника УРО РАН проводилось изучение антропогенного поступления тяжелых металлов. Статистическая оценка предварительной снеговой съемки февраль – март 2002 года показала очаговый характер антропогенной нагрузки на территорию заповедника [2].

Особый интерес представляет исследование загрязнения снежного покрова непосредственно водных объектов. Например, проводился мониторинг на основе фотометрии содержания ионов марганца (II) в воде, донных отложениях (ДО), снежном покрове Ижевского пруда вблизи шлакоотвала «Ижсталь» в период с октября 2002 по май 2004 г. Отмечено существенное превышение его содержания над ПДК для водных объектов [6]. Можно думать, что загрязнение воды и ДО этого пруда марганцем есть следствие его атмосферного переноса.

Исследования содержания металлов в снегу и льдах Баренцева моря показали, что их концентрации находятся на уровне концентраций в снегах фоновых районов Финлян-

Ключевые слова:

снежный покров,
технология анализа
загрязнений снега,
источники
загрязнения снега,
органические
загрязнения
снежного покрова

дии. Было выявлено, что металлы в снегу и льдах Баренцева моря имеют гетерогенный источник и попадают в высокие широты преимущественно за счет дальнего атмосферного переноса [25].

4. Органические загрязнения снежного покрова.

Проводя аналогичное разделение работ, касающихся органического загрязнения снежного покрова, на три группы (см. Введение), следует отметить, что работ, характеризующих загрязнение урбанизированных территорий, оказалось больше.

В г. Красноярске проводились исследования снежного покрова по обнаружению полихлорированных дибензо-*n*-диоксинов (ПХДД) и дибензофуранов (ПХДФ), где подробно описаны все методики, в том числе и отбора проб с картой-схемой точек их расположения в черте города. Относительно высокое содержание наиболее токсичных ПХДД и ПХДФ в пробах снега свидетельствует о сильном загрязнении атмосферного воздуха [26]. Добавим к этому, что часть этих веществ при таянии снега непременно попадает в воду.

Работы с целью определения концентраций бенз(а)пирена (БаП), антрацена и нафталина в воде тающего снега вблизи дорог различной интенсивности движения автотранспорта и проведение анализа полученных данных за 2004 и 2005 гг. проводились в г. Сургут. Согласно полученным данным концентрации этих соединений в снежном покрове ниже значений их ПДК для водных объектов [3], хотя токсикологический смысл такого сравнения не очевиден.



Рассмотрением проблем загрязнения БаП – одним из наиболее сильных канцерогенов – также занимались и в г. Уфе. Влияние источников выбросов на загрязненность снега было изучено на примере снеговых свалок города, куда свозился снег с городских улиц. Выбор указанных свалок для обследования был обусловлен также тем, что они расположены на берегу рек Белой и Уфы, что создало опасность загрязнения этих рек в период таяния снега. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при попадании в реки талых снеговых вод со свалок г. Уфы, содержащих до 300 нг/дм^3 БаП, создается реальная опасность загрязнения полициклическими ароматическими углеводородами как речных вод, так и донных отложений [12].

Проблемой подобного загрязнения занимались на территории компрессорной станции «Вынгапуровская» вблизи г. Ноябрьск на трассе магистрального газопровода Уренгой–Сургут–Челябинск. В талой снеговой воде определялось содержание серы, азота, некоторых металлов, фенола, нефтепродуктов и БаП. Содержание БаП в снежном покрове компрессорной станции было в диапазоне $0,001\text{--}0,004 \text{ мкг/дм}^3$, что свидетельствует о его концентрации в атмосферном воздухе в количествах, не превышающих ПДК для воздуха населенных мест и значительно ниже фоновых концентраций для воздуха промышленного города. Кроме того, рассматривалась проблема загрязнения снега нефтью и нефтепродуктами, содержание которых было обнаружено во всех анализируемых пробах в количествах, превышающих ПДК для водных объектов от 22 до 110 раз [15].

Обнаружено значительное загрязнение снежного покрова тяжелой фракцией нефтепродуктов промышленной зоны ($5,09\text{--}3,99 \text{ мг/л}$) г. Салават и городской территории ($3,43\text{--}3,15 \text{ мг/л}$). Было показано, что в течение зимы происходит накопление токсических соединений в снежном покрове [27].

