

УДК: 556, 182; 626/627

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РУСЕЛ ГОРНЫХ РЕК ПОТЕРЯВШИХ СВОЮ УСТОЙЧОВОСТЬ

д.ф.т.н., доц. Агаев И.А.,
д.ф.т.н., доц. Муслимов А.М.
НПО “АзГнМ”

Məqalə redaksiya heyətinin 10.12.2020-ci il tarixli iclasında (protokol № 04) t.e.f.d., dos.Ş.Ş. Quliyevlə təqdimatı əsasında müzakirə olunaraq, onun Birləşmiş “Elmi əsərlər toplusu”nın XLII cildinə daxil edilməsi qərarı alınmışdır.

Резюме. В статье приводится способ восстановления горных рек, потерявшие свою устойчивость, при помощи каскада сквозных запруд. Даны рекомендации по проектированию руслорегуляционных сооружений и разработаны методы расчета геометрических, гидравлических, аккумуляционных параметров и силового воздействия потока на сквозные запруды.

Ключевые слова: река, запруда, русло, наносы, конструкция, скорость, вода, уклон.

Введение. Вследствие экономического роста и технического прогресса возросли масштабы антропогенного воздействия на горные реки республики. Водные ресурсы горных рек используются на нужды водопотребления, орошения, гидроэнергетики, а где имеется аллювиальное русло они используются для добычи строительных материалов (галька, гравий, песок и т.д.) при помощи открытых карьеров. Это приводит к изменению гидрологии, гидравлики и руслового режима горных рек, что приводит к необратимым процессам:

- изменяется гидрологический и русловый режим рек, вплоть до изменения типа руслового процесса;
- в результате эрозионных процессов в руслах происходит продольная и поперечная деформация дна;
- понижается уровень поверхностных и грунтовых вод, что приводит к опустыниванию прибрежных территорий;
- нарушается экологический баланс природной среды, что приводит к исчезновению многих видов флоры и фауны в речной экосистеме.

Многие горные реки находятся в катастрофическом состоянии, они потеряли свою экологическую устойчивость, а речная экосистема не в состоянии самовосстановится [1].

Учитывая это необходимо стабилизировать русловый процесс и восстановить русло рек до естественного состояния, которое имело место до антропогенного вмешательства.

Задача и методика исследований. В задачу исследований входит разработать

инженерные мероприятия по восстановлению русел рек, потерявших свою экологическую устойчивость. Для выполнения этих требований необходимо исследовать русловый процесс, возникающий при устройстве регуляционных сооружений в реке, и разработать оптимальную конструкцию, которая обеспечит эффективное восстановление русла и разработать рекомендации по их проектированию и расчету основных параметров руслорегулирующих сооружений.

Объектом исследования выбраны горные реки республики, которые потеряли свою экологическую устойчивость из-за антропогенного вмешательства.

При выполнении исследований была принята методика, которая использовала результаты натуральных и лабораторных исследований, а также результаты обработки литературных данных по руслорегулирующим сооружениям, которые активно воздействуют на русловые процессы.

Результаты исследования. При восстановлении русел, потерявшую свою устойчивость необходимо активно воздействовать на русловый процесс с целью обеспечения естественного устойчивого равновесия водно-наносного режима реки.

Исследованиями установлено, что в русловом процессе все морфологические и гидравлические параметры определяются водностью речного потока и характеристиками наносов. В качестве руслоформирующего расхода, очень часто принимают расход воды в реке повторяемостью 5-10 лет. Вторым фактором, являются наносы, которые характеризуются количеством и крупностью (фракционным составом). При оценке этого фактора необходимо учитывать, что состав и расход наносов непрерывно изменяется во времени и по длине реки. В процессе длительного взаимодействия водного потока с ложем русла вырабатывается продольный профиль равновесия, при котором приход и расход наносов на рассматриваемом участке реки уравнивается.

Для изменения руслового процесса, который происходит в реке, используют поперечные руслорегулирующие сооружения. Наибольшее распространение получили одиночные и групповые наносо-задерживающие поперечные сооружения, которые называются запрудами или барражами. На рис. 1. представлена схема руслорегуляционного сооружения выношенной в виде каскада запруд.

Эти руслорегулирующие сооружения изготавливаются из различных материалов (камень, бетон, железобетон, металл и пр.), они бывают глухие или сквозные (решетчатые) перегораживающие русло реки на участке транзитного движения потока с целью перехвата и задержания твердых наносов за их напорными гранями.

Одиночные запруды являются простым средством задержания наносов, т.е. осуществляют пассивную восстановительную функцию. Более значительными и

эффективными являются группа запруд, или каскад сооружений, которые устанавливаются в русле реки. Помимо непосредственного задержания твердого материала (наносов), такая система запруд образует новый уклон русла на участке запруживания.

