© А.И. Коченкова, А.Н. Новигатский, В.В. Гордеев, В.Б. Коробов, С.К. Белоруков, А.С. Лохов, А.Е. Яковлев, 2018, Океанологические исследования, 2018, Том 46, № 2, С. 96–111

УДК 551.463.8 DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(2).9

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗВЕСИ И ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ПО ДАННЫМ ОБСЕРВАТОРИИ «МАРГИНАЛЬНЫЙ ФИЛЬТР РЕКИ СЕВЕРНАЯ ДВИНА»

А.И. Коченкова, А.Н. Новигатский, В.В. Гордеев, В.Б. Коробов, С.К. Белоруков, А.С. Лохов, А.Е. Яковлев

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36, e-mail: kochen.a@mail.ru

Статья поступила в редакцию 01.06.2018, одобрена к печати 18.06.2018

В статье представлены результаты первых трех лет работы по проекту Обсерватории «Маргинальный фильтр реки Северная Двина», цель которого состоит в регулярных исследованиях седиментационных, геохимических и биологических процессов в нижнем течении Северной Двины. Пробы поверхностной воды отбирались пластиковым ведром каждый месяц в течение трех лет в двух точках в черте г. Архангельск (Яхт-клуб) и вблизи порта Экономии. На основании собранных авторами материалов определены концентрации взвешенного вещества, взвешенного органического углерода (ВОУ) и растворенного органического углерода (РОУ) в разные сезоны года. Показано, что максимальные концентрации взвеси приходятся на период паводка и достигают 46 мг/л, а минимальные характерны для периода зимней межени – до 1,5 мг/л, что соответствует максимальному и минимальному речному стоку. Средняя концентрация взвешенного вещества за трехлетний период составила 7,8 мг/л. Распределение концентрации ВОУ, выраженной в мг/л, в течение года повторяет распределение взвеси, и в среднем за три года составляет 0,82 мг/л. Содержание ВОУ, выраженное в % на сухую взвесь, в среднем за три года составило 8,5%. Сезонный максимум отмечен в весенне-летний период, когда он достигал 24,7%. Содержание РОУ варьирует в диапазоне 5,2 – 29,2 мг/л, составляя в среднем за три года 15,3 мг/л, что в 3 раза превышает среднее значение для рек Мира – 5,75 мг/л.

Ключевые слова: Северная Двина, взвешенное вещество, взвешенный и растворенный органический углерод, маргинальный фильтр

Введение

Белое море исследуется со второй половины XIX столетия (Бергер, Наумов, 1995), оно изучено лучше других морей бассейна Северного Ледовитого океана. Новые подходы в изучении рассеянного осадочного вещества начались в XXI веке в рамках проекта «Система Белого моря» под руководством академика РАН А.П. Лисицына в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН (Система Белого моря, 2010, 2012, 2013, 2017), в том числе в 2015 г. открыта обсерватория «Маргинальный фильтр р. Северная Двина» в г. Архангельск.

Несмотря на многолетние исследования (Артемьев и др., 1984; Бреховских и др., 2003; Гордеев и др., 2012; Лещев и др., 2017; Федоров, Овсепян, Коробов, 2010; Федоров и др., 2011), проводимые в этом районе, остается много вопросов в изучении устьевой области реки Северная Двина, которая выносит более 50% растворенных и взвешенных веществ в Белое море. Северная Двина по водному стоку

занимает четвертое место в Европе. Ее протяженность составляет 744 км², водный сток 108 км³, сток взвешенных наносов 4,4 млн.т/год (Михайлов, 1997). Однако данные последних лет (за период 2000–2009 гг.) показали существенно более низкие объемы стока воды и взвеси – 95,4 км³/г и 0,811 млн.т/т (Гордеев и др., 2012). Площадь водосбора реки –357000 км² составляет практически половину водосбора всех рек бассейна (рис. 1). В реку впадает около 62 тыс. постоянных притоков, общая длина которых около 200 тыс. км (Лисицын, 2010).

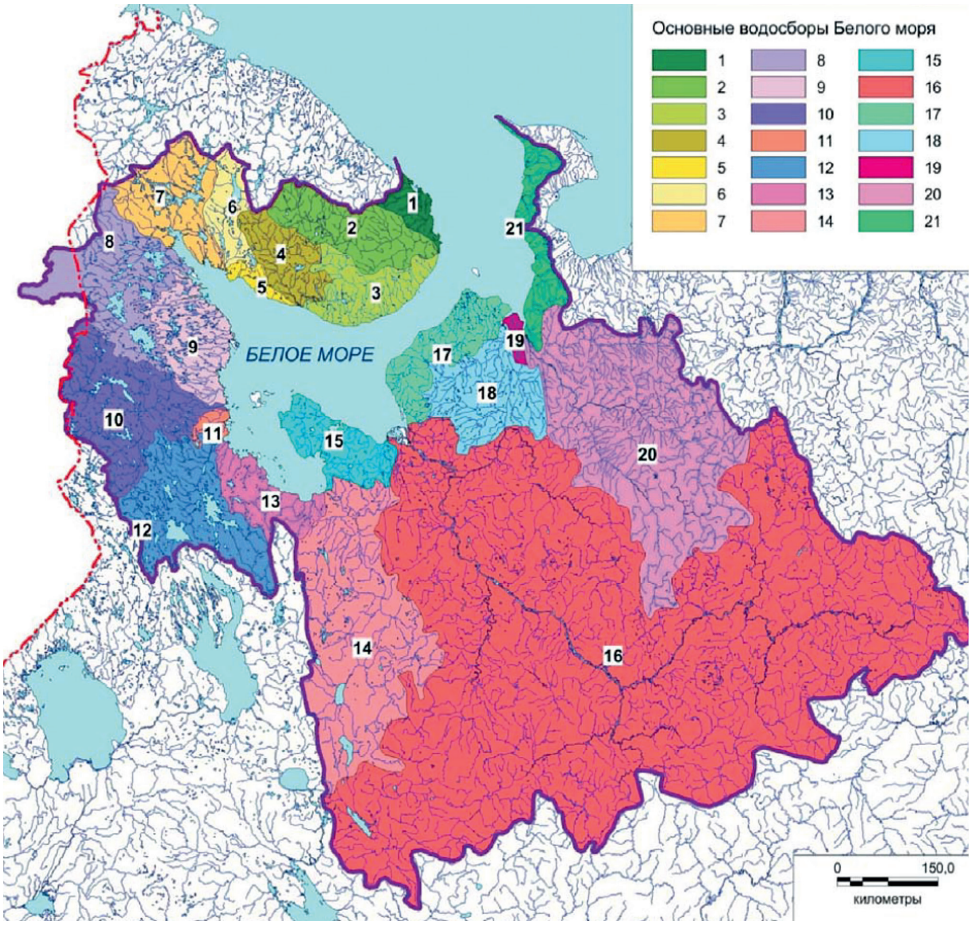


Рис. 1. Основные водосборы Белого моря: 1 – малые притоки от устья Поноя до мыса Святой Нос, 2 – Поной, 3 – малые притоки от Варзуги до Поноя, 4 – Варзуга, 5 – малые притоки от Умбы до Варзуги, 6 – Умба, 7 – Нива и малые притоки от устья Ковды до устья Умбы, 8 – Ковда, 9 – малые притоки от устья Ковды до устья Кеми, 10 – Кемь, 11 – малые притоки от устья Кеми до Беломорско-Балтийского канала, 12 – Беломорско-Балтийский канал (Выг), 13 – малые притоки от Беломорско-Балтийского канала до устья Онеги, 14 – Онега, 15 – малые притоки от устья Онеги до устья Северной Двины, 16 – Северная Двина, 17 – малые притоки от устья Северной Двины до устья Кулоя, 18 – Кулой, 19 – малые притоки от устья Кулоя до устья Мезени, 20 – Мезень, 21 – малые притоки от устья Мезени до мыса Канин Нос (Филатов и др., 2014)