Исследование снежного покрова на территории трех месторождений нефти показало, что основными загрязнителями, поступающими в виде атмосферных эмиссий, являются, в том числе, фенолы и нефтепродукты [28].

Ряд исследований [11; 29; 30; 31] посвящен загрязнению снежного покрова ПАУ.

В работе [32] рассмотрены процессы, протекающие в снежном покрове, связанные с сезонными изменениями поступления, аккумуляции и выделения органических соединений. Отмечено, что снежный покров является периодически пополняющимся «резервуаром», аккумулирующим химические соединения в зимний период года.

Исследования, проведенные в Нижнем При-



амурье, показали, что органические вещества легко адсорбируются на частицах сажи, попадающих в снежный покров, и являются приоритетными токсикантами [33].

Для темы данного обзора важны работы, где анализ загрязнения снежного покрова проводился целенаправленно на территории водосбора определенного водного объекта. Так, например, для фенолов, нефтепродуктов и СПАВ были вычислены полные значения влияния снеготаяния на водные объекты на территории бассейна Средней Волги [18]. Активно обсуждалась проблема загрязнения снега хлорорганическими пестицидами (ХП) и полихлорированными бифенилами (ПХБ) [34; 35; 36]. Так, например, исследовались концентрации углеводородов, пестицидов, бифенолов и других поллюантов в снеге и льде водосбора двух крупных рек Сибири – Оби и Енисея, выявлено их пространственное распределение и тенденции, проведено сравнение с данными по Канаде, проанализированы различия [36].

Материалов, касающихся органического загрязнения снежного покрова непосредственно водных объектов, нами обнаружено не было. Однако к их числу можно отнести работы, посвященные исследованиям снегов Арктики, поскольку в большинстве случаев анализировался снеговой покров озер и арктических вод.

По результатам работы в прибрежных зонах Арктики среднее содержание нефтяных углеводородов (НУ) снежного покрова (10 мкг/л) несколько ниже их уровня в замерзающих шельфовых районах мирового океана (20 мкг/л) [37]. Была проведена оценка адсорбции стойких органических загрязнителей (в частности фенантрена) в арктическом снежном покрове [38]. Кроме того, было установлено, что антарктический снежный покров характеризуется низкими концентрациями органических соединений (концентрации углеводородов находятся на грани



чувствительности метода их определения). Было рассмотрено распределение липидов и углеводов во всех стадиях роста антарктического льда и установлено, что при образовании льда органические соединения концентрируются в основном во взвешенной форме [9].

Заключение

В процессе анализа информационных источников была выявлена сравнительная ограниченность их численности применительно к снежному покрову самих водных объектов. Однако много работ посвящено изучению снегового загрязнения крупных городов, которые также формируют территорию водосбора талых вод при естественном таянии снега или его принудительном сбрасывании в водные объекты. Что касается загрязняющих веществ, то чаще встречаются публикации, связанные с неорганическими загрязнителями, тогда как публикаций, касающихся органических загрязнений, заметно меньше.

Данный обзор показывает, что для оценки влияния загрязнения снега необходимо исследовать его состав непосредственно на самих водных объектах, на территориях водосбора, вне крупных городов, а также в городах и промышленных центрах, если их талые воды могут попасть в водные объекты. Нельзя забывать также зависимость от степени влияния преобладающих ветров, так как загрязняющие вещества в виде осадков могут переноситься от объекта загрязнения на большие расстояния и выпадать на других территориях.

Оценка вклада атмосферных переносов в загрязнение водных объектов может быть осуществлена по снеговому загрязнению

