

ДИНАМИКА БЕРЕГОВ И СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В МЕЗЕНСКОМ ЗАЛИВЕ И В ЭСТУАРИЯХ МЕЗЕНИ И КУЛОЯ

Демиденко Н.А.¹

В геологическом строении побережья Мезенского залива и эстуариев Мезени и Кулоя принимают участие два комплекса осадочных пород: четвертичные и континентально-морские отложения пермского возраста. На дневную поверхность выходят лишь отложения уфимского, казанского и татарского ярусов. Наиболее широко распространены современные и верхнечетвертичные образования различного генезиса. Преобладают морские, ледниковые и болотные отложения [Невесский, 1977].

Эрозионно-аккумулятивные процессы в прибрежной зоне и эстуарии Мезени обусловлены приливно-отливными течениями, речными расходами воды и стоком наносов, ветровым волнением и вдольбереговым потоком наносов за счет абразии морских берегов. В приливных морях и эстуариях главной причиной изменения потока наносов является абразия морских берегов. В Мезенском заливе ее темпы могут достигать 10 м/год. По данным [Невесский, 1977], на участке устья р. Семжа — м. Рябинов за 5 лет берег эстуария Мезени отступил на 15 м. В среднем скорость отступления высокого и обрывистого берега около 2 м/год. Интенсивная абразия восточного берега эстуария Мезени вблизи устья р. Семжа привела к разрушению жилой застройки.

Количество обломочного материала, поступающего в водную толщу от абразии берегов Мезенского залива достигает 30 млн. т/год [Невесский..., 1977, Медведев..., 1971]. В сравнении с этим объемом сток речных наносов, равный 0,7–0,9 млн. т/год, оказывается пренебрежимо малым. Наносы, перемещаемые вдольбереговыми течениями ветрового происхождения, составляют около 30% объема абразии. Остальная часть этого объема, преимущественно илистые частицы, переносятся приливо-отливными течениями.

Под воздействием преобладающих в летнее время ветров северных румбов крупнообломочный материал движется к югу, в сторону эстуариев Мезени и Кулоя. Схема, предложенная по результатам исследований В.С. Медведевым [Невесский..., 1977] (рис.1), позволяет определить пути и области аккумуляции песчаного материала и

¹ Демиденко Н.А. — ФГБУ Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, (ФГБУ «ГОИН»), Москва.

направление результирующего переноса илистых наносов из речной части приливного эстуария Мезени в сторону Белого моря.

Транспорт песчаного материала достаточно масштабен, поскольку минеральные частицы этого размера покрывают поверхность осушки. По этой поверхности песок перемещается к югу с высокими скоростями, формируя единый поток наносов, заполняющих вершину Мезенского залива и эстуарии Мезени и Кулоя. Глинистые фракции составляют основную массу наносов, поступающих в прибрежную зону в результате абразии. Они переносятся течениями во взвешенном состоянии. Содержание в воде этих фракций колеблется от 10 до 5000 г/м³ [Демиденко..., 2012].

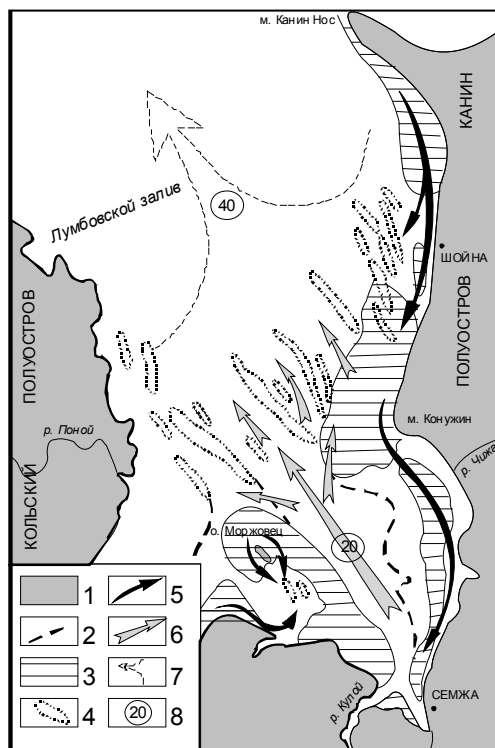


Рис. 1. Схема динамики наносов в Мезенском заливе и эстуариях Мезени и Кулоя [Невеский..., 1977]. 1 – суша, 2 – предполагаемая граница срезанной в голоцене суши, выраженная в рельефе дна в виде уступа, 3 – участки дна, почти лишённые современных и древних осадков, 4 – подводные песчаные гряды, 5 – пути вдольберегового перемещения песка, 6 – пути выноса песка из Мезенского залива, 7 – направление выноса взвешенного материала, 8 – количество ежегодно выносимого материала в млн т