Устьевой участок представлен многорукавной дельтой площадью 900 км². Интерес представляют исследования в зоне смешения речных и морских вод – в маргинальном фильтре реки (МФ) (Лисицын, 1994), который является эффективными

барьером на пути растворенных и взвешенных веществ с континента в моря и океаны. Происходящая в устьевых областях рек трансформация материкового стока является одним из важнейших факторов, формирующих химический состав вод Мирового океана (Гордеев, 1983; 2009).

Маргинальные фильтры (Lisitzin, 1998; Лисицын, 2004) возникают в зонах смешения речных и морских вод в устьях рек. Эти фильтры являются современными частями областей лавинной седиментации. Система МФ включает в себя седиментосистему, сорбционные и биологические системы как ее составляющие. В гравитационной зоне, отличающейся высокой мутностью вод, активно осаждаются песчано-алевритовые фракции взвесей. В физико-химической зоне происходит захват растворенных соединений аморфными частицами, образующихся при флоккуляции коллоидных фракций железа и органики. После массового осаждения взвешенных частиц создаются благоприятные условия для интенсивного развития фитопланктона (прозрачные воды, хорошая инсоляция, высокие концентрации биогенных веществ) – это третья, биологическая зона МФ. Было показано (Гордеев, 2012; Гордеев и др., 2012), что переходная между континентом и океаном зона река–море (МФ) является эффективной ловушкой и областью трансформации всех видов осадочного материала глобального масштаба. Маргинальные фильтры – это главная область накопления взвешенного и частично растворенного углерода.

Устьевые участки являются барьерами на пути выноса загрязняющих веществ в прибрежные зоны арктических морей (Лисицын, 1994). Наиболее загрязненным участком Северной Двины является ее нижнее течение близ устья, где расположены крупные населенные пункты с развитой промышленностью и энергетикой (Брызгало, Иванов, Нечаева, 2002).

В мае 2015 г. на базе Северо-Западного отделения ИО РАН создана исследовательская станция «Обсерватория – Маргинальный фильтр реки Северная Двина». Цель проекта – изучение концентраций растворенных и взвешенных веществ (биогенные элементы, органический углерод, макро- и микроэлементный состав, углеводороды). В рамках этого проекта проводятся ежемесячные круглогодичные отборы проб воды и взвеси в нижнем течении реки. Ежемесячный отбор проб позволяет получить надежные результаты в условиях сильной сезонной изменчивости стока реки и концентраций всех изучаемых элементов и компонентов (Коченкова, Новигатский, Гордеев, 2018; Гордеев и др., 2018).

Данная работа посвящена результатам первых трех лет работы Обсерватории (с мая 2015 г. по ноябрь 2017 г.). В статье представлены результаты ежемесячных измерений концентраций взвешенного вещества, взвешенного и растворенного органического углерода в нижнем течении реки.

Материалы и методы исследования

Район исследований включает дельту Северной Двины. Пробы поверхностной воды отбирались каждый месяц на двух станциях нижнего течения реки: с причалов в черте горда Архангельска (Яхт-клуб) и в полукилометре выше по течению от

порта Экономия в протоке Кузнечиха (в сумме 56 проб за период с 2015 по 2017 гг.). Схема расположения станций показана на рис 2.

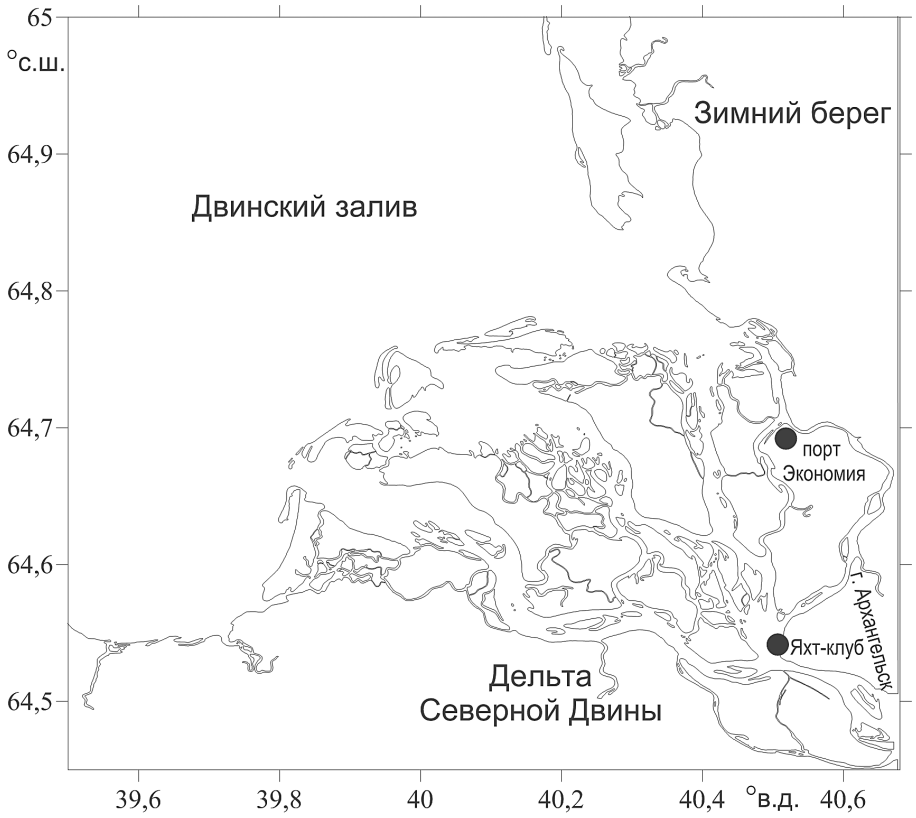


Рис. 2. Расположение станций отбора проб воды: станция Яхт-клуб и вблизи порта Экономия

Поверхностные пробы отбирались пластиковым ведром на капроновом фале. В тот же день вода фильтровалась для определения массовой концентрации (мг/л) взвеси и дальнейшего изучения ее состава. Фильтрация воды объемом 0,25–0,5 л на устьевых станциях проводилась под вакуумом 0,4 атм через мембранные ядерные фильтры диаметром 47 мм и размером пор 0,45 мкм производства ОИЯИ, г. Дубна на фильтрационных воронках фирмы Sartorius. Каждая проба фильтровалась через три параллельных ядерных фильтра для надежного определения среднего значения. После фильтрации морской воды фильтры промывались деионизованной водой и высушивались в сушильном шкафу при температуре +50°С в чистых пластиковых чашках Петри. Концентрацию взвеси определяли взвешиванием с точностью до 0,01 мг по разнице весов между фильтром с взвесью и его весом до фильтрации.