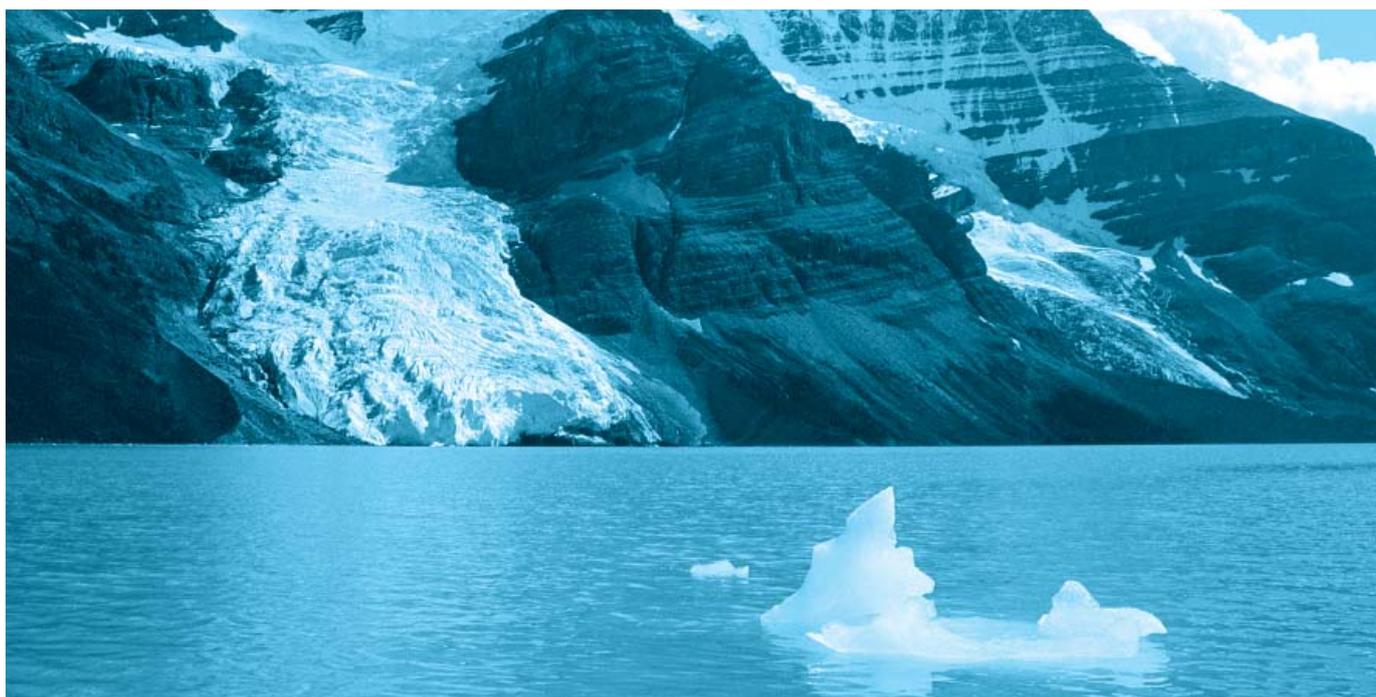
самых водных объектов. Имея при этом в виду, что вклад загрязнения снега на всей территории водосбора может многократно превышать вклад снега, покрывающего акваторию.

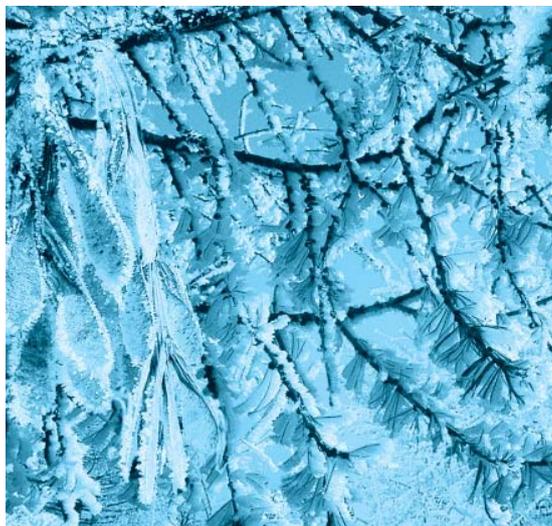
Необходимо учитывать, что снежный покров периодически пополняется аккумулирующимися на его поверхности новыми антропогенными химическими соединениями, в том числе и ксенобиотиками, впервые синтезированными или выделенными из природных объектов. В целом, в связи с постоянным увеличением уровня органического загрязнения, потребность в объективной и достоверной информации должна будет приводить не только к увеличению количества проводимых работ, но и к необходимости проводить анализ загрязнения снежного покрова именно органическими ксенобиотиками, включая особоопасные. Типовая технология таких анализов должна включать также оценки биологической активности обнаруженных ксенобиотиков с использованием для этого различных методов, включая расчетные. Реализация рассмотренной технологии, включая расчеты биологической активности, будет представлена в следующей публикации.

