

крупные или более агрегированные пищевые объекты ведет к увеличению обеспеченности пищей и повышению темпа роста. Как правило, у мелких планктофагов (снеток, шпрот, сардина) такого перехода в онтогенезе не наблюдается. У средних по размерам и крупных пелагических рыб (ставрида, сайда и др.) при переходе на питание рыбой резко увеличивается скорость роста. Часто смена характера питания в онтогенезе у рыб связана с изменениями в морфологии челюстного аппарата. Можно отметить корреляцию между увеличением относительных размеров челюстей беломорской речной камбалы, размером их пищевых объектов и характером ежегодных приростов массы тела.

При рассмотрении особенностей весового роста рыб в течение периода достижения половозрелости необходимо, по нашему мнению, учитывать два обстоятельства: степень соответствия реального и максимального рационов и эффективность утилизации потребленной и ассимилированной пищи на рост. У донных рыб со средней продолжительностью жизненного цикла, по данным экспериментальных работ, коэффициенты использования пищи на рост в онтогенезе снижаются постепенно. Резкое снижение величин ежегодных весовых приростов, отмечающееся в ряде случаев у этих рыб, обусловлено не снижением эффективности использования пищи на рост, а растущим несоответствием реальных и максимальных пищевых рационов (Шатуновский, 1978). Как только представляется возможность увеличить реальный рацион, скорость роста возрастает.

Литература

- Бердышев Г.Д., 1968. Эколого-генетические факторы старения и долголетия. Л.: Наука. 205 с.
- Гераскин П.П., 1978. Видоспецифичность фракционного состава гемоглобина крови осетровых и динамика его формирования в раннем онтогенезе: Автореф. дис. ...канд.биол.наук. Севастополь.: ИНБЮМ АН СССР. 23 с.
- Коржуев П.А., 1963. Эколого-физиологические особенности крови осетровых рыб //Вопр. ихтиол. Т. 3, № 1. С. 152–157.
- Шатуновский М.И., 1965. Особенности роста речной камбалы восточной части Балтийского моря //Вопр. ихтиол. Т. 5, № 3. С. 518–531.
- Шатуновский М.И., Богоявленская М.П., Вельтищева И.Ф., Масленникова Н.В., 1975. Исследования генеративного обмена балтийской трески //Труды ВНИРО. Т. 96, С. 57–62.
- Шатуновский М.И., 1978. Годовые балансы вещества и энергии у отдельных возрастных групп трески, пикши, салаки и камбалы // Труды ВНИРО. Т.120. С. 13–19.
- Шатуновский М.И., 1980. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб. М.: Наука. 283 с.
- Шатуновский М.И., 2001. Эколого-физиологические подходы к периодизации онтогенеза рыб. Экологические проблемы онтогенеза рыб. /Ред. Н.Д.Озернюк. М.: МГУ. С. 13–19.
- Das B.C., 1965. Age- related trends in the blood chemistry and hematology of the indian carp. // Gerontologia. V.15, N1.P. 47–64.
- Love R.M., 1970. The chemical biology of fishes. N.Y., London: Acad. Press. 545 p.

АТМОСФЕРНЫЙ ПЕРЕНОС ВЕЩЕСТВА (ВКЛЮЧАЯ ЭКОТОКСИКАНТЫ) В БЕЛОЕ МОРЕ И НА ЕГО ВОДОСБОР

**В.П. Шевченко¹, А.П. Лисицын¹, Р.А. Алиев², А.А. Виноградова³, Н.С. Замбер⁴,
О.Л. Кузнецов⁵, А.Н. Новигатский¹, Н.В. Политова¹, А.С. Филиппов¹**

¹ Учреждение Российской академии наук Институт океанологии
им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия

² НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, г. Москва

³ Учреждение Российской академии наук Институт физики атмосферы
им. А.М. Обухова РАН, г. Москва

⁴ Костомукшский государственный заповедник, г. Костомукша

⁵ Учреждение Российской академии наук Институт биологии
Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск
e-mail: vshevch@ocean.ru

Введение

Арктика оказывает огромное влияние на природную среду Земли. Северный Ледовитый океан и его обширные мелководные шельфовые моря являются важным звеном в понимании современной глобальной климатической системы и ее вариаций. Традиционно речной сток считают главным

геохимическим путем поставки терригенных и антропогенных веществ от источников в морскую среду, однако существует много данных, показывающих, что атмосферный перенос является важным путем поставки вещества в моря и океаны. Исследования последних 20 лет показали, что золотой и ледовый механизмы переноса вещества играют важную роль также и в Арктике [Лисицын, 1994а; Виноградова, 2004; Шевченко, 2006].