Для определения содержания взвешенного углерода взвесь фильтровали через прокаленные при температуре 450°С стекловолокнистые фильтры GF/F «Whatman» с условным диаметром пор 0,7 мкм под вакуумом 0,2 атм. Далее фильтры высушивались и отправлялись на анализ в лабораторию ИО РАН. Содержание ВОУ определяли на анализаторе углерода АН-7529М.

Для определения растворенного органического углерода фильтрат отбирался в 30 мл флаконы HDPE и подкислялся соляной кислотой до pH 2 и хранился при температуре +2–3°C до последующего анализа в стационарной лаборатории. Концентрация РОУ определялась методом высокотемпературного сжигания на анализаторе углерода фирмы Shimadzu в ИО РАН. Погрешность прибора – ±1%. Воспроизводимость результатов анализа – ±5%.

Взвесь

Для водосбора Северной Двины характерна длительная зима (5–6 месяцев), которая наступает во второй–третьей декаде ноября. Весеннее половодье начинается обычно в конце апреля с максимумом в начале–середине мая (5–15 мая) и заканчивается 10–20 июня. Во время холодного лета (2–3 месяца) довольно часты дожди и возможны заморозки. Осень соответствует началу сентября (Бреховских, Волкова, Колесниченко, 2003; Лисицын, 2010).

Полученные нами данные по концентрации взвеси на станциях Яхт-клуб и порт Экономия представлены на рис. 3, где отчетливо видны максимальные пики выноса взвеси в апреле–мае на протяжении всего периода наблюдений.

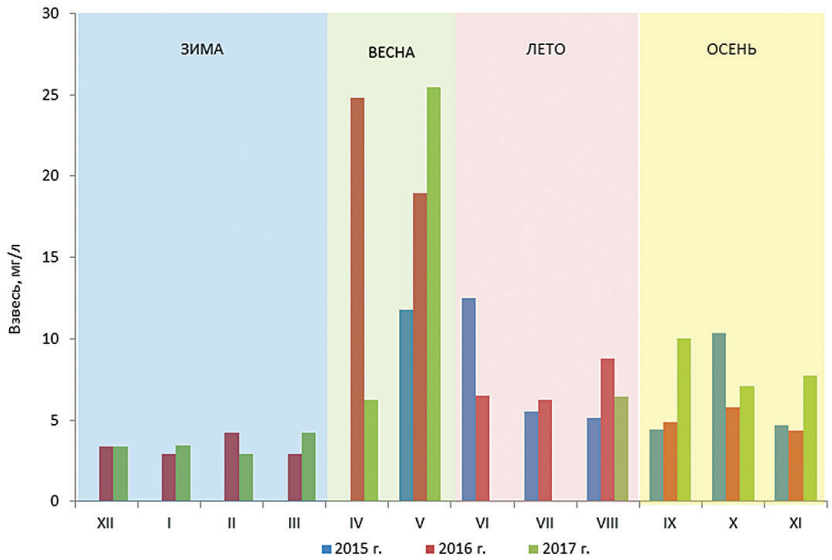


Рис. 3. Концентрация взвеси (мг/л) на станциях Яхт-клуб и вблизи порта Экономия с 2015 по 2017 гг. (даны средние значения для 2-х станций)

Концентрация взвеси в устьевых областях меняется, как известно, в зависимости от гидрологической ситуации. Основной сток взвешенных наносов в Белом море приходится на половодье (рис. 4), превышая меженный в 1,5–2 и более раз. Сток становится минимальным в марте, когда истощаются запасы подземных вод (Кравчишина, 2010).

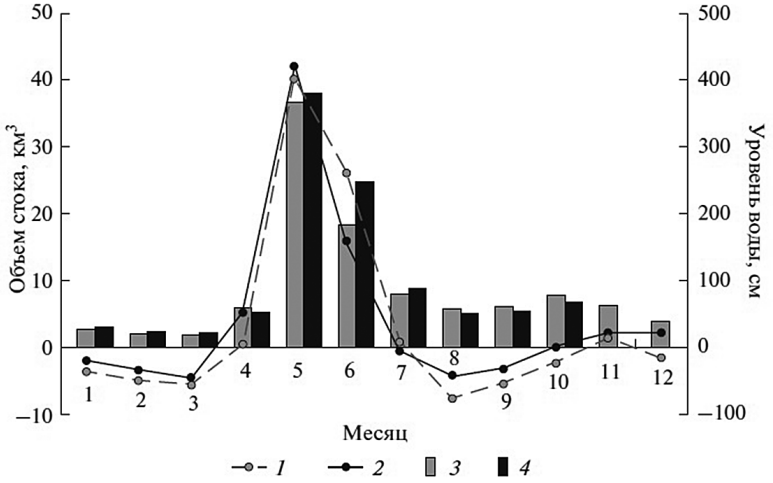


Рис. 4. Внутригодовое распределение уровней и стока в устьевой области р. Северной Двины: 1 – уровень у пос. Усть-Пинега, среднемноголетние данные, 2 – уровень у пос. Усть-Пинега, 2004 г., 3 – объем стока у пос. Усть-Пинега, 1881–1980 гг., 4 – объем стока у пос. Усть-Пинега, 2004 г. по (Кравчишина и др, 2010)

В течение всего зимнего периода концентрация взвеси мало изменяется, составляя в среднем 3,4 мг/л, с минимальными концентрациями 1,5 мг/л в декабре 2015 г. (Рис. 3). В конце зимней межени массовая концентрация взвеси в устье была сравнительно низкая: от 1,5 до 5 мг/л, в апреле до начала половодья она оставалась примерно на таком же уровне (3,5–6,3 мг/л), и была ниже значений летне-осеннего периода.