Литература

1. Тюменцева М. Определение токсичности снеговых талых вод города Нижнего Тагила методом биоиндикации. // X Всерос. юнош. чтения им. В.И.Вернадского, Н-Тагил, 2002. – <http://2002.vernadsky.info/raboty/e5/w02295.htm>.
2. Гаврилкина С.В. Антропогенное поступление тяжелых металлов на территории Ильменского государственного заповедника УРО РАН // Известия Челябинского науч. центра. 2007. № 4. с. 35 – 39 – <http://csc.ac.ru:8006/ej/file/4231>.
3. Насартинова Р.М., Шепелюк О.Л., Шантарин В.Д. Атмосферное распределение загрязнений по территории г. Сургута ХМАО // 5 Междунар. конгресс по упр. отходами и природоохранными технологиями (ВэйстТэк-2007), Москва, 29 мая – 1 июня, 2007: Сборник документов, М: СИБИКО Инт., 2007, с. 487-488. (цит. по РЖ «Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов».2009. № 08. реф. № 09.08-72.147.).
4. Аввакумова А.О. Качественный анализ суммарного загрязнения снежного покрова в населённом пункте Высокая Гора // X Всерос. юнош. чтения им. В.И.Вернадского, апрель, 2003. <http://2003.vernadsky.info/works/e2/03043.html>.

5. Темеров С.В., Егорова Л.С., Попов Д.Д. Атомно–абсорбционное определение Cd и Pb в снежном покрове после экстракции нетрадиционным способом // Материалы II Всерос. научной конф. «Химия и химическая технология на рубеже тысячелетий», Том II, 26 – 28 ноября 2002 г. Томск. с. 199 – 202 – http://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2003/m14_v2.pdf.
6. Слободина В.Ш., Галлилуддинов Л.Н., Максютова Е.А. Мониторинг содержания ионов марганца (II) в воде, донных отложениях, снежном покрове Ижевского пруда // Вестник Удмуртского универ. 2005. №8. с. 123–126 – http://vestnik.udsu.ru/2005/2005-08/16_slobodina.pdf.
7. Ермолаева В.А., Мягкова Ю.А. Определение жесткости и щелочности воды и снега титрометрическим методом // Естественные и технические науки. 2006. №6. с. 127 – 130.
8. Бурданов Д.А., Пчелинцева Н.М., Сероштанова Т.А., Сердюкова Т.Н., Цыплаков В.В., Гусакова Н.Н. Изучение техногенных воздействий по ореолам загрязнения снежного покрова города Саратова // Эколого-биологические проблемы бассейна Каспийского моря: Материалы 6 Междунар. научной конф-ции, 15 – 16 октября 2003. Астрахань: Изд-во Астраханского гос. универ. 2003. с. 276–277 (цит. по РЖ «Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов» 2005. № 06. реф. № 05.06. – 72.164.).
9. Немировская И.А. Геохимические исследования по программе Международного полярного года 2008/2009 (третий этап 53-й Российской Антарктической Экспедиции (РАЭ) на НЭС «Академик Федоров») // Инст. Океанол. им. П.П. Ширшова, 2008 – <http://www.ocean.ru/content/view/508/75/>.
10. Чефранов И.П. Элементный анализ загрязнений снежного покрова Барнаула // Физика, радиофизика – новое поколение в науке. 2004. №4. с. 168 – 171.
11. Василевич М.И, Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М. Органическое вещество снежного покрова в зоне влияния выбросов целлюлозно-бумажного предприятия // Водные ресурсы. 2009. Т36. № 2. с. 182 – 188.
12. Сафарова В.И., Хатмуллина Р.М., Кудашева Ф.Х. Загрязнение бенз(а)пиреном объектов окружающей среды на территории республики Башкортостан // Экологическая химия. 2002. № 11(1).
13. Kluska M., Szymalska M. Evaluation of mercury content in water precipitation in the area of Siedlce city by isotachopheresis method. Scientific Conference «Mercury in the Environment – Identification of Threats to Human Health», Gdynia, May 9 – 11, 2007 // Oceanol and Hydrobiot Stud., 2007, p. 31 – 38 (цит. по РЖ «Охрана и улучшение городской среды» 2009. № 08. реф. № 09.08 – 83.172.).
14. Кучменко Е.В., Зароднюк М.С., Балышев О.А., Моложникова Е.В. Идентификация вклада теплоисточников в загрязнение снежного покрова городов // Известия РАН. Энергетика 2006. № 3. с. 162 – 171.
15. Дорожкува С.Л. Опыт исследования загрязнения атмосферного воздуха по содержанию загрязняющих веществ в снежном покрове и почвах (на примере компрессорной станции «Вынгапуровская») // Вестник





экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2002. № 3. <http://www.ipdn.ru/rics/doc0/DT/5-dor.htm>.

