

УДК 627.160:627.4

АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА НАНОСОВ РЕК, ЗОНЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

А.Р. Фазылов

Рассмотрены основные стадии антропогенного воздействия на характер формирования и вариацию характеристик стока взвешенных наносов в условиях горно-предгорной зоны Таджикистана. Предложена схема, учитывающая как антропогенные, так и физико-географические факторы образования и стока наносов рек, зоны их формирования.

Ключевые слова: режим; зона формирования; твердый сток; антропогенные факторы; гидроэкология.

ANTHROPOGENIC CHANGES IN SEDIMENT RUNOFF OF RIVERS OF THE FORMATION ZONE

A.R. Fazylov

It considers the main stages of anthropogenic impact on the nature of the formation and variation of the flow characteristics of suspended sediments in the conditions of mountain-foothill zone of Tajikistan. A scheme that takes into account both anthropogenic and physiographic factors of river formation and sediment runoff, and the formation zone is suggested.

Key words: mode; formation zone; sediment runoff; anthropogenic factors; hydroecology.

Обычно в состав физико-географических факторов, в большинстве своем определяющих формирование и сток наносов реками горно-предгорной зоны, включают: тектонические, геологические, геоморфологические и климатические условия; рельеф, строение речной сети и водосборного бассейна; грунты и почвенно-растительный покров; склоновые процессы и явления (лавиновые, селевые, оползневые, осыпные, обвальные, денудационные, эрозионные, эоловые, флювиальные и др.); процессы выветривания и денудации горных пород; морфологические характеристики водосборных бассейнов; гидрологический режим и русловые процессы постоянных и временных водотоков; формирование и режим стока наносов постоянными и временными водотоками [1]. Среди факторов, отрицательно воздействующих на характер природных эрозионно-аккумулятивных систем и вариацию характеристик стока взвешенных наносов в условиях горно-предгорной зоны формирования водных ресурсов Таджикистана, наряду с вырубкой лесов, распашкой и орошением земель, транспортным освоением речных бассейнов, разработкой месторождений полезных ископаемых,

создания селитебно-рекреационных объектов, можно отметить и строительство гидротехнических сооружений различного назначения.

В 1998 г. Н.И. Алексеевским была предложена схема, учитывающая влияние основных антропогенных факторов на формирование стока речных наносов, которые являются следствием изменения стока воды, противоэрозионной устойчивости почв, мутности водных потоков на большей или меньшей части речных бассейнов [2].

Авторами, в свою очередь, предложена классификация, включающая в себя как антропогенные, так и физико-географические факторы образования и стока наносов рек аридной, горно-предгорной зоны Таджикистана (рисунок 1). При этом была учтена специфика видов сооружений (селебросы, плотины селехранилищ) и технологии освоения новых земель (склоновые земли).

Как известно, все проектируемые, строящиеся и эксплуатируемые сооружения подразделяются как на пассивные – подверженные влиянию руслового процесса, но сами не влияющие на этот процесс, так и на активные (плотины, мосты и мостовые переходы, различные дамбы, водозаборные со-

