

*Н.Б. Барышников, Е.А. Поташко, Е.М. Скоморохова, Е.С. Субботина*

## **АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОЙМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ГИДРАВЛИКУ РУСЛОПОЙМЕННЫХ ПОТОКОВ**

*N.B. Barishnikov, E.A. Potashko, E.M. Skomorohova, E.S. Subbotina*

## **ANTHROPOGENIC IMPACT ON FLOODPLAIN PROCESSES AND HYDRAULICS OF FLOODPLAIN-RIVERBED STREAMS**

*Выполнен анализ результатов антропогенного воздействия на процессы формирования пойм и пойменные процессы. Рассмотрены три вида этого воздействия на: климат, бассейн реки и её русло и пойму. В качестве иллюстрации выполнен анализ воздействия строительства и эксплуатации Чебоксарского водохранилища на формирование и развитие пойм.*

*Ключевые слова: пойма, русло, антропогенное воздействие, верхний и нижний бьефы, водохранилище, карьеры, бассейн, климат.*

*Analysis of the results of anthropogenic impact on floodplain-forming processes and floodplain processes has been done. Three types of this impact have been examined on the: climate, water-collecting area and its riverbed and floodplain. Analysis of impact of the building and exploitation of the reservoir of Cheboksary on the floodplain forming and development has been done by way of illustration.*

*Key words: floodplain, riverbed, anthropogenic impact, headwater and downstream, reservoir, pits, basin, climate.*

Антропогенное воздействие на природу в целом и речные бассейны в частности непрерывно возрастает. Все его виды можно подразделить на три группы: воздействие на климат, бассейн реки, русло, пойму и руслопойменный поток. Воздействие на климат, совершенно чётко стало проявляться с начала 90-х годов прошлого столетия. Дискуссионность этой проблемы заключается в том, что до настоящего времени не становится ясной причина потепления климата. Это либо естественный процесс, связанный с космическими причинами (солнечная активность, изменение орбиты земли или угла наклона оси земли и др.), либо непосредственно антропогенное воздействие, обусловленное выбросами в атмосферу как тепловой энергии, так и различных газов, формирующих парниковый эффект. Оставив на совести климатологов решение этой проблемы, отметим лишь, что воздействие климата на процессы формирования пойм является не прямым, а опосредованным и в основном проявляется

через осадки и испарение. Влияние этого фактора резко возросло в последние 15-20 лет. В частности, считается, что глобальная температура воздуха за этот период увеличилась на  $0,7^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$  и продолжает повышаться. Следствием этого являются катастрофические паводки, прошедшие в конце 90-х годов прошлого и начале этого века. Особенно большой ущерб, вызванные ими наводнения, нанесли странам Восточной Европы (Польша, Чехия, Румыния и др.) и южной Азии (Пакистан, Индия и др.). В частности, по оценке польских специалистов обеспеченность максимальных расходов воды, прошедших на р. Висле в 2010 году, составляет 0,33 – 0,1 %. Эти паводки нанесли большой экономический ущерб. Так например, из-за наводнений в Польше и Чехии были вынуждены переселить жителей посёлков с численностью более двух тысяч человек. И всё таки, эти паводки нельзя сравнить с катастрофическими паводками в экваториальной и тропической зонах. Так М.А. Стивенс [1] приводит описание катастрофических паводков на реках экваториальной зоны, в результате которых пойма, заросшая густым тропическим лесом, была полностью размыва. В результате образовалось канализированное русло, шириной равной суммарной ширине русла и поймы. Однако через 2-3 года пойма полностью восстановилась. В России близкие к таким паводкам наблюдались в Приморье и на Дальнем востоке. Они разрушали мосты и другие гидротехнические сооружения. Однако, несмотря на то, что на некоторых малых и даже средних реках были затоплены водоразделы, полного смыва пойм, как это наблюдалось в экваториальной и тропической зонах, не наблюдалось. В последние годы катастрофические паводки прошли на ряде рек юга ЕТР. В частности на р. Кубань, в период с 2002 по 2010 годы прошло несколько высоких паводков, максимальные расходы которых значительно превысили расчётные 1% обеспеченности, нанеся большой экономический ущерб и даже унесли человеческие жизни.

