

Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
Modeling of Artificial Intelligence
Has been issued since 2014.

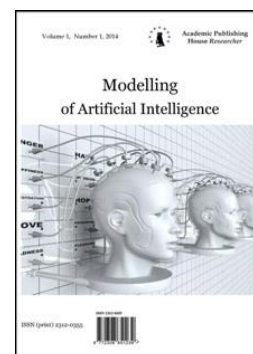
ISSN: 2312-0355

E-ISSN: 2413-7200

Vol. 7, Is. 3, pp. 186-192, 2015

DOI: 10.13187/mai.2015.7.186

www.ejournal11.com



UDC 532.5.627

Modeling the Dynamics of the Beach, Composed of Heterogeneous Sediments

¹ Elena V. Bondareva

² Denis S. Fedorov

¹ Sochi state university, Russian Federation
Sovetskaya Str., 26 a, Sochi, Krasnodar region 354000
PhD (in technical science), Professor

² Sochi state university, Russian Federation
Sovetskaya Str., 26 a, Sochi, Krasnodar region 354000
Researcher
E-mail: bondareva_05@mail.ru

Abstract

The numerical model of a beach dynamics in a vicinity of cross constructions is developed. The modified formula for calculation of deposits is used in the model. Diffraction of waves in a zone of a wave shadow of a construction on the basis of the developed method of calculation of diffraction coefficient is considered.

Keywords: deposits, beach profile, coastline, modeling, surf zone, cross constructions, diffraction.

Введение

Объектом исследований являлся пляж, сложенный неоднородными по крупности наносами и его переформирование под действием волн.

Основная задача проведенных исследований состояла в разработке моделей и расчетных методик, позволяющих повысить точность прогнозирования динамики неоднородного по гранулометрическому составу пляжа в окрестности поперечных сооружений, сопоставление полученных расчетных методик с данными лабораторных опытов.

Обсуждение

Большинство классических исследований динамики наносов в береговой зоне рассматривают в основном песчаные наносы, перемещаемые во взвешенном состоянии. Имеются отдельные исследования галечных наносов (Jolliffe, 1964, Hattori, Suzuki, 1978, Петров, Ярославцев, 1985, Петров, 1989, Nichollse, 1989), в которых развиваются два различных подхода к моделированию вдольберегового перемещения галечных наносов. В первом, принимается, что галечные наносы движутся вдольбереговым волновым течением, также как и песчаные наносы. При этом учитываются особенности процессов, происходящих на галечном пляже (van Wellen, Chadwick, Mason, 2000). В другом случае

считается, что вдольбереговое перемещение галечных наносов не связано непосредственно с вдольбереговым течением (Петров, Ярославцев, 1985, Петров, 1989). Проведенные исследования позволяют предложить единый подход к расчетам вдольберегового расхода песчаных и галечных наносов при понимании в различиях литодинамических процессов для пляжей, сложенных песком или галькой (Бондарева, Кантаржи, 2009, Bondareva, Kantardgi, Dreyzis, 2009, 2010).

Методы и подходы

Единый подход к расчету вдольберегового расхода песчаных и галечных наносов основан на модификации энергетических формул для вдольберегового расхода наносов. При этом использовалась методика Ackers-White (AW), модифицированная И.Г. Кантаржи и С.М. Анцыферовым для условий волн, распространяющихся на течении. Причинами именно такого выбора явились следующие соображения: методика AW позволяет определять суммарный транспорт наносов, включая донные и взвешенные наносы. Метод AW разработан для транспорта наносов в открытых руслах, откуда получены большинство гидравлических расчетных формул для вдольберегового потока наносов посредством замены придонных касательных напряжений в русловом потоке на придонные касательные напряжения от волн на течении. Также, среди других расчетных формул для руслового расхода наносов методика AW имеет наилучшее согласие с опытами. Определение эмпирического коэффициента энергетической формулы для вдольберегового переноса наносов происходит при сравнении величины вдольберегового расхода, определенной по методу AW, с энергетической зависимостью.

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.

Динамика пляжа исследована на основе сохранения потока пляжного материала и соответствующих накоплений и потерь материала в зоне сооружений. В уравнении диффузии при определении граничных условий для расхода наносов используется разработанная модель интегрального вдольберегового переноса неоднородных по составу наносов. Эта модель применима к условиям и галечных, и песчаных пляжей.

В разработанной модели решение задачи разделяется на этапы.

На 1-м этапе расчета из уравнения диффузии определяется распределение вдольбереговых расходов наносов на поперечном профиле пляжа.

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

На 2-м этапе по рассчитанному интегральному расходу неоднородных наносов определяется положение береговой линии из уравнения баланса наносов.

