

ТРАНСПОРТ НАНОСОВ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ МОРСКОГО БЕРЕГА НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ЯМАЛЬСКОГО БЕРЕГА БАЙДАРАЦКОЙ ГУБЫ

Кузнецова М.Н.¹, Плинка Н.Л.¹

¹ – Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия, partisha@mail.ru

Аннотация. Одной из важнейших проблем при планировании гидротехнического строительства является устойчивость берега под действием волнения и течений, которая связана с перемещением наносного материала, слагающего берег и поступающего извне. В данной работе рассчитывается поток наносов на примере участка Ямальского берега Байдарацкой губы Карского моря и даётся прогноз дальнейшего развития берега.

Ключевые слова: поток наносов, абразия, береговые процессы.

Абразия и аккумуляция берега связана главным образом с поперечным потоком наносов, который формируется под действием волнения, направленного по нормали к берегу, в данном случае юго-западного. Исследуемый участок берега является абразионно-термоденудационным [1], находится между двух устьев рек Яра-яха и Лы-яха, которые характеризуются авандельтами, выдвинутыми в море на 1,5 км, и совместно с абразионными берегами являются главными поставщиками твердого наносного материала, который вовлекается во вдольбереговой поток и расходуется на построение пляжей и осушек. Вдольбереговой поток волновой энергии на исследуемом участке направлен в южном направлении к устью р.Юрибей и является достаточно сбалансированным, так как дефицит наносов в потоке компенсируется речным стоком твердого материала и, наоборот, избыток речных наносов в потоке компенсируется вовлечением их во вдольбереговой поток. Таким образом, в данном районе изменение береговой линии связано, главным образом, с поперечным потоком наносов, который формируется под действием волнения, направленного по нормали к берегу, в данном случае юго-западного. Это приводит к тому, что в уравнении баланса наносов (1) в морфодинамической системе, рассмотренной в [2], можно пренебречь вдольбереговым потоком наносов $\partial Q/\partial y$ и дополнительным источником в виде речного стока Ω . Эоловым переносом q_{aeol} в данном случае также можно пренебречь ввиду особенностей гранулометрического и видового состава грунтов. В этом случае уравнение баланса наносов можно записать в виде (2). Итого, уравнение баланса наносов в данной морфодинамической системе включает две составляющие – поперечный поток через нижнюю границу береговой зоны Q^* и виртуальный поток, связанный с повышением уровня Мирового океана wl_x (2).

$$\frac{\partial \chi}{\partial t} = \frac{1}{h^* + z_c} \left(\frac{\partial Q}{\partial y} + q_{Aeol} - Q^* + wl_x - \Omega \right) \quad (1)$$

$$\frac{\partial \chi}{\partial t} = \frac{1}{h^* + z_c} (-Q^* + wl_x), \quad (2)$$

где, χ - положение береговой линии, t – время, h^* - глубина замыкания, z_c – возвышение уровня, Q^* - поперечный поток через нижнюю границу береговой зоны $w = \partial \zeta / \partial t$ – скорость изменения уровня моря, l_x – расстояние от уреза до глубины замыкания.

Величина поперечного потока наносов Q^* рассчитана по 3 методикам: по упрощённой и развёрнутой формулам И.О.Леонтьева [2] и формуле И.И.Леви [5]. Полученные результаты выглядят следующим образом: $Q^* = 10,32$ м³/м год и $Q^* = 9,6$ м³/м год при расчёте по упрощённой и развёрнутой формулам И.О. Леонтьева

соответственно, $Q^* = 8,64$ м³/м год при расчёте с использованием формулы И.И.Леви. Результаты получились сопоставимыми, поэтому для дальнейших расчётов используется среднее значение величины поперечного потока наносов $Q^* = 9,52$ м³/м год.

Направленность поперечного потока наносов определялась по двум методикам. Первую предлагает И.О.Леонтьев [2] и рекомендует определять направление потока с помощью параметра S_2 , отражающего свойства волнового климата, осадков и морфологии профиля. На исследуемом участке $S_2 = 0,84$, это означает, что поток направлен в сторону моря. Вторая методика представлена Г.А.Сафьяновым [3], отношение равняется ~ 32 , что больше 1, поэтому поток в данном случае также направлен в сторону моря. Это объясняется следующим: штормовые нагоны на пологом берегу при коротких волнах образуют стоковые течения, которые уносят наносный материал от берега. Соответственно значение поперечного потока входит в уравнение баланса наносов со знаком минус. Также согласно номограмме, представленной в работе [4], в данном случае можно говорить о преобладающем режиме движения наносов в виде взвеси. Таким образом, в среднем волновое воздействие должно приводить к размыву берега и перемещению уреза в сторону берега.