Белое море изучено лучше, чем любое из морей Арктики. Однако роль атмосферного переноса вещества в поставке различных химических элементов, в том числе и токсичных, в его экосистему изучены слабо. Материал, поступивший из атмосферы в бассейн Белого моря и на его водосбор, оседает на поверхность моря или накапливается в природных архивах – снеге, льдах, а также в лишайниках, мхах, отложениях болот (в первую очередь, верховых). Исследования аэрозолей Белого моря были начаты нами в 1991 г. [Шевченко и др., 1999]; многодисциплинарные исследования золотого переноса осадочного вещества в бассейне Белого моря и на его водосборе проводятся нами в рамках проекта «Система Белого моря» с 2000 г. [Лисицын, 2003].

Материалы и методы

Изучение аэрозолей в Белом море проводились в 1991–2008 гг. в одном рейсе НИС «Яков Смирницкий», двух рейсах НИС «Академик Сергей Вавилов», в пяти рейсах НИС «Профессор Штокман», одном рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш», а также в сухопутных и прибрежных экспедициях – на мысе Картеш (Кандалакшский залив) в марте–апреле 2004 г., на о. Мудьюгский в 2003–2004 гг., в Архангельске в марте 2005 г. и августе 2006 г., в окрестностях Унского маяка (Онежский п-ов) в августе 2006 г. Исследования снега и льда выполнялись в рейсе НЭС «Сергей Кравков» в апреле 2003 г., на мысе Картеш в марте–апреле 2001, 2002 и 2004 гг., в устьевой зоне Северной Двины и в прилегающих районах Архангельской области в феврале–марте 2003–2008 гг., в устьевой зоне р. Мезень в феврале 2006 г., в районе г. Костомукша в марте–апреле 2007 и 2009 гг. На метеостанции «Соловки» и на Архангельской аэрологической станции изучаются вертикальные потоки осадочного материала из атмосферы. С помощью расчета обратных траекторий переноса воздушных масс [Draxler, Rolph, 2003] авторы оценивают источники аэрозолей и пути их поступления в Белое море. На прилегающих к Белому морю участках суши производится отбор проб лишайников, мхов и торфа для оценки степени загрязнения атмосферы. При изучении верховых торфяников (вертикальные разрезы) удастся изучить изменения потока аэрозольных веществ и компонентов во времени – за последние десятки-сотни, а в некоторых случаях (бурение) и тысячи лет. Методы исследований описаны в ряде работ [Шевченко и др., 1999, 2006а,б, 2007, 2008а,б; Куценогий и др., 2005; Немировская, 2005, 2009; Польшин и др., 2006, 2008; Шевченко, 2006; Немировская и др., 2008].

Результаты и их обсуждение

Исследование аэрозолей приподнятого слоя атмосферы над Белым морем показало, что концентрация нерастворимых аэрозольных частиц над Белым морем составляет в среднем за год $0,17 \text{ мкг/м}^3$ и близка к среднему значению для арктических морей России, а поток золотого материала на поверхность Белого моря составляет 54 тыс. т/год. Это значительно ниже поступления взвеси с речным стоком (суммарный сток Северной Двины, Мезени и Онеги – трех крупнейших рек, впадающих в Белое море – составляет 5 млн т/год [Gordeev, Rachold, 2004]), но если учесть, что около 95% взвеси осаждается в маргинальных фильтрах [Лисицын, 1994б, 2004], то вклад золотого переноса в поставку осадочного вещества в удаленные от устьев крупных рек районы моря оказывается существенным [Шевченко, 2006; Виноградова и др., 2008]. Особенно это актуально для ряда загрязняющих веществ (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, медь, никель, стойкие органические соединения). Полученные в августе 2003–2007 гг. данные о микрофизических характеристиках аэрозоля и его химическом составе [Польшин и др., 2006, 2008] убедительно свидетельствуют о том, что большая часть акватории Белого моря в основном является фоновым районом. Однако ряд участков акватории моря подвержен ощутимому аэрозольному выносу загрязняющих веществ (устьевая зона р. Северная Двина, кутовые части Двинского и Кандалакшского заливов).