16. Курамшина Н.Г., Курамшин Э.М., Лапиков В.В. Экомониторинг снежного покрова г. Уфы по токсичным загрязнителям. (Башкирский гос. аграрный универ., Башкирское територ. упр. по гидрометеорологии и мониторингу) // Проблемы региональной экологии. 2005. №2. с. 128–133 (цит. по РЖ «Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов» 2006. № 07. реф. № 06.07. – 72.168.).

17. Балышев О.А., Зароднюк М.С., Кучменко Е.В., Чипанина Е.В. Эколого-информационные технологии: оценка вклада теплоисточников в загрязнение снежного покрова промышленных зон // Инженерная экология. 2010. № 1. с. 39–53.

18. Ардаков Г.Н. Использование снежного покрова в городах для оценки их влияния на окружающую природную среду. Автореф. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук, Самар. гос. архитек.-строит. универ. Самара. 2004. с. 22.

19. Упоров Г.А., Комаравус Н.М. Альbedo поверхностного снега города как индикатор загрязнения городской среды // Естество-географ. исслед. Науч. альманах, Вып.2. Комсомольск-на-Амуре: Изд-во КГПУ. 2004. с. 22-23 (цит. по РЖ «Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов» 2007. № 01. реф. № 07.01. – 72.95.).

20. Коковкин В.В., Рапута В.Ф., Шуваева О.В. Контроль аэрозольных выбросов от антропогенных источников по данным о составе снежного покрова // Междунар. симпозиум «Контроль и реабилитация окружающей среды», 19–22 июля 2000. Материалы симпозиума. Томск. с.103–105 (цит. по РЖ «Технологические аспекты охраны окружающей среды» 2005. № 5. реф. № 05.05. – 85.103.).

21. Примаченко Е.И. Картографическое моделирование загрязнения снежного покрова на примере Мордовии. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. географ. наук, МГУ. Москва. 2003. с. 16.

22. Филимонов Д.А., Поройков В.В. Прогноз спектров биологической активности органических соединений // Российский химический журнал. 2006. 50 (2). с. 66-75.

23. Когут Д.К., Синельников Д., Ананьева Е.А., Скотникова О.Г. Экологический мониторинг общей жесткости, кальция, магния и Ph в снежном покрове и Москве-реке в ЮАО г. Москвы // Моск. инж.-физ. институт (гос. университет) ИЛ «Чистая вода», год не установлен – <http://library.mephi.ru/data/scientific-sessions/2006/t9/3-1-11.doc>.

24. Корецкий В.Е. Снег в большом городе // Водоочистка, Водоподготовка, Водоснабжение. 2010/1 (25). с. 4-10.

25. Гордеев В.В. Тяжелые металлы в снегу и льдах северной части Баренцева моря и вероятные источники их поступления // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы Междунар. конф-ции, 31 августа – 3 сентября 2004, Ч.1, Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2004. с. 42–43 (цит. по РЖ «Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов» 2006. № 11. реф. № 06.11. – 72.359.).

26. Кучеренко А.В., Бродский Е.С., Клюев Н.А., Мир-Кадырова Е.Я., Дубков А.А. Загрязнение полихлорированными дибензо-п-диоксинами (ПХДД) и дибензофуранами (ПХДФ) снегового покрова и атмосферного воздуха г. Красноярск // Экологическая химия. 2002. № 11(2).

27. Степанов Е.Г., Салимова Ф.А., Фасиков Р.М., Шафиков М.А., Парахин А.А., Мулдашева Н.А. Влияние промышленных предприятий города Салавата на загрязнение снега, почвы и продуктов растениеводства // Фундаментальные исследования. 2004. № 5. – <http://fr.rae.ru/pdf/2004/05/Stepanov.pdf>.

