

А. Ю. Сидорчук

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Грядовой рельеф речных русел в бурных потоках

A. Yu. Sidorchuk

Moscow state university

Bar relief of river channels in rapid streams

Сохранение трехмерных эффектов при осреднении по глубине уравнений движения, сохранения и деформации существенно увеличивает возможности линеаризованного анализа этих уравнений. На двухмерном спектре скорости роста амплитуд возмущений дна русла появляется сложный рельеф, который позволяет выделить отдельные области русловых гряд разных размеров и морфологии: ультрамикрорформы, микрорформы, мезорформы и макроформы. В отдельных случаях (ультрамикрорформ и макроформ) возможно построить теоретические связи морфологических характеристик русловых гряд с гидравлическими характеристиками потока.

Расширение анализа на области высококинетичных потоков с большими числами Фруда и большими гидравлическими сопротивлениями позволило выявить новые особенности таких связей. Получен вид этих связей, который оказался гораздо более сложным, чем это следовало из ранее проведенного анализа для спокойных потоков с малыми гидравлическими сопротивлениями. Так, для двухмерных ультрамикрорформ установлена связь их длины с гидравлическими сопротивлениями. Выявлен новый класс макроформ – двухмерные макроформы. Системы порог-плес в бурных потоках горных рек представляют собой ультрамикрорформы (двухмерные и трехмерные), которые являются аналогом антидюн (в бурных потоках) и рифелей (в спокойных потоках), полученных в больших лотках с песчаным аллювием. Связь их размеров с гидравлическими характеристиками потока – глубиной русла, числом Фруда и величинами гидравлических сопротивлений в целом вполне удовлетворительно описываются теоретическими формулами. Однако коэффициенты в этих формулах требуют калибровки по натурным данным – длины теоретических трехмерных ультрамикрорформ на 15-20% меньше натурных при тех же гидравлических характеристиках потока, а двухмерных с элементами трехмерности – вдвое меньше. Выяснение причин таких расхождений требует дополнительных исследований.

Макроформы в натуральных потоках не формируются при значениях гидравлических сопротивлений $\lambda > 0.2$, что подтверждает теоретические результаты. В область существования двухмерных макроформ, полученную в теории, попадает весьма небольшое число (3-4) из использованных в исследовании 230 участков рек. Морфология таких русловых образований требует дальнейшего изучения. Наиболее распространены в реках в природе трехмерные макроформы. Если эти макроформы хорошо развиты в широких руслах (при ширине потока более полуширины макроформы), их длину можно рассчитать как по глубине русла, числу Фруда и величинам гидрав-

лических сопротивлений, так и по ширине русла, числу Фруда и величинам гидравлических сопротивлений. Макроформы в более узком русле не получают полного развития, их длины может быть вычислены только по ширине русла, числу Фруда и величинам гидравлических сопротивлений. Таким образом, в гидравлических расчетах наряду с глубиной потока появляется еще один важный морфологический элемент – ширина русла.