

## ОБЗОРЫ

УДК 504:502

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ  
СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ (БЕЛОЕ МОРЕ)****<sup>1</sup>Котова Е.И., <sup>1</sup>Коробов В.Б., <sup>1</sup>Шевченко В.П., <sup>2</sup>Иглин С.М.**<sup>1</sup>*Институт океанологии им. П.П. Ширишова РАН, Москва, e-mail: esopp@yandex.ru;*<sup>2</sup>*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск*

Устьевая область, с одной стороны, является фактором мощного воздействия на прилегающую морскую среду, с другой стороны, ее состояние формируется под воздействием всей территории водосбора реки. Таким образом, устьевая область – объект, информация о состоянии которого может применяться для характеристики морской среды и территории водосбора. Северная Двина является одной из крупнейших рек европейского Севера России. Ее сток играет существенную роль в процессах, происходящих в Белом море. В статье представлен обзор факторов, влияющих на загрязнение устьевой области Северной Двины, источников поступления поллютантов и уровня загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных вод. Несмотря на локальную загрязненность, ситуацию в устьевой области нельзя назвать острой. Показано, что имеется ряд нерешенных проблем, что не даёт возможности оценить характер распространения и накопления поллютантов на её акватории, таких как перераспределение стока через протоки дельты, влияние стратификации атмосферы на состав аэрозолей, пространственная и временная неоднородность загрязнения, поведение экосистемы при аварийных ситуациях, появление новых видов поллютантов. Несмотря на многочисленные исследования и множество публикаций, полная картина экологического состояния устьевой области Северной Двины ещё далеко не ясна. Лучшему пониманию происходящего препятствует существующая система экологического мониторинга и ведомственная разобщённость. К объективным обстоятельствам относятся уровень моделирования такого рода объектов, не позволяющий получить адекватную картину происходящего. Это касается всех приливных устьев арктических рек и может быть преодолено совместными усилиями научного сообщества.

**Ключевые слова:** устьевая область Северной Двины, экологическая ситуация, источники загрязнения

**ENVIRONMENTAL SITUATION IN THE SEVERNAYA DVINA MOUTH ZONE  
(THE WHITE SEA)****<sup>1</sup>Kotova E.I., <sup>1</sup>Korobov V.B., <sup>1</sup>Shevchenko V.P., <sup>2</sup>Iglin S.M.**<sup>1</sup>*Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow;*<sup>2</sup>*M.V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk*

The river mouth region is a factor of a powerful impact on the adjacent marine environment. It is formed under the influence of the entire river catchment area. The mouth zone is an object of information about the state of which can be used to characterize the marine environment and the catchment area. The Severnaya Dvina is one of the largest rivers in the European North of Russia. Its runoff plays a significant role in the processes taking place in the White Sea. The article provides an overview of factors affecting the pollution of the mouth zone of Severnaya Dvina, sources and the level of pollution. Despite local pollution, the situation in the mouth zone cannot be called acute. It has been shown that there are a number of unresolved problems that make it impossible to assess the nature of the distribution and accumulation of pollutants in its water area, such as redistribution of runoff through delta channels, the effect of atmospheric stratification on the composition of aerosols, spatial and temporal heterogeneity of pollution, ecosystem behavior in emergency situations, new types of pollutants. A better understanding of what is happening is hampered by the existing environmental monitoring system and departmental fragmentation. Objective circumstances include the level of modeling of such objects, which does not allow to obtain an adequate picture of what is happening. This applies to all tidal mouths of the Arctic rivers and can be overcome by the joint efforts of the scientific community.

**Keywords:** the mouth zone of Severnaya Dvina, ecological situation, sources of pollution

Устьевая область, с одной стороны, является фактором мощного воздействия на прилегающую морскую среду, с другой стороны, ее состояние формируется под воздействием всей территории водосбора реки. Таким образом, устьевая область – объект, информация о состоянии которого может применяться для характеристики морской среды и территории водосбора. Северная Двина является одной из крупнейших рек европейского Севера России. Площадь её водосбора составляет 357 тыс. км<sup>2</sup>, а реч-

ной сток равен около 110 км<sup>3</sup> в год [1]. Такая величина стока играет существенную роль в процессах, происходящих в Белом море: стоковое течение распространяется вдоль восточного берега вплоть до Баренцева моря, распределяя воды этих морей и перенося загрязнение, содержащееся в речных водах. При впадении в Белое море Северная Двина образует многорукавную обширную дельту (рис. 1) площадью около 1000 км<sup>2</sup> [1]. В районе дельты Северной Двины расположены 3 промышленных города (Архан-

гельск, Северодвинск, Новодвинск) и многочисленные малые населённые пункты, морской и речной порт, которые оказывают влияние на состояние окружающей среды района исследования (рис. 1).

Мониторинг состояния и загрязнения водной среды и воздуха в дельте Северной Двины проводится государственными органами (территориальные подразделения Росгидромета, Росводресурсов и др.). В данном случае устанавливается соответствие концентраций загрязняющих веществ действующим значениям предельно допустимых концентраций (ПДК). При этом не учитываются региональные особенности территории. Например, фоновое содержание железа, меди, марганца уже превышает ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения. В то же время научное сообщество проводит исследования состояния водных и наземных экосистем, которые свидетельствуют о реальном воздействии на окружающую среду. Таким образом, государственный мониторинг загрязнения и научные исследования имеют разные цели и фактические результаты. Цель работы – дать общую оценку загрязнения дельты Северной Двины по данным разных источников информации.