28. Макаренко И.Ю., Уварова В.И. Влияние загрязняющих веществ на качество талой снеговой воды и поверхностных природных вод в местах нефтегазразработок // 9-ый Съезд Гидробиологического общества РАН, Тольятти, 18-22 сентября 2006: Тезисы докладов, Т2. Тольятти: ИЭВБ РАН. Самара: СамНЦ РАН. 2006. с. 7 – http://www.ievbran.ru/sov_konf/IXGBO/Труды/том%202.pdf.

29. Ибадов Н.А., Сулейманов Б.А., Абдуллаев Е.Т., Курбанов М.А. ПАУ в атмосферных осадках и питьевой воде города Баку // Журнал химических проблем. 2007. №2. с. 280 – 283. (цит. по РЖ «Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов» 2009. № 05. реф. № 09.05. – 72.92.).

30. Журавлева Н.В., Бобкова Т.А. Полициклические ароматические углеводороды в снежном покрове г. Новокузнецка // Материалы Межрегиональной научно-практич. конф. «Пробл. экологии и здоровья промыш. городов и пути их решения» и 10-й Выставке-ярмарки «Экология Сибири», Новокузнецк: Изд-во КузГПА, 2004. с.14 – 16 (цит. по РЖ «Охрана природы и воспроиз-во природных ресурсов» 2006. № 06. реф. № 06.06. – 72.152.).
31. Сафарова В.И., Хатмуллина Р.М., Шихова Л.К. Влияние промышленных выбросов предприятия по производству технического углерода на загрязнение снегового покрова полиароматическими углеводородами // Экологические системы и приборы. 2004. № 7. с. 17-21.
32. Daly G.L., Wania F. Stimulating the influence of snow on the fate of organic compounds // Environmental Science and Technology. 2004. V. 38. № 15. p. 4176-4186.
33. Новороцкая А.Г. Снежный покров – индикатор загрязнения атмосферного воздуха // Дальневосточная весна – 2007. Материалы Междунар. научно-практ. конф. в области экологии и безопасности жизнедеят-ти, 7–8 июня 2007, Комсомольск-на-Амуре – Гос. технич. университет. 2007. с. 328 – 331 (цит. по РЖ «Охрана природы и воспроиз-водство природных ресурсов» 2008. № 04. реф. № 08.04. – 72.357.).
34. Burniston Debbie.A., Strachan Willian J.M., Hoff John T., Wania Frank. Changes in surface area and concentrations of semivolatle organic contaminants in aging snow // Environmental Science and Technology. 2007. V. 41. № 14. p. 4932-4937.
35. Herbert B.M.S., Halsall C.S., Villa S., Jones C., Kallenborn R. Rapid changes in PCB and OC pesticide concentrations in Arctic snow // Environmental Science and Technology. 2005. V. 39. № 9. p. 2998-3005.
36. Melnikov S., Carroll J., Gorshkov A., Vlasov S., Dahle S. Snow and ice concentrations of selected pollutants in the Ob – Yenisey River watershed // Science of the Total Environment. 2003. V. 306. № 1-3. p. 27 – 37 (цит. по РЖ «Охрана природы и воспроиз-водство природных ресурсов» 2005. № 07. реф. № 05.07. – 72.571.).
37. Немировская И.А. Чернявский Н.Г. Исследования углеводородов // Новости МПГ 2007/2008. 2008. № 16. с. 12-16. (цит. по РЖ «Охрана природы и воспроиз-водство природных ресурсов» 2009. № 12. реф. № 09.12-72.847.).
38. Domine F., Cincinelli A., Bonnand E., Martellini T., Picaud S. Adsorption of phenanthrene on natural snow // Environmental Science and Technology. 2007. V. 41. № 17. с. 6033-6038.



G.M. Barenbojm, M.A. Chiganova, O.P. Avandeeva

SNOW COVER CONTAMINATION AND ITS INFLUENCE ON THE WATER QUALITY

Snow cover contamination impact on water bodies hydrochemical status was investigated by theoretical and practical studies. Data sources on snow cover analysis over four year period (2005-2009) are observed in the analytical review (chapter 1).

Scheme of snow cover contamination study is suggested. In the snow cover of real water subjects a number of inorganic and organic compounds was detected (chapter 2). Estimation method of biological activity for organic compounds is developed.

Key words: snow cover, scheme of snow cover contamination, snow pollution sources, snow cover organic pollution.