Сильные приливно-отливные течения обуславливают высокую динамичность рельефа дна эстуария. Основной приливно-отливный канал на участке р. Семжа — р. Пыя сместился от восточного края эстуария Мезени (1893 г.) к его центральной части (1927 г.), а затем, начиная с 1960 г., к западному берегу эстуария [Протопопов..., 1932]. До 30-х годов XX в. на месте современных осушек существовал судоходный фарватер, ориентированный в сторону устья р. Семжа. В настоящее время для судоходства используется только западный фарватер эстуария Мезени. Со времени первого инструментального обследования залива в 1914—1915 гг. глубины в районе устьевого створа эстуария Мезени уменьшились на 2—3 м. Эти же тенденции характерны и для вершины эстуария в районе г. Мезень.

Характерной особенностью динамики взвешенных наносов в зоне смешения речных и морских вод является формирование зоны максимальных значений мутности или «литоклина». Возникновение этой зоны обусловлен процессами флокуляции глинистых частиц и органического вещества, а также особенностями эстуарийной циркуляции воды [Демиденко..., 2009]. В ее пределах мутность воды значительно превосходит мутность в речных и морских водах.

Наличие зоны повышенной мутности воды характерно для эстуариев Мезени и Кулоя. Образование литоклина в этих эстуариях зависит от трансформации и асимметрии приливной волны при ее проникновении. Волна в прилив распространяется здесь с большей скоростью, чем во время отлива. В результате наносы в основном перемещаются в сторону суши, к вершине эстуария. Период смены течения в полную воду имеет большую продолжительность по сравнению с малой водой. Поэтому существуют предпосылки для аккумуляции части взвешенных частиц и увеличения объема отложений.

В эстуарии Мезени миграция зоны максимума мутности за приливный цикл составляет 20—25 км. Течения перемещают наносы различной крупности и создают зону высокой мутности в эстуарии — «пробку мути» с максимальной концентрацией взмученных в прилив наносов до 10—13 кг/м³, ядро которой располагается в 15—20 км от устьевого створа. Так, например, у д. Пыя величина мутности в придонном горизонте колеблется от 0,5 до 8,5 кг/м³ (средняя — 3,5 кг/м³), а у д. Семжа от 0,35 до 13 кг/м³ [Демиденко, 2009]. В период наблюдения на суточной станции в августе 2015 г. на фарватере эстуария Мезени по траверсу д. Семжа (в 6,5 км от УС) при квадратных приливах мутность воды в поверхностном горизонте изменялась от 128 г/м³ в ПВ до 1,3 кг/м³ в МВ. В придонном горизонте мутность воды изменялась в значительном диапазоне от 150 г/м³ в

ПВ до 56 кг/м³ в МВ при подходе «пробки мутности». Такие максимальные значения мутности в пределах 40–56 кг/м³ наблюдались продолжительностью 2 часа приливного цикла при фазе отлива, малой воде, смене течений и начальной фазе прилива. Максимальная концентрация взвешенного вещества в воде в придонном горизонте была 56,32 кг/м³ и наблюдалась в начальной фазе прилива (МВ+1 ч) при обратных скоростях течения 0,3 м/с.

Мутность воды в эстуарии Мезени больше в сизигию и меньше — в квадратуру. При смене направления течения глинистые частицы и флокулированные частицы не осаждаются на дно, а находятся во взвешенном состоянии. Они перемещаются реверсивным течением в реку или море, участвуя в общей эстуарийной циркуляции, практически не удаляясь за пределы эстуариев Мезени и Кулоя. Мутность воды в поверхностном горизонте в этот период сохраняется на уровне 50–100 г/м³ [Демиденко..., 2008].

На регулярные полусуточные и двухнедельные приливные изменения мутности накладываются сезонные и годовые изменения концентрации взвешенных наносов. Эти изменения обусловлены климатическими и гидрологическими факторами, поскольку они определяют вынос в залив продуктов эрозии из речных бассейнов.

Высокая мутность воды и транспорт наносов во всем Мезенском заливе и эстуариях Мезен и Кулоя активно влияют на переформирование донных форм рельефа и морфологии всей устьевой области и береговой зоны залива.

Песчаные отложения образуют вытянутые узкие приливные гряды в центральных частях эстуариев. Алевриты и илы отлагаются на береговых отмелях и на приливных осушках (маршах). В целом в эстуариях формируется так называемая «система удержания» осадков внутри эстуария, границы которой определяются с речной стороны пределом проникновения галоклина, а со стороны моря — зоной резкого снижения транспортирующей способности потока вследствие уменьшения скоростей течения. Седиментационный цикл в эстуариях включает в себя начальный взмыв тонких осадков со дна до момента их флокуляции и агрегирования на контакте пресных и соленых вод. Укрупнение частиц вызывает их осаждение на дно, накопление, уплотнение и сохранение до следующего эрозионного цикла. Периодическое возникновение застойных условий в момент наиболее высокого прилива (в течение 8–10 ч) приводит к осадконакоплению с высокими скоростями (4–7 мм/год). В эстуариях отлагается до 2/3 стока речных наносов. Вследствие коагуляции в них осаждается 60–80% растворенных гуминовых веществ, железа и

поллютантов. Наиболее благоприятные условия для этого имеются в зоне выклинивания галоклина, где часто образуется зона с повышенной мутностью вод, а также участки пойм и маршей. Русловые бороздины в эстуариях при высоких нагонах и приливах интенсивно промываются, и донные осадки практически не загрязняются.

Высокая мутность воды и транспорт наносов во всем Мезенском заливе и эстуариях Мезен и Кулоя активно влияют на переформирование донных форм рельефа и морфологии всей устьевой области и береговой зоны залива.

Русло реки в районе вершины эстуария Мезени характеризуется чередованием плесов и перекатов. Оно заполнено многочисленными подвижными отмелями, которые быстро изменяет свое плановое положение. Глубина потока на перекатах в малую воду не превышает 1,0 м. Морфология пониженной части долины р. Мезени отражает процессы длительного приспособления донных отложений и перемещающихся в период прилива водных масс. В результате на дне эстуария сформировались пологая зона наибольших глубин, подводное аккумулятивное образование, находящееся ближе к вершине эстуария, и надводная приливная дельта реки.

В вершине эстуария существует система больших, не затопляемых в прилив, островов, прижатых к правому берегу. Острова Середовая Кошка, Заречье, Балуиха образуют начальную стадию приливной дельты реки. Они имеют относительно молодой возраст. В 6 км от устьевого створа отметки их поверхности имеют высоту, совпадающую с отметками уровней воды в период отлива. Цепь правобережных островов ниже г. Мезень продолжают острова Ванюшина Кошка, Максимова Кошка, Шестакова Кошка, Островок и Мишина Кошка. Причиной односторонней группировки дельтовых островов является преобладающая ориентация приливного потока, прижимающегося к левому берегу реки [Медведев..., 1971].

Ниже о. Мишина Кошка (в 25 км от устьевого створа) располагается зона затопляемых в прилив песчано-илистых осушек. Зона больших гряд и осушек простирается до участка крутого изгиба эстуария в створе м. Толстик — устье р. Пыя. Размеры гряд постепенно увеличиваются, превращаясь в сплошной массив ваттов. Вследствие интенсивного перемещения наносов происходят интенсивные деформации ваттовых илисто-песчаных отмелей, переформирования ложа эстуария и резкие смещения фарватеров в эстуарии. Рельеф дна эстуария отличается сильной изменчивостью, что крайне затрудняет судоходство. Заметны и однонаправленные тенденции русловых процессов. В частности, хорошо выражен процесс наращивания

аномальной, причлененной к правому берегу дельты в вершине эстуария. Вследствие этого г. Мезень, находившийся в XVI в.е на берегу эстуария, сейчас отделен от реки дельтовой равниной шириной 2,5 км. В целом идет процесс заполнения эстуария Мезени речными и морскими наносами. Заполняются наносами ямы в русле эстуария, используемые для отстоя судов во время отлива. Это приводит к осложнению работы Мезенского порта и вообще морского судоходства в устье Мезени [Демиденко..., 2008].