Ко второй группе следует отнести антропогенное воздействие на бассейн реки. Это воздействие так же является опосредованным и проявляется через перераспределение жидкого стока и, в частности увеличение максимальных расходов воды и стока наносов. Действительно, все виды хозяйственной деятельности в бассейне реки, как правило, оказывают негативное воздействие на речной сток и сток наносов. В качестве примера можно привести мелиорацию, вырубку лесов, строительство дорог и мостов и др. При этом на пойме обычно разрушается дернина, что обуславливает повышенный размыв поверхностных слоев её почв и, как следствие, интенсивное поступление в речные русла продуктов разрушения. При вырубке лесов и последующей в интересах сельского хозяйства мелиорации происходит увеличение поверхностного стока и, как следствие, максимальных расходов воды. Последние являются одним из основных факторов в процессе формирования пойм, в частности, за счёт увеличения глубины и продолжительности их затопления. При этом существенно увеличивается отложение ила на поймах, нивелирующее рельеф их поверхности. Более того, увеличиваются скорости перемещения русловых образований и процессы намыва и размыва пойм и пойменных массивов.

Наибольшие воздействия на процессы формирования пойм и гидравлику русло-пойменных потоков оказывают составляющие третьей группы, а именно гидротехнические сооружения и водохозяйственные мероприятия, проводимые непосредственно в руслах и на поймах рек. При этом особенно большое воздействие оказывают, так

называемые активные сооружения [2], которые не только существенно воздействуют на русловые процессы и процессы формирования пойм, но могут принципиально изменить эти процессы. Действительно, регулирующие водохранилища не только полностью затапливают и подтапливают поймы в верхних бьефах, но изменяют процессы их формирования в нижних бьефах. Существенное, но значительно меньшее воздействие оказывают и другие сооружения этой группы. При строительстве таких сооружений возникают гидрологические риски. Для их минимизации необходимо проводить комплекс мероприятий. Рассмотрим некоторые из этих рисков и наметим пути их минимизации. Наибольшие риски возникают при выборе мест расположения гидротехнических сооружений и проведения различных водохозяйственных мероприятий. В частности, выбор места расположения плотины водохранилища тесно связан с величиной напора на ГЭС. Действительно, именно от отметки наивысшего проектного уровня и режима работы ГЭС зависят величины площадей затопления и подтопления не только пойменных земель, но и всей долины. Особенно остро этот вопрос стоит на равнинных реках, где длины водохранилищ могут достигать нескольких десятков и даже сотен километров.

Очень чётко это проявилось при строительстве и эксплуатации Чебоксарской ГЭС, водохранилище которой заполнено только до отметки в 63,0 метра, вместо проектной в 68,0 метров. Причиной этого явились большие площади затопления и подтопления при достижении проектной отметки, в частности подтопления низинных участков города Нижний Новгород.

В то же время необходимо рассмотреть и другие варианты решения проблемы, в частности строительство низконапорной плотины с мостовым переходом по её верху.

К сожалению, решение этой проблемы откладывается, несмотря на большие убытки из-за потерь в выработке электрической энергии и особенно из-за затруднений судоходству на участке Городец – Н. Новгород.

Таким образом, регулирующие сток водохранилища оказывают большое воздействие на процессы формирования пойм, разделяя реку на два бьефа – верхний и нижний. Русловые и пойменные процессы в этих бьефах, как правило, являются противоположными. Так верхние бьефы водохранилищ характеризуются процессами затопления пойм и заполнения их наносами. Дополнительным фактором поступления наносов является разрушение берегов водохранилищ, за счёт которого объём поступлений наносов может достигать 40-50% объёма водохранилища. Основная часть этого объёма откладывается на затопленных поймах.

Особенно сложные процессы происходят в зонах переменного подпора водохранилищ, где из-за пускового режима работы ГЭС, процессы отложения наносов сменяются размывом русел и пойм.

По данным С.Л. Вендрова [3], площади зеркала существовавших на территории бывшего СССР водохранилищ составляли 12 млн. га и 13 млн. га перспективных. Учитывая, что давность информации превышает 50 лет и большинство перспективных ГЭС, приведенных в работе Вендрова, в настоящее время уже построено, общую площадь водохранилищ можно принять близкой к 25 млн. га.

В то же время по оценкам Н.Н. Пельт [4] примерно 40 % площади зеркала водохранилищ приходится на затопленные поймы. Следовательно, общая площадь

затопленных пойм на территории бывшего СССР может быть оценена примерно в 10 млн. га. Однако эта цифра не включает площади подтопленных пойм, на которых из-за значительного повышения уровня грунтовых вод резко изменяется характер растительности. Вместо высокопродуктивных пойменных лугов образуются непродуктивные в том числе и болотные массивы, поэтому подтопленные поймы также исключаются из сельскохозяйственного использования. Н.И. Хирсанов и Н.В. Арефьев [5] приводят другие цифры. Так, общая площадь затопления пойм на территории бывшего СССР на 1990 г. составляла 6,47 млн. га. Эта цифра примерно в 2 раза меньше, приведенной Вендровым. По-видимому, авторы применяли различные методики расчетов.