В разработанной модели влияние длины сооружения на расположение и величину ямы размыва учитывается через включение в расчет дифракции волн, возникающей в зоне волновой тени сооружения, а также через влияние проницаемости поперечного сооружения. Коэффициент дифракции предложено определять на основе аппроксимации (Бондарева, Кантаржи, 2010). Решение хорошо согласуется с известными аналитическими решениями (Ветер, волны и морские порты, 1986) .

Уравнения 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 береговой линии и с дискретным шагом по времени. Для линеаризации и численного интегрирования используется схема Кранка-Николсона.

Результаты моделирования сопоставлялись с данными проведенных лабораторных экспериментов и использовались в инженерных расчетах для конкретных объектов берегозащиты и гидротехнического строительства на Черноморском побережье России.

Результаты

Для калибровки разработанной модели вдольберегового транспорта песчаных и галечных наносов использовались результаты проведенных экспериментов.

На модели обрушение волн происходило при уклоне 0,008 что, характерно песчаным пляжам. После обработки пляжа расчетным штормом проводились измерения расхода вдольберегового потока наносов, которые сравнивались с расчетными значениями, полученными по модифицированной формуле (1).

$$Q = K \cdot \rho g^2 H_b^3 T D_m^{-1} \sin \alpha_b \cos \alpha_b, \quad (1)$$

где

H_b - высота волны i -%-ной обеспеченности по линии обрушения (м);

D_m - средняя крупность наносов, слагающих пляж в пределах прибойной зоны;

T - средний период волн;

K - эмпирический коэффициент для условий галечного пляжа.

Если Q выражен в единицах погруженного веса (Н/с), то $K = 2 \cdot 10^{-6}$.

Формула (1) получена экспериментально Петровым В.А. и Ярославцевым Н.А. на участке галечного пляжа при среднем уклоне от линии обрушения до вершины наката около 0,12 (Исследование вдольберегового транспорта галечных наносов, 1985 г.). По сравнению с другими существующими зависимостями, она имеет достаточно широкий диапазон применимости, и удовлетворительно оценивает расход наносов.

Выбор формулы (1) обусловлен тем, чтобы показать возможность оценки расхода по этой формуле и при небольшом уклоне, характерном для отмельных берегов. Расход наносов на модели определялся через измерение объемов отложения материала в зоне аккумуляции.

Задаваемые параметры расчетного волнения соответствовали следующим натурным: высота волн по линии обрушения 3,38 м; средний период 10,7 с.; глубина обрушения 4,5 м; угол между фронтом подходящих волн и линией берега по линии обрушения 15° ; средний диаметр наносов 33,0 мм; продолжительность действия шторма 33 ч.

С целью исследования характера распределения материала по поперечному профилю пляжа после проведения опытов были сделаны пробы по профилю.

Исходный состав отсыпаемого пляжного материала и характерное распределение наносов вдоль берегового склона в конце опыта приведены на рис. 1 и 2.

