

DOI: 10.25283/2223-4594-2018-3-23-30
УДК 551.465

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАЛИЧИЯ АНОМАЛЬНО ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В МАКРОПРИЛИВНЫХ УСТЬЯХ РЕК АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

И. В. Мискевич

ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 15 мая 2018 г.

В макроприливных устьях рек Белого и Баренцева морей наблюдаются аномально высокие концентрации взвешенных веществ, которые на два-четыре порядка превышают их максимальные значения, характерные для речных и морских вод. Их появление обусловлено высокими скоростями приливных течений, ветровым волнением, трансформируемым приливной волной, дренажным стоком с приливных осушек и деформацией донных отложений приливными подвижками льда. Учет данного фактора позволяет оптимизировать процессы водопользования как в экологическом, так и в экономическом отношении.

Ключевые слова: взвесь, аномалия, устье, река, прилив, Белое море, Баренцево море, водопользование.

Введение

Интенсификация в последние годы хозяйственного освоения арктических территорий Российской Федерации влечет за собой необходимость учета специфики их водных объектов, используемых для процессов водопотребления в различных регионах. Однако действующие нормативные и нормативно-методические документы [1—4], регламентирующие процессы водопотребления, практически полностью игнорируют данную специфику. Особенно ярко это проявляется в отношении приливных устьев рек, о наличии которых в указанных документах не упоминается. Вместе с тем подобные объекты отличаются большой пространственно-временной изменчивостью многих параметров водных экосистем, что осложняет адекватную интерпретацию качества устьевых вод, попадающих в зону антропогенного влияния. Эта проблема весьма актуальна для нормирования содержания взвешенных веществ, концентрации которых, например, в устьях рек арктической зоны европейской части России колеблются в интервале 0,1—13 000 мг/л [5—7]. Подобный интервал изменчивости (более двух порядков) не отмечается у других нормируемых веществ, если, конечно, не рассматривать различного рода аварии или природные катаклизмы, сопровождающиеся аномально сильным загрязнением водных объектов.

Для решения указанной проблемы был выполнен анализ соответствующих научных публикаций

и обобщены результаты исследований приливных устьев рек Белого и Баренцева морей, проведенных Северо-Западным отделением Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН (СЗО ИО РАН) в 2015—2017 гг. Методики проведенных исследований подробно освещены в работах, на которых имеются ссылки в настоящей статье.

Результаты и обсуждение

Взвешенные вещества являются обязательным параметром экологического контроля поверхностных вод на территории Российской Федерации. Они присутствуют во всех видах сточных вод (промышленных, хозяйственных и дренажных) и практически всегда включаются в список ингредиентов при разработке нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей (НДС) [1]. При их нормировании предельно допустимой концентрацией (ПДК) принято считать фоновую концентрацию +0,25 мг/дм³ для рыбохозяйственных водных объектов высшей и первой категорий и фоновую концентрацию +0,75 мг/дм³ для водных объектов второй категории. Для морей и их отдельных частей ПДК составляет 10 мг/дм³ [3]. Однако в работе известного токсиколога, сотрудника Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии С. А. Патина [8] в качестве нормативной концентрации взвесей для устьев рек рекомендуется использовать величину, равную 50 мг/дм³.