Таким образом, водохранилища ГЭС практически выводят из сельскохозяйственного и другого использования затопляемые и подтопляемые поймы не только на основном водотоке, но и на его притоках. При этом по мере повышения отметок дна из-за отложения наносов в зоне начального выклинивания подпора последний распространяется вверх по течению реки иногда на десятки километров, резко изменяя режим формирования пойм на этом участке.

В верхних бьефах ГЭС также часто происходит затопление или подтопление городов и поселков, особенно расположенных на поймах. Как правило, их переносят на более высокие места, находящиеся вне зоны подтопления водохранилищ. Например, в зону затопления водохранилища Красноярской ГЭС попало 133 населенных пункта, а в зону затопления и подтопления водохранилищем Саяно-Шушенской ГЭС - 19 поселков.

На больших водохранилищах возникает ветровое волнение, разрушающее их берега и затрудняющее судоходство. Это приводит к необходимости переноса поселков, деревень и других объектов за зону прогнозируемого размыва. При ошибках расчетов размеров размыва берегов вновь построенные поселки и деревни разрушаются и их приходится опять переносить или заново отстраивать. Так, на Братском водохранилище во время шторма произошло разрушение берега, вызвавшее большой оползень, разрушивший горняцкий поселок. Причиной этого был плавун органического происхождения.

Более сложные процессы происходят в нижних бьефах водохранилищ. Действительно, плотины гидроузлов, разделяя реки на верхний и нижний бьефы, создают водохранилища, регулирующие сток воды и задерживающие наносы. Поэтому режим жидкого стока и стока наносов в нижних бьефах гидроузлов, как правило, коренным образом изменяется. Жидкий сток выравнивается внутри года, а иногда и в многолетнем плане, максимальные расходы воды уменьшаются, а минимальные увеличиваются как в летний, так и в зимний периоды. Сток воды приобретает резко выраженный неустойчивый характер за счет попускового режима работы ГЭС. При этом, как правило, изменяется характер распределения скоростей по глубине потока, в частности, наблюдается значительное увеличение донных скоростей (при тех же средних), что приводит к повышенной размывающей способности потока.

Сток наносов, особенно в первые годы работы водохранилищ, задерживается ими и в нижние бьефы не поступает. Такая вода, лишенная наносов, называется осветленной водой.

Все это приводит к нарушению баланса наносов, так как транспортирующая способность потоков в нижних бьефах превышает расходы наносов, поступающих из верхних бьефов. Именно это в совокупности с изменением гидрографа и режима стока служит основной причиной деформаций размыва, наблюдающихся в нижних бьефах гидроузлов.

Эти деформации обычно подразделяются на две составляющие, а именно: местный приплотинный размыв и общий размыв нижнего бьефа. Последний может распространяться на десятки и даже сотни километров от плотины ГЭС. Не вдаваясь в детальный анализ причин и методов расчёта глубин размыва, так как он выполнен в ряде работ [2,6], отметим лишь, что при этом значительно увеличиваются объёмы русел и происходят посадки уровней [8,9]. Величины последних могут достигать нескольких метров и распространяться на десятки километров. Особенно они велики при разработке в нижних бьефах ГЭС русловых карьеров. Примером может служить р. Обь ниже Новосибирской ГЭС. Посадка меженных уровней и изменения характера русловых деформаций произошли здесь в результате как зарегулированности стока, так и забора из русла аллювия. Заложенные в проект ГЭС прогнозы предела максимальных деформаций не оправдались. Предполагалось, что зона активного размыва не распространится от створа гидроузла более чем на 3 – 4 км при посадке уровня на верхней границе участка (за 50 лет эксплуатации ГЭС) до 0,5 м. Фактически уже за 25 лет после постройки ГЭС зона размыва распространилась на 40 км, понижение проектного уровня в створе гидроузла составило 1,6 м, а по Новосибирскому гидрологическому посту (ниже на 20 км) примерно 0,4 м. Развитию зоны размыва сопутствует перемещение района отложений [7].

Таким образом, процессы формирования пойм в нижних бьефах ГЭС резко изменяются, вплоть до изменения типов руслового процесса и типа пойм. Это, в основном обусловлено резким сокращением частоты и продолжительности их затопления. