**А.Ю. Сидорчук**

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова*

**Грядовый рельеф речных русел в бурных потоках**

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: ультрамикроформы, микроформы, мезоформы и макроформы. В отдельных случаях (ультрамикроформ и макроформ) возможно построить теоретические связи морфологических характеристик русловых гряд с гидравлическими характеристик 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 сопротивления. Так, для двухмерных ультрамикроформ установлена связь их длины с гидравлическими сопротивлениями. Выявлен новый класс макроформ – двухмерные макроформы. Системы порог-плес в бурных потоках горных рек представляют собой ультрамикроформы (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 волне удовлетворительно описываются теоретическими формулами. Однако коэффициенты в этих формулах требуют калибровки по натурным данным – длины теоретических трехмерных ультрамикроформ 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 натурных потоках не формируются при значениях гидравлических сопротивлений  > 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 гидравлических 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.