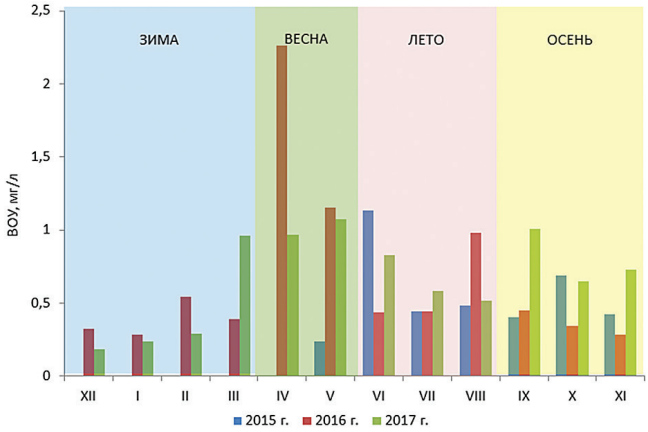
По литературным данным, средние значения концентрации взвеси в половодье р. Северная Двина варьируют от 9 до 16 мг/л (2000–2006 гг.) (Шевченко и др., 2007, 2008; Shevchenko, 2005; Гордеев и др., 2012). В исследуемый нами период во время половодья массовая концентрация взвеси в устье Северной Двины заметно увеличивалась и варьировалась в широких пределах от 8,76 до 46 мг/л, составляя в среднем около 20 мг/л., и приближалась к среднегодовому значению, установленному для рек российской Арктики: около 36 мг/л. Наиболее высокие ее значения (29,1–46,8 мг/л) были отмечены на станции порт Экономия в конце апреля – начале мая 2016 г. с наступлением ледохода. Такие высокие концентрации в конце апреля связаны с тем, что апрель 2016 г. на территории Архангельской области характеризовался повышенным температурным режимом, ускоренным снеготаянием, оттаиванием почвы и ранним возобновлением вегетации. В первой и второй декадах проходило разрушение снежного покрова. Положительные температуры воздуха днем и осадки в виде дождя способствовали снеготаянию. К середине апреля снег сошел с полей в большинстве районов области, что раньше средних многолетних сроков на 1–2 недели. Ледоход в водосборном бассейне р. Северная Двина прошел на 7–20 дней ранее среднемноголетних сроков. Средняя месячная температура воздуха была от +2,4° до +5,3° тепла, что выше нормы на 3–5°С (Обзор гидрометеорологических условий в апреле 2016, *http://www.sevmeteo.ru/weather/gidro/2689/*).

В послепаводковый период (июнь 2015, 2016 гг.) массовая концентрация взвеси составляла примерно 12,5 и 6,5 мг/л соответственно, а во время летней межени (август 2015–2017 гг.) она уменьшилась в 3–4 раза, по сравнению с половодьем, достигая в среднем 6,8 мг/л. В осенний период наблюдается повышение концентраций взвеси до 10,3 мг/л, что связано с дождевыми паводками в водосборном бассейне.

Взвешенный органический углерод (ВОУ)

Полученные данные по концентрации ВОУ, выраженные в мг/л и в % на сухую взвесь, на станциях Яхт-клуб и порт Экономия представлены на рис. 5, где даны средние значения для 2-х станций. Концентрации Сорг в мг/л составляют в среднем 0,65 мг/л на станции Яхт-клуб и 0,98 мг/л в порту Экономия (рис. 5а). Максимальные концентрации так же, как для взвеси, приходятся на апрель 2016 г., составляя 2,68 мг/л. Распределение концентрации ВОУ в мг/л по месяцам в целом повторяет распределение взвеси, показанные и описанные на рис. 3.

а)



б)

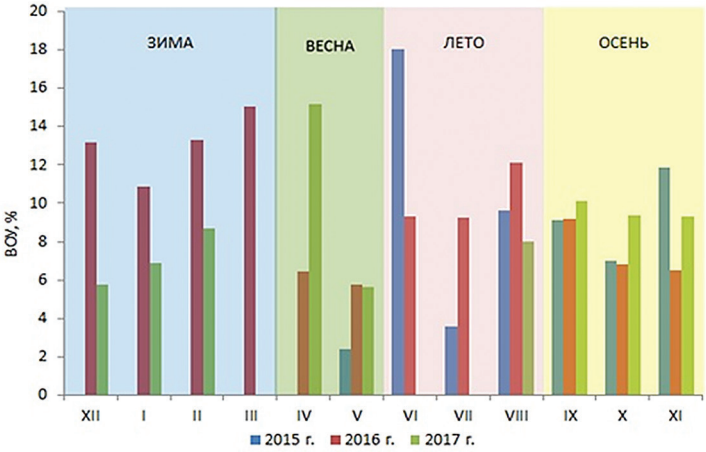


Рис. 5. Концентрации ВОУ, мг/л (а) и содержание ВОУ, % (б), на станциях Яхт-клуб и вблизи порта Экономия с 2015 по 2017 гг. (даны средние значения для 2-х станций)

Процентное содержание ВОУ во взвеси в среднем за три года составляет 8,5%, что совпадает с его содержанием во взвеси рек Мира (содержанием Сорг во взвеси рек с мутностью <15 мг/л составляет около 8,4% (Ittekot, Laane, 1991)). Сезонный максимум, характерный для весенне-летнего периода, достигал 24,7%, что соответствует максимальному развитию планктона (рис. 5б). Однако такие высокие процентные содержания не характерны для предыдущих исследований, так в период с 2004 по 2006 гг. содержание органического углерода варьировалось с 1,24 по 3,96%, составляя в среднем 2,7% (Шевченко, Покровский, Филиппов и др., 2010).

Данные В.Е. Артемьева с соавторами показывают, что процентное содержание Сор в летне-осенний период в поверхностных водах р. Северная Двина в среднем составляет 15%, а в отдельных пробах достигает 52%. (Артемьев, Лазарева, Иджиян, 1984). Однако наши данные оказываются для сравниваемого интервала заметно более низкими, в среднем около 8,8% Сорг и максимумом 24,7%, что практически в 2 раза ниже данных, упомянутых авторов.

Обращает на себя внимание достаточно постоянное в течение года содержание Сорг во взвеси, что указывает на устойчивое поступление органики из бассейна водосбора во все сезоны, включая зимний.

Растворенный органический углерод (РОУ)

По данным литературы, концентрация РОУ в воде Северной Двины колеблется в достаточно узком диапазоне – от 12 до 20 мг/л (Артемьев, Лазарева, Иджиян, 1984; Pokrovsky et al., 2010; Гордеев, 2012; Johnston et al., 2018), что в 2–3 раза превышает среднее глобальное значение – 5,75 мг/л (Meybeck, 1982). Причиной более высоких концентраций является особенность бассейна водосбора (широкое развитие болот, растительность, почвы и т.д.).

Трехлетние исследования показали, что различия между двумя точками мониторинга незначительны: для Яхт-клуба среднее значение составляет 15,4 мг/л, для порта Экономия 16,5 мг/л. Содержание РОУ в исследованных нами пробах варьирует в диапазоне 5,2–29,2 мг/л, составляя в среднем за три года 15,3 мг/л (n=56). В работе (Johnston et al., 2018) в пробах, отобранных в 2013–2016 гг., концентрации РОУ изменяются от 4,03 до 20,12 мг/л (среднее за три года 12,43 мг/л при n=38), что очень близко к полученным нами значениям.

Средняя концентрация РОУ в период с мая по декабрь 2015 г. (16,6 мг/л) чуть выше, чем в 2016 г. (15,7 мг/л) (рис. 6). Надо отметить, что в период зимней межени (с декабря по март) в 2016 г. концентрация РОУ была достаточно высокой 21,6 мг/л, что связано с аномально теплой зимой (см. раздел взвесь), однако в 2017 г. эти параметры в 3 раза ниже и составили в среднем 7,4 мг/л (рис. 6).

