

Copyright © 2014 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation  
European Researcher  
Has been issued since 2010.  
ISSN 2219-8229  
E-ISSN 2224-0136  
Vol. 76, No. 6-1, pp. 1105-1108, 2014



## Geosciences

### Науки о Земле

UDC 532.5.627

### Modeling the Movement of Beach Alluvia in the Alongshore Direction

<sup>1</sup> Elena V. Bondareva<sup>2</sup> Yury I. Dreizis<sup>3</sup> Izmail G. Kantardgi<sup>1</sup> Sochi State University, Russian Federation

PhD (Technical science), Ass. Professor

<sup>2</sup> Sochi State University, Russian Federation

PhD (in technical science), Professor

26-A, Sovietskaya str., Sochi, 354000, Russian Federation

E-mail: Yurid2006@yandex.ru

<sup>3</sup> Moscow State Civil University, Russian Federation

PhD (in technical science), Professor

**Abstract.** The authors have worked out a design model for the dynamics of a mixed-composition beach in the vicinity of transverse structures. The model uses a modified formula for calculating alluvia, which is based on modified energy dependencies. The authors provide an algorithm for performing these calculations.

**Keywords:** alluvia; shoreline; modeling; transverse structures; wave diffraction.

**Введение.** Существующие береговые морфологические модели не учитывают пространственного и временного распределения частиц наносов по крупности во время шторма. Наиболее современные 2D/3D модели включают распределение частиц по крупности, но применяют при этом фракционный подход, когда поведение отдельных фракций наносов считается независимым, и результат морфологических изменений представляет собой линейную суперпозицию результатов для отдельных фракций. В [1-3] показано, что локальный транспорт наносов на поперечном пляжном откосе, сложенном неоднородными наносами, может быть определен на основе мультифракционного подхода. При этом взаимодействие фракций можно учитывать специфическими условиями начала трогания для каждой фракции, характеристики которых зависят от фракционного состава. Разработанная в [1-3] модель транспорта наносов показала, что в определенных условиях расход наносов, определенный по среднему диаметру, может отличаться от расчета для неоднородных наносов не только значительно по величине, но и по направлению. Разработанная модель позволяет перейти к анализу вдольберегового перемещения наносов, распределенных неоднородно на поперечном пляжном профиле.

**Материалы и методы исследования.** На примере методики Ackers-White показано, что зависимости для переноса русловых наносов, включающие нагрузку

влекомыми и взвешенными наносами, могут быть использованы для расчета переноса наносов вдольбереговыми волновыми течениями, как для условий галечных пляжей, так и для условий гравийно-галечно-песчаных пляжей, характерных для районов интенсивного портового строительства Черноморского побережья России.

Энергетические формулы по определению расхода наносов модифицированы для условий расчета интегрального вдольберегового переноса наносов на галечных и песчаных пляжах. Для этого входящий в энергетические формулы коэффициент определяется с использованием методики Ackers-White. Определение эмпирического коэффициента энергетической формулы для вдольберегового переноса наносов происходит при сравнении величины вдольберегового расхода, определенной по методу AW, с энергетической зависимостью. Таким образом, разработана модель интегрального вдольберегового переноса неоднородных наносов применительно к условиям галечных и песчаных пляжей, которая описывается модифицированной энергетической формулой. Модификация энергетических формул позволяет получать расчетные зависимости для оценки расхода наносов с целью их дальнейшего использования на этом же участке берега, например, при прогнозе переформирования берега в окрестности поперечных гидротехнических сооружений.

Для более достоверной оценки динамики береговой линии пляжа, сложенного неоднородным по составу материалом, при наличии поперечного сооружения, на основе модернизированного энергетического подхода для расчета транспорта мультифракционных по составу наносов, разработана численная модель и схема расчета транспорта неоднородных наносов и переформирования береговой линии пляжа.

Модель позволяет учитывать: взаимодействие фракций неоднородных наносов в локальном поперечном транспорте; энергетический подход к определению интегрального вдольберегового переноса неоднородных по гранулометрическому составу наносов; влияние длины сооружения и его проницаемости на расположение и величину зоны размыва; влияние рефракции и дифракции волн на сооружениях на вдольбереговой транспорт наносов и динамику береговой линии пляжа.

**Обсуждение.** В результате проведенных авторами исследований в развитие результатов, представленных в [1-3]:

- разработана численная модель переформирования пляжа в окрестности поперечных гидротехнических сооружений, которая отличается от аналогичных моделей включением единого подхода к определению расхода вдольберегового потока неоднородных наносов для условий галечных и песчаных пляжей, а также учетом дифракции волн, возникающей в зоне волновой тени сооружения;

- разработана расчетная схема по использованию послойной модели транспорта неоднородных наносов для численного моделирования динамики пляжа, сложенного неоднородным материалом;

- проведена калибровка и верификация моделей вдольберегового переноса наносов и его взаимодействия с поперечными сооружениями с использованием результатов численного моделирования, натурных измерений, а также специально проведенных лабораторных опытов с галечными наносами;

- разработана методика и проведен анализ результатов прогнозирования кратковременных и долговременных эволюций пляжа, вызываемых поперечными сооружениями с расчетами вдольберегового переноса наносов и переформирования пляжа на реальных и проектируемых объектах Черноморского побережья России.

