

## ПРОГНОЗ ВДОЛЬБЕРЕГОВОГО ПОТОКА ПЕСЧАНЫХ И ГАЛЕЧНЫХ НАНОСОВ

Бондарева Е.В.<sup>1</sup>, Кантаржи И.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Сочинский государственный университет туризма и курортного дела»

<sup>2</sup> Московский государственный строительный университет (МГСУ)

*e-mail: bondareva\_05@mail.ru*

Прогноз интегрального вдольберегового потока песчаных и галечных наносов основан на энергетических зависимостях, коэффициент которых калибруется экспериментальными данными для условий исследуемого участка берега. Такой подход обусловлен тем, что именно в эмпирическом коэффициенте в значительной степени заложены свойства пляжей (уклон, скорость течения, размер наносов), оказывающие важное влияние на величину расхода.

Под галечными пляжами понимаются пляжи, представленные наносами, которые перемещаются преимущественно влечением, а под песчаными пляжами подразумеваются пляжи с наносами, движущимся преимущественно во взвеси. Т.е., весь участок берегового склона, подверженного воздействию волнения, сложен либо наносами,двигающимися влечением, либо перемещающимися во взвеси, либо в транспорте присутствуют оба вида движения. Поэтому, при калибровке формул для расхода наносов, используется методика Акерса-Уайта [3], позволяющая определять суммарный транспорт наносов, включая донные и взвешенные наносы.

В методике Акерса-Уайта используется величина нагрузки потока наносами, равная отношению массового расхода наносов к массовому расходу воды, переносящему наносы:

$$q_s = \frac{\rho_w}{\rho_s} qS$$

где  $q_s$ ,  $\rho_s$  – расход и плотность материала наносов, соответственно,  $q$  и  $\rho_w$  – расход течения и плотность воды и  $S$  – нагрузка наносами.

Для вычисления профиля вдольберегового течения используется известное решение Лонге-Хиггинса [1]. При определении нагрузки наносами от течения используется концепция мощности, затрачиваемой на перенос наносов в условиях совместного действия волн и течения.

Необходимо отметить, что состав естественных и искусственных пляжей обычно неоднородный, и представляет собой смесь различных по диаметру фракций. И, если учитывать это фракционное распределение, а также различия в поведении разных фракций во вдольбереговом потоке наносов при перемещении по профилю пляжа, то можно попытаться получить более точную оценку вдольберегового транспорта наносов, а также и эволюции береговой линии.

Поэтому, при определении коэффициента для конкретных условий исследуемого участка предлагается, помимо особенностей пляжей, учитывать еще и распределение наносов по его профилю.

Для оценки результатов расчетов, в волновом бассейне была проведена серия экспериментов по переформированию контура галечного пляжа в условиях влияния поперечных гидротехнических сооружений на пространственной модели, построенной для конкретного участка берега.

Задаваемые параметры расчетного волнения соответствовали следующим натурным: высота волн - 3,38 м; средний период - 10,7 с.; глубина последнего обрушения - 4.5 м; угол между фронтом подходящих волн в последнем обрушении и линией берега - 150; средний диаметр наносов, отсыпаемых на модели для создания пляжа, - 33,0 мм; продолжительность воздействия шторма - 33 час. В качестве репрезентативного уклона выбран уклон 0.008, соответствующий глубине обрушения на модели. Так как во всех экспериментах волновые параметры не менялись, то величина вдольберегового расхода для свободного берега в опытах постоянна. А изменения наблюдались только в объемах перемещенного материала за счет его переброски через гребень бун.

В таблицах 1 и 2 приведены величины расходов вдольберегового потока наносов и объемов материала, переместившихся за время проведения опытов, полученных на основе гидравлического моделирования и расчетов при измерении заполнения входящего угла.

**Таблица 1. Сравнения расходов вдольберегового потока наносов, полученных на основе гидравлического моделирования и расчетов (м<sup>3</sup>/с)**

Измеренные в опытах,		Вычисленные по предлагаемой методике,	Относительная погрешность вычислений, %
Отсек 2-3 (опыт 1,2)	0.125	0.092	26
Отсек 3-4 (опыт 3,4)	0.029	0.024	15

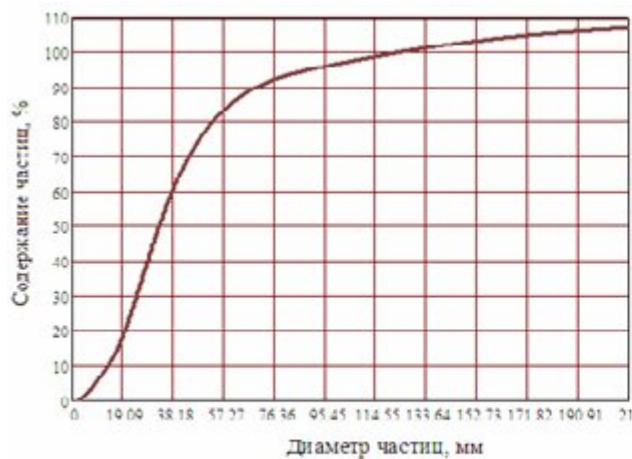
Разные расходы при одинаковых волновых условиях в отсеках 2-3 и 3-4 обусловлены небольшой разницей в этих уклонах.