Несмотря на большую разницу в концентрации РОУ в 2016 и 2017 гг. в зимний период, можно проследить общую тенденцию изменения концентраций от месяца к месяцу. Так, в декабре средняя концентрация РОУ составила 27,7 и 11,2 мг/л (в 2016 и 2017 гг. соответственно). Далее концентрация снижалась на протяжении всего периода ледостава (в январе – 25,4 и 6,8 мг/л, в феврале – 19,9 и 6,4 мг/л, в марте

– 13,5 и 5,2 мг/л) и стала возрастать только к началу весеннего половодья в конце апреля (16,4 и 7,5 мг/л) (рис. 6).

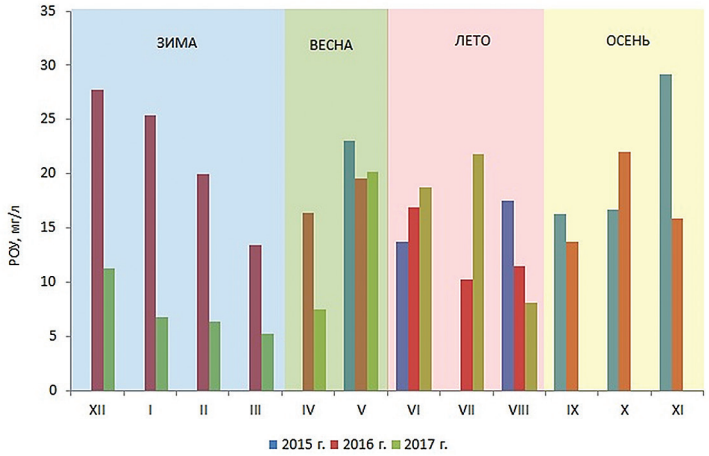


Рис. 6. Концентрация РОУ (мг/л), на станциях Яхт-клуб и вблизи порта Экономия с 2015 по 2017 гг. (даны средние значения для 2-х станций)

В работе американских коллег (Johnston et al., 2018) эта тенденция также прослеживается в 2013–2016 гг.: высокие средние концентрации пришлись на период начала ледостава с конца октября до января (среднее 12,74 мг/л, при n=8). Далее концентрация снижалась до 7,44 мг/л к середине апреля, максимальные средние концентрации РОУ пришлись на период половодья (14,63 мг/л, при n=17).

В работе (Pokrovsky et al., 2010) показано, что концентрация РОУ в воде Северной Двины в 2007 г. была на 30% ниже зимой и летом по сравнению с весной. Если в 2016 г. наблюдается иная картина распределения РОУ по сезонам, то ситуация в 2017 г. близка к той, что наблюдалась в 2007 г. Вероятно, ситуация меняется от года к году и требуются новые наблюдения.

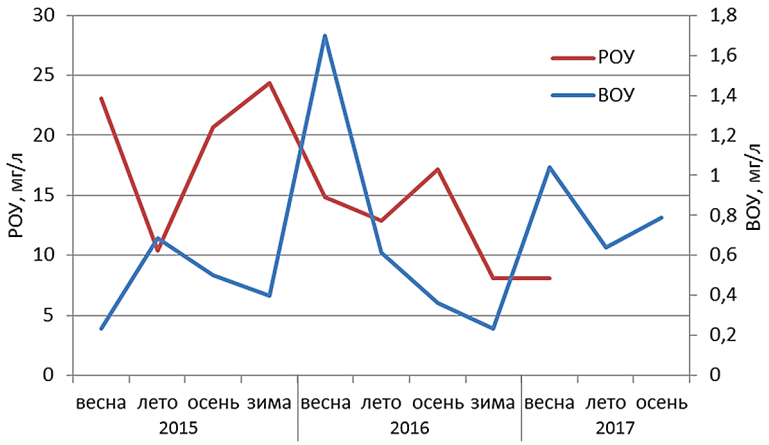


Рис. 7. Годовой ход концентраций РОУ и ВОУ (мг/л) на исследовательской станции «Обсерватория – Маргинальный фильтр реки Северная Двина» в период с 2015 по 2017 гг.

Сравнение концентраций РОУ и ВОУ по соответствующим станциям (средние значения для 2-х станций) и разным сезонам показало (рис. 7), что зимой идет резкое увеличение РОУ (24 мг/л), что связано с преобладающим питанием Северной Двины болотными водами, а ВОУ достигает своей минимальной отметки (0,25 мг/л) в годовом цикле. Однако в весенне-летний сезон значительно увеличивается концентрация ВОУ (1,7 мг/л) за счет паводка, цветения планктона и интенсивных атмосферных осадков, при этом РОУ существенно уменьшается, снижаясь до минимальных годовых значений (7,0 мг/л).

Выводы

В период с 2015 по 2017 гг. на исследовательской станции «Обсерватория – Маргинальный фильтр реки Северная Двина» при месячном отборе проб в устьевой области реки Северная Двина показано, что средняя концентрация взвешенного вещества за трехлетний период составила 7,8 мг/л. Максимальные концентрации взвеси приходятся на период паводка и достигают 46 мг/л, а минимальные характерны для периода зимней межени – до 1,5 мг/л, что соответствует максимальному и минимальному речному стоку.

Распределение концентрации ВОУ, выраженной в мг/л, в течение года повторяет распределение взвеси и в среднем за три года составляет 0,82 мг/л, с максимальным значением в паводок 2,6 мг/л и минимальным 0,1 мг/л в зимний сезон. Содержание ВОУ в процентах на сухую взвесь в среднем за три года составило 8,5%. Сезонный максимум отмечен в весенне-летний период – 24,7%, а минимум – 1,2% зимой.

Содержание РОУ при осреднении для двух станций варьирует в диапазоне 5,2–29,2 мг/л, составляя в среднем за три года 15,3 мг/л, что в 3 раза превышает среднее глобальное значение для рек Мира – 5,75 мг/л. Установлена тенденция увеличения РОУ и уменьшение ВОУ зимой, а летом обратная тенденция.

Авторы выражают благодарность академику А.П. Лисицыну и В.П. Шевченко за поддержку и ценные советы, аналитикам Л.В Деминой и В.Ю. Гордееву. Обработка и получение материала выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 14-27-00114-П. В рамках Государственного задания ИО РАН по теме № 0149-2018-0016 и Программы ПП РАН 49.1.2. (тема № 0149-2018-0031) осуществлялась интерпретация полученных данных.

Литература

Артемьев В.Е., Лазарева Е.В., Иджиян М.Г. Органическое вещество в эстуарии р. Северной Двины // Литология и полезные ископаемые. 1984. № 5. С. 51–57.

Бергер В.Я., Наумов А.Д. История освоения и изучения Белого моря // Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. Ч.I. СПб: ЗИН РАН, 1995. С. 7–40.

Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Колесниченко Н.Н. Проблемы качества поверхностных вод в бассейне Северной Двины. М.: Наука, 2003. 233 с.

Брызгало В.А., Иванов В.В., Нечаева С.А. Экологическое состояние низовья и устья р. Северная Двина и его изменения в условиях антропогенных воздействий // Проблемы Арктики и Антарктики. СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. Вып. 73. С. 135–152.

Гордеев В.В. Геохимия системы река – море. М.: ип Матушкина Н.И., 2012. 452 с.

Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. М.: Наука, 1983. 160 с.

