

УДК 551.556

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И ЛИТОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЭСТУАРИИ МЕЗЕНИ

© 2018 г. Н. А. Римский-Корсаков¹, *, В. Н. Коротаев², **,
В. В. Иванов², А. А. Пронин¹, Н. А. Демиденко³, ***

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, Москва, Россия

*e-mail: nrk@ocean.ru

**e-mail: vlaskor@mail.ru

***e-mail: nikola@mail.ru

Поступила в редакцию 20.12.2016 г.

В эстуарии Мезени морфолитодинамические процессы обусловлены приливо-отливными течениями, речным стоком, ветровым волнением и вдольбереговыми потоками наносов. Вследствие перемещения огромной массы наносов в эстуарии Мезени происходят интенсивные деформации илисто-песчаных отмелей, переформирования дна русловых бороздин и смещения судоходных фарватеров. В целом, идет постепенный процесс заполнения эстуария р. Мезени речными и морскими наносами. В русловых бороздинах эстуария формируются разнообразные песчаные грядовые формы.

DOI: 10.1134/S003015741804007X

ВВЕДЕНИЕ

Современный подход к типизации эстуарных осадочных систем предполагает объединение их в две большие группы: 1) эстуарии, подверженные преобладающему воздействию волнения (wave-dominated estuaries); 2) эстуарии, подверженные преобладающему воздействию приливов (tide-dominated estuaries) [14]. К этим двум группам эстуариев, исходя из природных условий российских побережий, можно добавить третью динамико-фациальную разновидность — эстуарии, подверженные преобладающему влиянию речного стока (river-dominated estuaries). К ним в первую очередь следует отнести длинные (сотни километров) и относительно узкие заливы на арктическом побережье Сибири — губы Обскую, Тазовскую, Енисейскую, Хатангскую, Анабарскую, где вследствие небольшой величины приливов (менее 1 м) преобладает стоковый режим течений. На юге России типичным речным эстуарием является Таганрогский залив Азовского моря, куда впадает р. Дон. Влияние моря в таких эстуариях ограничивается проникновением максимальных нагонов и осолоненных вод. На юге Дальнего Востока в нижнем течении Амура располагается обширный Амурский эстуарий.

В типичных эстуариях, испытывающих сильное воздействие реверсивных приливных течений (устья рек Онеги, Мезени, Кулоя, Гижиги,

Пенжины), продольное изменение стока взвешенных и влекомых наносов существенно отличается от баланса терригенного материала в мало-приливных ингрессионных заливах (губах). Главной отличительной чертой таких эстуариев является стратификация водной толщи на разноплотностные слои пресной речной и соленой морской вод, где существенно усиливаются процессы адвекции и диффузии. Для эстуариев с четко выраженным клином осолоненных морских вод (“галоклином”) характерно преобладание стоковых течений и незначительная роль приливного эффекта в циркуляции вод. По мере увеличения роли приливов в перемешивании вод эстуариев граница между пресными речными и осолоненными морскими водами становится менее четкой или не выражена совсем [13, 21].

Авторам статьи в 2005, 2007–2009 и 2015 гг. представилась возможность провести полевые гидрологические и геофизические изыскания в эстуарии и на устьевом взморье р. Мезени и получить новые данные по режиму вод и наносов, морфологии дна и составу донных отложений.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования гидрологического режима эстуария Мезени использовались самописцы уровня моря ГМ-28 (мареографы береговые) и автономные устройства — логгеры двух типов:

Levellogger Solinst модель 3001 LT F15/M5 и Levellogger Edge модель 3001, записывающие показания уровня, температуры и солености воды. Высотная и плановая привязка мгновенных уровней проводилась с помощью приемника DGPS Trimble 5700, являющейся базовой станцией на репере, принадлежавшем ГМС Семжа, и переносным приемникам JavadTriumph-VS и JavadTriumph-1.

Измерение скоростей течения и приливных расходов воды в эстуарии Мезени производились с помощью измерителей скорости течения ИСП-1, акустических доплеровских измерителей расхода воды ADCP 1200 Rio Grande и измерителя ADCP серия RiverRay.

Для измерения температуры и солености воды на суточных станциях и при производстве продольных разрезов вдоль эстуариев применялся гидрологический зонд YSI серии 6600. Отбор проб воды для определения концентрации взвешенного вещества в различных зонах эстуариев производился с помощью пластиковой емкости с поверхностного горизонта и батометра Нискина (3 л) с глубинных горизонтов. Гранулометрический состав взвешенного вещества в морской воде определялся с помощью лазерного прибора Malvern Instruments MasterSizer M7.08. в ГОИНе.

При изучении подводного рельефа и донных наносов авторы использовали комплекс гидролокационной аппаратуры, разработанный в Лаборатории гидролокации дна (ЛГД) Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН). Геодезическая привязка гидролокационной информации и мест отбора проб донного грунта осуществлялась с помощью дифференциального GPS-приемника Sigma-G3T фирмы Javad, использующий данные спутниковой группировки GPS и ГЛОНАСС. Комплекс гидролокационной аппаратуры включал трехчастотный гидролокатор бокового обзора (ГБО) "YellowFin" фирмы Imagenex с рабочими частотами 260, 330 и 800 кГц, акустический профилограф "АП-5-ИОРАН" с рабочей частотой 4.5 кГц и гидрографический промерный эхолот "Скат-50М" фирмы "ФортХХI". Сбор и отображение получаемой информации в реальном времени ведется на экране монитора ПЭВМ. Работой АП управляет программа "Эхо-Граф" оригинальной разработки ЛГД. Предварительная обработка данных и приведение их к виду, удобному для обработки стандартными пакетами программ, ведется с использованием также оригинальной программы WinRSTR.