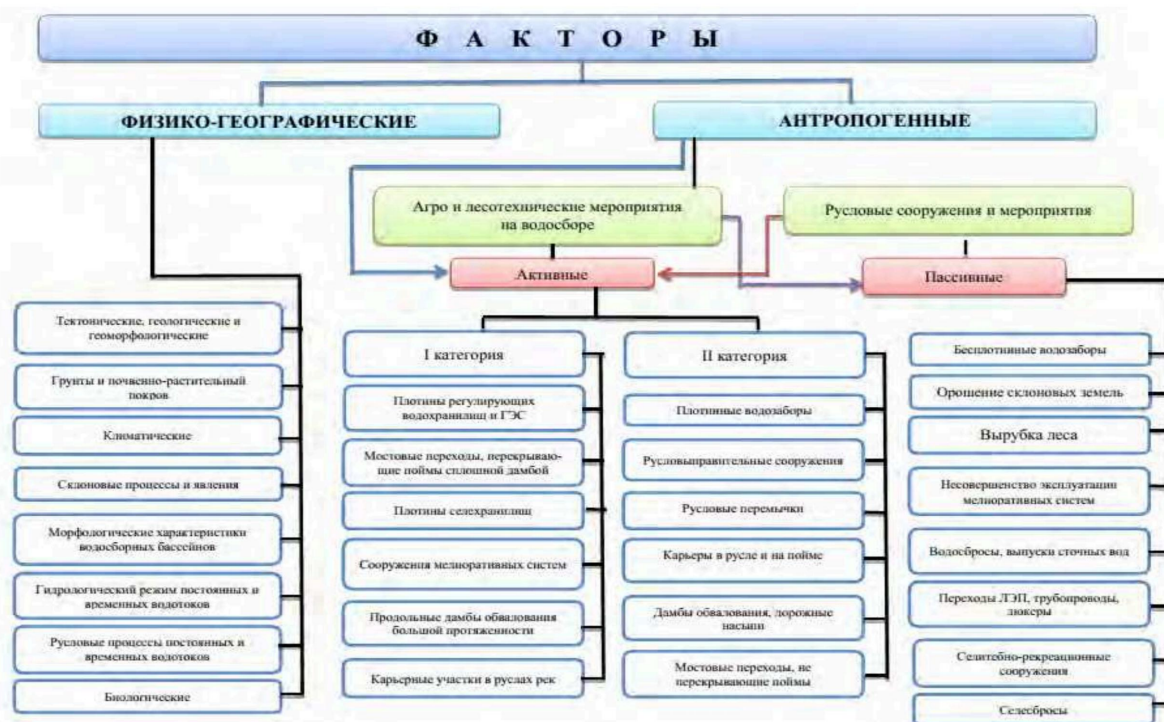


Рисунок 1 – Факторы образования стока и транспорта наносов

оружения), которые напрямую (непосредственно) влияют на данный процесс не только в русле реки, но и сооружения на водосборе (противоэрозионные, агролесомелиоративные и т. д.).

Принято и считать, что пассивные сооружения не оказывают большого влияния на русловые процессы, однако они вызывают существенные изменения стока донных наносов, которые приводят к изменению типа руслового процесса. В качестве примера можно привести бесплотинные водозаборные сооружения, эксплуатация которых приводит к тому, что вместе с донными струями в него поступают и донные наносы. Иногда объем поступающих донных наносов достигает 97,3 % от общего объема наносов, что можно наблюдать на бесплотинном водозаборе Чубекского магистрального канала (р. Пяндж, Таджикистан).

Рассмотрим влияние некоторых антропогенных факторов в общей системе формирования и транспорта твердого стока, в частности строительство на реках гидротехнических сооружений (ГТС). При проектировании (выбор оптимального места размещения сооружения, основные требования, предъявляемые к данной конструкции, меры защиты и гидроэкологическую безопасность), строительстве, а также при эксплуатации гидротехнических сооружений, возводимых на водотоках, необходимо учитывать целый ряд особенностей.

Гидротехнические сооружения, построенные, в частности, в Таджикистане, существенным образом влияют на весь русловый процесс рек и их бассейнов, в том числе на образование и сток наносов (крупные плотины водохранилищ, плотинные головные водозаборные сооружения, крупные каналы и гидротехнические сооружения). Изменение руслового процесса в бьефах возведенного гидроузла происходит из-за осаждения большей части твердого стока в чаше его водохранилища и, как следствие, постепенное его занесение донными наносами. Кроме этого, такое явление приводит к необратимым деформациям, связанных с транспортом наносов.

Необходимо отметить, что в отличие от крупных водохранилищ (Нурекское, Кайраккумское, Головное, Байпазинское в Таджикистане, Токтогульское в Кыргызстане), которые имеют большой объем твердого стока при малых объемах водохранилищ (Сельбурское, Муминабадское, Каттасайское), происходит довольно быстрое их заиление, и наносы вновь начинают поступать в нижний бьеф. Процесс общего размыва в нижнем бьефе прекращается, в ранее размытом русле начинают откладываться сбрасываемые через гидроузел наносы и происходит так называемый завал нижнего бьефа.