#### *Факторы, влияющие на загрязнение вод устьевой области Северной Двины*

Б.И. Кочуров рассматривает экологические ситуации как сочетание различных с точки зрения проживания и состояния здоровья человека условий и факторов, создающих на территории определенную обстановку разной степени благополучия [2]. В качестве основных факторов, влияющих на экологическую ситуацию рассматриваемой территории, можно назвать следующие.

*Сброс сточных вод.* По данным многолетних наблюдений, этот фактор можно считать наиболее важным. Несмотря на наличие очистных сооружений, не все сбрасываемые воды проходят через них. Опасность такого сброса заключается в непосредственном попадании загрязнителей в речные воды и локализации их на определенных участках.

*Выбросы промышленных предприятий и частного сектора.* Из атмосферы загрязняющие вещества осаждаются на водную поверхность и площадь водосбора. Существенно ускоряют попадание загрязнителей в воду атмосферные осадки, вымывающие вещества из атмосферы.



Рис. 1. Дельта Северной Двины: ▲ – створы наблюдений ФГБУ «Северное УГМС»: р. Северная Двина 1 – выше г. Новодвинск, 2 – ниже г. Новодвинск, 3 – ж.-д. мост; 4 – прот. Кузнечиха, 20 км от устья; 5 – рук. Корабельный; 6 – прот. Кузнечиха, 4 км от устья; 7 – прот. Маймакса; 8 – рук. Мурманский; 9 – рук. Никольский

*Смыв загрязнителей с почв при таянии снега.* Не менее полугодя территория водосбора Северной Двины покрыта снегом – мощным накопителем загрязняющих веществ. При таянии снега они частью впитываются в почвы и грунты, частью растворяются в воде и с ней попадают в реку.

*Гидродинамика вод.* Устьевая область Северной Двины подвержена сильным полусуточным приливным и нагонным течениям. Скорости течений, особенно при нагонах и сгонах, могут достигать 2–3 м/с, а высота уровня воды повышается на несколько метров. Такая высокая динамика вод приводит к распространению загрязнения на большие расстояния как из реки в море, так и из моря в реку. При этом течения способствуют разбавлению загрязнителей, снижая их концентрацию. В то же время переотложение наносов течениями, особенно на судоходных каналах, заносимость которых в межсезонье может достигать более 200 см, могут привести к вторичному загрязнению акватории, в том числе во время проведения дноуглубительных работ. К такому же результату могут привести и сильные шторма, способные вызвать переотложение сотен тысяч кубических метров грунта за один шторм.

*Дальний перенос загрязнённых веществ воздушными массами.* Загрязнения по воздуху могут переноситься на большие расстояния от источников мощных выбросов. Оседая на земную поверхность, они попадают в воды устьевой области после таяния снега и льда. В среднем за год на подстилающую поверхность рассматриваемой территории с осадками поступает 350–800 кг/

км<sup>2</sup> азота, что превышает уровень критической нагрузки для лесных и водных экосистем (300 кг/км<sup>2</sup> в год) [3]. В результате влияния морских территорий величина влажных выпадений хлорид-ионов составила 1,12–1,97 т/км<sup>2</sup>, ионов натрия – 0,63–1,01 т/км<sup>2</sup>, сульфатов-ионов – 1,60–3,28 т/км<sup>2</sup>. При этом прослеживается тенденция снижения влажных выпадений данных веществ при удалении от береговой линии. Повышенные значения влажных выпадений сульфатов-ионов на станции Архангельск (3,28 т/км<sup>2</sup> в год) связаны с наложением на воздействие морских аэрозолей влияния промышленных выбросов [4].

*Судоходство.* Гребные винты морских судов взмучивают донные осадки, что приводит к повышению концентрации взвешенных веществ на судоходном канале [5] и вторичному загрязнению речных и морских вод.

#### *Источники и уровень загрязнения*

Основными источниками воздействия на окружающую среду для г. Архангельска являются Архангельская ТЭЦ, автомобильный, речной и железнодорожный транспорт; для г. Новодвинска – АО «Архангельский ЦБК» и автотранспорт. Основной вклад в загрязнение атмосферы г. Северодвинска вносят выбросы таких стационарных источников, как Северодвинская ТЭЦ-1 и Северодвинская ТЭЦ-2, наибольшее количество специфических веществ выбрасывается на АО «ПО «Севмаш» и АО «ЦС «Звездочка». В атмосферу города Архангельска значимая часть загрязняющих веществ поступает с выбросами автотранспорта (рис. 2).

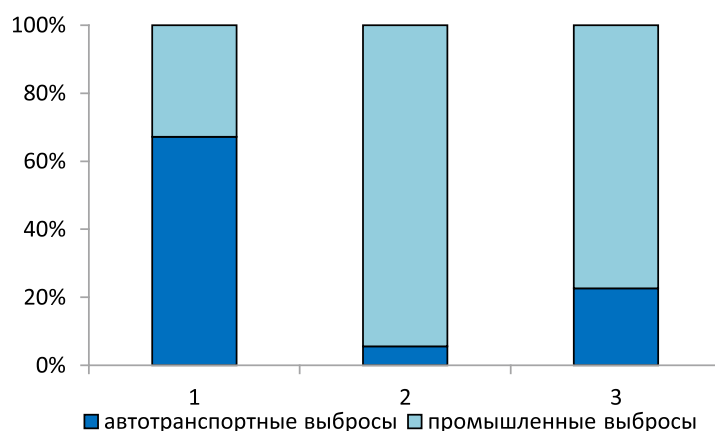


Рис. 2. Структура выбросов в городах: 1 – Архангельск, 2 – Новодвинск, 3 – Северодвинск (составлено авторами по данным ежегодных государственных докладов «Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области»)

В последние годы количество выбросов загрязняющих веществ от промышленных источников на рассматриваемой территории снизилось (рис. 3). Сокращение выбросов связано с переходом Северодвинской ТЭЦ-2 и Архангельской ТЭЦ ГУ ОАО «ТГК-2» по Архангельской области на использование в качестве основного вида топлива природного газа, также с остановкой в апреле 2013 г. производства ОАО «Солонбальский ЦБК». Кроме того, закрылись такие предприятия, как ОАО «Северное лесопромышленное товарищество лесозавод № 3» и ОАО «Лесозавод № 2».

По данным наблюдений Северного УГМС, уровень загрязнения атмосферы в дельте Северной Двины до 2014 г. чаще всего оценивался как повышенный или высокий [6–8]. С 2014 г. уровень загрязнения атмосферы снизился и стал оцениваться как повышенный, а в гг. Новодвинск и Северодвинск – как низкий. Следует обратить внимание, что снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха с 2014 г. связано, прежде всего, с изменением санитарно-гигиенических нормативов концентраций формальдегида и не имеет отношения к реальному изменению уровня загрязнения воздуха этим загрязняющим веществом [6]. Уровень загрязнения городов в большинстве своем определяется повышенными концентрациями в воздухе формальдегида и бенз(а)пирена, в отдельные годы – оксидами и диоксидами азота. Высокое содержание оксидов азота в атмосферном воздухе г. Архангельск отмечается в феврале-апреле, когда средние за месяц значения

превышают предельно допустимые. Это месяцы с минимальным в годовом ходе количеством осадков и высоким содержанием в осадках форм азота [3]. Рост содержания углеводородов в атмосфере устьевого области Северной Двины и прибрежных районах Белого моря зимой (в отопительный сезон) приводит к их концентрированию в снеге и льдах [9] и дальнейшему поступлению в воду.

В загрязнении атмосферного воздуха устьевого области Северной Двины, помимо местных источников, значимую роль играет дальний атмосферный перенос [10]. Влияние Мурманской области проявляется в отношении никеля и меди, где эти элементы в большом количестве поступают в атмосферу в результате деятельности медно-никелевых комбинатов в городах Мончегорск и Никель [11]. Для севера Европейской территории России характерно более высокое содержание свинца и кадмия в воздухе в зимний период по сравнению с летом, что связано с большим временем жизни тяжелых металлов в атмосфере в холодное время и, соответственно, с более эффективным переносом загрязнений из южных районов [12]. Отметим, что дальний перенос может быть весьма значительным, как это имело место в марте 2008 г. [13], когда мощными потоками воздуха пыль была перенесена из южных регионов Европы на Русский Север и покрыла площадь на многие тысячи квадратных километров, вызвав настоящую панику у местного населения.

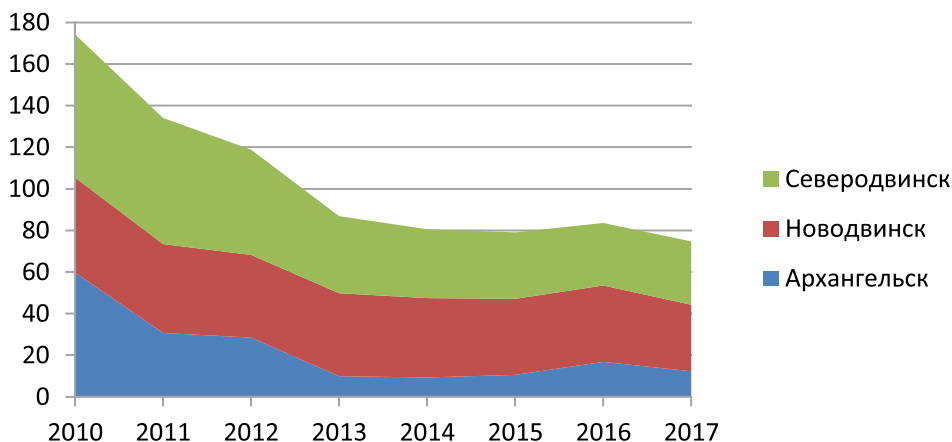


Рис. 3. Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников по городам, тыс. т (составлено авторами по данным ежегодных государственных докладов «Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области»)



По данным государственного мониторинга загрязнения поверхностных вод, в большинстве пунктов наблюдений (рис. 1) в дельте р. Северной Двины, согласно [14], вода реки оценивалась как «загрязненная» и «очень загрязненная» и относилась к 3-му классу качества, разрядам «а» и «б». Наиболее высокий уровень загрязненности в дельте реки характерен для протоков Маймакса и Кузнечиха, где класс качества возрастал до 4-го, разрядов «а» и «б» и вода оценивалась как «грязная». Как показывают результаты государственного мониторинга, уровень загрязнения дельты р. Северная Двина за последние 10 лет существенно не изменился. Изменения качества воды в основном связаны с колебаниями концентраций металлов, обусловленными природными факторами [15–17]. Характерными загрязняющими веществами р. Северная Двина являются трудноокисляемые органические вещества и соединения металлов: железа, меди, цинка, марганца и алюминия. В некоторых пунктах контроля также фенолы и лигносульфонаты. Среднее содержание соединений металлов (железо, медь, цинк, алюминий, марганец) в воде реки превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) в 1,5–4,7 раза (рис. 4).