Картирование морфологии дна и искусственных объектов проводилось на основе использования полигонных оценок количественных параметров форм рельефа русла с помощью ГБО и дополнялось картированием и дешифрированием данных сейсмоакустического профилирования.

Такая технология была разработана и внедрена в практику русловых работ ИО РАН и МГУ географическим факультетом [19, 20].

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭСТУАРИЯ МЕЗЕНИ

Первые исследования гидрологического режима устья р. Мезени выполнялись в 1914–1915 гг. при производстве портовых изысканий [2, 3]. При советской власти они были продолжены в 1928–1931 и 1934 гг. Севпортизом. В инженерных изысканиях в 1929 г. принимал участие Древстрой, а в 1930–1931 гг. Северная гидрографическая экспедиция. В результате этих работ 1925–1935 гг. был составлен первый подробный план устья реки и изданы записки по гидрологии [18].

В связи с проектированием в Мезенском заливе приливной электростанции (ПЭС) в 1958–1961 гг. инженерные изыскания в устьях рек Мезени и Кулоя выполнялись Ленинградским отделением института "Гидроэнергопроект" и периодически проводились институтом "Ленгидропроект" в 1977, 1978 и 1988 гг. [5].

В 1960 г. и в 1965–1968 гг. Институт океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР провел исследование геологического и геоморфологического строения дна и берегов Мезенского залива и эстуариев Мезени и Кулоя, а также литологии рыхлых отложений в створах расположения будущей Мезенской ПЭС [10, 16].

В 1964–1968 гг. Северное УГМС продолжило исследования гидрологического режима устьевой области рек Мезени и Кулоя [22]. В 1978 г. была проведена совместная гидрологическая экспедиция Северного УГМС и Государственного океанографического института им. Н.Н. Зубова (ГОИНа) в устьях рек Мезени и Кулоя, в 1988–1989 гг. — экспедиция ГОИНа и Института водных проблем АН СССР. В 1990 г. натурные наблюдения в зимний период в районе порта Каменка выполнялись сотрудниками ГОИНа [17].

В связи с возрождением интереса к проектированию ПЭС в 2005, 2007 и 2009 гг. в летнее время сотрудниками ГОИН и МГУ проведены инженерно-гидрологические изыскания в устьях рек Мезенского залива — рек Мезень, Кулой, Несь и Семжа с целью оценки экологических последствий строительства ПЭС [7]. В зимний период 2005 и 2008 гг. проведены обследования состояния берегового припая, дрейфа льда и физических характеристик ледовых образований в акватории Мезенского залива [10]. В течение июля и августа 2015 г. сотрудниками ИО РАН, ГОИНа и МГУ проведены экспедиционные исследования в эстуариях Мезени и Кулоя для изучения подводного рельефа и донных наносов, параметризации отдельных элементов гидрологического режима и

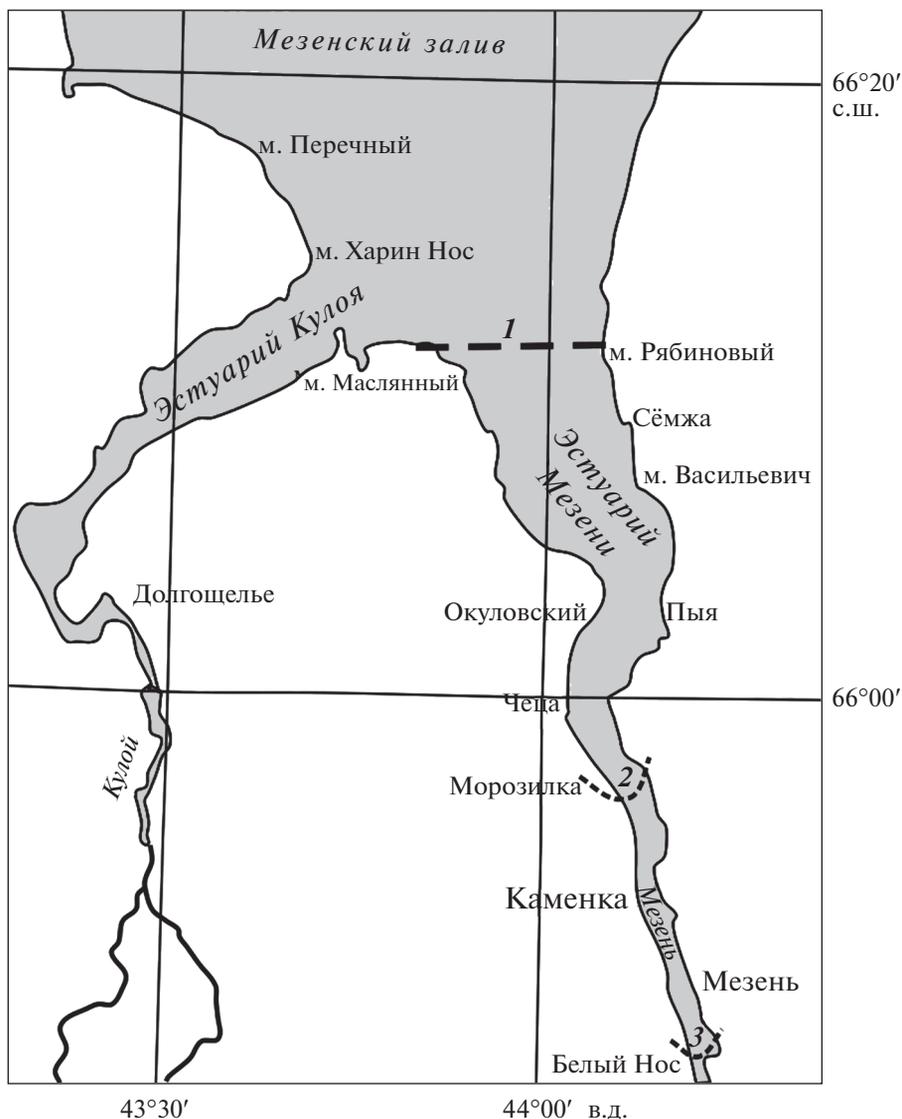


Рис. 1. Карта устьевой области Мезени. 1 – Устьевой створ эстуария Мезени; 2 – граница проникновения морской воды в эстуарий Мезени; 3 – вершина эстуария Мезени.

дальнейшего гидродинамического моделирования процессов в этих эстуариях.

ГИДРОГРАФИЯ ЭСТУАРИЯ

Мезенский залив и устьевая область р. Мезени расположены в восточной части Белого моря. Морской границей залива является линия, соединяющая мысы Воронов и Конушин. В этих пределах акватория залива занимает 6800 км². Залив мелководен и вдаётся в материк на расстояние 92 км. Берега залива расчленены глубокими и узкими речными долинами. Наиболее значительными из них являются реки Мезень, Кулой, Койда, Несь, Чиж и Сёмжа, впадающие в расширяю-

щиеся воронкообразные приустьевые участки речных долин – эстуарии.

Устьевая область Мезени относится к эстуарному типу. Она имеет сложную структуру, которая включает речной участок, подверженный влиянию приливных колебаний уровня, расширяющийся вниз по течению приливный эстуарий и устьевое взморье – юго-восточную часть Мезенского залива (рис. 1). Вершина устьевой области р. Мезень располагается в 90 км от устьевое створа эстуария, в районе впадения крупного притока – р. Пеза [13]. За устьевой створ Мезени принимается створ в направлении м. Маслянный – м. Рябинов. Вершина эстуария Мезень находится в 40 км от устьевое створа, в районе г. Мезень. Устьевое взморье ограничено

с севера условной линией, следующей по направлению м. Абрамовский — устье р. Мгла и совпадающей с положением изобаты 10 м.

По характеру гидрологических и геоморфологических процессов устьевое взморье относится к полузакрытому и отмелому типу [12]. Ширина устьевого взморья равна 48 км, длина взморья от устьевых створов до морской границы взморья — около 30 км. Средняя глубина устьевого взморья 6–8 м. Площадь водной поверхности в 40 километровой эстуарии Мезени в прилив составляет 162 км². Общая площадь водной поверхности в пределах устьевого участка с учетом эстуария — 195 км².

Ширина эстуария Мезени в устьевом створе 9.0 км, выше по течению она постепенно уменьшается и в 16.5 км от устьевого створа (у д. Окулово) составляет 4.5 км, у п. Каменка (36 км) — 1.8 км и у п. Белый Нос (39 км) — 1.35 км. Вершина эстуария располагается в 40 км от устьевого створа у м. Белый Нос.

Коренные борта долины р. Мезень сложены относительно прочными горными породами (красный и белый мергель, глинистые сланцы), носящими следы эрозионного воздействия. Долина реки врезана на 10–20 м в приморскую равнину. Левый коренной берег Мезени высок и обрывист за исключением участка в районе п. Морозилка и д. Окулово, где берег на расстоянии 10 км переходит в низкую заболоченную долину р. Большие Чецы. Правый берег р. Мезени — низкий, заболоченный, лишь в районе мысов Симонов и Васильевич его высота возрастает до 30 м.

Устьевая область р. Мезень используется для морского и речного судоходства, а также рыбного промысла местного значения. В устье реки находятся г. Мезень (районный центр Архангельской области) и п. Каменка, где расположен Мезенский морской порт и лесозавод. Морское судоходство осуществляется лишь до п. Каменка (36 км от устьевого створа). Участок р. Мезень выше п. Каменка доступен только для речных судов.

Территория суши, прилегающая к Мезенскому заливу, представляет собой выровненную, сильно заболоченную, тундру с абсолютными отметками местности 0–85 м. К морю она обрывается крутым абразионным уступом высотой 10–30 м. Берега сложены в основном рыхлыми ледниково-морскими отложениями. Плавные очертания берегов изредка нарушаются небольшими мысами. Большая часть территории заболочена. Здесь широко развиты озера ледникового, карстового и термокарстового происхождения.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕКИ И ЭСТУАРИЯ МЕЗЕНИ

За период наблюдений с 1921 по 2015 гг. **средний годовой расход воды** в вершине устьевой области р. Мезень составил 850 м³/с, годовой сток воды — 27.4 км³/год. Главной фазой водного режима является весенне-летнее половодье, которое начинается в конце апреля — начале мая. Максимальные расходы воды обычно наблюдаются в мае и достигают 10000 м³/с. Летне-осенняя межень прерывистая, нарушается дождевыми паводками с увеличением стока в осенний период.

В вершине устьевой области р. Мезени средняя мутность воды — 30 г/м³, в половодье она увеличивается до 100 г/м³. **Средний годовой расход наносов** составляет около 20 кг/с, сток взвешенных наносов составляет 0.8 млн т/год.

Основными факторами, определяющими **уровневый режим** устьевой области р. Мезени, являются приливо-отливные колебания уровня, сгонно-нагонные явления и сток речных вод. При подходе к эстуарию правильный полусуточный прилив становится неправильным мелководным: время роста уменьшается, время падения увеличивается. Сизигийный прилив в районе устьевого створа у д. Сёмжи достигает 8.5 м и 4.8 м в квадратуру. Средний уровень воды, зафиксированный на ГМС Сёмжа, равен 350 см над местным нулем, или — 26 см над “0” Кронштадтского футштока. Многолетний размах колебаний уровня воды на ГМС Сёмжа — 1003 см. Начиная от створа д. Сёмжи, вверх по эстуарию Мезени приливы быстро уменьшают свою величину. В вершине эстуария (м. Белый Нос) прилив уменьшается на 60% (табл. 1).

Динамика вод в эстуарии Мезени определяется главным образом приливами. Повышенные скорости течений приводят к тому, что приливные и отливные расходы воды многократно превосходят речные расходы воды во время половодья. Это, в свою очередь, способствует приливной эрозии и предопределяет образование эстуарных расширений русла.

Приливные течения, имеющие в Мезенском заливе эллиптический характер, на траверзе м. Красный в 40 км от устьевого створа эстуария Мезени трансформируются из вращательных в реверсивные [4]. Максимальные скорости приливных (обратных) течений превышают максимальные скорости прямых (отливных) течений. Это объясняется превышением времени падения уровня над временем роста, образованием больших обратных уклонов водной поверхности в течение непродолжительного времени после смены течения с прямого на обратное. Влияние мелководья на динамику приливной волны усиливается. В вершинах всех заливов Белого моря ампли-

Таблица 1. Характеристики трансформации приливной волны в устье Мезени [22]

Пункт	Расстояние от устьевоего створа, км	Ширина русла, км	Величина прилива, м	
			сизигия	квадратура
<i>Мезенский залив</i>				
м. Луханов	–16.0	31.0	7.28	4.70
м. Еловый	–7.5	19.0	7.65	4.78
<i>Эстуарий Мезени</i>				
м. Масляный	0.0	9.0	(7.8)	(4.9)
д. Семжа	6.0	7.5	7.82	5.13
м. Васильевич	9.0	6.0	7.46	5.10
д. Окулово	16.5	4.5	5.84	4.11
пос. Морозилка	27.0	1.8	4.44	3.09
пос. Каменка	36.0	1.8	3.74	2.52
м. Белый Нос	39.0	1.3	3.28	2.06
<i>Устьевой участок</i>				
пос. Затон	63.0	1.0	0.72	0.02

Примечание. В скобках даны приближенные величины.

туда приливной волны существенно возрастает в соответствии с законом Грина (концентрация приливной энергии при сужении поперечного сечения залива).

В створе д. Семжа величина прилива достигает максимальной в эстуарии величины. Это проявляется в асимметрии приливных и отливных течений. Продолжительность приливного течения составляет около 5 ч, а отливного – 7.5 ч. Во время сизигийных приливов наибольшие приливные скорости течения в этом месте отмечаются через 3 ч после малой воды (МВ) и за 2–3 ч до полной воды (ПВ) и равны 1.6–1.8 м/с, а наибольшие скорости отливного течения наблюдаются через 3 ч после ПВ и составляют 1.2 м/с. При квадратурных приливах наибольшие скорости приливного течения достигают 1.2–1.4 м/с, а наибольшие скорости отливного течения равны 1.2 м/с. При смене течений на ПВ и МВ скорости падают почти до нуля. Но смена течений с прямого на обратное и с обратного на прямое происходит почти мгновенно. В приливную фазу смена течений начинается у берегов и дна, а потом распространяется на все поперечное сечение русла. В отливную фазу смена течений с обратного на прямое (в сторону моря) происходит в начале в стрежневой части потока, а потом довольно быстро распространяется на весь поток.

Величина перемещения водной массы во время приливного цикла вверх и вниз по эстуарии Мезени составляет в среднем 10 км. Зимой дальность распространения прилива и величина скоростей течения уменьшаются.

В других местах эстуария скорости приливных и отливных течений могут быть заметно больше, чем в нижней части эстуария. На участке м. Толстик – устье р. Пыя скорость течения во время прилива достигает наибольших для эстуария Мезени значений – до 3.0 м/с. В сторону вершины эстуария скорости приливных течений уменьшаются. В районе д. Окулово скорости приливного течения достигают 1.8 м/с, а отливного – 1.6 м/с. В районе пос. Каменка приливные течения достигают 1.6 м/с.

В Мезенском заливе в створе м. Абрамовский – м. Михайловский суммарные течения при приливе имеют направление 130–150°, при отливе – 330–350°. Суммарные течения в створе знак Высыпной – знак Мгла имеют направление при приливе 120–200°, при отливе направление изменяется в пределах 300–0°. Максимальные скорости течений в сизигию при приливе составляют – 2.0 м/с, при отливе – 1.9 м/с; в квадратуру при приливе – 1.3 м/с, при отливе – 1.2 м/с; в период промежутков на фазе прилива – 1.7 м/с, при отливе – 1.4 м/с.

В створе м. Перечный – м. Еловый суммарные скорости течений в сизигию при приливе достигают 1.9 м/с, при отливе – 1.7 м/с. В створе знак Высыпной – знак Мгла в сизигию при приливе и отливе максимальные скорости течений достигают 1.5 м/с; в квадратуру при приливе – 1.2 м/с, при отливе – 0.9 м/с.

Средняя мощность приливной волны на входе в устье р. Мезени составляет около 2 млн кВт, приливной расход на устьевом створе достигает 100000 м³/с [15].

Течения перемещают наносы различной крупности и создают зону высокой мутности в эстуарии – “пробку мути” с максимальной концентрацией взмученных в прилив наносов до $10\text{--}13\text{ кг/м}^3$, ядро которой располагается в $15\text{--}20\text{ км}$ от устьевового створа. Так, например, у д. Пыя величина мутности в придонном горизонте колеблется от 0.5 до 8.5 кг/м^3 (средняя – 3.5 кг/м^3), а у д. Сёмжа – от 0.35 до 13 кг/м^3 [6, 9].

В эстуарии Мезени протяженность зоны смешения речных и морских вод составляет около 30 км . **Соленость** в эстуарии Мезени изменяется в широком диапазоне значений от зимнего максимума ($21\text{--}22\text{‰}$) до весеннего минимума ($1\text{--}2\text{‰}$). Максимальные значения солености воды (26‰) наблюдаются при сизигийных приливах и штормовых нагонах в маловодную летнюю межень. Средняя величина продольных градиентов солености составляет $1.5\text{--}2.0\text{‰}$ на 1 км , достигая на отдельных участках значений $3\text{--}4\text{‰}$. Вертикальный градиент солености не превышает $0.1\text{--}0.4\text{‰}$ на 1 м .

МОРФОЛИТОДИНАМИКА ЭСТУАРИЯ

Акватория эстуария Мезени от вершины до устьевового створа заполнена прибрежными отмелями и полунадводными осередками с глубинами от 0.5 до 3 м . Переуглубленные участки дна эстуария располагаются между отмелями и осередками в виде извилистых русловых бороздин с глубинами от 3 до 7 м (рис. 2).

Прибрежные отмели, ширина которых колеблется от 100 до 700 м , представляют собой песчано-илистые осушки, расположенные под обрывами коренных берегов по обоим бортам эстуария. Верхняя прибрежная часть приливной осушки сложена из песка с включением валунов. Если верхняя часть осушки слабо подвержена эрозии даже при сизигийных приливах и в период штормовых нагонов, то она закрепляется солонатовлюбивой растительностью, формируя заболоченные “лайды” или марши. Средняя часть осушки занята окатанными валунами и щебнем, образующими небольшие гряды. Морской край осушек формируется илистыми отложениями толщиной до 1 м .

Средняя часть акватории эстуария от п. Морозилка до п. Сёмжа занята подвижными грядовыми формами в виде полунадводных осередков из тонких песков, размеры которых постепенно увеличиваются вниз по течению от 8 до 24 км^2 . Переуглубленные русловые бороздины, по которым происходит перемещение приливо-отливных вод, выстланы средними и мелкими песками с примесью гравия и гальки.

По результатам полевых гидрографических (эхолотирование дна) и геофизических (гидроакустическое картирование дна) исследований в

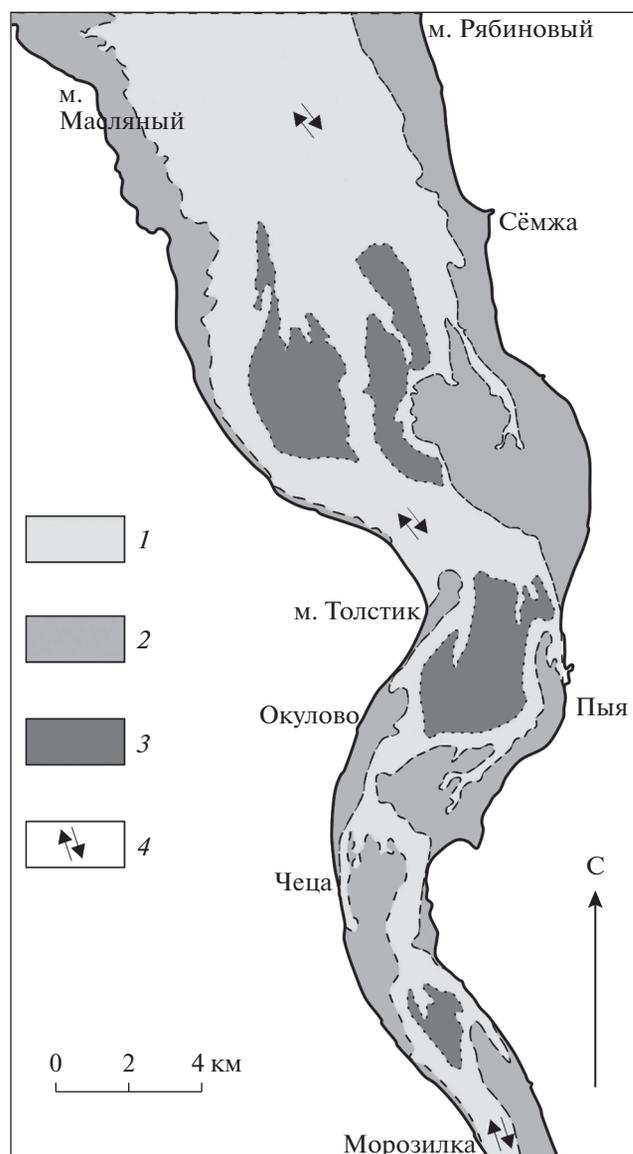


Рис. 2. Схема прибрежных отмелей и осередков в эстуарии Мезени. 1 – Акватория эстуария; 2 – прибрежные отмели (осушки); 3 – осередки; 4 – направление течений.

эстуарии р. Мезени установлена сложная иерархическая система грядовых форм подводного рельефа русловых бороздин (рис. 3). Наиболее крупными элементами этой иерархии являются так называемые *песчаные волны*, длина которых колеблется от 13 до 20 км , а высоты – от 5 до 7 м (табл. 2). Самые мелкие донные аккумулятивные образования – *рябь* и *рифели* длиной менее 10 м и высотой менее 0.1 м .

Промежуточные элементы иерархической системы среди подводных аккумулятивных форм в эстуарии р. Мезени представлены *дюнами* и *баррами* (по классификации Н.И. Алексеевского – В, Г, Д и А, Б). Первые образуют гряды длиной от

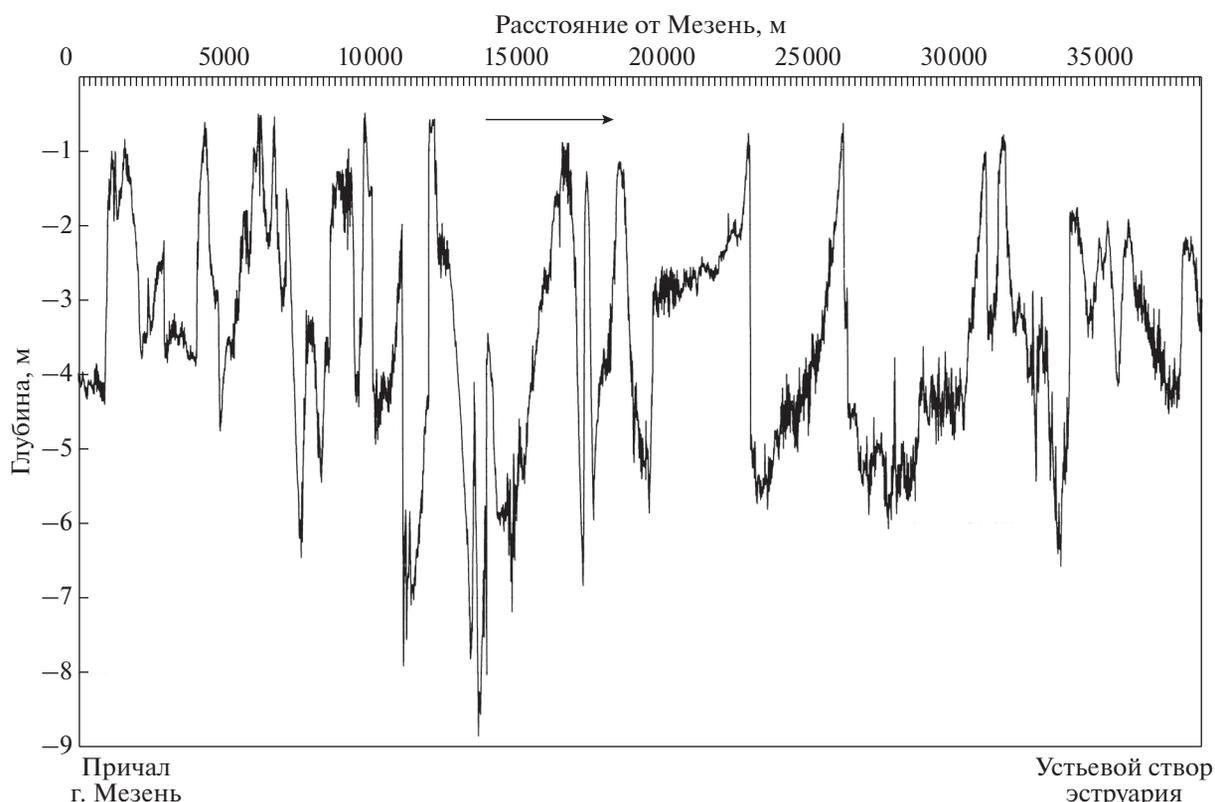


Рис. 3. Эхолотный продольный профиль дна эстуария Мезени от вершины до устьевое створа.

