

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДОННОГО РЕЛЬЕФА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ В ОТКРЫТОМ КАНАЛЕ

Остякова А.В.

Институт водных проблем РАН, Россия

Особенностью системы «поток-русло» является саморегулируемость, при которой изменение первоначального состояния дна приводит к изменению кинематической структуры потока и гидравлического сопротивления, что в свою очередь, приводит к изменению глубины потока во времени до тех пор, пока не устанавливается динамическое равновесие в системе «поток-русло». Несоответствие расхода наносов деформациям русла приводят к нарушению динамического равновесия системы «поток-русло», что, в свою очередь, может привести к деформациям русла реки: заилению, размывам.

С помощью анализа размерностей и в соответствии с теоремой Букингема установлен общий вид функции, описывающей формирование и развитие руслового микрорельефа. Вид полученной функции и качественный характер влияния входящих в нее параметров определены на основе опытных данных. Рассмотрен вопрос об определении глубины потока в русле с изменяющимся рельефом дна. В настоящее время существуют различные точки зрения по поводу отсчета глубины потока от поверхности потока до гребня, до впадины донного образования или до линии, осредняющей отметки дна. Неопределенность в выборе глубины потока затрудняет сопоставление данных и приводит к неудовлетворительным результатам при анализе.

Экспериментальное исследование переформирования рельефа дна на начальной стадии взаимодействия потока и русла проводилось в гидравлической лаборатории МГСУ с использованием деформируемой модели - канала прямоугольного сечения, выполненного из оргстекла, длиной 10м, шириной 0,3м и высотой 0,3м, на циркуляционном стенде замкнутого типа. Использовался натурный грунт различной крупности, пробы отобраны в различных створах со дна р.Москвы в черте города. Эксперименты проводились по методике Ц.Е.Мирцхулава. Всего в лаборатории Гидравлики МГСУ проведено 15 серий опытов (315 измерений значений скоростей и 105 измерений рельефа). По результатам измерения отметок поверхности дна и их статистической обработки находилась высота микроформ S и их длина L . В работе при исследовании параметров донного рельефа кроме собственных данных использовались также экспериментальные данные, полученные японским исследователем Ф.Исая в Центре Изучения окружающей среды в Университете Цукуба и

американскими исследователями В.Ф.Джарамилло Торресом и С.Джейном в Институте гидравлических исследований в Айове. Особую ценность представляют данные натуральных измерений ГГИ, выполненных Б.Ф.Снищенко во время половодий на реке Полометь, также использованные при обобщении опытных данных в безразмерной форме, которая была определена на основе выполненного анализа размерностей.

Обобщение всего массива экспериментальных данных на базе зависимости, обоснованной с применением анализа размерностей, позволило получить универсальный график. Несмотря на некоторый разброс экспериментальных точек, связанный с разнородностью лабораторных и натуральных данных, они обнаруживают удовлетворительное соответствие функциональной зависимости, полученной на основе выполненного анализа размерностей, и позволяют установить вид этой зависимости. Зависимость показывает, что высота образующихся микроформ зависит от глубины потока, уклона канала и коэффициента гидравлического сопротивления λ , причем безразмерная комбинация этих параметров оказывается слабо возрастающей в зависимости от числа Струхаля, включающего время взаимодействия потока и русла, скорость потока и крупность донного грунта. Полученная зависимость оказывается справедливой не только для начального периода развития микроформ, но также и для стабилизированных значительных по размеру русловых образований, как в условиях лаборатории, так и в условиях речного потока.

В результате обработки опытных данных проанализированы характеристики изменяющегося донного микрорельефа, параметры кинематики и гидравлического сопротивления открытого русла с изменяющимся донным рельефом. В частности, сделан акцент на исследование гидравлического сопротивления потока в русле с образованием, развитием и переформированием микроформ. Получены новые кинематические зависимости и зависимости для оценки гидравлических сопротивлений для этих условий, проведено сопоставление с классическими и современными исследованиями.

Результаты экспериментов применены для создания методики прогнозирования переформирования донного рельефа в открытых каналах.