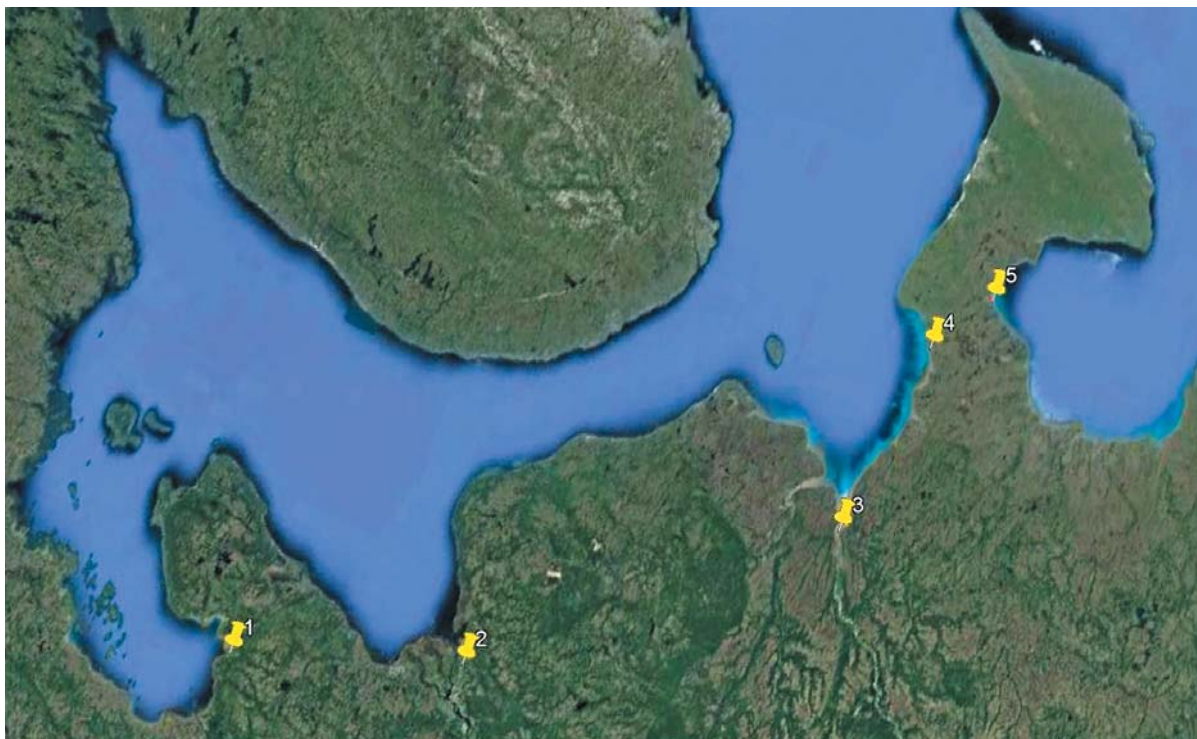


Рис. 1. Карта-схема расположения устьев рек Белого и Баренцева морей, в которых проведены исследования пространственно-временной изменчивости содержания взвешенных веществ: 1 — эстуарий реки Кянды, 2 — дельта реки Северной Двины, 3 — эстуарий реки Мезени, 4 — эстуарий реки Черной, 5 — эстуарий реки Чёши

Устья рек, в которых сотрудники СЗО ИО РАН провели исследования пространственно-временной изменчивости содержания взвешенных веществ, показаны на рис. 1. Минимальные концентрации взвесей отмечаются при ледоставе в устьях рек с наличием значительных глубин и микроприливными условиями, например такими, как устье Северной Двины [5; 6], а максимальные — в безледоставный период в устьях рек с макроприливными условиями, например такими, как эстуарии Мезенского залива Белого моря [7]. При этом наибольшая изменчивость рассматриваемого параметра характерна для макроприливных устьев рек, которые, в частности, встречаются в северной части Белого моря и в западных районах Баренцева моря. Напомним, что по величине сизигийного прилива H (м) на устьевом взморье реки принято выделять водные объекты с микроприливными, мезоприливными и макроприливными условиями. Первые соответствуют величине прилива при $0,3 < H \leq 1,6$, вторые — при $1,6 < H \leq 2,8$, третьи — при $H > 2,8$ [9].

Из устьев рек, показанных на рис. 1, дельта Северной Двины имеет микроприливные условия, эстуарий Кянды — мезоприливные условия, эстуарии Мезени, Черной и Чёши — макроприливные условия. Наблюдения в этих устьях рек осуществлялись в 2015—2017 гг. — в макроприливных эстуариях они проводились в летнюю межень, в устьях Кянды и Северной Двины — во все сезоны.

Исследования, проведенные СЗО ИО РАН в 2015—2017 гг., позволяют предположить, что аномально

высокие концентрации взвесей в приливных устьях рек Белого и Баренцева морей формируются под действием следующих гидродинамических факторов [10]:

- приливо-отливных течений с высокой скоростью (0,5—2 м/с и более);
- ветрового волнения, трансформируемого приливной волной;
- микроручьев, стекающих с обширных илистых и илисто-глинистых осушек, которые в большом количестве образуются после выпадения ливневых дождей;
- приливо-отливных подвижек льда (устьевое припая), ведущих к деформации (взмучиванию) верхнего слоя донных отложений.

Здесь и далее под аномально высокими концентрациями взвесей условно будут пониматься величины, которые на два-три порядка и более превышают их максимальные значения, характерные для речных и морских вод на участках, примыкающих к устьевым взморьям рек.

Влияние скоростей течений на размыв донных отложений и их взмучивание сравнительно хорошо изучено. Оно с учетом неоднородности дисперсности донных отложений и связанности грунта носит сложный нелинейный характер при соблюдении общей тенденции к увеличению интенсивности взмучивания наносов при возрастании скорости течения. В первую очередь это касается связанных — илистых и глинистых осадков, типичных для приливных осушек макроприливных эстуариев.

С другой стороны, в водотоках с донными отложениями, представленными крупным песком, гравием и галькой, доминанта от переноса наносов во взвешенном состоянии переходит к движению влекомых наносов [11].

Интенсификация размыва связанных наносов при резком усилении скорости течения в устьевом водотоке в случае доминирования полусуточного цикла приводит к появлению приливной обергармоники с периодом 3—4 ч, связанной с наличием локальных максимумов скоростей течений в фазы отлива и прилива [12].