В то же время максимальные концентрации достигают очень высоких значений. Например, максимальные концентрации соединений железа и марганца, зарегистриро-

ванные в воде рукава Никольский в районе с. Рикасиха в периоды весеннего половодья 2011 и 2014 г., превышали установленные нормативы почти в 30 раз и были связаны с увеличившимся стоком в реки обогатённых этими элементами болотных вод [16; 17]. Наибольшее содержание соединений меди за рассматриваемый период было определено в 2014 г. в р. Северная Двина в районе ж.-д. моста, где превысило предельно допустимое значение в 15 раз. Наибольшее превышение установленного стандарта для соединений цинка (в 7 раз) определено в воде рукава Мурманский (с. Красное) в 2007 г. Следует учитывать, что повышенное содержание соединений металлов в воде р. Северной Двины обусловлено в том числе грунтовым и болотным питанием.

На фоне низкой водности в период зимней и летней межени в протоке Кузнечиха (4 км выше устья) и протоке Маймакса ежегодно наблюдаются случаи нагонных явлений, сопровождающиеся проникновением морских вод в дельту реки. В этот период значительно повышается минерализация воды. Кислородный режим описываемого участка реки в основном оценивается как удовлетворительный. Периодические снижения концентрации растворенного в воде кислорода обусловлены сложившимися гидрометеороусловиями и отмечаются главным образом в меженные периоды (февраль, март, август).

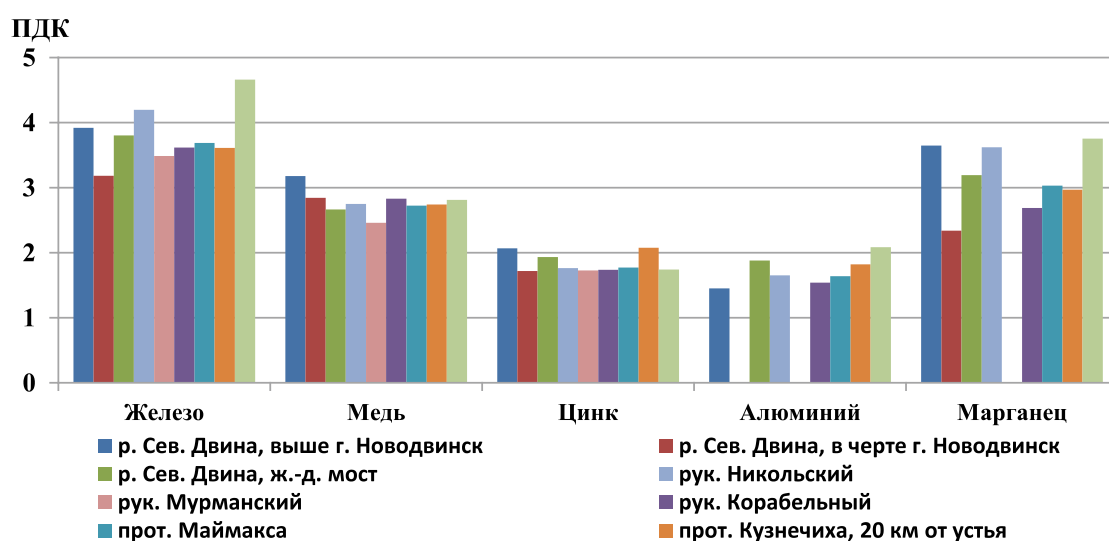


Рис. 4. Средние за 2008-2018 гг. значения содержания металлов в дельте и устьевой области р. Северная Двина, в долях ПДК (составлено авторами по данным [6–8])

Устьевая область Северной Двины длительное время подвергалась воздействию сбросов предприятий целлюлозно-бумажного производства (ЦБП), в технологический цикл которых входила ртуть. Максимальные содержания валовой ртути в донных отложениях устьевой области фиксируются в районе Архангельска, Новодвинска и импактного воздействия ЦБП [18]. Доминирующими формами нахождения являются органокомплексы ртути. Увеличение содержания ртути в пробах наблюдается с ростом концентрации природного и антропогенного органического вещества, пелитового материала, метана и общего сероводорода, миграционная активность ртути в природных условиях региона повышена.

В донных осадках протоки Кузнечиха обнаружены также хлорорганические соединения, попадающие сюда в результате смыва из почв лесозаводов, выбросов и сбросов от промышленно-хозяйственных объектов, расположенных в ее прибрежной зоне [19].

Согласно результатам изучения распределения и состава углеводородов (УВ) [20] в донных осадках рукавов дельты Северной Двины во время половодья, несмотря на довольно постоянный их литологический состав (преобладала песчано-алевритовая фракция), наблюдается высокая дисперсность данных как для алифатических углеводородов (АУВ), так и для органического углерода ( $C_{\text{орг}}$ ). Обусловлено это множественностью источников поступления органических соединений. Для всего массива данных гранулометрический фактор при распределении ОС оказывает основное влияние, так как в целом наблюдалась зависимость между распределением изучаемых соединений и влажности осадков  $C_{\text{орг}}$  и АУВ:  $r(C_{\text{орг}} - \text{АУВ}) = 0,81$ . Это может свидетельствовать как об одинаковых путях поступления природных и антропогенных соединений в донные осадки, так и о быстрой трансформации нефтяных УВ. При этом значительная их часть осажается на геохимическом барьере, образующемся в зоне смешения речных и морских вод, который является природным фильтром, препятствующим проникновению в Белое море нефтяных, а также пирогенных углеводородов [21].

#### *Нерешённые проблемы*

Несмотря на более чем столетнюю историю исследования устьевой области Се-

верной Двины, ряд процессов ещё далеко не изучены, что не даёт возможности оценить характер распространения и накопления загрязняющих веществ на её акватории. Укажем на наиболее важные из них.

*Перераспределение стока через протоки дельты.* До сих пор неизвестен даже приближённо объём вод, перетекающих по многочисленным протокам, образующимся островами дельты, из рукава в рукав, без чего невозможно точно оценить загрязнение вод, особенно при аварийных сбросах и разливах. Математические модели пока дают возможность решать только некоторые, пусть и достаточно важные, частные задачи, в том числе и прогнозирования распространения химических соединений [22–24].

*Влияние стратификации атмосферы на состав аэрозолей.* В экспедиционных исследованиях распространения аэрозолей над Белым морем, среди которых, как показано выше, могут быть многие загрязнители, установлен факт влияния на их распространение состояния нижних слоёв атмосферы [25]. Краткосрочные последствия для экосистемы и здоровья населения ситуаций, особенно при аномальных инверсиях, ещё не изучены.

*Пространственная и временная неоднородность загрязнения.* Экспедиционные исследования [26–28] показали, что концентрации веществ, содержащихся в воде и донных отложениях, обладают достаточно большой временной и пространственной изменчивостью. В этом смысле можно выделить три зоны: «речная» – от Усть-Пинеги до дельты, дельта и устьевое взморье. Установление строго обоснованных различий в потоках вещества в этих трёх зонах – одна из самых востребованных задач. Сильно изменятся поток взвешенных веществ в период половодья [17; 29; 30]. Такая же проблема характерна для всех приливных устьевых областей арктических морей, даже таких крупных, как Обь, несмотря на то что в них границы между разными типами вод несколько другие [31; 32].

*Поведение экосистемы при аварийных ситуациях.* Известно, что аварийные сбросы и выбросы на предприятиях и в водном транспорте могут приводить к очень тяжёлым последствиям. И хотя это происходит редко [33], тем не менее существует большая вероятность угрозы функционированию экосистемы и здоровью населения. С нашей точки зрения, наибольшую опасность представляет угроза нефтяного

загрязнения от расположенной в устьевой области нефтебазы и её транспортировки танкерами, дедвейтом более 20000 т. Мировой опыт и результаты моделирования [34] показывают, что зона поражения акватории и берегов может быть огромной, а ущерб исчисляться сотнями, а то и миллиардами долларов. Районирование акватории Белого моря относительно экологической угрозы, которую создают танкерные перевозки, показало, что устьевая часть Северной Двины и восточная часть Двинского залива являются одними из наиболее уязвимых участков независимо от сезона [35]. Необходимо отметить, что аварийные ситуации на предприятиях не всегда приводят к сильному загрязнению речных вод. Так, 2 марта 2005 г. на тепловой электростанции Архангельского целлюлозно-бумажного комбината произошел прорыв дамбы золошлакоотвала. В результате некоторая часть загрязняющих веществ из тела дамбы была смыта в Северную Двину. Сразу после аварии были отобраны пробы воды, снега и льда в дельте Северной Двины и на устьевом взморье Белого моря. На основании выполненных анализов зафиксировано только локальное загрязнение речных и морских вод взвешенными веществами, обусловленное смывом твердых веществ, составляющих тело дамбы. Также было отмечено превышение некоторых других ингредиентов и показателей качества вод, однако не все из них могут быть однозначно квалифицированы как результат аварии [33].

«Новые загрязнители». Постоянно появляются выпускаемые промышленностью новые загрязняющие вещества, например, средства бытовой химии для мытья посуды, влияние которых на природную среду требует своего изучения [36]. Глобальные процессы распространения этих веществ и миграция их в природных средах ещё только по-настоящему начинается, хотя и приобрела международный размах (например, проблема загрязнения окружающей среды черным углеродом [37]). В последние годы все большую озабоченность в отношении окружающей среды вызывает микропластик [38; 39].

### Заключение

В рамках одной публикации невозможно отразить все аспекты экологического состояния такого сложного объекта, как устьевая область Северной Двины. В целом можно констатировать, что, несмотря на загрязнённость некоторых участков акватории и дон-

ных отложений, ситуацию в её устьевой области нельзя назвать острой. Тем не менее, несмотря на многочисленные исследования и множество публикаций, полная картина природных условий этого природного объекта ещё далеко не ясна. Лучшему пониманию происходящего препятствует существующая система экологического мониторинга и ведомственная разобщённость. К объективным обстоятельствам следует отнести уровень моделирования такого рода объектов, не позволяющий получить адекватную картину происходящего. Но это касается всех приливных устьев арктических рек и может быть преодолено совместными усилиями научного сообщества.

### Список литературы / References

1. Гидрология устьевой области Северной Двины / Под ред. Зотина М.И., Михайлова В.Н. М.: Гидрометеоздат, 1965. 376 с.
- Hydrology of the estuarine region of the Northern Dvina / Pod red. Zotina M.I., Mikhaylova V.N. M.: Gidrometeoizdat, 1965. 376 p. (in Russian).
2. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. М.–Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.
- Kochurov B.I. Ecodiagnostics and balanced development. M.–Smolensk: Magenta, 2003. 384 p. (in Russian).
3. Котова Е.И. Оценка влияния местных источников загрязнения и дальнего переноса на формирование ионного состава атмосферных осадков и снежного покрова прибрежной зоны западного сектора Арктики: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону, 2013. 23 с.
- Kotova E.I. Assessment of the influence of pollution local sources and long-range transport on the formation the of precipitation and snow cover ionic composition of the coastal zone of the western sector of the Arctic: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Rostov-na-Donu, 2013. 23 p. (in Russian).
4. Котова Е.И., Коробов В.Б., Шевченко В.П. Особенности формирования ионного состава снежного покрова в прибрежной зоне западного сектора Арктических морей России // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7843> (дата обращения: 28.03.2020).
- Kotova E.I., Korobov V.B., Shevchenko V.P. Peculiarities of the formation of the ion composition of the snow cover in the coastal zone of the western sector of Russian Arctic // Modern problems of science and education. 2012. № 6. [Electronic resource]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7843> (date of access: 28.03.2020) (in Russian).
5. Лещёв А.В. Влияние судоходного канала порта Архангельск на перенос взвешенных веществ в зоне смешения «река-море» устья реки Северной Двины // Проблемы региональной экологии. 2018. № 1. С. 17–21. DOI: 10.24411/1728-323X-2018-12017.
- Leshchev A.V. The influence of the shipping channel of the port of Arkhangelsk on the transport of suspended solids in the river-sea mixing zone of the mouth of the Northern Dvina River // Problemy regional'noy ekologii. 2018. № 1. P. 17–21 (in Russian).
6. Обзор загрязнения окружающей среды на территории деятельности ФГБУ «Северное УГМС». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sevmeteo.ru/monitoring/reviews> (дата обращения: 02.04.2020).
- Overviews of environmental pollution in the territory of the FSBI «Northern AHEM». URL: <http://www.sevmeteo.ru/monitoring/reviews> (date of access: 02.04.2020) (in Russian).