В настоящее время низконапорные гидроузлы горно-предгорной зоны в большинстве случаев

Таблица 1 – Гидротехническое строительство и изменение стока речных наносов

Антропогенная нагрузка	Факторы изменения стока			Изменение расхода взвешенных наносов (ΔR) и влекомых (ΔQ) наносов	
	изменение во времени			во времени, Δt	по длине участка, Δx
	расход воды, ΔQ	мутность воды, Δp	условия переноса наносов, R		
Крупные гидротехнические сооружения, в том числе водохранилища: верхний бьеф нижний бьеф	$\Delta Q \cong 0$ $\Delta Q < 0$	$\Delta p > 0$ $\Delta p < 0$	$R > R_{mp}$ $R < R_{mp}$	$\Delta R / \Delta t < 0$ $\Delta Q / \Delta t < 0$ $\Delta R / \Delta t < 0$ $\Delta Q / \Delta t < 0$	$\Delta R / \Delta x < 0$ $\Delta Q / \Delta x < 0$ $\Delta R / \Delta x > 0$ $\Delta Q / \Delta x > 0$
Русловые карьеры: Выше карьера Ниже карьера	$\Delta Q \cong 0$	$\Delta p \geq 0$ $\Delta p < 0$	$R \leq R_{mp}$ $R < R_{mp}$	$\Delta R / \Delta t \cong 0$ $\Delta Q / \Delta t \geq 0$ $\Delta R / \Delta t < 0$ $\Delta Q / \Delta t < 0$	$\Delta R / \Delta x \geq 0$ $\Delta Q / \Delta x > 0$ $\Delta R / \Delta x > 0$ $\Delta Q / \Delta x > 0$
Руслорегулирующие и русловыправительные сооружения	$\Delta Q \cong 0$	$\Delta p > 0$	$R < R_{mp}$	$\Delta R / \Delta t > 0$ $\Delta Q / \Delta t > 0$	$\Delta R / \Delta x > 0$ $\Delta Q / \Delta x > 0$
Водозабор и водораспределение: Бесплотинное водозаборное сооружение Нижний бьеф плотинного водозаборного сооружения В каналах мелиоративных систем	$\Delta Q < 0$ $\Delta Q < 0$ $\Delta Q < 0$	$\Delta p < 0$ $\Delta p \geq 0$ $\Delta p < 0$	$R \leq R_{mp}$ $R > R_{mp}$ $R > R_{mp}$	$\Delta R / \Delta t \cong 0$ $\Delta Q / \Delta t < 0$ $\Delta R / \Delta t \leq 0$ $\Delta Q / \Delta t < 0$ $\Delta R / \Delta t < 0$ $\Delta Q / \Delta t < 0$	$\Delta R / \Delta x > 0$ $\Delta Q / \Delta x > 0$ $\Delta R / \Delta x < 0$ $\Delta Q / \Delta x < 0$ $\Delta R / \Delta x < 0$ $\Delta Q / \Delta x \leq 0$ $\Delta Q / \Delta x = 0$

работают в режиме коэффициента водозабора, достигающего почти 100 % при большой насыщенности потока донными и взвешенными наносами. В данных условиях выходом из создавшегося положения является переход водозаборного гидроузла в режим периодического занесения и промыва подпорного бьефа или проектирование водозаборных сооружений донно-решетчатой конструкции, что практикуется на реках горно-предгорной зоны Таджикистана и Кыргызстана.

Таким образом, регулирование стока гидротехническими сооружениями оказывает наиболее мощное воздействие на перемещение наносов. Оно связано с изменением соотношения между R_p и R (фактический расход наносов и транспортирующая способность потока, соответственно) приводящее к систематическому накоплению наносов выше сооружения и размыву берегов, дна, речных отложений в нижнем бьефе. В результате складываются специфические закономерности пространственно-временной изменчивости условий переноса транспортируемых частиц, результирующей баланс наносов.