Особенности влияния ветровых волн на взмучивание донных отложений в макроприливных устьях рек определяются их трансформацией при встрече с сильными приливыми течениями противоположного направления. В подобной ситуации происходит существенное изменение их параметров, в первую очередь крутизны [13], что приводит к возрастанию вертикальной скорости воды, вовлеченной в движение по волновой орбите. При обрушении волн на мелководных участках возникают так называемые разрывные течения, скорости которых достигают 1 м/с. Это, в свою очередь, заметно усиливает «размывочный» гидродинамический эффект движения эстуарных вод.

Для макроприливных устьев рек Белого и Баренцева морей характерны обширные илистые и илисто-глинистые осушки, ширина которых чаще всего составляет десятки-сотни метров, но иногда может достигать нескольких километров. Исключение могут составить устья рек, расположенные в пределах берегов, сформированных тектоническими процессами, где приливные осушки с наличием связанных наносов получают очень малое развитие. При выпадении ливневых, особенно затяжных дождей на таких осушках формируется обширная сеть микро-ручьев (дренажных водотоков), через которые мутьевые потоки с содержанием взвесей более 10 000 мг/л стекают в эстуарий. Временная изменчивость подобных явлений носит синоптический характер и наиболее характерна для осеннего периода. Например, для акватории Белого моря в безледоставный период типичны синоптические циклы с периодом 6—10 сут.

При наличии обширных приливных осушек и мелководных зон (глубины менее 1—2 м) в зимний период наблюдается периодическая (приливая) посадка на них и последующее всплытие припайного льда и других ледовых образований. При этом также наблюдаются небольшие продольные сдвиги льда в масштабе десятков сантиметров — метров. В результате происходит деформация донных отложений и их взмучивание. С учетом приливной изменчивости уровня воды в устьях рек максимальная мутность их вод должна наблюдаться в сизигию, а минимальная — в квадратуру. При этом происходит своеобразная компенсация ослабления скоростей приливо-отливных течений за счет влияния припая, в значительной мере снижающего величину

прилива, и уменьшение концентраций взвешенных веществ, как правило, не наблюдается.

Влияние всех четырех перечисленных факторов, вызывающее значительное повышение содержания взвесей в мезоприливных устьях рек, наиболее ярко проявляется на разных участках устьевого водотока, что связано с трансформацией величины приливной волны при ее движении, а также с пространственной разнородностью геоморфологии водотока и процессов осадконакопления на приливных осушках. Но в нем всегда имеется такая зона, где их суммарное влияние будет максимальным. Этой зоне соответствует так называемая иловая пробка [14], для которой в макроприливных устьях рек характерны аномально высокие концентрации взвешенных веществ. Она чаще всего отмечается на участке резкого снижения поперечного сечения устьевого водотока с наличием обширных осушек до створа, выше которого начинается заметное уменьшение величины прилива.

Поведение иловых пробок в мезоприливных устьях рек наиболее хорошо изучено в эстуарии Мезени [15]. Здесь миграция зоны максимума мутности, в которой концентрации взвесей в прилив достигают 10 000—13 000 мг/дм³, составляет 20—25 км. Ее ядро располагается в 15—20 км от замыкающего устьевого створа. При сменах приливных течений на отливные и наоборот, сопровождающихся ослаблением их скоростей, мутность эстуарных вод заметно снижается, и концентрации взвесей на непродолжительный срок уменьшаются до 50—100 мг/дм³.

Таким образом, содержание взвешенных веществ на значительной части акватории макроприливно-го эстуария Мезени по чисто природным причинам постоянно превышает норматив для морских вод, действующий на территории России. При этом их концентрация в речных водах перед поступлением в устьевую область Мезени в межливный период в среднем составляет 9,6 мг/дм³ (при ледоставе — 2,6 мг/дм³), весной — 47 мг/дм³ [16]. В морских водах Мезенского залива Белого моря концентрации взвешенных веществ в основном колеблются в интервале 5—10 мг/дм³ [17].

В качестве дополнительного примера можно привести данные наблюдений СЗО ИО РАН в другом макроприливном эстуарии — в устье (эстуарии) Чёши, которая впадает в западную часть Чёшской губы Баренцева моря (см. рис. 1). Здесь величина прилива в мористой части эстуария (среднее значение 3,4 м) заметно меньше, чем в эстуарии Мезени (среднее значение 6,4 м), но содержание взвесей (рис. 2) также превышает 10—50 мг/дм³ и сильно отличается от фоновых речных и морских концентраций, которые не превышают несколько мг/дм³. Результаты статистической обработки наблюдений за содержанием взвесей в рассматриваемом эстуарии приведены в табл. 1, необходимые расчеты производились согласно рекомендациям, изложенным в [18].

Приведенные в табл. 1 статистики четко указывают на существенные расхождения традиционных

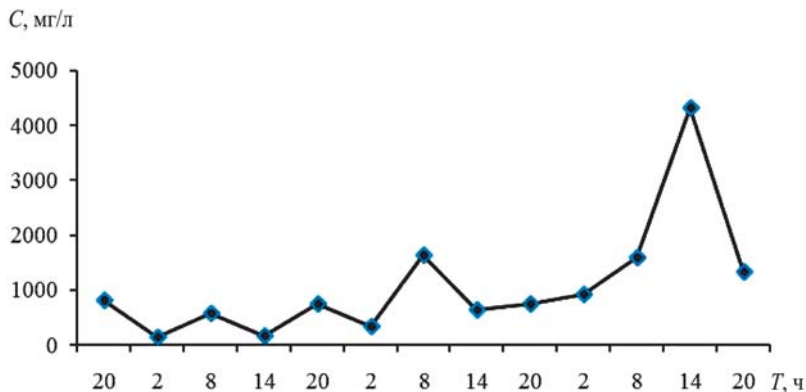


Рис. 2. Временная изменчивость содержания взвесей на створе 4 км выше морской границы устья Чёши по данным наблюдений 20—23 июля 2017 г. с дискретностью 6 ч

турных исследований состава и свойств переносимой взвеси и лабораторных исследований размыва донных отложений [11]. При этом основной массив таких зависимостей получен по данным экспериментальных работ на акваториях неприливных морей или на морских участках с наличием микроприливных условий.

Для макроприливных устьев рек при ориентировочной оценке максимальных концентраций взвесей можно использовать выражение [10]

$$C = 50,056(D/V) - 1,838, \quad (1)$$

Таблица 1. Статистическая характеристика содержания взвесей в эстуарии Чёши по данным наблюдений 20—23 июля 2017 г.

Статистика	Концентрация, мг/дм ³
Среднее значение	1072,8
Стандартное отклонение	1085,2
Медиана	753,3
Трехсреднее значение	852,2
Нижний квартиль (25%)	568,7
Верхний квартиль (75%)	1333,3
Интерквартильный размах	764,6
Максимальное значение	4316,0
Минимальное значение	147,3
Количество наблюдений	13

где C — концентрация взвеси на поверхностном горизонте на станции (вертикали), мг/дм³; D — глубина на станции, м; V — скорость придонного течения на этой станции, м/с.

Здесь параметр D/V может быть условно охарактеризован как период заполнения всей водной толщи на вертикали взвесью с концентрацией C . Используя это выражение, получаем, что для появления концентрации взвеси более 50 мг/дм³ параметр D/V должен превышать 1 с. Данное условие, в частности, наблюдается во всех макроприливных устьях рек в каждый приливной цикл, например при глубине 1 м и скорости течения 1 м/с.

Постоянное превышение рыбохозяйственных ПДК для взвешенных веществ в макроприливных устьях рек Белого и Баренцева морей влечет возможность отказа от расчета нормативов для их содержания в сточных водах, сбрасываемых в водный объект после очистки. Согласно нормативному документу [1] в подобной ситуации величина НДС определяется из условий соблюдения в контрольном пункте водотока сформировавшегося природного фонового качества воды, т. е. для ее определения достаточно знать фоновую концентрацию взвешенных веществ, определяемую в соответствии с пособием [4]. В этом случае отпадает необходимость в вычислении кратности общего разбавления сточных вод в водотоке и, соответственно, в проведении исследований необходимых гидравлических параметров и скоростей течений. Такие исследования, особенно при наличии сложных ледовых условий, в макроприливном устье реки Арктической зоны весьма трудоемки и влекут значительные финансовые затраты.

С другой стороны, наличие аномально высокого природного содержания взвесей в иловых пробках позволяет использовать подобные зоны для сброса в устья рек больших объемов сточных вод, для которых основным критерием нормирования является их мутность. При содержании в них взвесей на один-три порядка меньше, чем в устьевых водах, можно рассматривать вопрос о сбросе таких стоков после

параметров (среднего значения и стандартного отклонения) и их робастных аналогов (медианы, трехсреднего значения и интерквартильного размаха). Это говорит о значительном отклонении статистического распределения концентраций взвесей в макроприливных эстуариях от нормального закона. В подобной ситуации в качестве центра распределения анализируемых данных при количестве наблюдений более пяти рекомендуется использовать не среднее, а трехсреднее значение, которое будет сравнительно слабо реагировать на изменение длины выборки обрабатываемых значений [18].

Необходимо отметить, что в настоящее время наиболее приемлемым методом моделирования динамики связанных осадков является использование простых эмпирических зависимостей, включающих параметры, определяемые путем региональных на-

упрощенной (более дешевой) схемы их очистки или даже без очистки. К подобным стокам, в частности, можно отнести стоки, образуемые при промывке различного рода трубопроводов перед началом их эксплуатации, а также талые и другие дренажные воды, стекающие с промзон, не загрязняемых нефтепродуктами и другими токсичными жидкостями.

Таким образом, учет наличия аномально высоких концентраций взвешенных веществ в макроприливных устьях рек арктических территорий, не связанных с антропогенным влиянием, дает возможность в ряде случаев соблюсти баланс между противоречивыми требованиями экологических и экономических факторов.

Необходимо заметить, что при проектировании водозаборов в макроприливных устьях рек наряду с учетом ледовых и других гидрологических условий обязательно следует принимать во внимание наличие в них иловых пробок, способных крайне осложнить очистку вод для пользователей. Можно предположить, что исследования их параметров должны стать обязательным элементом инженерно-экологических изысканий в устьях рек приливных арктических морей.

Наличие аномально высоких концентраций взвесей в макроприливных устьях рек следует учитывать и при модельных расчетах распространения аварийной нефти в прибрежных районах морей Арктической зоны. При миграции пятна нефти вдоль побережья оно в фазу прилива будет проникать вглубь эстуариев. Протяженность внутризюарных зон высокого загрязнения нефтью (10 ПДК и более) при одном из гипотетических сценариев аварийной утечки нефти в море около устьевого взморья реки с наличием макроприливных условий будет достигать нескольких километров [19]. При высоком содержании взвесей и интенсивном перемешивании устьевых вод по всему поперечному сечению эстуарного водотока пленочная фракция мигрирующего пятна нефти должна полностью переходить во взвешенное (сорбированное на взвесьях) состояние. Это, в свою очередь, влечет необходимость прерывания модельных расчетов по сценарию ветрового переноса нефтяной пленки и перехода на расчеты адвективно-диффузионного переноса загрязняющей примеси или на использование эмпирических подходов, один из которых описан в [19]. Необходимо также заметить, что в иловой пробке с содержанием взвесей более 10 000 мг/дм³ состояние водной среды можно охарактеризовать как жидкий ил. Поведение подобной суспензии отлично от поведения ньютоновской жидкости [11], и это следует учитывать при прогнозных расчетах с помощью моделей адвективно-диффузионного переноса загрязняющей примеси. Возникновение подобной ситуации, в частности, не исключается при аварийном разливе нефти около Чёшской губы и ее последующем попадании в макроприливные устья рек при размещении нефтяного терминала в Индигской губе Баренцева моря [20].

К сожалению, исследования поведения нефти и других загрязняющих веществ в нерастворимых формах в сильнозамутненных устьевых и прибрежных водах арктических морей практически не проводились. Во многом это обусловлено отсутствием достаточного объема наблюдений за пространственно-временной изменчивостью содержания взвесей, определение которых в подобных водах является весьма трудоемким мероприятием. Можно надеяться, что данная проблема будет решена в последующие годы, так как это одно из условий экологически безопасного хозяйственного освоения прибрежных районов западного сектора российской Арктики.

Все вышеизложенное касалось макроприливных устьев рек, но подобные эффекты наблюдаются и в мезоприливных эстуариях. Нужно также отметить, что на акватории арктических морей с микроприливными условиями при доминировании величины прилива на уровне 0,3—0,5 м в устьях некоторых рек также не исключается появление аномально высоких концентраций взвешенных веществ (более 100—500 мг/дм³). Это, в частности, вытекает из формулы (1), так как скорости приливных течений в 1 м/с и более могут возникать при определенной геоморфологии устьевого водотока и его малой глубине, соизмеримой с величиной прилива. Подобные ситуации наиболее вероятны для устьев малых рек низменных арктических побережий с отмытым устьевым взморьем, на котором осадки сформированы мелкодисперсными наносами. Следует учитывать, что вероятность их появления в последние годы возрастает за счет изменения климатических условий. Этому, с одной стороны, способствует уменьшение ледового покрова Северного Ледовитого океана, которое усиливает приливные эффекты, с другой — разрушение морских берегов с наличием мерзлых грунтов. Подобный процесс может сопровождаться формированием обширных илисто-глинистых отложений в прибрежной зоне моря, включая участки, примыкающие к устьям рек.

Заключение

Прибрежные зоны арктических морей имеют значительные пространственные различия в характеристиках водных экосистем, что требует дифференцированного подхода при охране и рациональном использовании их природных ресурсов. Это особенно актуально для макроприливных устьев рек Белого и Баренцева морей, для вод которых характерно наличие аномально высоких концентраций взвешенных веществ (до 700—1000 мг/дм³ и более). Подобное содержание взвесей в устьевых водах позволяет оптимизировать процессы очистки и сброса сточных вод, для которых основным критерием нормирования является их мутность. С другой стороны, его необходимо учитывать при моделировании последствий дрейфа пятна аварийной нефти в прибрежной зоне моря. Пространственно-временная изменчивость зон с аномально высокой мутностью

устьевых вод до сих пор остается малоизученной, что требует расширения объема их исследований при проведении научных и инженерно-экологических работ в прибрежных районах арктических морей.