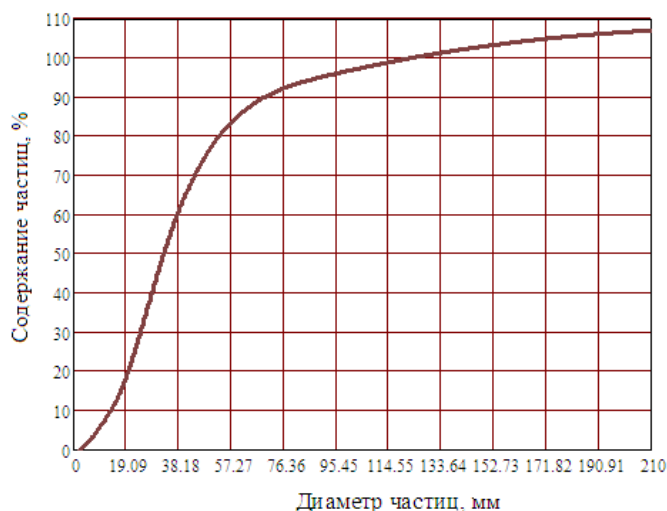


Рис. 1. Исходный состав отсыпаемого материала

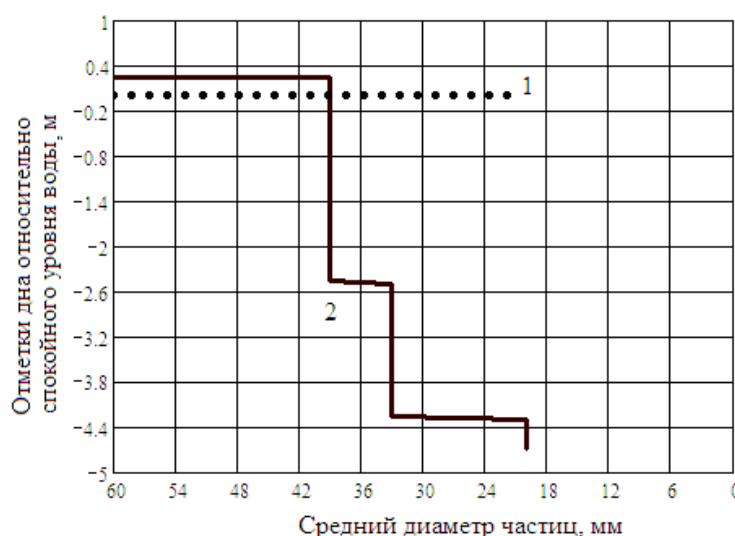


Рис. 2. Распределение средней крупности наносов по береговому склону после обработки пляжа волнением:
 1 – линия уреза воды;
 2 – распределение наносов по береговому склону

Из рис. 2 видно, что на поперечном профиле, переработанном волнением имеет место распределение наносов по крупности с тенденцией ее увеличения к линии уреза воды.

Поэтому, при определении коэффициента для условий модельного участка в методе АУ было учтено еще и измеренное распределение наносов по профилю пляжа. В модели вместо среднего диаметра наносов задавалось распределение диаметров по глубине от линии уреза до глубины замыкания в соответствии с измерениями.

Расходы вдольберегового потока наносов, полученные на основе расчетов по модифицированной формуле (1) и по результатам гидравлического моделирования, сведены в табл. 1.

Таблица 1.

Расходы вдольберегового потока наносов, полученные на основе расчетов по модифицированной формуле (1.11) и по результатам гидравлического моделирования

Данные опытов, м ³ /с	Расчет по предлагаемой методике, м ³ /с		Относительная разность измерений и вычислений, %	
	однородный материал, средний диаметр	распределение диаметров	однородный материал, средний диаметр	распределение диаметров
0,125	0,092	0,106	26	15

Из таблицы можно заключить, что учет неоднородного распределения наносов по поперечному профилю позволяет получить более точную оценку вдольберегового транспорта наносов.

Таким образом, по формуле (1) предназначенной для определения расхода при больших уклонах, характерных приглубым берегам возможно оценивать расход и при небольшом уклоне, характерном для отмелей берегов, при использовании предлагаемой методики получения коэффициента.

Если в формуле (1) использовать исходный коэффициент, равный $2 \cdot 10^{-6}$, то относительная погрешность вычислений по расходу наносов составит примерно 100 %. Это обусловлено разницей уклонов изучаемого участка (0,008) и участка берега, в условиях которого получена формула (1). А в случае использования в формуле (1) коэффициентов, полученных с использованием методики АУ, погрешность вычислений снижается до 15 %.

Если же для модификации использовать вместо формулы (1) другую энергетическую формулу, например CERC, то расходы будут такими же, как по формуле (1).

Таким образом, разработанная модель вдольберегового транспорта неоднородных наносов удовлетворительно соответствует данным специально проведенных экспериментов с галечными наносами.

Выводы

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. Таким образом, разработана модель интегрального вдольберегового переноса неоднородных наносов применительно к условиям галечных и песчаных пляжей, которая описывается модифицированной энергетической формулой.

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

Модель учитывает: 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.

Учет неоднородности гранулометрического состава пляжеобразующего материала позволяет повысить точность расчетных моделей волновой переработки пляжа.

Примечания:

1. Анцыферов С.М., Кантаржи И.Г. Расчет концентрации наносов, взвешенных волнами, распространяющимися на течении. Водное хозяйство, порты и портовые сооружения, объекты строительства на шельфе: Сб. науч. тр., М.: Московский государственный строительный университет, Ассоциация строительных вузов, 2004, с. 28-34.

2. Бондарева Е.В., Кантаржи И.Г. Взаимодействие вдольберегового потока наносов с морскими гидротехническими сооружениями. Гидротехническое строительство. М., №12, 2009, с. 33-40.

3. Бондарева Е.В., Кантаржи И.Г. Прогноз влияния морских оградительных и берегозащитных сооружений на динамику наносов. Транспортное строительство, №5, 2010, с. 11-14.

4. Кантаржи И.Г., Анцыферов М.С. НИР Моделирование взвешенных наносов под волнами на течении. // Океанология, 2005, т.45, №2, 173-181

5. Леонтьев И.О. Прибрежная динамика: Волны, течения, потоки наносов. – М.: ГЕОС, 2001, 272 с.

6. Ackers P., White W.R. Sediment Transport: New approach and analysis. Proceedings of the ASCE, v.99. no. NY11. Nov. 1973. p. 2041-2060.