Аналогичные процессы заполнения эстуария морскими наносами происходят в устье Кулоя. Показателем этого служит, например, блокирование русла и образование излучины у вершины эстуария в районе м. Митинского (ниже с. Долгошелье).

Приливные осушки эстуария Мезени и Мезенского залива имеет полого выпуклую форму с уклоном в сторону моря 2–3°. Ширина приливной осушки составляет 700–800 м и более. Средняя часть осушки занята окатанными валунами и щебнем, образующими небольшие гряды. Ближе к морскому краю осушки формируются илистыми отложениями, разделенными стоково-отливными бороздинами. Вязкие консолидированные илистые отложения покрывают поверхность морского края осушки толщиной до 1 м.

Верхняя прибрежная часть приливной осушки сложена из песка с обильным включением валунов. Средний размер окатанных моренных валунов составляет около 20 см в диаметре. Отдельные экземпляры валунов достигают в диаметре более 1,0 м. Если верхняя часть осушки слабо подвержена эрозии даже при сизигийных приливах и в период штормовых нагонов, она закрепляется солончатой растительностью, формируя заболоченные «лайды» или марши.

На устьевом взморье при наличии приливных течений и ветровых волн разных направлений создаются сложные донные аккумулятивные формы. На отмелях приливных осушках формируются донные формы рельефа как рифели и гряды. Рифели — мелкие формы дна русла с пологими склонами, ориентированными против течения, и крутыми склонами — по течению. Длина их от гребня одного рифеля до гребня другого обычно составляет 0,3 м и не превышает 0,6 м. Гряды — средние формы дна русла, имеющие длину от 0,6 м до нескольких метров.

Гигантские песчаные гряды формируются на выходе из Мезенского залива (Северные Кошки). Их существование впервые открыл М.Ф. Рейнеке в период гидрографических описаний Белого моря, выполненных в 1830 г. Результаты сравнения карт М. Рейнеке с современными показывает их стабильное положение в течение продолжительного периода времени. Подобные гряды, называемые

«гигантскими песчаными волнами», являются типичными формами приливной аккумуляции песчаного материала в условиях сильных приливных течений на шельфе морей [Медведев..., 1971]. Некоторые из них обсыхают в малую воду при сизигийных приливах, но большинство остается под водой. Поперечный профиль песчаных волн, как правило, асимметричный. Крутой склон чаще обращен в сторону берега Канинского полуострова (по направлению распространения подходящей приливной волны). Чем ближе песчаные волны расположены к берегу, тем четче проявляется их асимметрия.

Таким образом, северо-восточная часть Белого моря, где расположен Мезенский залив и эстуарии Мезени и Кулоя, по геологическому строению и гидродинамическим условиям исключительно благоприятна для развития абразионных процессов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 16-05-01018) и РНФ (грант 14-17-00155 и 14-37-00038 (экспедиционные исследования)).

Литература

- [1] *Демиденко Н.А.* Гидрологический режим Мезенского залива и эстуариев Мезени и Кулоя. Монография Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. Гл. 5,4. — М.: Научный мир, 2012. — С. 411–432.
- [2] *Демиденко Н.А.* Формирование максимума мутности воды в сильно-приливных 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.
- [3] *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. — М., Труды ГОИН вып. 211, 2008. — С. 273–288.
- [4] *Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В.* Белое море (Седиментогенез и история развития в голоцене). — М.: Наука, 1977. — 236 с.
- [5] *Медведев В.С.* Вопросы динамики прибрежной зоны Мезенского залива Белого моря в связи с проектированием приливных электростанций. В кн.: Геоморфология и литология береговой зоны, — М.: Наука, 1971. — С. 23–29.
- [6] *Протопопов И.Д.* Несколько данных о гидрологическом режиме устья р.Мезени. В кн. Исследования морей — СССР. Изд. ГГИ, Л., 1932. — С. 87–102.