Литература

1. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. — Утв. приказом МПР России от 17 декабря 2007 г. № 333. — М.: МПР РФ, 2008. — 56 с.
2. СанПиН 2.1.5.980-00. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. — М.: Минздрав России, 2000. — 10 с.
3. Приказ Росрыболовства «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» от 18 января 2010 г. № 20 (зарегистрирован в Минюсте России 9 февраля 2010 г. № 16326). — М.: ФАР, 2010. — 10 с.
4. РД 52.24.622-2001. Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. — СПб.: Гидрометеоиздат, 2001. — 63 с.
5. Мискевич И. В., Лещев А. В. Оценка содержания взвешенных веществ на устьевом участке реки Северная Двина в зимний период // Тр. Архангел. центра Рус. геогр. о-ва. — 2016. — Вып. 4. — С. 293—298.
6. Лещев А. В., Мискевич И. В., Коробов В. Б. и др. Пространственные особенности приливной изменчивости гидролого-гидрохимических характеристик устьевой области реки Северная Двина в зимнюю межень // Океанология — 2017. — Т. 57, № 2. — С. 303—310. — DOI: 10.7868/S0030157416060083.
7. Демиденко Н. А. Формирование максимума мутности воды в сильноприливных эстуариях Мезени и Кулоя // Геология морей и океанов: Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. — Т. 3. — М.: ГЕОС, 2009. — С. 22—26.
8. Патин С. А. Взвесь как природный и антропогенный фактор воздействия на морскую среду и организмы // Охрана водных биоресурсов в условиях интенсивного освоения нефтегазовых месторождений на шельфе и внутренних водных объектах Российской Федерации. — М.: Экономика и информатика, 2002. — С. 177—170.
9. Михайлов В. Н. Принципы типизации и районирования устьевых областей рек (аналитический обзор) // Вод. ресурсы. — 2004. — Т. 31, № 1. — С. 5—14.

10. Мискевич И. В., Коробов В. Б. Гидродинамические аспекты формирования высоких концентраций взвешенных веществ в мезоприливных и макроприливных устьях рек Белого и Баренцева морей // Тр. Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: научные и образовательные достижения и перспективы развития»: К 70-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки, доктора физико-математических наук, профессора Льва Николаевича Карлина. — СПб.: Аграф, 2017. — С. 344—347.
11. Белошапкова С. Г., Белошапков А. В. Проблемы математического лито-морфодинамических процессов в береговой зоне моря // Человечество и береговая зона Мирового океана в XXI веке. — М.: Геос, 2001. — С. 113—126.
12. Мискевич И. В. Оценка цикличности короткопериодной изменчивости гидрологических и гидрохимических показателей в мезоприливном устье р. Кянды в Белом море в период летней межени // Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. — Т. 3. — М.: ГЕОС, 2015. — С. 235—239.
13. Коробов В. Б., Лавренов И. В. Оценка влияния приливных течений на функции распределения высот ветровых волн // Метеорология и гидрология. — 1989. — № 11. — С. 73—80.
14. Лисицын А. П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. — 1994. — Т. 34, № 5. — С. 735—747.
15. Демиденко Н. А., Зиновьев А. Т., Алабян А. М. и др. Исследование и моделирование параметров гидрологического режима и динамики взвешенных наносов в Мезенском заливе и эстуариях Мезени и Кулоя // Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. — Т. 3. — М.: ГЕОС, 2015. — С. 175—179.
16. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. — Т. 3: Северный край. — Л.: Гидрометеоиздат, 1965. — 611 с.
17. Невесский Е. Н., Медведев В. С., Калинин В. В. Белое море: Седиментогенез и история развития в голоцене. — М.: Наука, 1977. — 236 с.
18. Микулинская С. М., Рожков В. А. Обработка малых выборок // Режимобразующие факторы, информационная база и методы ее анализа. — Л.: Гидрометеоиздат, 1989. — С. 167—176.
19. Мискевич И. В. Оценка возможных масштабов загрязнения аварийной нефтью мезо-макроприливных устьев рек Белого моря // Проблемы региональной экологии. — 2016. — № 1. — С. 26—31.
20. Коробов В. Б. Эколого-географическое обоснование экспертной оценки создания нефтяной транспортной инфраструктуры севера Тимано-Печорской провинции: Дис. ... д-ра геогр. наук / ИГ РАН. — М., 2004. — 422 с.

Информация об авторе

Мискевич Игорь Владимирович, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН (117997, Россия, Москва, Нахимовский просп., д. 36), e-mail: subarct@gmail.com.

Библиографическое описание данной статьи

Мискевич И. В. Экологические аспекты наличия аномально высоких концентраций взвешенных веществ в макроприливных устьях рек Арктической зоны // Арктика: экология и экономика. — 2018. — № 3 (31). — С. 23—30. — DOI: 10.25283/2223-4594-2018-3-23-30.

ECOLOGICAL ASPECTS OF THE PRESENCE OF ANOMALOUSLY HIGH SUSPENDED SOLIDS CONCENTRATIONS IN MACRO-TIDAL ESTUARIES OF THE ARCTIC ZONE

Miskevich I. V.

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation).