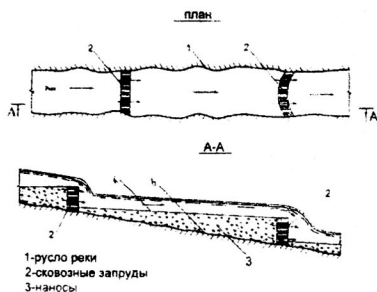


Рис. 1. Руслорегуляционное сооружение в виде каскада запруд

Уклон русла при соответствующем размещении каскада запруд и заданной их высоте можно довести до уравнивающего, обеспечивающего равновесие в отложении и переносе потоком наносов, когда прекращается дальнейший размыв русла, а также исключает дальнейшее движение наносов крупнее заданного размера. Это позволяет повысить отметку дна аллювиального русла путем ускоренного отклонения наносов приносимые рекой, а также восстанавливает продольный уклон русла до естественного состояния, или близко к нему, и тем самым создается устойчивый водно-наносный режим [2 и 3].

Проведенные исследования позволили разработать конструкцию руслорегулирующего сооружения, типа сквозной запруды, которая активно Воздействует на русловой режим реки для восстановления участка русла реки потерявшего свою устойчивость. На рис.2 представлена конструкция сборной сквозной запруды и ее размещение в русле реки.

Сборное регуляционное сооружение собрано из железобетонных отдельных блоков, каждый из которых выполнен виде многогранника с параллельными горизонтальными разновеликими по площади основаниями в форме равнобочных полых трапециодальных элементов с симметричным углом расширения их боковых сторон, на которых имеются сквозные отверстия. Для удобства пояснения все стороны трапециодального многогранника пронумерованы от 2 до 9. Меньшие стороны 2 и 3 и большие стороны 4 и 5 являются одновременно сторонами оснований равнобочных трапеций, расположенных в вертикальных плоскостях, Блок выполняется полым, который заполняется крупным булыжником (см. рис. 2а).

При выполнении прямолинейно расположенного в плане регуляционного сооружения в русле реки, блоки укладываются в горизонтальной плоскости двумя рядами так, что они попеременно взаиморасположены один к другому по линии соединения этих рядов одинаковыми сторонами 2и 2 или 4 и 4 оснований блоков. Аналогично укладываются блоки рядами в вертикальной плоскости (см. рис. 2 б, 2в).

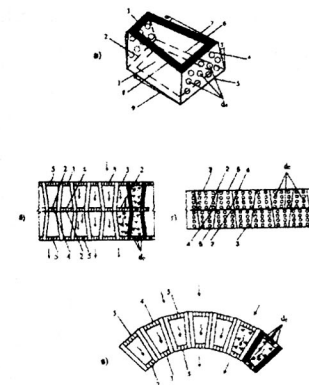


Рис. 2. Сборная конструкция сквозной запруды

При выполнении сборного регуляционного сооружения в виде арочной конструкции в плане сквозные блоки укладывают попеременно взаиморасположенными одно к другому противоположными основаниями так, что большие стороны этих оснований 4 и 5 располагаются по внешнему радиусу арки, а меньшие 2 и 3 – по внутреннему (см. рис. 2г).

Процесс формирования дна русла перед сквозной запрудой проходит по схеме, которая представлена на рис. 3.

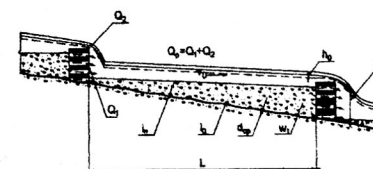


Рис. 3. Расчетная схема сквозной запруды

На первом этапе происходит заилиние верхнего бьефа перед запрудой до напорного уровня. Процесс заилиения происходит одновременно с фильтрацией воды

и мелких наносов через тело сквозной запруды. После заполнения запруды наносами, часть речного потока (70-75%) переливается через его гребень, а остальная часть (25-30%) фильтруется вместе мелкими наносами через сквозную запруду. Перед запрудой откладываются достаточно крупные включения наносов. На втором этапе начинается занесение верхнего бьефа наносами и происходит формирование русла гравийно-галечными отложениями.

Процесс формирования русла завершается после прохождения руслоформирующего расхода Q_p и устанавливается новое более устойчивое русло с уклоном i_n .

Следует отметить, что средний размер отложений наносов нового русла, которое сложилось при устройстве регуляционного сквозного сооружения крупнее на 15%-20% которое имело бы место при устройстве глухой запруды.