7. Обзор загрязнения окружающей среды на территории деятельности Северного УГМС за 2008 г. Архангельск: Северное УГМС, 2009. 121 с.
- Overviews of environmental pollution in the territory of the FSBI «Northern ANEM» in 2008. Arkhangel'sk: Severnoye UGMS, 2009. 121 p. (in Russian).
8. Обзор загрязнения окружающей среды на территории деятельности Северного УГМС за 2009 г. Архангельск: Северное УГМС, 2010. 139 с.
- Overviews of environmental pollution in the territory of the FSBI «Northern ANEM» in 2009. Arkhangel'sk: Severnoye UGMS, 2010. 139 p. (in Russian).
9. Немировская И.А. Нефть в океане (загрязнение и природные потоки). М.: Научный мир, 2013. 432 с.
- Nemirovskaya I.A. Oil in the ocean (pollution and natural flows). M.: Nauchnyy mir, 2013. 432 p. (in Russian).
10. Котова Е.И., Шевченко В.П. Влияние дальнего атмосферного переноса на формирование ионного состава атмосферных осадков и снежного покрова прибрежной зоны западного сектора российской Арктики // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–11. С. 2378–2382.
- Kotova E.I., Shevchenko V.P. Influence of long-range atmospheric transport on formation of ionic composition of atmospheric precipitation and snow cover in coastal zone of Western Russian Arctic // Fundamental research. 2014. № 12–11. P. 2378–2382 (in Russian).
11. Vinogradova A.A., Ponomareva T.Y. Atmospheric transport of anthropogenic impurities to the Russian arctic (1986–2010). Atmospheric and Oceanic Optics. 2012. T. 25. № 6. С. 414–422. DOI: 10.1134/S1024856012060127.
12. Виноградова А.А., Котова Е.И. Вклады источников Европы в загрязнение свинцом и кадмием северных районов Европейской России // Живые и биокосные системы. 2018. № 23. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-23/article-2> (дата обращения: 02.04.2020).
- Vinogradova A.A., Kotova E.I. Contributions of European sources to lead and cadmium pollution in the northern regions of European Russia // Zhivyye i biokosnyye sistemy. 2018. № 23. [Electronic resource]. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-23/article-2> (date of access: 02.04.2020) (in Russian).
13. Shevchenko V.P., Korobov V.B., Lisitzin A.P., Aleshinskaya A.S., Bogdanova O.Yu., Goryunova N.V., Grishchenko I.V., Dara O.M., Zavermina N.N., Kurteeva E.I., Novichkova E.A., Pokrovsky O.S., Sapozhnikov F.V. First data on the composition of atmospheric dust responsible for yellow snow in Northern European Russia in March 2008. Doklady Earth Sciences. 2010. V. 431. № 2. P. 497–501. DOI: 10.1134/S1028334X10040185.
14. РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов н/Д., 2002. 49 с.
15. Nikanorov A.M., Bryzgalov V.A., Reshetnyak O.S., Kondakova M.Yu. Pollutant transport in large rivers of the European North and Siberia. Water Resources. 2015. V. 42. P. 322–330. DOI: 10.1134/S0097807815010091.
16. Shirokova L.S., Chupakova A.A., Chupakov A.V., Pokrovsky O.S. Transformation of dissolved organic matter and related trace elements in the mouth zone of the largest European Arctic river: experimental modeling. Inland Waters. 2017. V. 7. № 3. P. 272–282. DOI: 10.1080/20442041.2017.1329907.
17. Gordeev V.V., Lisitzin A.P. Geochemical interaction between the freshwater and marine hydrospheres. Russian Geology and Geophysics. 2014. V. 55. № 5–6. P. 562–581. DOI: 10.1016/j.rgg.2014.05.004.
18. Ovsepyan A.E., Fedorov Yu.A., Zimovets A.A., Savitsky V.A. Estimation of mercury accumulation in the objects of animate and inanimate nature in The North of European Russia. In the World of Scientific Discoveries, Series B. 2016. V. 4. № 1–2. С. 4–16.
19. Троянская А.Ф., Никитина И.А., Вахрамеева Е.А. Хлороорганические соединения в донных осадках дельтовой протоки Северной Двины // Водные ресурсы. 2013. Т. 40. № 3. С. 287–294. DOI: 10.7868/S0321059613030085.
- Troyanskaya A.F., Nikitina I.A., Vakhrameeva E.A. Organochlorine compounds in bottom sediments of a delta Branch of the Northern Dvina. Water Resources. 2013. № 3. С. 297–304. DOI: 10.1134/S0097807813030081.
20. Реджепова З.Ю., Немировская И.А. Углеводороды в поверхностных водах и осадках арктических морей // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2016. № 3. С. 72–80.
- Rejepova Z.Yu., Nemirovskaya I.A. Hydrocarbons in surface waters and sediments of the Arctic seas // Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon morya. 2016. № 3. P. 72–80 (in Russian).
21. Nemirovskaya I.A. Oil compounds in the bottom sediments of the White Sea // Sedimentation Processes in the White Sea: The White Sea Environment. Part II / A.P. Lisitsyn and L.L. Demina (eds.). Hdb. Env. Chem. Springer Nature, 2018. P. 271–294.
22. Лебедева С.В. Динамика потока в приливном много-рукавном устье крупной реки (на примере р. Северная Двина): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Москва, 2016. 26 с.
- Lebedeva S.V. Flow dynamics in the tidal multi-arm estuary of a large river (on the example of the Severnaya Dvina river): avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Moscow, 2016. 26 p. (in Russian).
23. Мискевич И.В. Гидрохимия приливных устьев рек: методы расчёта и прогнозирования: дис. ... докт. геогр. наук. Архангельск, 2004. 290 с.
- Miskevich I.V. Hydrochemistry of tidal estuaries: methods of calculation and forecasting: dis. ... dokt. geogr. nauk. Arkhangel'sk, 2004. 290 p. (in Russian).
24. Shirokova L.S., Chupakova A.A., Chupakov A.V., Pokrovsky O.S. Transformation of dissolved organic matter and related trace elements in the mouth zone of the largest European Arctic river: experimental modeling. Inland Waters. 2017. V. 7. P. 272–282. DOI: 10.1080/20442041.2017.1329907.
25. Polkin V.V., Panchenko M.V., Grishchenko I.V., Korobov V.B., Lisitsyn A.P., Shevchenko V.P. Study of the disperse composition of the near-water aerosol over The White sea in the end of Summer, 2007. Atmospheric and Oceanic Optics. 2008. V. 21. № 10. P. 725–729.
26. 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. DOI: 10.17513/use.36680.
- Kochenkova A.I., Novigatskiy A.N., Gordeev V.V. Distribution of suspended matter in the marginal filter of the Northern Dvina at the end of summer // Advances in Current Natural Sciences, 2018. № 2. P. 106–112 (in Russian).
27. Chupakova A.A., Chupakov A.V., Neverova N.V., Shirokova L.S., Pokrovsky O.S. Photodegradation of river dissolved organic matter and trace metals in the largest European Arctic estuary. Science of the Total Environment. 2018. V. 622–623. P. 1343–1352. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.030.
28. Griffin C.G., McClelland J.W., Frey K.E., Holmes R.M. Quantifying CDOM and DOC in major Arctic rivers during ice-free conditions using Landsat TM and ETM+ data. Remote Sens. Environ. 2018. V. 209. P. 395–409. DOI: 10.1016/j.rse.2018.02.060.
29. Kravchishina M.D., Shevchenko V.P., Filippov A.S., Novigatskiy A.N., Dara O.M., Alekseeva T.N., Bobrov V.A. Composition of the suspended particulate matter at the Severnaya Dvina river mouth (White Sea) during the spring flood period. Oceanology. 2010. V. 50. № 3. P. 365–385. DOI: 10.1134/S0001437010030070.
30. Коченкова А.И., Новигатский А.Н., Гордеев В.В., Коробов В.Б., Белоруков С.К., Лохов А.С., Яковлев А.Е. Особенности сезонного распределения взвеси и органического углерода по данным обсерватории «Маргинальный фильтр реки Северная Двина» // Океанологические исследования. 2018. Т. 46. № 2. С. 96–111. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(2).9.
- Kochenkova A.I., Novigatskiy A.N., Gordeev V.V., Korobov V.B., Belorukov S.K., Lohov A.S., Yakovlev A.E. Pe-



