

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 532.517.4

Е. Н. ДОЛГОПОЛОВА, И. П. КОСТЮЧЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СКОРОСТИ ПОТОКА В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

Характеристики рельефа речного дна определяются перемещающимися песчаными грядами, которые являются одной из форм движения донных наносов. При исследовании механизма образования и движения песчаных волн выяснилась причина образования песчаных гряд на дне потока. Ряд исследователей [1, 2] видят причину образования песчаных волн в воздействии крупномасштабной турбулентности на дно потока. Экспериментальных исследований пульсаций скорости потока в натуральных условиях очень мало, хотя имеющиеся исследования [3] представляют существенный

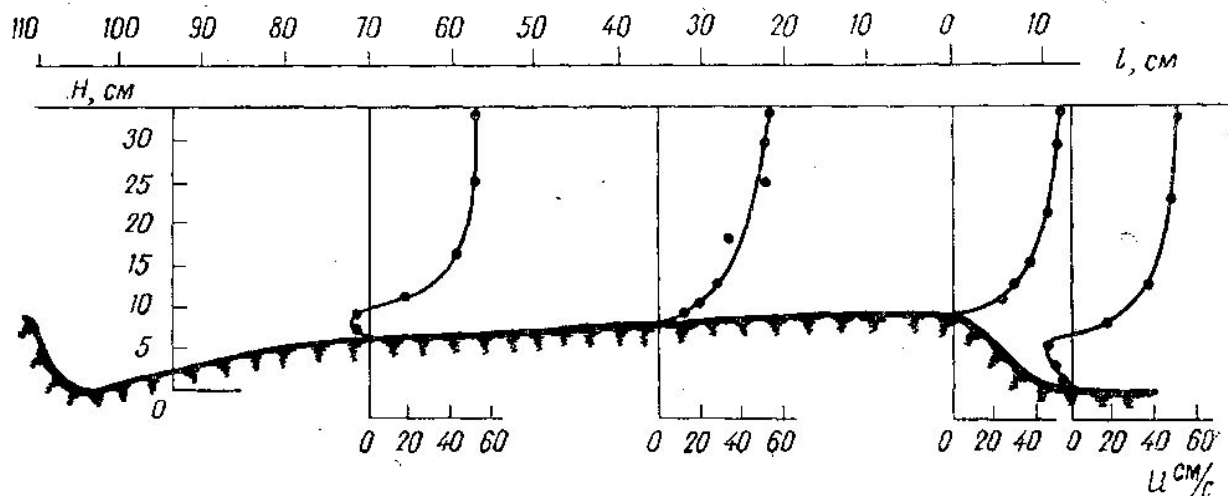


Рис. 1. Эпюры скорости над песчаной волной

научный интерес. Для выяснения влияния крупномасштабной турбулентности на дно необходимо подробное исследование структуры потока в натуральных условиях. В данной работе изучаются статистические характеристики турбулентного потока в натуральных условиях; работа является частью исследований кинематической структуры потока, проводимых в гидрофизической лаборатории МГУ [2, 4—7].

Измерения проводились на р. Полометь на русловой станции ГГИ [8]. Ширина реки в этом месте 25 м, дно гравийно-песчаное. Для р. Полометь характерно активное развитие русловых деформаций. Измерения проводились в месте, где процесс формирования и передвижения гряд имеет наиболее устойчивый характер. Глубина реки в месте измерений $H=30-40$ см. Поток характеризуется числами Рейнольдса $Re = 1,1 \cdot 10^5 - 1,5 \cdot 10^5$ и Фруда $Fr = 0,8$. Измерения велись над сформировавшимися песчаными грядами длиной 1—1,5 м и высотой 8—10 см. Материалы, обработанные авторами, были получены над волной длиной 110 см и высотой 10 см. Для нахождения профиля скорости над каждой волной выбирались четыре вертикали: над

подводем, над гребнем, над средним и хвостовым участками. На каждой вертикали измерения велись в 6—7 точках. Профили средних скоростей над различными участками волны были получены при помощи трубки Пито (рис. 1). Пульсации скорости измерялись полупроводниковым термогидрометром [9], чувствительным элементом которого служило микротермосопротивление МТ-54. Датчик был включен в мостовую схему. Измерения средних скоростей и пульсаций проводились одновременно. Регистрация пульсаций скорости в каждой точке длилась 10 мин.