Гордеев В.В. Система река–море и ее роль в геохимии океана // Дис. докт. геол.-мин. наук. М: Ин-т океанологии РАН, 2009. 240 с.

Гордеев В.В., Филиппов А.С., Кравчишина М.Д., Новигатский А.Н., Покровский О.С., Шевченко В.П., Дара О.М. Особенности геохимии речного стока в Белое море // Система Белого моря. Т. 2: Водная толща и взаимодействующая с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. М.: Научный мир, 2012. С. 225–308.

Гордеев В.В., Чульцова А.Л., Коченкова А.И., Белоруков С.К., Чупакова А.А., Морева О.Ю., Неверова Н.В., Чупаков А.В. Сезонные вариации концентраций растворенных неорганических форм биогенных элементов в нижнем течении Северной Двины и в зоне смешения речных и морских вод // Вода: химия и экология. 2018. № 4–6. С. 75–85.

Коченкова А.И., Новигатский А.Н., Гордеев В.В. Распределение взвеси в маргинальном фильтре Северной Двины в конце лета // Успехи современного естествознания. 2018. № 2. С. 106–112.

Кравчишина М.Д., Шевченко В.П., Филиппов А.С., Новигатский А.Н., Дара О.М., Алексеева Т.Н., Бобров В.А. Вещественный состав водной взвеси устья реки Северной Двины (Белое море) в период весеннего половодья // Океанология. 2010. Т. 50. № 3. С. 396–416.

Лещев А.В., Мискевич И.В., Коробов В.Б., Лохов А.С., Чульцова А.Л., Хоменко Г.Д., Белоруков С.К., Яковлев А.Е. Пространственные особенности приливной изменчивости гидролого-гидрохимических характеристик устьевой области реки Северная Двина в зимнюю межень // Океанология. 2017. Т. 57. № 2. С. 303–310.

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

Лисицын А.П. Потоки осадочного вещества, природные фильтры и осадочные системы «живого океана» // Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 1. С. 159–224

Лисицын А.П. Процессы в водосборе Белого моря: подготовка, транспортировка и отложение осадочного материала, потоки вещества, концепция «живого водосбора» // Система Белого моря. Т. I: Природная среда водосбора Белого моря / Под ред. А.П. Лисицына, И.А. Немировской, В.П. Шевченко. М.: Научный мир, 2010. С. 353–445.

Михайлов В. Н. Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. М.: ГЕОС, 1997. 232 с.

Обзор гидрометеорологических условий в апреле 2016 года на территории Архангельской области. URL: *http://www.sevmeteo.ru/weather/gidro/2689/* (дата обращения: 28.03.2018 г.).

Система Белого моря. Т. I: Природная среда водосбора Белого моря / Под ред. А.П. Лисицына, И.А. Немировской, В.П. Шевченко. М.: Научный мир, 2010. 480 с.

Система Белого моря. Т. II: Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера Белого моря / Под ред. А.П. Лисицына, И.А. Немировской. М.: Научный мир, 2012. 784 с.

Система Белого моря. Т. III: Рассеянный осадочный материал гидросферы, микробные процессы и загрязнения. / Под ред. А.П. Лисицына, И.А. Немировской. М.: Научный мир, 2013. 668 с.

Система Белого моря. Т. IV: Процессы осадкообразования, геология и история. / Под ред. А.П. Лисицына, И.А. Немировской, В.П. Шевченко, В.Г. Воронцова. М.: Научный мир, 2017. 1030 с.

Федоров Ю.А., Овсепян А.Э., Лисицын А.П., Доценко И.В., Новигатский А.Н., Шевченко В.П. Закономерности распределения ртути в донных отложениях по разрезу река Северная Двина – Белое море // Доклады Академии наук. 2011. Т. 436. № 1. С. 99–102.

Федоров Ю.А., Овсепян А.Э., Коробов В.Б. Особенности распределения, миграции и трансформации ртути в водах устьевой области р. Северная Двина // Метеорология и гидрология. 2010. № 4. С. 85–92.

Филатов Н.Н., Толстиков А.В., Богданова М.С., Литвиненко А.В., Меншуткин В.В. Создание информационной системы и электронного атласа по состоянию и использованию ресурсов Белого моря и его водосбора // Арктика: экология и экономика. 2014. Вып. 3 (15). С. 18–29.

Шевченко В.П., Филиппов А.С., Богунов А.Ю., Гоголицын В.А., Лещев А.В., Толстиков А.В. Геохимические исследования взвеси в маргинальном фильтре реки северная Двина в конце зимнего периода // Вестник Архангельского гос. техн. ун-та. (Прикладная геоэкология). 2007. Вып. 70. С. 164–176.

Шевченко В.П., Филиппов А.С., Богунов А.Ю., Гордеев В.В., Демина Л.Л., Лебедев А.А., Лещев А.В., Морева О.Ю., Насекина А.А., Скибинский Л.Э., Яковлев А.Е. Геохимические исследования снега, льда и воды в устьевой зоне реки Северной Двины в феврале 2006 г. // Вестник Архангельского гос.техн. ун-та. (Прикладная геоэкология). 2008. Вып. 74. С. 118–135.

Шевченко В.П., Покровский О.С., Филиппов А.С., Лисицын А.П., Бобров В.А., Богунов А.Ю., Завернина Н.Н., Золотых Е.О., Исаева А.Б., Кокрятская Н.М., Коробов В.Б., Кравчишина М.Д., Новигатский А.Н., Политова Н.В. Об элементном составе взвеси реки Северная Двина (бассейн Белого моря) // Доклады РАН. 2010. Вып. 430. № 5. С. 686–692.

Шевченко В.П., Широкова Л.С., Здоровеннов Р.Э., Новигатский А.Н., Покровский О.С., Политова Н.В. Распределение растворенного органического углерода в маргинальном фильтре реки Кеми (Белое море) в летний период // Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водоемах и морских водах: Материалы V Всероссийского симпозиума с международным участием. 10–14 сентября 2012 г. г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012. С. 279–282.

Ittekkot V., Laane R.W.P. Fate of riverine particulate organic matter // Biogeochemistry of Major World Rivers. E. Degens, S. Kempe, Y. Richey-eds. SCOPE-UNE. 1991. P. 1–12.

Johnston S. E., Shorina N., Bulygina E., Vorobjeva T., Chupakova A., Klimov S. I., Kellerman A.M., Guillemette F., Shiklomanov A., Podgorski D., Spencer R. G. M. Flux and seasonality of dissolved organic matter from the Northern Dvina (Severnaya Dvina) River, Russia // Journal of Geophysical Research: Biogeosciences. 2018. P. 1–16.

Lisitzin A.P. The continental-ocean boundary as a marginal filter in the World Ocean // Biochemical cycling and sediment ecology. Eds. J.S. Gray et al. Dordrecht: Kluwer, 1998. P. 69–109.

Meybeck M. Carbon, nitrogen and phosphorus transport by world rivers // American Journal of Science. 1982. Vol. 282. P. 401–450.

Pokrovsky O.S., Viers J., Shirokova L.S., Shevchenko V. P., Dupré B., Filippov A. S. Dissolved suspended and colloidal fluxes of organic carbon, major and trace elements in the Severnaya Dvina river and its tributary // Chem. Geology. 2010. Vol. 273. P. 136–149.