В разработанной модели расчета динамики неоднородных пляжевых наносов решение рассматриваемой задачи разделяется на несколько этапов.

На 1-м этапе выполняется прогноз изменений поперечного профиля пляжа в процессе волнового воздействия. Прогноз деформаций берегового откоса основывается на законе сохранения массы пляжного материала, соответствующее уравнение позволяет определить глубины в данный момент времени по известному распределению объемного расхода наносов. Для определения объемного расхода наносов используется разработанная модель волнового поперечного транспорта неоднородных наносов, учитывающая взаимодействие фракций наносов в смеси.

На 2-м этапе расчета из уравнения диффузии определяется распределение вдольбереговых расходов наносов на поперечном профиле пляжа, сформированном подходящим волнением и рассчитанном на 1 этапе.

В уравнении диффузии при определении граничных условий для расхода наносов используется разработанная модель интегрального вдольберегового переноса неоднородных по составу наносов (этап 1). Эта модель применима к условиям и галечных, и песчаных пляжей. Расход наносов определяется по модифицированной энергетической формуле вдольберегового переноса наносов, учитывающей рефракцию волн.

На 3-м этапе по рассчитанному на этапе 2 интегральному расходу неоднородных наносов определяется положение береговой линии из уравнения баланса наносов. Для более точной оценки эволюции пляжа в окрестности поперечных гидротехнических сооружений в модели учитывается дифракция волн, возникающая при подходе волн к берегу в теневой зоне сооружений. Для этого в формулу расчета вдольбереговой компоненты волновой энергии дополнительно вводится коэффициент дифракции  $K_D$ . Он учитывает изменение высоты волны вдоль гребня волны в зоне их дифракции за сооружением. При этом коэффициент рефракции  $K_R$  в расчете заменяется коэффициентом  $K_R * K_D$ .

Уравнения, использованные в модели расчета динамики неоднородного по составу пляжа, решаются численно с использованием метода конечных разностей для заданных начальных и граничных условий, что позволяет получить распределение потока наносов и положение береговой линии в узлах дискретной сетки вдоль и поперек береговой линии и с дискретным шагом по времени.

**Выводы.** Учет неоднородности гранулометрического состава пляжеобразующего материала позволяет повысить точность расчетных моделей волновой переработки пляжа вблизи поперечных сооружений.

Результаты моделирования сопоставлялись с данными проведенных лабораторных экспериментов для конкретных объектов берегозащитных мероприятий на Черноморском побережье России, показали удовлетворительное соответствие расчетных и модельных результатов. Разработанная модель использовалась в инженерных расчетах для конкретных объектов берегозащиты и гидротехнического строительства на Черноморском побережье России.

#### **Примечания:**

1. Кантаржи И.Г., Дрейзис Ю.И., Бондарева Е.В., Вайтман В.В. Эффекты неоднородности распределения наносов по крупности в литодинамике береговой зоны. // Вестник МГСУ, специальный выпуск №1, Москва, 2010, С. 90-105.
2. Бондарева Е.В., Кантаржи И.Г. Прогноз влияния морских оградительных и берегозащитных сооружений на динамику наносов. // Транспортное строительство, №5, 2010, С. 11-14.
3. Bondareva E.V., Dreyzis Yu.I., Kantardgi I.G. Forecasting of deformations of a non-uniform beach near to cross-section constructions in the coastal zone. // European Researcher, №5-1 (7), May 2011, pp. 578-582.

#### **References:**

1. Kantarzhi I.G., Dreizis Yu.I., Bondareva E.V., Vaitman V.V. Effekty neodnorodnosti raspredeleniya nanosov po krupnosti v litodinamike beregovoi zony. // Vestnik MGSU, spetsial'nyi vypusk №1, Moskva, 2010, S. 90-105.
2. Bondareva E.V., Kantarzhi I.G. Prognoz vliyaniya morskikh ograditel'nykh i beregozashchitnykh sooruzhenii na dinamiku nanosov. // Transportnoe stroitel'stvo, №5, 2010, S. 11-14.
3. Bondareva E.V., Dreyzis Yu.I., Kantardgi I.G. Forecasting of deformations of a non-uniform beach near to cross-section constructions in the coastal zone. // European Researcher, №5-1 (7), May 2011, pp. 578-582.

УДК 532.5.627

### **Моделирование движения пляжевых наносов во вдольбереговом направлении**

<sup>1</sup> Елена Владимировна Бондарева

<sup>2</sup> Юрий Измайлович Дрейзис

<sup>3</sup> Измаил Григорьевич Кантаржи

<sup>1</sup> Сочинский государственный университет, Российская Федерация  
кандидат технических наук, доцент

<sup>2</sup> Сочинский государственный университет, Российская Федерация  
кандидат технических наук, доцент

<sup>3</sup> Московский государственный строительный университет, Российская Федерация  
доктор технических наук, профессор

**Аннотация.** Разработана расчетная схема численной модели динамики неоднородного по составу пляжа в окрестности поперечных сооружений. В модели использована модифицированная формула для расчета наносов, основанная на модифицированных энергетических зависимостях. Предложен алгоритм проведения расчетов.

**Ключевые слова:** наносы; береговая линия; моделирование; поперечные сооружения; дифракция волн.