Если рассматривать скорость как случайный процесс, то полученные записи будут реализацией этого процесса. Уровень воды в реке за время эксперимента не изменялся, что позволяет считать движение практически установившимся и использовать для обработки теорию, разработанную для стационарных случайных процессов. Согласно теореме Котельникова [10] любой непрерывный процесс, имеющий ограниченный спектр частот ($0 - f_{\max}$), определяется последовательностью своих мгновенных значений, отсчитанных через интервалы времени $\Delta t = 1/2f_{\max}$. Таким образом, реализация рассматривалась в виде дискретного ряда значений (около 1600 значений в каждом ряду).

Для такого ряда значений корреляционная функция находилась в виде

$$C_{xx}(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^{N-k} x_i x_{i+k}}{(N-1-K)\sigma^2} \quad (k = 0, 1, \dots, M),$$

а по ней находилась функция спектральной плотности [11]:

$$S_{xx}(f) = 2\Delta t \left[C_{xx}(0) + 2 \sum_{i=1}^{M-1} C_{xx}(\tau) \cos \frac{\pi k \tau}{F} + C_{xx}(\tau) \right] \quad (\tau = i\Delta t, \quad k = 0, 1, \dots, F),$$

где σ — среднеквадратичное отклонение, M — точка отсечения корреляционной функции, F — число точек по частоте в спектре, N — ряд значений, Δt — шаг дискретности.

Счет проводился на электронной вычислительной машине БЭСМ-4. В программу была включена операция «скользящего среднего» [11]. Введение скользящего среднего помогает избавиться от влияния низкочастотных составляющих. Приведенные на графиках кривые распределения спектральной плотности были подсчитаны при $sl=40$. Минимальная частота, которую удается зарегистрировать, определяется длиной записи T и равна в данном случае $f_{\min}=0,02$ Гц. Максимальная частота ограничивается инерционностью датчика и регистрирующего прибора и равна $f_{\max}=1,66$ Гц. Была исследована вертикаль над гребнем. Распределение спектральной плотности показано на рис. 2: для точек, находящихся на высоте 1 см (сплошная кривая) и на 2,5 см от гребня (пунктирная).

Пунктирные кривые на графике распределения нормированы по площади. Интегрирование для получения спектральных кривых по корреляционным функциям проводилось при помощи метода трапеций. Обе кривые имеют резко выраженный максимум в области низких частот и быстро спадают по мере

роста частоты с появлением вторичных максимумов. Несовершенство метода интегрирования не позволяет оценить энергию вклада вихрей, соответствующих этим максимумам, в реальный процесс. Первый максимум энергии в этих двух точках приходится на одну и ту же частоту $f=0,06$ Гц. Для ориентировочной оценки характерного размера вихрей использовалось выражение $L = \bar{U}T$, где \bar{U} — средняя скорость в точке T — период, полученный с помощью спектральной кривой. Характерный размер вихрей,

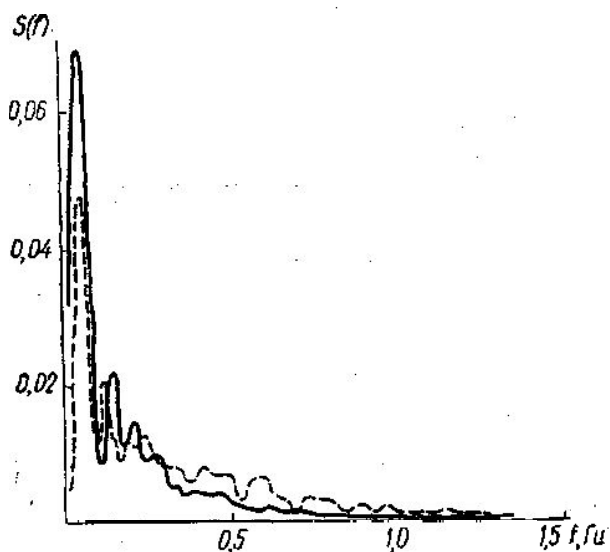


Рис. 2. Функции спектральной плотности для точек, находящихся на высоте: сплошная линия 1 см и пунктирная — 2,5 см от дна