Shevchenko V.P., Filippov A.S., Novigatsky A.N., Skibinskiy L.E., Leschev A.V., Alexankina S.P., Korobov V.B., Vasilyev Yu.L., Sedelkova V.B., Grishman V.T. Suspended particulate matter dynamics in the Northen Dvina delta, the White Sea, during the flood // Berichte zur Polar- und Meeresforschung. 2005. No. 506. P. 104–107.

FEATURES OF SEASONAL DISTRIBUTION OF A SUSPENDED MATTER AND ORGANIC CARBON ACCORDING TO «MARGINAL FILTER OF THE RIVER SEVERNAYA DVINA» OBSERVATORY

Kochenkova A.I., Novigatsky A. N., Gordeev V.V., Korobov V.B., Belorukov S.K., Lokhov A.S., Yakovlev A.E.

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospect, Moscow, 117997, Russia, e-mail: kochen.a@mail.ru

Submitted 01.06.2018, accepted 18.06.2018

The results of the first three years of work in the frames of the project «Observatory –the Marginal Filter of Severnaya Dvina River» are presented. The main aim of this project is the regular investigations of sedimentological, geochemical and biological processes in the Severnaya Dvina River lower flow. The samples of surface water were taken every month during three years in two points in the Arkhangelsk city (Yacht-club) and in the port Economya. On the basis of collected by authors of the materials concentration of a suspended matter (SPM), the particulate organic carbon (POC) and the dissolved organic carbon (DOC) during different seasons of year. It is shown that the maximal concentration of a suspended matter on the period of a spring flood and reach 46 mg/l, and minimum are characteristic of the period of a winter low water – to 1,5 mg/l that corresponds to the maximal and minimum river drain. Average concentration of a suspended matter for the three-year period made 7,8 mg/l. Distribution of concentration of POC expressed in mg/l within a year repeats distribution of a suspended matter, and in three years averages 0,82 mg/l. The maintenance of POC expressed in % in three years averaged 8,5% the Seasonal maximum is noted during the spring and summer period when it reached 24,7%. The maintenance of DOC varies in the range of 5,2 – 29,2 mg/l, averaging 15,3 mg/l in three years that by 3 times exceeds mean global value – 5,75 mg/l.

Keywords: Severnaya Dvina, suspended matter, suspended and dissolved organic carbon, marginal filter

References

Artemiev V.E., Lazareva E.V., and Idzhyan M.G. Organicheskoe veshhestvo v ehstuarii r. Severnoj Dviny (Organic matter in the estuary of the Severnaya Dvina river). *Litologiya i poleznye iskopaemye*, 1984, Vol. 5, pp. 51–57.

Berger V.Ya. and Naumov A.D. Istoriya osvoeniya i izucheniya Belogo morya (History of development and study of the White Sea). Beloe more. Biologicheskij resursy i problemy ikh ratsional'nogo ispol'zovaniya. P.I. S-Peterburg: ZIN RAS, 1995, pp. 7–40.

Brekhovskikh V.F., Volkova Z.V., and Kolesnichenko N.N. Problemy kachestva poverkhnostnykh vod v bassejne Severnoj Dviny (Problems of surface water quality in the Severnaya Dvina basin), Moscow: Nauka, 2003, 233 p.

Brizgalo VA., Ivanov V.V., and Nechayev S.A. Ehkologicheskoe sostoyanie nizov'ya i ust'ya r. severnaya Dvina i ego izmeneniya v usloviyakh antropogennykh vozdejstvij. Problemy Arktiki i Antarktiki (Ecological condition of the lower reach and ostium of the Severnaya Dvina river and its changes in conditions of anthropogenic influences), Problemy Arktiki i Antarktiki, S-Peterburg: Gidrometeoizdat, 2002, Release 73, pp. 135–152.

Filatov N.N., Tolstikov A.V, Bogdanova M.S., Litvinenko A.V., and Menshutkin V.V. Sozdanie informatsionnoj sistemy i ehlektronnogo atlasa po sostoyaniyu i ispol'zovaniyu resursov Belogo morya i ego vodosbora, *Arktika: ehkologiya i ehkonomika*, 2014, Vol. 3 (15), pp. 18–29.

Fedorov YU.A., Ovsepyan A.EH., and Korobov V.B. Osobennosti raspredeleniya, migratsii i transformatsii rtuti v vodakh ust'evoj oblasti r. Severnaya Dvina (Features of distribution, migration and transformation of mercury in waters of estuarial area of the Severnaya Dvina river). *Meteorologiya i gidrologiya*, 2010, No. 4, pp. 85–92.

Fedorov Y.A., Ovsepyan A.E., Dotsenko I.V., Lisitzin A.P., Novigatskii A.N., and Shevchenko V.P. Zakonomernosti raspredeleniya rtuti v donnykh otlozheniyakh po razrezu reka Severnaya Dvina Beloe more (Patterns of mercury distribution in bottom sediments along the Severnaya Dvina-White Sea section). *Doklady Earth Sciences*, 2011, Vol. 436, No. 1, pp. 51–54.

Gordeev V.V. Rechnoj stok v okean i cherty ego geokhimii (River flow into the ocean and features of its geochemistry), Moscow: Nauka, 1983, 160 p.

Gordeev V.V. Sistema reka-more i eyo rol' v geokhimii okeana (The river-sea system and its role in the geochemistry of the ocean). Doct. geol.-min. sciences, Moscow: Institute of Oceanology of the RAS, 2009, 240 p.

Gordeev V.V. Geokhimiya sistemy reka-more (Geochemistry of the river-sea system). Moskow, IP Matushkina N.I., 2012, 452 p.

Gordeev V.V., Filippov A.S., Kravchyshina M.D., Novigatsky A.N., Pokrovsky O.S., Shevchenko V.P., and Dora O.M. Osobennosti geokhimii rechnogo stoka v Beloe more. (The geochemical pecularities of the river discharge to the White Sea geosphere, System of the White Sea. T. 2: Water column and interacting with it atmosphere, cryosphere, the river runoff and the biosphere, Moscow: Scientific World, 2012, pp. 225–308.

Gordeev V.V., CHul'cova A.L., Kochenkova A.I., Belorukov S.K., CHupakova A.A., Moreva O.YU, Neverova N.V., and Chupakov A.V. Sezonnye variacii koncentracij rastvoryonnyh neorganicheskih form biogennyh ehlementov v nizhnem techenii Severnoj Dviny i v zone smesheniya rechnyh i morskih vod. *Voda: himiya i ehkologiya*, 2018, No. 4–6, pp. 75–85.

Ittekkot V. and Laane R.W.P. Fate of riverine particulate organic matter, Biogeochemistry of Major World Rivers. E. Degens, S. Kempe, Y. Richey-eds. SCOPE-UNE, 1991, pp. 1–12.

Johnston S. E., Shorina N., Bulygina E.,Vorobjeva T., Chupakova A., Klimov S. I., Kellerman A. M., Guillemette F., Shiklomanov A., Podgorski D., and Spencer R. G. M. Flux and seasonality of dissolved organic matter from the Nothern Dvina (Severnaya Dvina) River, Russia, *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 2018, pp. 1–16.