7. Bondareva E, Kantardgi I. Graded Sediment Longshore Transport. Proc. of 9-th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, Sochi, 2009, MEDCOAST, METU, Turkey.

8. Kantardgi I., Antsyferov S. Development of Suspended Sediment Modelling under Waves and Current Co-Action, Proc. of International MEDCOAST Workshop on Beaches of the

Mediterranean and the Black Sea: Dynamics, Regeneration, Ecology & Management, 24-27 October 2002, Kusadasi, Turkey, E. Ozhan (Editor), 2002, p.133-144.

9. Schoonees, J.S., Theron, A.K., 1993. Review of the field-data base for longshore sediment transport. *Coastal Engineering* 19, p. 1-25.

10. Bondareva E, Kantardgi I. Graded Sediment Longshore Transport. Proc. of 9-th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, (MEDCOAST 09), Sochi, 2009, MEDCOAST, METU, Turkey, 2009, 765-777.

11. Yu. I. Dreyzis, E.V. Bondareva, I.G. Kantardgi Forecasting of deformations of a non-uniform beach on structure near to cross constructions. Proc of the 11-th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment (MEDCOAST 11), Rhodes, Greece, 25-29.10.2011, MEDCOAST Foundation, v.2, pp. 747-759.

12. Кантарджи 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.

References:

1. Antsyferov S.M., Kantarzhi I.G. Raschet kontsentratsii nanosov, vzveshennykh volnami, rasprostranyayushchimisya na techenii. *Vodnoe khozyaistvo, porty i portovye sooruzheniya, ob"ekty stroitel'stva na shel'fe: Sb. nauch. tr., M.: Moskovskii gosudarstvennyi stroitel'nyi universitet, Assotsiatsiya stroitel'nykh vuzov*, 2004, s. 28-34.

2. Bondareva E.V., Kantarzhi I.G. Vzaimodeistvie vdol'beregovogo potoka nanosov s morskimi gidrotekhnicheskimi sooruzheniyami. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo. M., №12*, 2009, s. 33-40.

3. 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.

4. Kantarzhi I.G., Antsyferov M.S. NIR Modelirovanie vzveshennykh nanosov pod volnami na techenii. // *Okeanologiya*, 2005, t.45, №2, 173-181

5. Leont'ev I.O. Pribrezhnaya dinamika: Volny, techeniya, potoki nanosov. – M.: GEOS, 2001, 272 s.

6. Ackers P., White W.R. Sediment Transport: New approach and analysis. *Proceedings of the ASCE*, v.99. no. HY11. Nov. 1973. p. 2041-2060.

7. Bondareva E, Kantardgi I. Graded Sediment Longshore Transport. Proc. of 9-th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, Sochi, 2009, MEDCOAST, METU, Turkey.

8. Kantardgi I., Antsyferov S. Development of Suspended Sediment Modelling under Waves and Current Co-Action, Proc. of International MEDCOAST Workshop on Beaches of the Mediterranean and the Black Sea: Dynamics, Regeneration, Ecology & Management, 24-27 October 2002, Kusadasi, Turkey, E. Ozhan (Editor), 2002, p.133-144.

9. Schoonees, J.S., Theron, A.K., 1993. Review of the field-data base for longshore sediment transport. *Coastal Engineering* 19, p. 1-25.

10. Bondareva E, Kantardgi I. Graded Sediment Longshore Transport. Proc. of 9-th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, (MEDCOAST 09), Sochi, 2009, MEDCOAST, METU, Turkey, 2009, 765-777.

11. Yu. I. Dreyzis, E.V. Bondareva, I.G. Kantardgi Forecasting of deformations of a non-uniform beach on structure near to cross constructions. Proc of the 11-th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment (MEDCOAST 11), Rhodes, Greece, 25-29.10.2011, MEDCOAST Foundation, v.2, pp. 747-759.

12. 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.

UDC 532.5.627

Моделирование динамики пляжа, сложенного неоднородными наносами

¹ Елена Владимировна Бондарева

² Денис Сергеевич Федоров

Сочинский государственный университет, Российская Федерация
354000, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Советская, 26 а

¹ Кандидат технических наук, доцент

² Исследователь

E-mail: bondareva_05@mail.ru

Аннотация. Разработана численная модель и схема расчета динамики пляжа в окрестности поперечных сооружений. В модели использована модифицированная формула для расчета наносов. Учтена дифракция волн в зоне волновой тени сооружения на основе разработанной методики расчета коэффициента дифракции.

Ключевые слова: наносы, профиль пляжа, береговая линия, моделирование, прибойная зона, поперечные сооружения, дифракция.