360 до 15 м с высотами от 1 до 0.15 м; вторые — очень крупные гряды длиной от 3880 до 800 м и высотой от 4.9 до 1.1 м (рис. 4).

Анализ статистических данных показал некоторые различия в параметрах иерархической системы грядовых форм в пределах эстуария р. Мезени. В частности, гряды типа “В, Г, Д” [1] имеют различные морфометрические параметры (длину и высоту) в привершинной части эстуария и в районе устьевое створа, что очевидно связано с изменением характеристик приливо-отливных течений. Наиболее мелкие грядовые формы донного рельефа (рифели) в разных районах эстуария имеют близкие по значениям морфометрические показатели (табл. 2).

В вершине эстуария из речных отложений сформирована целая система не затапливаемых в прилив островов вдоль правого (восточного) борта долины р. Мезени. Острова Середовая Кошка, Заречье, Балуиха образуют начальную стадию формирования надводной приливной дельты реки. Цепь правобережных островов ниже г. Мезень продолжают острова Ванюшина Кошка, Максимова Кошка, Шестакова Кошка, Островок и Мишина Кошка.

В отлив не аккумулятивная часть донных наносов выносится из эстуария и аккумуляруется в южной части Воронки Белого моря на выходе из Мезенского залива, где в результате этого на дне образуются подводные гряды (Северные Кошки) —

Таблица 2. Характеристики параметров гряд (l — длина, h — высота) в эстуарии р. Мезени

Районы	Песчаные волны		А бары		Б бары		В дюны		Г дюны		Д дюны		Рифели	
	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h
Эстуарий (г. Мезень)	>13000	5–6	2000–3800	3.5–4.9	800–1350	1.6–3.0	240–360	0.8–1.0	40–50	0.3–0.45	20–30	0.15–0.2	<10	<0.1
Устьевой створ эстуария	>20000	5–7	1800–2800	3.5–4.4	820–900	1.1–2.4	80–110	0.2–0.5	40–60	0.15–0.3	15–25	0.1–0.15	<10	<0.1

Примечание. Иерархическая структура гряд А, Б, В, Г, Д выделена по методике Алексеевского [1].

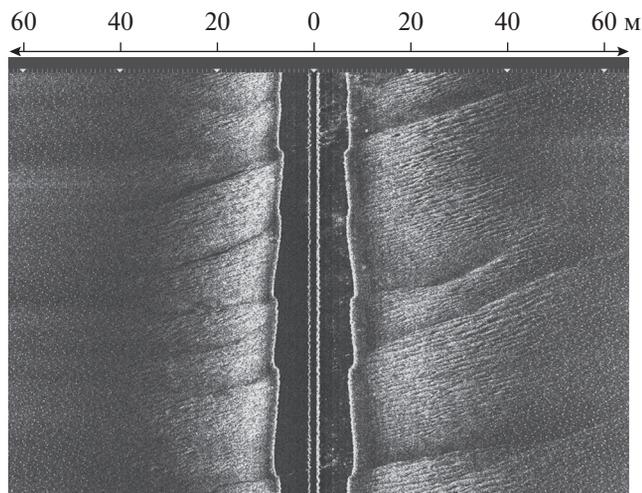


Рис. 4. Гидролокационное изображение песчаных дон в русловой Бороздине эстуария Мезени.

Большая Орловская кошка, Большая Средняя кошка, Конушинская и Кийские мели [10]. Подобные гряды, называемые “гигантскими песчаными волнами”, являются типичными формами приливной аккумуляции песчаного материала в условиях сильных приливных течений на шельфе морей и встречаются в различных эстуариях. Некоторые из них обсыхают в малую воду при сизигийных приливах, но большинство остается под водой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Морфолитодинамические процессы в эстуарии Мезени обусловлены приливо-отливными течениями, речным стоком воды и наносов, ветровым волнением и вдольбереговыми потоками наносов.

Мощные приливо-отливные течения определяют высокую динамичность рельефа дна эстуария. По данным анализа навигационных карт основной канал движения приливо-отливных вод на участке р. Сёмжа – р. Пыя сместился за период 1893–1960 гг. от восточного к западному борту эстуария.

По оценкам интенсивности абразии берегов эстуария (например, на участке от устья р. Сёмжи до м. Рябинов за 5 лет берег отступил на 15 м) количество обломочного материала, поступающего в береговую зону моря от абразии берегов Мезенского залива, достигает 30 млн т/год [16].

Вследствие перемещения огромной массы наносов в эстуарии Мезени происходят интенсивные деформации и листо-песчаных отмелей, перестроения дна и резкие смещения судходных фарватеров. Вследствие этого г. Мезень, находившийся в XVI в. на берегу эстуария, сейчас отделен от реки дельтовой поймой шириной 2.5 км.

В целом, идет постепенный процесс заполнения эстуария р. Мезени речными и морскими наносами. Со времени первого инструментального обследования залива в 1914–1915 гг. глубины в районе устьевых створов уменьшились на 2–3 м. Эти же тенденции характерны для вершины эстуария в районе г. Мезень.