соответствующих частоте $f=0,06$ Гц, равен 4—4,5 м. Таким образом, размер крупномасштабных вихрей оказался равным 12,5 H . Полученное значение превышает размер крупномасштабных образований, полученный по эйлеровым корреляционным функциям в лаборатории [12] (он равен 8,5 H). Таким образом, натурные измерения позволяют установить, что максимум энергии спектра турбулентных пульсаций приходится на частоту 0,06 Гц.

За ценные советы и указания, использованные при проведении экспериментов и обработки полученных данных, авторы благодарят Н. А. Михайлову, О. Б. Шевченко и В. П. Петрова,

ЛИТЕРАТУРА

1. Великанов М. А. Динамика русловых потоков, т. 2. Наносы и русло. М., 1955.
2. Михайлова Н. А. Перенос твердых частиц турбулентными потоками воды. Л., 1966.
3. Гринвальд Д. И., Мозгунов Г. И. Движение наносов в открытых руслах. М., 1970.
4. Михайлова Н. А., Савин В. Г. Труды координационных совещаний по гидротехнике. вып. 36. Л., 1967.
5. Петров В. П., Петрова М. А. Труды III Всесоюзного гидрологического съезда, т. 5. Л., 1960.
6. Набатов Д. Н. Труды второй межвузовской конференции. Движение наносов и гидравлический транспорт, т. 2. М., 1970.
7. Полянская М. Б., Шевченко О. Б. Тезисы докладов Всесоюзного совещания по водозаборным сооружениям и русловым процессам. Ташкент, 1971.
8. Корчоха Ю. М. Исследование структуры распределения скорости в потоке и деформаций русла реки Полометь. Тр. ГГИ, вып. 176, Л., 1969.
9. Савин В. Г. Тр. ВОДГЕО, вып. 26, М., 1970.
10. Котельников В. А. Материалы к I Всесоюзному энергетическому конгрессу, 1933.
11. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М., 1972.
12. Кромская Т. П., Михайлова Н. А. «Метеорология и гидрология», № 5, 1973.

Поступила в редакцию
3.12 1973 г.

Кафедра
физики
моря и вод суши

УДК 535.37

В. Г. ЗУБОВ, Е. К. ЗАХАРОВА, Л. П. ОСИПОВА

О ТРИБОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КВАРЦА, ОБЛУЧЕННОГО БЫСТРЫМИ НЕЙРОНАМИ

Существуют различного типа метастабильные состояния. В одном из таких состояний находится кристаллический кварц после облучения его большими интегральными потоками быстрых нейтронов. Это состояние очень устойчиво при комнатной температуре. В данном сообщении приводятся результаты наблюдения поведения образца кварца при температуре жидкого азота, облученного интегральным потоком быстрых нейтронов $3,5 \cdot 10^{19}$ н/см².

Монокристалл кварца цилиндрической формы ($l=68$ мм, $\varnothing=19$ мм) был помещен в стеклянную прозрачную кювету-дюар. В момент заливки жидкого азота наблюдалось значительное растрескивание образца, которое сопровождалось последовательностью ярких вспышек длительностью менее 1 с каждая. Очень небольшое растрескивание этого же образца произошло ранее при помещении его в холодную воду с температурой порядка 10°C. При этом также были замечены кратковременные вспышки. Трещины, появившиеся в результате сильного охлаждения жидким азотом, расположились не на поверхности, а внутри образца, в целом образец не раскололся. При этом довольно большие трещины образовались вблизи торцов цилиндра и в направлении оптической оси (см. фото), которая совпадает с образующей цилиндра.

У необлученного естественного кварца, контрольного к облученному образцу, при его охлаждении жидким азотом трещины и люминесцентные вспышки не наблюдались.