Второе слагаемое баланса наносов прибрежной зоны исследуемого участка - виртуальный поток, связанный с повышением уровня Мирового океана w/l_x был оценён следующим образом. Многие исследования говорят о повышении уровня Мирового океана. Так, Ю.А. Павлидис оценивает увеличение уровня на 0,9 м в течение следующих 200 лет [2], соответственно за 1 год $w = 0,0045$ м/год. Подставляя в формулу полученное значение получаем дополнительный поток, связанный с повышением уровня Мирового океана, $w/l_x = 9$ м³/м год. Также данную составляющую уравнения баланса наносов можно получить уже в виде смещения уреза s в метрах в год с учётом этого повышения уровня, используя формулу П.Брууна [6]. Результат расчётов по формуле Брууна совпадает с результатом, полученным по формуле И.О.Леонтьева, так как при раскрытии скобок в уравнении баланса наносов (2) в слагаемое, выражающее виртуальный поток, связанный с повышением уровня Мирового океана, входят те же составляющие.

В результате решения уравнения баланса наносов в данной морфодинамической системе с использованием полученных результатов его составляющих $Q^* = 9,52$ м³/м год и $w/l_x = 9$ м³/м год получается, что при заданных условиях береговая будет смещаться в среднем на 2,46 м/года вглубь континента и через 100 лет положение уреза воды будет наблюдаться в 246 м от настоящего положения.

В реальных условиях на берегу имеются береговые валы, откосы и другие формы рельефа, которые значительно возвышаются над уровнем моря и являются препятствием при проникновении воды вглубь континента. Исследуемый в данной работе участок представлен террасой высотой 3-20 м, к подножью которой примыкает пляж, она будет препятствовать сильному смещению уреза воды вглубь суши.

С учётом особенностей геоморфологии и повышении уровня по прогнозам Павлидиса, можно предположить, что смещение уреза на участке через 100 лет произойдёт на величину, попадающую в предел 180÷220 м.

Данные оценки лито- и морфодинамики предположительны, и прогноз составляется на основе настоящих климатических тенденций, что не исключает натуральных наблюдений и систематического учёта изменений морфодинамических параметров в прибрежной зоне.

Литература

1. Камалов А.М. Морфолитодинамика берегов и дна Байдарацкой губы на трассе перехода магистральными газопроводами/ Камалов А.М., Огородов С.А., Бирюков В.Ю., Совершаева Г.Д.,

- Цвечинский А.С., Архипов В.В., Белова Н.Г., Носков А.И., Соломатин В.И. //Криосфера Земли.- 2006. -Т. 10(№ 3). - с.3–14
2. Леонтьев И.О. Бюджет наносов и прогноз развития морского берега//Океанологи.–Москва.-Т.48(№3).- 467-476
3. Сафьянов Г.А. Геоморфология морских берегов. – М.: МГУ, 1996.
4. Кузнецова М.Н., Плинка Н.Л. Методические расчёты для предварительной оценки характеристик транспорта наносов//Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы и развития: материалы всеросс. науч. конф. – СПб.- 2018.
5. Макаров К.Н. Заносимость подходных каналов и портовых акваторий на песчаных берегах// Литодинамика донной контактной зоны океана: материалы междунар. науч. конф. – Волгоград, 2009.
6. Bruun P. The Bruun rule of erosion by sea-level rise: a discussion on large-scale two- and three-dimensional usages// J. of Coastal Res. -1988. -№4. -p. 627–648.

SEDIMENT TRANSPORT AND FORECAST OF DEVELOPMENT OF THE SEA COAST ON THE EXAMPLE OF THE SITE OF THE YAMAL COAST OF BAIDARATA BAY

Kuznetsova M.N.¹, Plink N.L.¹

¹ – *Russian state hydrometeorological university, St. Petersburg, Russia, partisha@mail.ru*

Annotation. One of the major problems when planning hydrotechnical construction is stability of the coast under the influence of waves and currents which is connected with movement of the alluvial material composing the coast and arriving from the outside. In this work the sediment transport is calculated on the example of the site of the Yamal coast of Baidarata Bay of the Kara Sea and the forecast of further development of the coast is given.

Keywords: sediment transport, abrasion, coastal processes.