На устьевом взморье при наличии приливных течений и ветровых волн разных направлений создаются сложные донные аккумулятивные формы. Наиболее распространенными являются так называемые песчаные волны или гигантская рябь (“кошки”) – серия гряд высотой до 0.5 м, образующиеся на отмеле дне (уклоны менее 0.005) при скоростях течения 0.3–0.8 м/с.

Из районов абразии берегов Мезенского залива и собственных выносов взвешенного материала рек Мезени и Кулоя отливной поток перемещает тонкий песок и илы на север, где в районе уменьшения скоростей течения происходит аккумуляция песка и формирование песчаных волн. Тонкий взвешенный материал выносится за пределы устьевых взморья далее в Белое море.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-05-41001 и проект № 16-05-01018) и РНФ (проект № 14-17-00155 и № 14-37-00038).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеевский Н.И. Формирование и движение речных наносов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 202 с.
2. Вихман А.М. Изыскания в портах Белого моря 1910–1915 гг. // Труды отдела торговых портов. 1917. Вып. 54. С. 34–41.
3. Вихман А.М. Несколько данных о скорости течения и количестве влекомых наносов в устье р. Мезени // Изв. ЦГМБ Вып. V. 1925. С. 11–17.
4. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II. Белое море. Вып. 1 Гидрометеорологические условия. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 240 с.
5. Горелков В.М., Григорьева Л.Н., Моносов М.Л. Трансформация полусуточного прилива в северной части Белого моря при условии строительства Мезенской ПЭС // Труды Ленгидропроекта, 1981. № 77. С. 74–80.
6. Демиденко Н.А. Пространственно-временные масштабы изменения концентрации взвешенного вещества в приливных устьях рек севера России // Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей. Труды IV конференции. Т. 2. М.: Изд-во ИВП РАН, 1994. С. 93–94.
7. Демиденко Н.А., Землянов И.В., Горелиц О.В., Михайлов В.Н. Исследование гидролого-морфологических процессов в устьевой области реки Мезень для целей проектирования Мезенской приливной электростанции // Труды ГОИН. 2008. Вып. 211. С. 273–288.
8. 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. IV. М.: ГЕОС, 2009. С. 65–69.
9. *Демиденко Н.А.* Гидрологический режим Мезенского залива и эстуариев Мезени и Кулоя. // Система Белого моря. Т. 2. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. М.: Научный мир, 2012. С. 411–432.
 10. Лоция Белого моря. ГУНиО МО. СПб., 1996. 318 с.
 11. *Медведев В.С.* Вопросы динамики прибрежной зоны Мезенского залива Белого моря в связи с проектированием приливных электростанций // Геоморфология и литология береговой зоны. М.: Наука, 1971. С. 23–29.
 12. *Михайлов В.Н.* Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. М.: ГЕОС, 1997. 413 с.
 13. *Михайлов В.Н., Повалишников Е.С.* Устьевая область реки как зона динамического взаимодействия и смешения речных и морских вод // Вестн. МГУ. Сер.5. География. 1992. № 5. С. 29–37.
 14. *Михайлов В.Н., Горин, Михайлова М.В.* Новый подход к определению и типизации эстуариев // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 2009. № 5. С. 3–11.
 15. *Мишин Д.В.* Оценка изменчивости гидрологических характеристик в эстуарии реки Мезень в течение приливного цикла // Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей. Труды VII конференции. М.: Изд-во Российского ун-та дружбы народов, 2009. С. 462–470.
 16. *Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В.* Белое море (Седиментогенез и история развития в голоцене). М.: Наука, 1977. 236 с.
 17. *Полонский В.Ф., Лупачев Ю.В., Скриптунов Н.А.* Гидролого-морфологические процессы в устьях рек и методы их расчета. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 383 с.
 18. *Протопопов И.Д.* Несколько данных о гидрологическом режиме р. Мезени // Исследования морей СССР. Л.: ГГИ, 1932. Вып. 16. С. 87–102.
 19. *Римский-Корсаков Н.А.* Обследование дна водоемов с использованием гидролокационной аппаратуры // Технология и оборудование. М.: ОКТО-ПУС ПРО, 2002. № 5. С. 56–58.
 20. *Римский-Корсаков Н.А., Долотов Ю.С., Пронин А.А.* Технические средства исследования рельефа дна и эстуарных зон Белого моря // Океанология. 2009. Т. 49. № С. 468–473.
 21. *Сафьянов Г.А.* Эстуарии. М.: Мысль, 1987. 188 с.
 22. *Седелков В.А.* К вопросу об уровнях и приливах в устьевой области р. Мезени // Сб. работ Архангельской ГМО. 1970. Вып. 7. С. 72–81.
 23. Система Белого моря. Т. 2. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. М.: Научный мир, 2012. 784 с.

Hydrological Regime and Litodynamic Processes in the Estuary of the Mezen River

N. A. Rimskiy-Korsakov, V. N. Korotaev, V. V. Ivanov, A. A. Pronin, N. A. Demidenko

In the Mezen 'estuary, the morpholithodynamic processes are caused by tidal currents, river runoff, wind waves and along-shore sediment flows. Due to the movement of a huge mass of sediments in the Mezen 'estuary, intensive deformations of silty sand banks, reformation of the channel grooves bottom and displacement of navigable waterways occur. In general, there is a gradual process of filling the estuary of the Mezen River with river and sea sediments. In the channel groves of the estuary, a variety of sandy ridges form.