Kochenkova A.I., Novigatsky A.N., and Gordeev V.V. Raspredelenie vzvesi v marginal'nom fil'tre Severnoj Dviny v kontse leta (Distribution of suspended matter in the marginal filter of the Severnaya Dvina at the end of summer), *Advances in current natural sciences*, 2018, No. 2, pp. 106–112.

Kravchishina M. D., Shevchenko V.P., Filippov A.S., Novigatsky A.N., Dara O.M., Alekseeva T.N., and Bobrov V.A. Veshhestvennyj sostav vodnoj vzvesi ust'ya reki Severnoj Dviny (Beloe more) v period vesennego polovod'ya (Material composition of SPM of the Severnaya

Dvina river mouth (White Sea) during Spring flood), *Oceanologiya*, 2010, Vol. 50, No. 3, pp. 396–416.

Leshchev A.V., Miskevich I.V., Korobov V.B., Lokhov A.S., Chultsova A.L., Khomenko G.D., Belorukov S.K., and Yakovlev A.E. Prostranstvennye osobennosti prilivnoj izmenchivosti gidrologo-gidrokhimicheskikh kharakteristik ust'evoj oblasti reki Severnaya Dvina v zimnyuyu mezhen' (Spatial features of tidal variability of the hydrological and hydrochemical characteristics in the Northern Dvina River mouth area during the winter low-water period), *Oceanologiya*, 2017, Vol. 57, No. 2, pp. 270–277.

Lisitsyn A.P. Marginal'nyj fil'tr okeanov (Marginal filter of oceans), *Oceanologiya*, 1994, Vol. 34, No. 5, pp. 735–747.

Lisitzin A.P. (The continental-ocean boundary as a marginal filter in the World Ocean // Biochemical cycling and sediment ecology), Eds. J.S. Gray et al., Dordrecht: Kluwer, 1998, pp. 69–104.

Lisitsyn A.P. Potoki osadochnogo veshhestva, prirodnye fil'try i osadochnye sistemy «zhivogo okeana» (Streams of sedimentary substance, natural filters and sedimentary systems of «the alive ocean»), *Geologiya i geofizika*, 2004, Vol. 45, No. 1, pp 159–224.

Lisitsyn A.P. Protsessy v vodosbore Belogo morya: podgotovka, transportirovka i otlozhenie osadochnogo materiala, potoki veshhestva, kontseptsiya «zhivogo vodosbora» (Processes in the catchment area of the White Sea: preparation, transportation and adjournment of sedimentary material, substance streams, concept of «an alive catchment area»), The White Sea system, Vol. I, Moscow, Scientific World, 2010, pp. 353–445.

Mikhajlov V. N. Ust'ya rek Rossii i sopredel'nykh stran: proshloe, nastoyashhee i budushhee (Mouths of the rivers of Russia and adjacent countries: last, real and future). Moskow: GEOS, 1997, 232 p.

Meybeck M. Carbon, nitrogen and phosphorus transport by world rivers. *American Journal of Science*, 1982, Vol. 282, pp. 401–450.

Obzor gidrometeorologicheskikh uslovij v aprele 2016 goda na territorii Arkhangel'skoj oblasti (The review of hydroweather conditions in April, 2016 in the territory of the Arkhangelsk region), Electronic URL resource: *http://www.sevmeteo.ru/weather/gidro/2689/* (last accessed in 28.03.2018).

Pokrovsky O.S., Viers J., Shirokova L.S., Shevchenko V. P., Dupré B., and Filippov A. S. Dissolved, suspended and colloidal fluxes of organic carbon, major and trace elements in the Severnaya Dvina river and its tributary. *Chem. Geology,* 2010, Vol. 273, pp. 136–149.

Shevchenko V.P., Filippov A.S., Novigatsky A.N., Skibinskiy L.E., Leschev A.V., Alexankina S.P., Korobov V.B., Vasllyev Yu L., Sedelkova V.B., and Grishman V.T. Suspended particulate matter dynamics in the Northen Dvina delta, the White Sea, during the flood, *Berichte zur Polar- und Meeresforschung*, 2005, No. 506, pp. 104–107.

Shevchenko V.P., Filippov A.S., Bogunov A.Yu., Gogolitsyn V.A., Leshchev A.V., and Tolstikov A.V. Geokhimicheskie issledovaniya vzvesi v marginal'nom fil'tre reki severnaya Dvina v kontse zimnego perioda (Geochemical researches of suspended matter in the marginal filter of the Severnaya Dvina river at the end of the winter period), *Prikladnaya geoehkologiya*, 2007, Vol. 70, pp. 164–176.

Shevchenko V.P., Filippov A.S., Bogunov A.Yu., Gordeev V.V., Dyomina L.L., Lebedev A.A., Leshchev A.V., Moreva O.Yu., Nasekina A.A., Skibinsky L.E., and Yakovlev A.E. Geokhimicheskie issledovaniya snega, l'da i vody v ust'evoj zone reki Severnoj Dviny v fevrale 2006 g (Geochemical researches of snow, ice and water in an estuarial zone of the river of Severnaya Dvina in February, 2006). *Prikladnaya geoehkologiya*, 2008, Vol. 74, pp. 118–135.

Shevchenko V.P., Pokrovskij O.S., Filippov A.S., Lisitsyn A.P., Bobrov V.A., Bogunov A.YU., Zavernina N.N., Zolotykh E.O., Isaeva A.B., Kokryatskaya N.M., Korobov V.B., Kravchishina M.D., Novigatskij A.N., and Politova N.V. Ob ehlementnom sostave vzvesi reki Severnaya Dvina (bassejn Belogo morya), *Doklady RAN*, 2010, Vol. 430, No. 5, pp. 686–692.

Shevchenko V.P., Shirokova L.S., Zdorovennov R.E., Novigatsky A.N., Pokrovsky O.S., and Politova N.V. Raspredelenie rastvorennogo organicheskogo ugleroda v marginal'nom fil'tre reki Kemi (Beloe more) v letnij period (Distribution of the dissolved organic carbon in the marginal filter of the Kemi River (White Sea) during the summer period, Materials V of the All-Russian symposium with the international participation, On September 10–14, 2012, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia, Petrozavodsk: Karelian scientific center of RAS, 2012, pp. 279–282.

System of the White Sea. Vol. I: Natural enviromental of the catchment area of the White Sea, Eds. A.P. Lisitsyn, Moskow: Scientific World, 2010, 480 p.

System of the White Sea. Vol. II: Water column and interacting with it atmosphere, cryosphere, the river runoff and the biosphere, Eds. A.P. Lisitsyn, Moskow: Scientific World, 2012, 784 p.

System of the White Sea. Vol. III: Dispersed sidementary hydrosphere material, microbial processes and pollution, Eds. A.P. Lisitsyn, Moskow: Scientific World, 2013, 668 p.

System of the White Sea. Vol. IV: The processes of sedimentation, geology and history, Eds. A.P. Lisitsyn, Moskow: Scientific World, 2017, 1030 p.