Вновь установленный уклон i_n отложения наносов перед сквозной запрудой зависит от высоты запруды H_z , первоначального уклона русла до запруживания i_0 , среднего размера отложения наносов в реке d_{cp} .

Основные количественные зависимости между конечным уклоном отложения наносов i_n и факторами его обуславливающими, можно установить по полуэмпирическим формулам представленных в инструкциях по проектированию противоселевых запруд [4].

Когда регуляционное сооружение выполняется в виде сквозной запруды новый уклон отложения наносов i_n , их устойчивость и характер распределения наносов на всех запруженных участках каскада запруд зависит от величины размера отверстия d_0 и сквозности сооружения η .

Исследованиями было установлено, что максимальное улучшение процесса отложения наносов в верхнем бьефе, перед запрудами, наблюдается при выполнении сквозных отверстий d_0 величиной равной двум диаметрам средневзвешанного размера отложения наносов в русле реки d_{cp} , которые существовали до антропогенного вмешательства, а величина сквозности составляет не менее 75-70%. Диаметр отборного камня булыжника d_k , которым заполняется сквозная запруда должна быть больше этих отверстий. С учетом этого, должно соблюдаться следующие условия:

$$d_0 = 2 d_{cp}; \quad \eta \geq 70-75\%; \quad d_k > d_0 \quad (1)$$

Следует отметить, что величина среднего размера отложения наносов d_{cp} реки входит в число параметров, которые наблюдаются гидрометеостанциями и имеются в ежегодных гидрологических справочниках по рекам республики.

Как показывают результаты натурных исследований, отношения конечного уклона линии занесения к первоначальному уклону русла i_n/i_0 при сооружении каскада

сквозных запруд, на не широких транзитных участках русел при невысоких запрудах (до 3,0 м.), меняется от 0,4 до 0,8 от первоначального [5].

В нашем случае, при соблюдении условия (1) в практических расчетах, без ущерба точности расчета, можно принять:

$$i_n \approx 0,65 \cdot i_0 \quad (2)$$

При проектировании каскада сквозной запруд при восстановлении русел необходимо устанавливать следующие расчеты; геометрический, гидравлический, аккумуляционный, а также расчеты на прочность и устойчивость сооружения [6].

Геометрический расчет каскада запруд (рис.3) сводится к определению расстояний между запрудами при заданной высоте;

$$L = \frac{H_z}{i_0 - i_n} \quad (3)$$

где: L - расстояние между запрудами

Аккумуляционная емкость сквозной запруды W , можно установить по геометрическому контуру, образованного запрудой и участком русла на которой она распространяется, высота запруды H_z и средней ширины B_{cp} этого участка;

$$W = B_{cp} \cdot \frac{H_z \cdot L}{2} \quad (4)$$

Для каскада запруд по всей длине восстанавливаемого участка русла, общий объем аккумуляции будет;

$$\sum W = n \cdot \frac{H_z \cdot L}{2} B_{cp} \quad (5)$$

где: n - количество запруд ; $\sum W$ - суммарный объем аккумуляции каскада запруд

Максимальные нагрузки действующие на напорную грань сквозной запруды состоят из динамического и статического давления взвесенесущего потока. Для определения динамического давления можно воспользоваться следующей зависимостью;

$$P_{дин} = \frac{\gamma_c \cdot \alpha_0 \cdot V_0^2}{2g} \quad (6)$$

где: γ_c - объемный вес потока насыщенного насосами;

ξ - коэф. формы сквозной конструкции;

α_0 - коэф. распределения скоростей по вертикали;

V_0 - средняя скорость потока при руслоформирующем расходе.

В работе [4]) даны результаты экспериментальных исследований по определению коэффициентов ξ и α_0 при обтекании сквозной преграды сложной пространственной формы из пересекающих в разных плоскостях железобетонных элементов, было установлено: $\xi=1.6$ и $\alpha_0=1.25$.

Статическое давление потока которое воздействует на сквозную запруду, будет:

$$P_{cm} = \frac{1}{2} \cdot \gamma (H_3 + h_0) \quad (7)$$

где: h_0 – толщина переливающего слоя через запруду

Для более эффективного использования одного унифицированного типоразмера сквозного блока в разных вариантах сборного регуляционного сооружения прямолинейного или криволинейного очертания боковые грани в виде прямоугольников выполняют наклонными к вертикальной плоскости под углом α , оптимальное значение которого выбирается в пределах 10^0 - 18^0 , а линейный угол α расширения боковых сторон разнобоковых трапеций оснований блока выбирается в пределах $2,5^0 \pm 7^0$ (с.м рис. 2)

При монтаже из сквозных блоков регуляционного сооружения после установки первого ряда блоков производят их наполнение крупным камнем, После уплотнения грузочного материала, рядом возводят вторую линию и т.д.