Мощные источники антропогенного аэрозоля, расположенные на севере Кольского полуострова, оказывают заметное воздействие на состав приземного воздуха, атмосферных осадков и вод Белого моря [Виноградова и др., 2008]. Сезонные вариации атмосферных концентраций тяжелых металлов и их потоков на поверхность моря регулируется, главным образом, режимом атмосфер-

ных осадков: в воздухе максимальное содержание тяжелых металлов наблюдается в холодную часть года, а самые значительные их выпадения на поверхность моря происходят летом и осенью в условиях максимального количества жидких осадков.

В Белом море и в его водосборе снежно-ледовый покров существует около полугода, и здесь идет накопление вещества, вымываемого снегом и поступившего в результате локального, регионального и глобального переноса аэрозолей. Содержание взвеси в поверхностном слое снежного покрова губы Чупа близ мыса Картеш в середине марта 2001 г. варьировало от 0,5 до 1,6 мг/л, в среднем 0,72 мг/л, а в начале апреля 2002 г. – от 0,22 до 0,50 мг/л [Шевченко и др., 2006б]. По результатам сканирующей электронной микроскопии видно, что в составе нерастворимых частиц, содержащихся в снежном покрове губы Чупа, преобладают минеральные частицы размером 1–5 мкм. Часто встречаются диатомеи. Отмечены отдельные сферы сгорания. Детальные исследования состава снега были проведены в период с 26 марта по 8 апреля 2004 г. Пробы снега отбирались как на льду губы Чупа, так и на льду озера Кривое и на открытой, свободной от деревьев площадке на холме. Концентрации нерастворимых частиц в снеге варьировала от 0,33 до 2,63 мг/л, в среднем составляя 0,84 мг/л ($n = 16$ проб). Такие концентрации нерастворимых частиц характерны для фоновых районов. Концентрация большинства изученных микроэлементов, например, никеля в свежес выпавшем снеге на льду губы Чупа была того же порядка, что и в фоновых районах Арктики, но значительно ниже, чем на Кольском полуострове, а свинца и кадмия на один – два порядка выше [Шевченко, 2006]. Содержание взвеси в снежном покрове дельты р. Северная Двина в марте 2005 г. и феврале 2006 г. в большинстве случаев варьировало от 2 до 20 мг/л и резко возрастало близ теплоэлектростанций. Взвешенное вещество снега состоит по большей части из сажевых агрегатов и пепловых частиц [Шевченко, 2006; Шевченко, Коробов, 2006].

На льду губы Чупа содержание органических соединений в снежно-ледяном покрове изменялось: $C_{орг}$ – от 283 до 8390 мкг/л, липидов – от 90 до 621 мкг/л, углеводов (УВ) – от 80 до 309 мкг/л, полициклических ароматических углеводов (ПАУ) – от 86 до 347 нг/л [Немировская и др., 2008; Немировская, 2009]. Для сравнения, в северной части Баренцева моря содержание алифатических УВ в снеге составило в среднем 18 мкг/л, а в районе поднятия Менделеева – 5 мкг/л [Немировская, 2005; Немировская и др., 2008]. Концентрации органических соединений увеличивались к границе лед-вода, и в нижних слоях керна льда они были в 2,3–15 раз выше, чем в подледной воде. Такое распределение органических соединений является типичным как для припайных, так и паковых льдов в Арктике и Антарктике. Барьерная зона вода-лед даже при низких температурах остается активной биологической средой, в которой происходит развитие ледовой флоры. Высокая слоистость и пористость льдов создают условия для аккумуляции здесь не только планктонных организмов, но и органических соединений во взвешенной форме. Исследование снежно-ледяного покрова в устьевой зоне р. Северной Двины было проведено от г. Новодвинска до о. Мудьюгский в Двинском заливе [Немировская и др., 2008; Немировская, 2009]. Содержание органических соединений оказалось еще более высоким, чем в губе Чупа, с максимумом для липидов – 1743 мкг/л и для УВ – 119 мкг/л. При этом в снеге их содержание было значительно выше, чем во льдах и подледных водах. Последнее может свидетельствовать об их атмосферном поступлении в составе аэрозолей.