Большая группа антропогенных воздействий приводит к изменению транспортирующей способности потоков и возникновению неравенства $R > R_p$. Как отмечает проф. Н.И. Алексеевский [2], итогом процессов, связанных с нарушением соответствия между R_p и R , является направленная трансформация стока наносов, в ходе которой уменьшаются или увеличиваются его характеристики.

В таблице 1 приведены основные инженерные факторы, влияющие на изменение стока речных наносов, с учетом специфики гидрологических, гидроморфологических и физико-географических особенностей рек горно-предгорной зоны Таджикистана.

Строительство подпорных гидротехнических сооружений, приводящее к затоплению и подтоплению значительных территорий, изменению гидрологического, руслового и термического режимов водотока, а также климатических условий региона приводит к образованию в зоне влияния гидроузла нового природно-технического комплекса.

Еще один тип антропогенного фактора – транспортный. Интенсивное дорожное строительство привело к необходимости совершенствования методов проектирования и строительства мостовых переходов с учетом требований экологии. Обычно в среднем на 0,8–1,0 км дороги приходится одно водопропускное сооружение (труба, мост или мостовой переход) [3].

В Таджикистане общая протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием составляет около 13700 км. Они пересекают различные водотоки – от мелких временных, до больших рек (Вахш, Пяндж, Кафирниган и т. д.), имеющих широкие поймы, на которых построено 2400 мостовых переходов и уложено свыше 30000 трубчатых водопропускных сооружений. Таким образом, в среднем на 0,4–1,0 км дорог в Таджикистане приходится одно водопропускное сооружение (мост, мостовой или переход труба).



Рисунок 2 – Схема организации карьеров добычи НСМ

Мостовые переходы в горных районах часто становятся основной причиной нарушения равновесия окружающей среды: стеснение водного потока подходными насыпями (или др. сооружениями), изменение условий протекания водотоков; возникновение подпора в верхнем бьефе и, как следствие, повышение уровней воды; подтопление угоний, населенных пунктов. Нередко строительство дорог и мостовых переходов, и связанные с этим земляные работы, становятся причиной возникновения или активизации селевых потоков. Большое влияние они оказывают и на русловые процессы и на процессы формирования и жизнедеятельности пойм, которые также существенно изменяются [4].

На состав регуляционных работ большое влияние оказывает амплитуда колебаний русла рек горно-предгорной зоны. Для рек Средней Азии годовые колебания глубин достигают 2–10 м, а суточные – 1–2 м и более. Поэтому на ряде горных рек Кыргызстана и других республик данного региона, в том числе и Таджикистана, из-за их суточных колебаний в течение двух-трех месяцев проводятся регуляционные работы [5]. В эти периоды на неинженерных водозаборах (например, водозабор Чубекского магистрального канала на р. Пяндж в Таджикистане) с целью подачи воды в канал в головном регуляторе, сбросах и водозахватных дамбах чаще всего ночью устраивается временная кладка из местных строительных материалов, частично смываемых потоком. Также нередки случаи

размыва регуляционных сооружений в периоды прохождения паводковых расходов.

Одним из существенных факторов антропогенного воздействия, влияющего на водные объекты и экосистемы, является увеличение добычи речного аллювия в качестве нерудного строительного материала, которое приводит к нарушению режима стока наносов. Карьеры перехватывают значительную часть стока русловых наносов, приводят к развитию ниже по течению эрозии, а выше карьеров увеличивает уклон и скорость течения [6].

К отрицательным результатам разработки карьеров в русле реки можно отнести: снижение (посадку) уровней, увеличение уклонов водной поверхности; рост скоростей течения потока, нарушение баланса наносов и снижение отметок дна; активизацию русловых процессов; снижение положения депрессионных кривых в толще склоновых и пойменных террас; активизацию селевых и оползневых явлений и, как следствие, – обнажение водозаборов и водовыпусков, подмыв мостовых опор и трубчатых переходов, нарушение устойчивости работы гидротехнических сооружений. Размеры карьеров по глубине и ширине часто соизмеримы с размерами рек, а длина достигает нескольких значений ширины рек, на которых они образованы.