**Таблица 2. Сравнения объемов материала, переместившегося за время проведения опыта, полученных на основе гидравлического моделирования и расчетов (м<sup>3</sup>)**

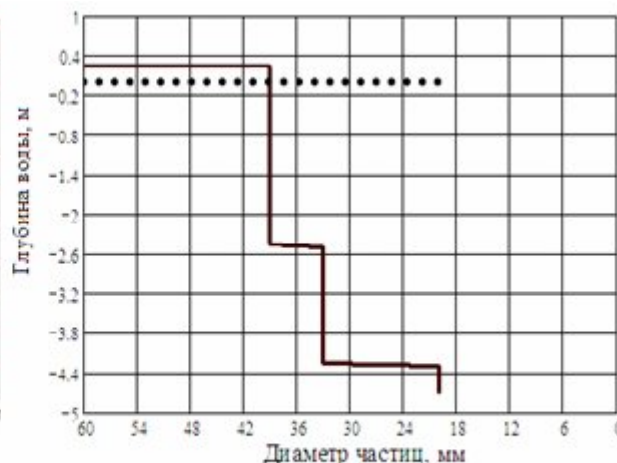
№ опыта	Измеренные в опытах	Вычисленные по предлагаемой методике
1	5300	3901
2	970	713
3	2400	2031
4	380	321

На основании того, что в реальных условиях на галечных и песчаных пляжах наблюдается распределение наносов по крупности по поперечному профилю пляжа, в сторону ее увеличения к линии уреза, то после проведения опытов были сделаны пробы по профилю с целью определения гранулометрического состава.

Исходный состав отсыпаемого пляжного материала и распределение наносов по береговому склону в конце опыта приведены на рис. 1 и 2.



**Рис. 1. Исходный состав отсыпаемого материала**



**Рис. 2. Распределение наносов по береговому склону**

На основании данных опытов, при определении коэффициентов для данных условий модельного участка помимо его особенностей учтем еще и распределение наносов по береговому склону.

Сравнения объемов материала, переместившегося за время проведения опыта, полученных на основе гидравлического моделирования и расчетов, с использованием среднего диаметра и, отдельно, с учетом неоднородности распределения материала по профилю пляжа отражены в табл. 3.

**Таблица 3. Сравнения объемов материала, переместившегося за время проведения опыта, полученных на основе гидравлического моделирования и расчетов с использованием среднего диаметра и с учетом неоднородности.**

Измеренные объемы, м <sup>3</sup>		Расчет	
		Однородный материал, средний диаметр	Распределение диаметров
		Погрешность вычислений, %	Погрешность вычислений, %
Отсек 2-3	0.125	26	15
Отсек 3-4	0.029	15	10

Из таблицы можно заключить, что учет неоднородного распределения, и соответственно различия в поведении разных фракций во вдольбереговом потоке наносов при перемещении по профилю пляжа дает более точную оценку вдольберегового транспорта наносов. Расчеты были сделаны на основе формулы, полученной Петровым В.А. и Ярославцевым Н.А. на участке галечного пляжа при среднем уклоне от линии обрушения до вершины наката около 0,12 [2]. Формула выбрана с целью показать возможность оценки расхода и при небольшом уклоне, характерном для отмелей берегов при использовании предлагаемой методики калибровки.

Если в формуле [2] вместо калибровочного коэффициента использовать базовый коэффициент, то погрешность вычислений составит примерно 50%. Это обусловлено разницей уклонов изучаемого участка (0.008) и участка берега, в условиях которых получена формула [2]. А в случае использования в формуле [2] коэффициентов калиброванных по предлагаемой методике, учитывающих условия исследуемого участка, погрешность вычислений снижается примерно в 3 раза. Если при вычислении вдольберегового расхода наносов в энергетических формулах, полученных для условий песчаных или галечных пляжей, использовать соответствующим образом калиброванные коэффициенты, то величины расходов будут одинаковыми в пределах погрешностей.

Анализ результатов работы позволяет сделать следующие выводы:

величина расхода вдольберегового потока наносов для условий галечных и песчаных пляжей может быть определена на основе единого подхода, основанного на энергетических зависимостях, коэффициент которых калибруется экспериментальными данными для конкретного участка побережья.

Учет распределения наносов по крупности по поперечному профилю пляжа позволяет более точно прогнозировать вдольбереговой транспорт наносов.

#### Литература

1. Леонтьев И.О. Прибрежная динамика: Волны, течения, потоки наносов. М.: ГЕОС, 2001.
2. Петров В.А., Ярославцев Н.А. Исследование вдольберегового транспорта галечных наносов. «Водные ресурсы». М., 1985.
3. Dyer K.R. Coastal and Estuarine Sediment Dynamics, John Wiley&Sons Ltd., 1986, 342 p.