Содержание тяжелых металлов в эпигейных лишайниках, собранных в фоновых областях Карелии и Архангельской области (о. Вайгач, о. Кумбыш и т.д.), относительно невысокое. Однако, на Кольском п-ве в Ловозерских тундрах лишайники значительно обогащены Cu, Ni, редкоземельными и некоторыми другими элементами в результате аэрозольной поставки загрязнителей от медно-никелевых металлургических комбинатов и горнодобывающей промышленности Кольского полуострова [Shevchenko et al., 2008].

Авторами изучен состав проб торфа, отобранных на полуострове Киндо (Кандалакшский залив) экспедицией географического факультета МГУ (начальник экспедиции Ф.А. Романенко) в начале июня 2004 г. [Шевченко и др., 2007]. Наиболее детально изучен состав отложений скважин 4 (66°32,552' с.ш., 33°08,257' в.д., 27,5 м над уровнем моря) и 11 (66°32,717' с.ш., 33°06,333' в.д., 72 м над уровнем моря), отобранных в болотах озерного генезиса. Активность ^{137}Cs в поверхностном 5-см слое (моховая подушка, состоящая в основном из сфагновых мхов) скважины 11 составляет 36 Бк/кг. Это значение находится на фоновом уровне и значительно ниже активности этого техногенного радионуклида во мхах и почвах Европейской части России [Киселев и др., 2005]. Активность

¹³⁷Cs быстро падает до величин менее 1 Бк/кг в слое торфа 0,30–0,35 м. Содержание Cu в верхней 25-см части торфяной залежи на месте скважин 4 и 11 варьирует от 9,1 до 80,2 мг/кг, Ni – от 5,4 до 32,2 мг/кг, т.е. в 4–5 раза, а в отдельных слоях и на порядок выше, чем в торфяниках Томской области [Гавшин и др., 2003], Южной Карелии [Кузнецов и др., 1983; Максимов и др., 1991; Максимов, 2005] и фоновых районов Финляндии [Rausch et al., 2005]. В то же время, в окрестностях медно-никелевого комбината Харявалта (Harjavalta) в Финляндии содержание Cu в торфе верхового болота в несколько раз выше (до 600 мг/кг [Rausch et al., 2005]), чем в торфе болота на полуострове Киндо. Для Cd и Pb, опасных для окружающей среды, характерен дальний перенос с мельчайшими аэрозольными частицами. Содержание их в наших пробах в несколько раз ниже, чем в Томской области, поэтому в отношении этих элементов можно считать Карелию чистым фоновым районом. Содержание Cr в карельском торфянике примерно в 2 раза ниже, чем в Западной Сибири, Fe – примерно в 5 раз ниже, чем в торфяниках Томской области.

Нами изучен состав верхних слоев торфа Иласского верхового болота в 20 км к юго-востоку от Архангельска [Шевченко и др., 2008a]. Моховая дернина, состоящая из живого сфагнового мха, имеет толщину 6 см и возраст её составляет примерно 5 лет. Средняя скорость накопления торфа, залегающего глубже по разрезу, определенная по изотопу ²¹⁰Pb, в последние 100 лет в среднем составляла 0,17 см/год, и возраст торфа на глубине 24 см немного превышает 100 лет. Активность ¹³⁷Cs и содержание большинства изученных химических элементов незначительно превышают фоновые для Арктики и Субарктики значения. Молодой торф в районе исследований значительно обогащен Zn, Sb, Se. Аналогичное обогащение слоев изученных болотных и озерных отложений, датированных XIX–XX веками, отмечено в большинстве пунктов Северной Европы и Сибири [Максимов и др., 1991; Shotyk, 1997; Гавшин и др., 2003; Shotyk et al., 2003; Максимов, 2005; Rausch et al., 2005], что является результатом дальнего атмосферного переноса этих элементов-токсикантов от антропогенных и природных источников. В верхних 15 см торфа наблюдается снижение содержания этих элементов, что связано со снижением антропогенной эмиссии многих загрязняющих веществ в последние 30–40 лет. Существенного загрязнения торфа Иласского тяжелыми металлами за счет Архангельской агломерации не выявлено.