- cularities of the seasonal distribution of suspended matter and organic carbon according to the observatory Marginal Filter of the Northern Dvina River // *Okeanologicheskiye issledovaniya*. 2018. V. 46. № 2. P. 96–111 (in Russian).
31. Gordeev V.V., Beeskow B., Rachold V. Geochemistry of the Ob and Yenisey estuaries: A Comparative Study. *Berichte zur Polar- und Meeresforschung*. 2007. V. 565. 235 p.
32. Artamonova K.V., Lapin S.A., Luk'yanova O.N., Makaveev P.N., Polukhin A.A. The features of the hydrochemical regime in Ob inlet during the open water time. *Oceanology*. 2013. Vol. 53. № 3. P. 317–326. DOI: 10.1134/S0001437013030028.
33. Шевченко В.П., Алиев Р.А., Бобров В.А., Гордеев В.В., Горюнова Н.В., Демина Л.Л., Замбер Н.С., Коробов В.Б., Котова Е.И., Кузнецов О.Л., Макаров В.И., Новигатский А.Н., Покровский О.С., Попова С.А., Романенко Ф.А., Стародымова Д.П., Субетто Д.А., Филиппов А.С. Эоловый материал в природных архивах // Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера / Отв. ред. Лисицын А.П., ред. Немировская И.А. М.: Научный мир, 2012. С. 70–107.
- Shevchenko V.P., Aliev R.A., Bobrov V.A., Gordeev V.V., Goryunova N.V., Demina L.L., Zamber N.S., Korobov V.B., Kotova E.I., Kuznetsov O.L., Makarov V.I., Novigatskii A.N., Pokrovskii O.S., Popova S.A., Romanenko F.A., Starodymova D.P., Subetto D.A., Filippov A.S. Eolian matter in natural archives // *Sistema Belogo moray. Part II* / A.P. Lisitsyn and I.A. Nemirovskaya (eds.). M.: Nauchnyi mir, 2012. P. 70–107 (in Russian).
34. Губайдуллин М.Г., Ёстбёл Н., Золотухин А.Б., Коробов В.Б., Мискевич И.В., Муангу Ж.Р., Немировская И.А., Ренниген П., Рид М., Сёрхейм К., Синсгаас И., Сунгуров А.В., Шевченко В.П. Моделирование разливов нефти в западном секторе Российской Арктики. Архангельск: САФУ, 2016. 219 с.
- Gubaidullin M.G., Yostbyol N., Zolotukhin A.B., Korobov V.B., Miskevich I.V., Muangu J.R., Nemirovskaya I.A., Rennigen P., Reed M., Serheim K., Sinsgaas I., Sungurov A.V., Shevchenko V.P. Oil spill modeling in western sector of the Russian Arctic. Архангельск: САФУ, 2016. 219 p. (in Russian).
35. Ружникова Н.Н. Геоэкологическое районирование акватории Белого моря при транспортировке нефтяных углеводородов // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки*. 2012. № 6. С. 94–98.
- Ruzhnikova N.N. Geocological Zoning of the White Sea in the Transport of Oil Products // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Yestestvennyye nauki*. 2012. № 6. P. 94–98 (in Russian).
36. Волков В.А., Миташова Н.И., Агеев А.А. Определение показателей качества сточных вод, содержащих поверхностно-активные вещества // *Известия Московского государственного технического университета МАМИ*. 2014. Т. 3. № 1(19). С. 68–76.
- Volkov V.A., Mitashova N.I., Ageev A.A. Determination of quality of wastewater containing surfactants // *Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta MAMI*. 2014. V. 3. № 1(19). P. 68–76 (in Russian).
37. Evangelidou N., Shevchenko V.P., Yttri K.E., Eckhardt S., Sollum E., Pokrovsky O.S., Kobelev V.O., Korobov V.B., Lobanov A.A., Starodymova D.P., Vorobiev S.N., Thompson R.L., Stohl A. Origin of elemental carbon in snow from western Siberia and northwestern European Russia during winter–spring 2014, 2015 and 2016. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2018. V. 18. № 2. P. 963–977. DOI: 10.5194/acp-18-963-2018.
38. Chubarenko I., Esiukova E., Bagaev A., Isachenko I., Demchenko N., Zobkov M., Efimova I., Bagaeva M., Khatmulina L. Behavior of microplastics in coastal zones // *Microplastic Contamination in Aquatic Environments* / E.Y. Zeng (ed.). Elsevier, 2018. P. 175–223.
39. Zhao S., Zhu L., Li D. Microplastic in three urban estuaries, China. *Environmental Pollution*. 2015. V. 206. P. 597–604. DOI: 10.1016/j.envpol.2015.08.027.