

УДК 550.83/84

В. М. МОСКОВКИН, В. М. ШИРОКОВ,
М. Б. МАНУЙЛОВ, О. П. РОНЕНКО

ИМИТАЦИОННАЯ СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ПЛЯЖА КАК ПОЛИДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ

Одним из перспективных путей защиты берегов от разрушения является создание искусственных пляжей. Для их оптимального проектирования необходимы достаточно надежные имитационные модели, способные прогнозировать их динамику с учетом управляющих воздействий (подсыпка материала на пляж). В основе таких моделей должно лежать уравнение баланса пляжеобразующего материала. Один из таких подходов позволяет решать задачи оптимального управления береговыми системами типа: клиф — пляж [1, 2]. В настоящей работе предлагается альтернативный стохастический подход к решению аналогичных проблем: использование аппарата цепей Маркова, применяемого при моделировании некоторых природных и технологических процессов [3—5].

Полидисперсная система пляжа в момент времени t_0 содержит $N_{01}, N_{02}, \dots, N_{0k}$ частиц размерами l_1, l_2, \dots, l_k ($S_0(N_{0i}, l_i, t_0)$ — начальное состояние). С этого момента времени система при волновом воздействии в течение интервала времени Δt переходит в новое состояние ($S_1(N_{1i}, l_i, t_1)$ — состояние в момент времени t_1), характеризуемое новым спектром $N_{11}, N_{12}, \dots, N_{1k}$ на момент времени $t_1 = t_0 + \Delta t$. При $t \rightarrow \infty$ система стремится достичь некоторого монодисперсного состояния $S_m(N_{mi}, l_k, t \rightarrow \infty)$, характеризующегося некоторым минимальным размером частиц l_{\min} , после которого дальнейшее истирание невозможно (песчаный пляж с частицами одного размера).

Частицы, находящиеся в момент времени $t_0 = 0$, за интервал времени Δt могут с вероятностью p перейти в следующее состояние S_1 или с вероятностью q остаться в S_0 ($p + q = 1$). При переходе в состояния S_2, S_3, \dots, S_m они также характеризуются некоторыми значениями p и q . Возникает необходимость определения вероятностей перехода системы из состояния S_0 в состояния S_1, S_2, \dots, S_m во времени в процессе истирания частиц. Эта задача может быть решена с использованием аппарата цепей Маркова [3, 4, 6, 7].

Представим поведение некоторой частицы полидисперсной системы через дерево распределения вероятностей (рис. 1).

Частица за интервал времени Δt может претерпеть некоторые изме-

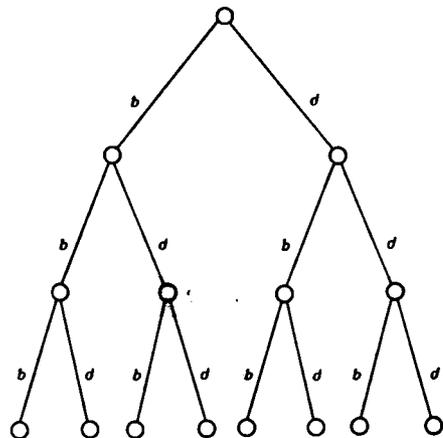


Рис. 1. Дерево распределения вероятностей

(желательно выбирать месяцы наибольшей волновой активности, например, с ноября по декабрь или с января по февраль) и используя методику определения вероятности изменения гранулометрического состава пляжа за месяц или два (формулы (3) и (5)), можно восстановить значения p и r за год и по ним вести прогноз дальнейшего протекания процесса на 2, 3, 4, ..., n лет. Пусть по результатам натурных измерений $p_m=0,2$ за первые два зимних месяца наблюдений, тогда из табл. 1 можно определить волновую активность за этот период (24,7%). Так как p_m является функцией волновой активности, то $p_r=0,2 \cdot 100/24,7=0,801$.

Таблица 1

Волновая активность Южного берега Крыма
в относительных и процентных величинах

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
f_α	0,03	0,15	0,37	0,49	0,65	1,00	0,67	0,85	0,72	0,74	0,39	0,09
$f_\alpha, \%$	0,50	2,50	5,90	8,00	10,6	16,2	10,8	13,9	11,8	12,1	6,30	1,40
Месяц	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6

Таблица 2

Исходные данные
численного эксперимента

№	$l_i, \text{мм}$	p_i	r_i
1	80	0,005	0,999
2	75	0,008	0,998
3	70	0,010	0,997
4	65	0,012	0,996
5	60	0,025	0,995
6	55	0,035	0,994
7	50	0,050	0,993
8	45	0,150	0,992
9	40	0,250	0,991
10	35	0,150	0,990
11	30	0,050	0,989
12	25	0,030	0,985
13	20	0,018	0,981
14	15	0,005	0,978
15	10	0,002	0,974
16	5	0,000	0,970

На примере (рис. 2) прогнозируется изменение гранулометрического состава галечного пляжа юго-восточного побережья Крыма. В табл. 2 приведены исходные данные: вероятность истирания и вероятность частиц остаться в объеме пляжа в течение первого года.