Эффективность и надежность работы сборного регуляционного сооружения и его вариантов при восстановлении русел, основаны на увеличении степени взаимозаклиновости блоков между собой, что при не высоких конструкциях $0,5 \div 3,5$ м., позволяет возводить сооружения без стыковых соединений между ними. Отсутствие стыковых соединений между блоками сокращает затраты ручного труда, позволяет упростить строительно-монтажные работы и тем самым уменьшить стоимость строительства сооружения.

Применение каскада сквозного запруд, состоящих из железобетонных блоков имеющих отверстия для пропуска воды и мелких фракций наносов, повышает эффективность при восстановлении русел по следующим признакам:

- обеспечивается стабилизирующее положение при прохождении паводковых и селевых потоков за счет равномерного распределение его по всей ширине русла реки ,
- уменьшается силовое воздействие потока на регуляционное сооружение, за счет пропуска части потока и наносов через тело сквозной запруды;
- образуется более пологий уклон дна русла за счет отложения наносов в верхнем бьефе запруд, что способствует увеличению длины запруживания;
- уменьшает размыв дна после запруды и увеличивает его устойчивость при прохождении паводковых и селевых расходов;
- происходит более равномерное отложение наносов по длине каскада запруд , что ускоряет процесс восстановления русла и повышает его устойчивость;
- уменьшает сроки строительства и повышает механизацию производства за счет применение сборных унифицированных железобетонных конструкций регуляционных сооружений.

Выводы. Предложен способ восстановления участка русла рек потерявших свою

устойчивость и рассмотрен процесс его формирования при устройстве каскада сквозные запруд. Разработана новая конструкция сборного регуляционного сооружения, состоящая из отдельных сквозных железобетонных блоков, позволяющая значительно ускорить и механизировать процесс восстановления русел и даны рекомендации при определению его основных размеров. Представлены рекомендации по определению основных геометрических и аккумуляционных параметров а также расчеты на прочность и устойчивость сооружения.

Литература:

1. В.М.Əhmədov, İ.Н.Аğayev, А.М.Мüslümov və b. Sel və daşqın təhlükəli çay axımlarının nizamlanması və səmərəli istifadə edilməsindən ötrü kompleks hidrotexniki tədbirlərin hazırlanması // AzH və M EİB-in Elmi əsərlər toplusu, XXXIII cild, Bakı, 2013 s.184-187.
2. В.С. Лапценков, Прогнозирование деформаций в бьефах речных гидроузлов “Гидрометеониздат” Л., 1979 г, с 57-80 с, 233.
3. В.С. Алтунин, И.А. Агаев, М.Н. Бухин. а.с. “Сборное защитно-регуляционное сооружение”, “SU”, n 1687716 A1, E 02B ³/12, 1991 г.
4. Инструкция по проектированию и строительству противоселевых защитных сооружений, “Союз водпроект”, М., 1979 г. с 82-94.
5. Флейшман М.С. Сели. Л: Гидрометеониздат, 1978, 312/
6. А.С.Əhmədzadə, В.М.Əhmədov və b. “Səldənmühafizə hidrotexniki qurğuların layihələndirilməsi üçün qayda və normalar” // Bakı: 2019, 88 s.

DAYANIQLIĞINI İTİRMİŞ DAĞ ÇAYLARI MƏCRASININ BƏRPASI

Xülasə. Suburaxıcı dəşikləri olan pilləli zaprudlar vasitəsi ilə öz dayanıqlığını itirmiş dağ çayları məcralarının bərpası metodu verilmişdir. Məcranizamlayıcı qurğuların layihələndirilməsi üçün tövsiyə verilmiş və çökmə zonasının ölçülərinin hidrometrik və hidravlik hesablama metodu hazırlanmışdır.

Açar sözlər: çay, zaprud, məcrə, çöküntü, konstruksiya, sürət, su, mailik.

RESTROTION OF MOUNTAIN RIVER BEDS THAT HAVE LOST THEIR STABILITY

Summary. The article describes a method for the restoration of mountain rivers have lost their stability, using a cascade of tought dams. Recommendations are given for the design of channel-regulating structures and methods for calculating the geometric, hydraulic, accumulation paramets and, the force effect of the flow on the trough ponds.

Keywords: river, dam, channel, sediment, structure, speed, water, slope

Redaksiyaya daxil olma: 30.11-2020-ci il
Təkrar işlənməyə göndərilmə: 04.12-2020-ci il
Çapa qəbul edilmə: 10.12-2020-ci il