Зачастую большие карьеры, создаваемые в руслах рек, приводят к изменению на них типа руслового процесса. При этом плановые деформации сменяются высотными. Это также оказывает

существенное влияние на процессы формирования пойм рек (реки Сурхоб, Вахш, Кафирниган, Варзоб, Душанбинка, Исфара и т. д.).

Расчеты показывают, что восстановление естественного руслового и гидравлического режимов реки на таких участках при условии полного прекращения карьерных разработок может произойти через 10–15 лет. Наиболее обоснованным и допустимым, с точки зрения наименьшего воздействия на русловый и гидравлический режимы предгорных участков рек с уклонами 0,0045–0,0050 γ , представляется ежегодное изъятие грунта в объеме не более среднегодового стока влекомых наносов из коротких (длиной < 200 м) карьеров [7]. Нерегулируемые объемы добычи НСМ в этих зонах существенно ухудшают состояние окружающей среды, экологические и гидроэкологические условия. Авторами предлагается схема организации карьеров добычи НСМ с учетом их воздействия на окружающую среду (рисунок 2).

При устройстве больших карьеров в руслах рек горно-предгорной зоны наряду с понижением уровня воды, происходит существенное понижение и естественных отметок дна (размыв) выше и ниже карьера, что отрицательно сказывается на надежности эксплуатации инженерных сооружений (мостовые опоры, водозаборы, руслорегулирующие и берегозащитные сооружения и др.). Нерегулируемые объемы добычи НСМ в этих зонах существенно ухудшают состояние окружающей среды, экологические и гидроэкологические условия.

Наиболее оптимальные варианты (с учетом минимального воздействия на гидравлический и русловый процессы) устройства карьера для добычи НСМ, это: устьевые участки рек, водохранилища и зоны выклинивания их подпора, протоки многорукавных русел, пойменные участки дельты, пойменные и надпойменные террасы, участки осыпей, обвалов, оползней, конусов выносов горных рек и конусов выносов селевых потоков.

Таким образом, мы рассмотрели только основные виды антропогенного воздействия на режим твердого стока. Хозяйственная деятельность проявляется как на малых, так и на крупных реках

в масштабах внутригодовой, многолетней и иной изменчивости их гидрологических характеристик. При этом отдельные виды использования водных ресурсов и речных бассейнов увеличивают, а другие уменьшают характеристики транспорта твердого стока, изменяют естественное состояние его параметров и являются одним из основных факторов формирования стока. Этот фактор стокообразования необходимо учитывать в той же мере, что и основные физико-географические факторы. Особенно следует принимать во внимание сочетание физико-географических и антропогенных факторов, неучет которых может привести к экологическим и гидроэкологическим катастрофам.

Литература

1. Крыленко В.И. О роли физико-географических факторов в образовании и стоке твердых наносов горными реками / В.И. Крыленко, И.В. Крыленко, В.В. Крыленко и др. Донецк, 2005. URL: <http://www.proza.ru/2011/10/15/1172>.
2. Алексеевский Н.И. Формирование и движение речных наносов / Н.И. Алексеевский. М.: Изд-во МГУ, 1998. 202 с.
3. Барышников Н.Б. Антропогенное воздействие на саморегулирующуюся систему бассейн – речной поток – русло / Н.Б. Барышников, Е.А. Самусева. СПб.: Изд-во РГГМУ, 1999. 220 с.
4. Комилов О.К. Вопросы руслоформирования и освоение пойменных земель / О.К. Комилов, А.Р. Фазылов, С.С. Саломов // Тез. докл. респ. сем. “Проблемы селевых и оползневых явлений, освоения и использования новых земель в горных районах”. Душанбе, 1993. С. 11.
5. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны / под ред. Н.П. Лаврова. Бишкек: ИД “Салам”, 2009. С. 70.
6. Барышников Н.Б. Развитие русла Нижней Белой в условиях антропогенной нагрузки: Эрозионные и русловые процессы. Вып. 3 / Н.Б. Барышников, К.М. Беркович, А.М. Гареев; под ред. проф. Р.С. Чалова. М.: МГУ, 2000. 238 с.
7. Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров. СПб.: Изд-во “Глобус”, 2012. 140 с.