Abstract

In the macro-tidal estuaries of the rivers of the White and Barents Seas, anomalously high concentrations of suspended solids (up to 700-1000 mg/dm³ or more) are observed, which exceed the maximum values for river and sea water by two-four orders of magnitude. Their appearance is due to high velocities of tidal currents, wind waves transformed by a tidal wave, drainage runoff from tidal depletion and deformation of bottom sediments by tidal movements of ice. Such a content of suspensions in estuarine waters should be taken into account during management and discharge of wastewater, for which the main criterion of regulation is its turbidity. On the other hand, it should be taken into account when modeling the effects of oil spill drift in the coastal zone of the sea. The spatial and temporal variability of zones with abnormally high turbidity of estuarine waters still remains poorly studied, thus requiring an expansion of the research scope during scientific and engineering-ecological works in coastal areas.

Accounting for this factor allows optimizing the water use processes, both in the ecological and in the economic senses.

Keywords: *suspension, anomaly, estuary, river, tide, the White Sea, the Barents Sea, water use.*

References

1. Metodika razrabotki normativov dopustimykh sbrosov veshchestv i mikroorganizmov v vodnye ob"ekty dlya vodopol'zovatelei: Utv. prikazom MPR Rossii ot 17 dekabrya 2007 g. № 333. [Methodology for developing standards for permissible discharges of substances and microorganisms into water bodies for water users (Approved by Order № 333 of the MNR of the RF of December 17, 2007)]. Moscow, MPR RF, 2008, 56 p. (In Russian).
2. SanPiN 2.1.5.980-00. Vodootvedenie naselennykh mest, sanitarnaya okhrana vodnykh ob"ektov. Gигиенические требования к охране поверхностных вод. [SanPiN 2.1.5.980-00. Drainage of populated areas, sanitary protection of water bodies. Hygienic requirements for the protection of surface waters]. Moscow, Minzdrav Rossii, 2000, 10 p. (In Russian).
3. Prikaz Rosrybolovstva "Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaistvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimykh kontsentratsii vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob"ektov rybokhozyaistvennogo znacheniya" ot 18 yanvarya 2010 g. № 20 (zaregistririvan v Minyuste Rossii 9 fevralya 2010 g. № 16326). [Order of the Federal Fishery Agency of 18.01.2010, № 20 «On the approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery importance» (Registered in MJ RF on February 9, 2010 № 16326)]. Moscow, FAR, 2010, 10 p. (In Russian).
4. RD 52.24.622-2001. Metodicheskie ukazaniya. Provedenie raschetov fonovykh kontsentratsii khimicheskikh veshchestv v vode vodotokov. [RD 52.24.622-2001. Methodical instructions. Calculation of background concentrations of chemicals in the water of watercourses]. St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 2001, 63 p. (In Russian).
5. Miskevich I. V., Leshchev A. V. Otsenka soderzhaniya vzveshennykh veshchestv na ust'evom uchastke reki Severnaya Dvina v zimnii period. [Estimation of the suspended matter content at the mouth of the Northern Dvina River in winter]. Tr. Arkhangel. tsentra Rus. geogr. o-va, 2016, iss. 4, pp. 293—298. (In Russian).
6. Leshchev A. V., Miskevich I. V., Korobov V. B., Lokhov A. S., Chultsova A. L., Khomenko G. D., Belorukov S. K., Yakovlev A. E. Spatial features of the tidal variability of the hydrological and hydrochemical characteristics in the Northern Dvina River mouth area during the winter low-water period. *Okeanology*, 2017, vol. 57, no. 2, pp. 270—277. DOI: 10.1134/S0001437016060084.
7. Demidenko N. A. Formirovanie maksimuma mutnosti vody v sil'noprilyvnykh estuariyakh Mezeni i Kuloya. [Formation of high turbidity estuaries in macrotidal Mezen and the Culoi]. *Geologiya morei i okeanov: Materialy XVIII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Shkoly) po morskoi geologii*. T. 3. Moscow, GEOS, 2009, pp. 22—26. (In Russian).