Выводы

Атмосферный перенос вещества является существенным путем поступления многих химических элементов и соединений (в первую очередь, свинца, никеля, меди, кадмия, мышьяка, некоторых ПАУ) в Белое море и на его водосбор.

Для вертикального распределения тяжелых металлов в верховых торфяниках (природных архивах) Карелии и Архангельской области характерно обогащение ими верхнего 20–30-см слоя, обрзовавшегося в течение последних 100–200 лет.

Благодарности. Авторы признательны В.Б. Коробову, Л.Ю. Васильеву, В.Я. Бергеру, С.В. Тархову, Л.Э. Скибинскому, М.В. Панченко, М.А. Бизину, В.А. Боброву, В.С. Козлову, К.Г. Конову, К.П. Куценогому, И.А. Немировской, В.В. Полькину, Ф.А. Романенко, Н.В. Горюновой и всем, кто помогал в проведении исследований. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 07-05-00691, 08-05-00094; 08-05-00860), гранта поддержки ведущих научных школ НШ-361.2008.5, Программ фундаментальных исследований Президиума РАН № 16, часть 2 и № 17 (проект 17.1), проекта «Наночастицы во внешних и внутренних сферах Земли», Лаборатории им. Отто Шмидта.

Литература

Виноградова А. А., 2004 Антропогенный аэрозоль над морями Северного Ледовитого океана. Дисс. докт. геогр. наук. М.: ИО РАН. 217 с.

Виноградова А. А., Максименков Л. О., Погарский Ф. А., 2008. Атмосферный перенос антропогенных тяжелых металлов с территории Кольского полуострова на поверхность Белого и Баренцева морей // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. Т. 44, № 6. С. 812–821.

Гавшин В. М., Сухоруков Ф. В., Будашкина В. В., Мельгунов М. С., Бобров В. А., 2003. Свидетельства фракционирования химических элементов в атмосфере Западной Сибири по данным исследования верхового торфяника // Геохимия, № 12. С. 1337–1344.

Киселев Г. П., Крячюнас В. В., Киселева И. М., Зыков С. Б., Баженов А. В., 2005. Природная радиоактивность территории Европейского Севера и ее антропогенные изменения // Геоэкология, № 3. С. 205–218.

Кузнецов О. Л., Тойка М. А., Максимов А. И., 1983. Содержание микроэлементов в торфяных залежах верховых болот Южной Карелии // Структура растительности и ресурсы болот Карелии. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. С. 160–171.

Куценгоий К. П., Шевченко В. П., Лисицын А. П., Попова С. А., Чанкина О. В., Макаров В. И., Смоляков Б. С., Шинкоренко М. П., Бизин М. А., 2005. Химический состав атмосферных аэрозолей в районе Белого моря // Геология морей и океанов. Тезисы XVI Международной научной школы по морской геологии. Москва, 14–18 ноября 2005 г. М.: ГЕОС. Т. 1. С. 75–76.

Лисицын А. П., 1994а. Ледовая седиментация в Мировом океане. М.: Наука. 448 с.

Лисицын А. П., 1994б. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. Т. 34, № 5. С. 735–747.

Лисицын А. П., 2003. Новые возможности четырехмерной океанологии и мониторинга второго поколения – опыт двухлетних исследований на Белом море // Актуальные проблемы океанологии / Гл. ред. Н.П. Лавров. М.: Наука. С. 501–554.

Лисицын А. П., 2004. Потоки осадочного вещества, природные фильтры и осадочные системы «живого океана» // Геология и геофизика. Т. 45, № 1. С. 15–48.

