

# РАСЧЕТЫ РАСХОДА И СТОКА ДОННЫХ НАНОСОВ НА ГОРНО-ПРЕДГОРНЫХ РЕКАХ

Самохвалова О.А., Чеботарев А.С.

ФГБУ «ГГИ», Россия

Расход и сток донных наносов – основные показатели, определяющие величины и темпы русловых деформаций. Поэтому для решения многих инженерных задач, обеспечения охраны и мониторинга рек требуется наличие надежных способов определения этих характеристик. Несмотря на значительное число существующих методов расчета специфика водных объектов (их размеры, характер рельефа, гранулометрический состав донных отложений) в расчетах учитывается недостаточно. Такое положение в значительной мере снижает эффективность расчетных методов. Настоящая работа предпринята с целью улучшения состояния данного вопроса в условиях горно-предгорных рек.

Транспорт донных наносов на горных реках характеризуется рядом особенностей:

- в силу своеобразия гидрологического режима горных рек транспорт донных наносов на них происходит лишь в периоды повышенной водности (половодья, паводки), а не в течение всего года, как на равнинных реках;
- гранулометрический состав донных наносов горных рек отличается значительной разнородностью (минимальный и максимальный диаметры одной пробы могут отличаться в 1000-и раз), поэтому слагающие ложе горной реки частицы в зависимости от водности приходят в движение не одновременно.

Ввиду указанного

- измерение расхода донных наносов на горной реке в межень не имеет смысла, а в многоводный период не представляется возможным, так как скорости течения очень велики (до 10м/с), а паводки трудно прогнозируемы, кратковременны и часто происходят в ночное время;
- наиболее надежным способом оценки транспорта наносов на горных реках сегодня является его физическое моделирование, особенно потому, что горный поток может быть воспроизведен в лаборатории без нарушения его геометрического, кинематического и динамического подобия и без искажения масштабов зернистой шероховатости. Также лаборатория позволяет последовательно воспроизводить паводковую волну и измерять на каждом этапе паводка гранулометрический состав и расход наносов.

А.С.Чеботаревым в Русловой лаборатории ГГИ для двух участков р.Мзымты были воспроизведены условия паводка, во время которых транспорт наносов осуществлялся в бесструктурной форме. Особенностью эксперимента по второму участку является то, что для него моделировалась ситуация, когда из русла уже вымыты относительно мелкие частицы, и воздействию паводка подвергается русловая отмостка. На первом участке по ходу подъема паводка было выделено 7 расходов воды, на втором 6. Для каждого расхода воды определялись гидравлические характеристики потока, расход и гранулометрический состав донных наносов. Были построены гранулометрические кривые, показывающие последовательность вовлечения в движение частиц донных отложений различных фракций.

На основе этих данных О.А.Самохваловой было произведено сравнение формул для расхода донных наносов. Всего расчетам подверглись 49 зависимостей. Почти все существующие сегодня формулы расчета расхода донных наносов, применимые к бесструктурному транспорту, используют один из двух подходов. Первый основан на понятии начала движения наносов. В качестве критерия подвижности выбирается критическое значение одной из следующих величин: скорости потока, расхода воды, касательного напряжения на дне или энергетического (гидравлического) уклона. К наиболее известным уравнениям этого типа относятся формулы Шильдса, Мейер-Петера и Мюллера, Шоклича, Гончарова, Леви и Гришанина. Второй подход, вероятностный, был введен Эйнштейном. Эйнштейн предположил, что транспорт наносов в большей степени зависит от турбулентных пульсаций, чем от осредненных характеристик потока. Расчет основан на понятиях вероятности размыва и отложения частиц. Таких зависимостей уже значительно меньше, самые известные – это формулы Эйнштейна и Эйнштейна-Брауна. Особняком стоят регрессионные зависимости (Роттнер, Рухадзе, Сато-Киккава) и множество региональных формул.

Особенностью нашего подхода к сравнению формул является то, что мы сопоставляем не осредненные значения ошибок расчета, а их конкретные значения отдельно для каждой фазы паводка, характеризуемой своим гранулометрическим составом и своей степенью вовлеченности в движение донных отложений. Таким образом, мы даем рекомендации по расчету расхода донных наносов отдельно для каждого этапа паводка, что, как уже отмечалось, для горных рек имеет большое значение. Расчеты показали такой подход оправданным, так как ни одна из проанализированных формул не дала устойчиво хорошие результаты в течение всего паводка. Наилучшие результаты (по совокупности) показали

формулы Леви, Гончарова, Мейер-Петера, Мейер-Петера и Мюллера, Полякова, Ротгнера, Рухадзе, Смарта, Смарта-Ягги, Талмазы, Шамова, Шильдса и Эйнштейна.