8. *Patin S. A.* Vzves' kak prirodnyi i antropogennyi faktor vozdeistviya na morskuyu sredu i organizmy. [Suspension as a natural and anthropogenic factor of impact on the marine environment and organisms]. *Okhrana vodnykh bioresursov v usloviyakh intensivnogo osvoeniya neftegazovykh mestorozhdenii na shel'fe i vnutrennikh vodnykh ob'ektakh Rossiiskoi Federatsii*. Moscow, *Ekonomika i informatika*, 2002, pp. 177—170. (In Russian).
9. *Mikhailov V. N.* Printsipy tipizatsii i raionirovaniya ust'evykh oblastei rek (analiticheskii obzor). [Principles of typification and zoning of estuarine river areas (analytical review)]. *Vod. resursy*, 2004, vol. 31, no. 1, pp. 5—14. (In Russian).
10. *Miskevich I. V., Korobov V. B.* Gidrodinamicheskie aspekty formirovaniya vysokikh kontsentratsii vzveshennykh veshchestv v mezoprilivnykh i makroprilivnykh ust'yakh rek Belogo i Barentseva morei. [Hydrodynamic aspects of the formation of high concentrations of suspended solids in mesoprillous and macro-pristine estuaries of the Belaya and Barents seas]. Tr. Vserossiiskoi konferentsii "Gidrometeorologiya i ekologiya: nauchnye i obrazovatel'nye dostizheniya i perspektivy razvitiya": K 70-letiyu so dnya rozhdeniya zasluzhennogo deyatelya nauki, doktora fiziko-matematicheskikh nauk, professora L'va Nikolaevicha Karlina. St. Petersburg, *Agraf*, 2017, pp. 344—347. (In Russian).
11. *Beloshapkova S. G., Beloshapkov A. V.* Problemy matematicheskogo lito-morfodinamicheskikh protsessov v beregovoi zone morya. [Problems of mathematical litho-morphodynamic processes in the coastal zone of the sea]. *Chelovechestvo i beregovaya zona Mirovogo okeana v XXI veke*. Moscow, *Geos*, 2001, pp. 113—126. (In Russian).
12. *Miskevich I. V.* Otsenka tsiklichnosti korotkoperiodnoi izmenchivosti gidrologicheskikh i gidrokhimicheskikh pokazatelei v mezoprilivnom ust'e r. Kyandy v Belom more v period letnei mezheni. [Evaluation of the cyclicity of the short-period variability of hydrological and hydrochemical indicators in the mesoprillal estuary of the River Kandy in the White Sea during the Summer Meadow Period]. *Geologiya morei i okeanov: Materialy XXI Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Shkoly) po morskoi geologii*. Vol. 3. Moscow, *GEOS*, 2015, pp. 235—239. (In Russian).
13. *Korobov V. B., Lavrenov I. V.* Otsenka vliyaniya prilivnykh techenii na funktsii raspredeleniya vysot vetrovykh voln. [Estimation of the influence of tidal currents on the distribution functions of the altitudes of wind waves]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 1989, no. 11, pp. 73—80. (In Russian).
14. *Lisitsyn A. P.* Marginal'nyi fil'tr okeanov. [Marginal filter of the oceans]. *Okeanologiya*, 1994, vol. 34, no. 5, pp. 735—747. (In Russian).
15. *Demidenko N. A., Zinoviev A. T., Alabyan A. M., Lyumens M. Kh., Panchenko E. N., Fingert E. A.* Issledovanie i modelirovanie parametrov gidrologicheskogo rezhima i dinamiki vzveshennykh nanosov v Mezenskom zalive i estuariyakh Mezeni i Kuloya. [Research and modeling of the hydrological regime of the parameters and dynamics of suspended sediment in Mezen in Mezen Bay and the estuaries and the Culoi]. *Materialy XXI Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Shkoly) po morskoi geologii*. Vol. 3. Moscow, *GEOS*, 2015, pp. 175—179. (In Russian).
16. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Gidrologicheskaya izuchennost'. T. 3. Severnyi kraj.* [Resources of surface waters of the USSR. Hydrological study. Vol. 3. The northern edge]. Leningrad, *Gidrometeoizdat*, 1965, 611 p. (In Russian).
17. *Neveskii E. N., Medvedev V. S., Kalinenko V. V.* Beloe more: Sedimentogenez i istoriya razvitiya v golotsene. [The White Sea (Sedimentogenesis and the History of Development in the Holocene)]. Moscow, *Nauka*, 1977, 236 p. (In Russian).
18. *Mikulinskaya S. M., Rozhkov V. A.* Obrabotka malyykh vyborok. [Processing of small samples]. *Rezhimoobrazuyushchie faktory, informatsionnaya baza i metody ee analiza*. Leningrad, *Gidrometeoizdat*, 1989, pp. 167—176. (In Russian).
19. *Miskevich I. V.* Otsenka vozmozhnykh masshtabov zagryazneniya avariinnoi neft'yu mezo-makroprilivnykh ust'ev rek Belogo morya. [Estimation of the possible extent of pollution by emergency oil of meso-macro-pristine mouths of the White Sea rivers]. *Problemy region. ekologii*, 2016, no. 1, pp. 26—31. (In Russian).
20. *Korobov V. B.* Ekologo-geograficheskoe obosnovanie ekspertnoi otsenki sozdaniya neftyanoi transportnoi infrastruktury severa Timano-Pechorskoii provintsii. [Ecological and geographical substantiation of the expert assessment of the creation of the oil transport infrastructure of the north of the Timan-Pechora province]. *Dis. ... d-ra geogr. nauk. IG RAN*. Moscow, 2004, 422 p. (In Russian).

Information about the author

Miskevich Igor Vladimirovich, Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences (36, Nahimovskiy prospekt, Moscow, Russia, 117997), e-mail: sub-arct@gmail.com.

Bibliographic description

Miskevich I. V. Ecological aspects of the presence of anomalously high suspended solids concentrations in macro-tidal estuaries of the Arctic zone. *Arctic: ecology and economy*, 2018, no. 3 (31), pp. 23—30. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-3-23-30. (In Russian).