Максимов А. И., 2005. Содержание макро- и микроэлементов в торфяных залежах болотных экосистем вблизи месторождения Падма // Экологические проблемы освоения месторождения Средняя Падма. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 72–81.

Максимов А. И., Егорова Г. Ф., Степаненкова В. А., Ширяева Т. А., 1991. Геохимическая характеристика торфяных залежей // Методы исследований болотных экосистем таежной зоны / Отв. ред. О.Л. Кузнецов. Л.: Наука. С. 97–110.

Немировская И. А., 2005. Углеводороды Белого моря (пути поступления, формы миграции, гензис) // Геохимия, № 5. С. 542–554.

Немировская И. А., 2009. Содержание и состав органических соединений в снежно-ледяном покрове Белого моря // Геохимия, № 4. С. 415–427.

Немировская И. А., Шевченко В. П., Новигатский А. Н., Филиппов А. С., 2008. Содержание и состав взвеси и органических соединений в снежно-ледяном покрове Белого моря // Арктика и Антарктика. М.: Наука, вып. 6 (40). С. 108–122.

Полькин В. В., Голобокова Л. П., Погодаева Т. В. и др., 2006. Состав аэрозолей приповерхностного слоя атмосферы над Белым морем во второй половине августа 2003 и 2004 гг. // Фундаментальные исследования океанов и морей. Кн. 2. М.: Наука. С. 413–439.

Полькин В. В., Панченко М. В., Грищенко И. В., Коробов В. Б., Лисицын А. П., Шевченко В. П., 2008. Исследования дисперсного состава приповерхностного аэрозоля Белого моря в конце летнего сезона 2007 г. // Оптика атмосферы и океана. Т. 21, № 10. С. 836–840.

Шевченко В. П., 2006. Влияние аэрозолей на среду и морское осадконакопление в Арктике. М.: Наука. 226 с.

Шевченко В. П., Алиев Р. А., Денисенков В. П., Нацваладзе Н. Ю., Золотых Е. О., Исаева А. Б., 2008а. Многоэлементный состав и радиоактивность отложений Иласского болота (Архангельская область) // Вестник Архангельского государственного технического университета. Серия «Прикладная геоэкология». Вып. 75. С. 67–84.

Шевченко В. П., Алиев Р. А., Кузнецов О. Л., Максимов А. И., 2008б. Летопись потока тяжелых металлов и радионуклидов из атмосферы в болотных отложениях Карелии // Организмы, популяции, экосистемы: проблемы и пути сохранения биоразнообразия. Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований» (Вологда, Россия, 24–28 ноября 2008 г.). Вологда. С. 168–171.

Шевченко В. П., Бобров В. А., Романенко Ф. А., Алиев Р. А., Гордеев В. В., Демина Л. Л., Колмогоров Ю. П., Новичкова Е. А., Олюнина О. С., Успенская О. Н., 2007. Геохимия озерно-болотных отложений полуострова Киндо, побережье Северной Карелии // Геология морей и океанов. Материалы XVII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. III. М.: ГЕОС. С. 295–297.

Шевченко В. П., Коробов В. Б., 2006. Экологическая ситуация в дельте реки Северная Двина в марте 2005 года // Вестник Архангельского государственного технического университета. Серия «Прикладная геоэкология». Вып. 66. Архангельск: Изд-во АГТУ. С. 176–187.

Шевченко В. П., Лисицын А. П., Бобров В. А., Новигатский А. Н., Филиппов А. С., Романенко Ф. А., Гордеев В. В., Демина Л. Л., Алиев Р. А., Горюнова Н. В., Саввичев А. С., Высочанская А. А., Зезина Е. А., Новичкова Е. А., Олюнина О. С., 2006а. Аэрозоли в природных планшетах Арктики // Современные экологические проблемы Севера (к 100-летию со дня рождения О.И. Семенова-Тян-Шанского). Материалы международной конференции. Ч. 1. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. С. 19–21.

Шевченко В. П., Лисицын А. П., Купцов В. М., Ван-Малдерен Г., Мартэн Ж.-М., Ван-Грикен Р., Хуан В. В., 1999. Состав аэрозолей в приповерхностном слое атмосферы над морями западного сектора Российской Арктики // Океанология. Т. 39, № 1. С. 142–151.

