

*В.В. Журавлева, Т.В. Дьякова*

## Исследование повторяемости ветров на Новосибирском водохранилище

*V.V. Zhuravleva, T.V. Dyakova*

## Researching the Frequency of Winds at the Novosibirsk Reservoir

Приводятся формулы для расчета вдольберегового потока наносов в водохранилищах. Рассчитаны и проанализированы повторяемости ветров на Новосибирском водохранилище в 1990–2010 гг. по градациям скорости и направлениям ветра за безледоставный период. Проведено сравнение с периодом 1959–1986 гг.

**Ключевые слова:** водохранилище, транспорт наносов, повторяемость ветров.

Цель данного исследования – расчет повторяемостей ветров по данным гидрометеонаблюдений (на береговой линии Новосибирского водохранилища, с. Быстровка) и анализ полученных данных.

На основании полученных результатов в дальнейшем планируется решить следующие задачи:

- расчет параметров волн вне береговой зоны по активным румбам;
- расчет вдольберегового потока наносов на береговой линии Новосибирского водохранилища;
- анализ динамики вдольберегового потока наносов на береговой линии Новосибирского водохранилища.

Среди практических приложений данного исследования можно указать прогноз изменения береговой линии водохранилища и определение границ движения речного транспорта.

Подходящие под некоторым углом к берегу волны, разрушаясь, создают вдольбереговой дрейф воды в прибрежной зоне и, следовательно, перенос (транспорт) наносов.

Полный (через весь створ береговой зоны) расход наносов вдольберегового потока ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с) зависит от высоты, периода волны и угла подхода волн на линии их обрушения, а также от крупности транспортируемого материала. Крупность материала характеризуется его медианным диаметром  $d_{50}$ .

Существует большое число полуэмпирических формул для расчета расхода вдольберегового потока наносов. Для песчаных наносов в интервале крупностей  $0,01 \leq d_{50} \leq 1$  мм широко используется

This article describes formulas for calculating the sediment transport along the bank of reservoirs. The frequency of winds at the Novosibirsk Reservoir in 1990–2010 was calculated and analyzed by gradations of speed and direction of winds for the unfreezing-over period. A comparison with the period of 1959–1986 was carried out.

**Key words:** reservoir, sediment transport, frequency of winds.

так называемая формула CERC [1, 2], которая будет применяться в дальнейшем:

$$Q = \frac{K}{16(\rho_s / \rho - 1)(1 - p)(1.416)^{5/2}} \cdot (H_s^2 C_g)_b \cdot \sin 2\theta_b, \quad (1)$$

где  $\rho_s$  – плотность наносов, кг/м<sup>3</sup> (для кварцевых песков 2650 кг/м<sup>3</sup>);  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup> (для пресной воды 1000 кг/м<sup>3</sup>);  $p$  – коэффициент пористости (для песчаного грунта 0,4);  $H$  – высота волны, м;  $C_g$  – групповая скорость волны, м/с;  $\theta$  – угол подхода волны.

Индекс  $b$  означает, что соответствующие параметры берутся на линии обрушения волн.

Следует обратить внимание на то, что в формуле (1) для расчетов используются высота «значительной» волны ( $H_s$ ) и период пика волнового спектра ( $T_p$ ), которые связаны со средними параметрами волн ( $H$  и  $T$ ) следующими соотношениями [2]:

$$H_s = 1,6H, T_p = 1,2T. \quad (2)$$

Величина  $K$  в формуле (1) – безразмерный коэффициент емкости потока, зависящий от крупности транспортируемого материала [3]:

$$K(d) = 1,434d_{50}^2 - 3,2445d_{50} + 2,0184. \quad (3)$$

Представим все действующие на данный участок берега в течение заданного отрезка времени (года, а для замерзающих акваторий – периода открытой воды) волновые нагрузки как набор «штормов». Каждый шторм имеет некоторую продолжительность  $P$  (часов) и характеризуется заданными параметрами волнения.