На рис. 2 показаны: начальное разделение частиц пляжа по размерам (1); изменения гранулометрического состава пляжа по прошествии 100 лет в процессе истирания (2), система уравнений (4); а также в процессе истирания и уноса (3), система уравнений (6); причем потери пляжеобразующего материала составили около 48% исходного.

Пляжеобразующие фракции полидисперсной системы пляжа в процессе истирания образуют тенденцию исчезновения наиболее активной фракции (50—35 мм), в последующем образуются два спектра частиц: фракция размером от 80 до 55 и от 35 до 5 мм (см. рис. 2, кривая 2). Подобная ситуация имеет место, когда по каким-то причинам

отсутствует унос материала с природного пляжа. Кривая 3 показывает тот же процесс динамики пляжа, но с учетом уноса пляжеобразующего материала, при этом, как видно из рисунка, прослеживается тенденция исчезновения мелкой фракции и образование со временем пляжа частицами от 80 до 45 мм. Аналогичные случаи мы имеем и на формирующихся пляжах водохранилищ [10, 11].

Для оценки реальных значений параметров разработанной стохастической

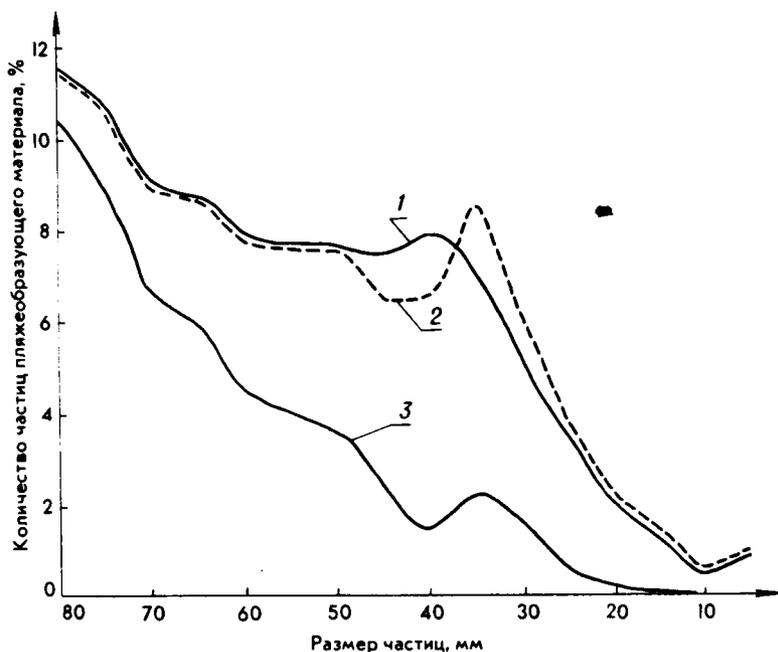


Рис. 2. Кривые распределения частиц полидисперсного пляжа по размерам. Пояснения см. в тексте

ческой модели необходима постановка натуральных экспериментов на береговых полигонах. Модель может быть использована для оптимизации режимов подсыпки и гранулометрического состава подсыпаемого материала, особенно при организации сохранения пляжа как берегоукрепительного устройства в морских и водохранилищных условиях.

Список литературы

1. Московкин В. М., Есин Н. В. // Докл. АН СССР. 1985. Т. 3. С. 731.
2. Трофимов А. М., Московкин В. М. // Z. Geomorphol. 1985. Bd. 29. N 3. S. 257.
3. Баруча-Рид А. Т. Элементы теории марковских процессов и их приложения. М., 1969.
4. Кемени Дж., Снелл Дж. Конечные цепи Маркова. М., 1970.
5. Parsons A. J. // Mathematical Geology. 1976. V. 8. N 6. P. 597.
6. Мануйлов М. Б., Гороновский И. Т. // Докл. АН УССР. Сер. Б. 1986. № 8. С. 38.
7. Свешников А. А. Прикладные методы теории случайных функций. М., 1968.
8. Назарян М. М., Ефимов В. Т., Кульский Л. А., Есаулов С. М., Михайленко Г. И., Мануйлов М. Б. // Химия и технология воды. 1985. Т. 7. № 1. С. 16.
9. Атлас волнения и ветра Черного моря. Л., 1969.
10. Трофимов А. М., Широков В. М., Московкин В. М. // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1986. № 3. С. 54.
11. Широков В. М., Московкин В. М. Там же. 1987. № 3. С. 51.

УДК 551.481.1

Л. В. ГУРЬЯНОВА

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В МАЛОМ ОЗЕРЕ-ОХЛАДИТЕЛЕ ТЭС

Исследования температурного режима озер-охладителей ТЭС важны при размещении сбросных и заборных сооружений ТЭС, использовании водоема в качестве рыбохозяйственного угодья, прогнозировании кислородного режима, а также при решении ряда других технических и экологических задач.