Шевченко В. П., Ратькова Т. Н., Бояринов П. М., Митрохов А. В., Садовникова И. В., Сергеева О. М., 2006б. Исследование взвеси, микроводорослей и потоков осадочного вещества в губе Чупа, Белое море в конце зимнего периода // Водные ресурсы Европейского Севера: итоги и перспективы исследований. Материалы юбилейной конференции, посвященной 15-летию Института водных проблем КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, С. 520–537.

Draxler R. R., Rolph G. D., 2003. HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory). Silver Spring (MD): NOAA Air Resources Lab. Mod access via NOAA ARL READY Website (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>).

Gordeev V. V., Rachold V., 2003. River input // Organic Carbon Cycle in the Arctic Ocean: Present and Past / Eds. R. Stein, R. W. Macdonald. Berlin: Springer. P. 33–41.

Rausch N., Nieminen T., Ukonmaanaho L., Le Roux G., Krachler M., Cheburkin A. K., Bonani G., Shotyk W., 2005. Comparison of atmospheric deposition of copper, nickel, cobalt, zinc, and cadmium recorded by Finnish peat cores with monitoring data and emission records // Environ. Sci. Technol. V. 39. P. 5989–5998.

Shevchenko V. P., Pokrovsky O. S., Vasyukova E. V., Savvichev A. S., Zamber N. S., 2008. Multi-element composition of terricolous lichens in the Northwest European Russia // Eos Trans. AGU, 89(53), Fall Meet. Suppl. Abstract C11A-0492.

Shotyk W., 1997. Atmospheric deposition and mass balance of major and trace elements in two oceanic peat bog profiles, northern Scotland and the Shetland Islands // Chemical Geology. V. 138. P. 55–72.

Shotyk W., Goodsite M. E., Roos-Barraclough F., Frei R., Heinemeier J., Asmund G., Lohse C., Hansen T. S., 2003. Anthropogenic contributions to atmospheric Hg, Pb, and As accumulation recorded by peat cores from southern Greenland and Denmark dated using the ^{14}C «bomb pulse curve» // Geochimica et Cosmochimica Acta. V. 67. P. 3991–4011.

ATMOSPHERIC INPUT OF MATTER (INCLUDING ECOTOXICANTS) TO THE WHITE SEA AND ITS CATCHMENT AREA

V.P. Shevchenko¹, A.P. Lisitzin¹, R.A. Aliev², A.A. Vinogradova³, N.S. Zamber⁴, O.L. Kuznetsov⁵, A.N. Novigatsky¹, N.V. Politova¹, A.S. Filippov¹

¹Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow

³Oboukhov Institute of Atmospheric Physics of Russian Academy of Sciences, Moscow

⁴Kostomukhsky State Nature Reserve, Kostomuksha, Russia

⁵Institute of Biology of Karelian Research Center of Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia
e-mail: vshevch@ocean.ru

Since 1991 we study aerosols in the White Sea boundary layer and the chemical composition of snow, lichens, mosses, peat in the catchment area. The existing data on atmospheric input of matter (including ecotoxics) to the White Sea and its catchment area are summarized. Atmospheric transport is important way of many chemical elements and compounds (first of all, Pb, Ni, Cd, As, some PAHs) to the White Sea system. The upper part of peat deposits is strongly enriched by Pb, Sb and some other trace metals relatively to deeper «back-ground layers» as a result of long-range transport of pollutants and associated contamination of natural surfaces.

ПРОБЛЕМЫ РЫБОЛОВСТВА В БЕЛОМ МОРЕ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

А.С. Шерстков, С.Б. Фролов, В.С. Шерстков

Северный филиал Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им Н. М. Книповича, г. Архангельск, Россия
e-mail: frolov@sevpinro.ru

Введение

Промысел большинства рыбных объектов в Белом море носит сезонный, путинный характер. В последнее время вылов большинства промысловых видов крайне невелик, и может быть значительно увеличен. Слабое место в организации промысла – это административные барьеры: запаздывание в принятии организационных решений, затягивание принятия решений, в том числе выдачи