Результирующий годовой поток наносов определяется по формуле:

$$Q_{\Sigma} = \sum Q_{yi}, \quad Q_{yi} = 3600 \cdot P_i \cdot Q_i, \quad (4)$$

где  $Q_i$  – секундный расход наносов  $i$ -го шторма ( $m^3/c$ ), который может быть положительным или отрицательным, в зависимости от направления вдольберегового потока (слева-направо или справа-налево);  $P_i$  – продолжительность  $i$ -го шторма, час/год;  $Q_{yi}$  – годовой расход наносов  $i$ -го шторма,  $m^3/год$ .

Для определения продолжительности волновых нагрузок необходимы данные по средней повторяемости ветров по градациям скорости и направлению за безледоставный период.

Соответствующие математические модели реализованы в виде программного продукта «Инженерный калькулятор», разработанного сотрудниками ИВЭП СО РАН, который будет использован для дальнейшего расчета вдольберегового потока наносов.

В данном исследовании рассматривается сегмент правого берега Новосибирского водохранилища в районе с. Быстровка Искитимского района Новосибирской области, между устьями рек Атаманиха и Бороздиха. По данным гидрометеостанции о направлениях и скоростях ветров, содержащим более 61 тысячи измерений, с 1990 по 2010 г. по с. Быстровка были рассчитаны за каждый год повторяемости ветров за безледоставный период и целый год. По направлениям и скоростям ветра в полученных данных прослеживаются определенные колебания в течение расчетного периода.

Повторяемости ветров по активным румбам для 1959–1986 и 1990–2010 гг. приведены в таблицах 1, 2. Для преобразования исходных данных в таблицы были использованы стандартные функции пакета Excel.

Сравнение повторяемостей ветров за указанные периоды проведено с помощью критерия  $\chi$ -квадрат на уровне значимости 0,01. Были установлены существенные различия в данных за эти два периода.

**Выводы.** Анализ показал наличие колебаний повторяемости ветров на Новосибирском водохранилище в 1990–2010 гг. Сравнительный анализ дан-

ных 1959–1986 гг. показал существенные изменения по активным румбам. В последние десятилетия в рассматриваемом районе ветер стал дуть значительно реже и с меньшим количеством случаев высоких скоростей. Последнее объясняется простым фактом: на побережье водохранилища в районе с. Быстровка за последние десятилетия вырос лесной массив, существенно ослабляющий интенсивность ветров.

Таблица 1

**Повторяемости ветров по активным румбам за 1990–2010 гг.\***

Градация скорости, м/с	Активные румбы						
	С	ССВ	СВ	З	ЗСЗ	СЗ	ССЗ
0–1	0,1777	0,0137	0,0151	0,0190	0,0165	0,0157	0,0133
2–3	0,0356	0,0257	0,0265	0,0344	0,0195	0,0178	0,0185
4–5	0,0078	0,0067	0,0085	0,0128	0,0058	0,0048	0,0036
6–7	0,0008	0,0002	0,0005	0,0020	0,0005	0,0004	0,0003
8–9	0,0001	0	0,0001	0,0002	0	0,0001	0

\* По градациям скорости ветра выше 10 м/с значение повторяемости равно 0.

Таблица 2

**Повторяемости ветров по активным румбам за 1959–1986 гг.**

Градация скорости, м/с	Активные румбы						
	С	ССВ	СВ	З	ЗСЗ	СЗ	ССЗ
0–1	1,286	1,324	1,171	1,162	1,977	1,237	0,827
2–3	2,494	2,817	2,945	2,746	1,179	2,126	0,554
4–5	1,063	1,477	1,853	1,741	0,616	1,121	0,117
6–7	0,232	0,356	0,637	0,637	0,31	0,327	0,071
8–9	0,099	0,132	0,211	0,434	0,136	0,165	0,004
10–11	0,021	0,021	0,099	0,07	0,041	0,041	0,008
12–13	0,008	0,004	0,004	0,07	0	0,012	0
14–15	0,008	0,012	0,012	0,025	0,017	0,017	0
16–17	0,004	0	0	0	0	0	0

### Библиографический список

1. Coastal Engineering Manual. – US Army Corp. of Engineers, 2000.  
 2. Леонтьев И.О. Прибрежная динамика: волны, течение, потоки наносов. – М., 2001.

3. Dean R.G. Beach nourishment. Theory and practice // World Scientific. – 2002.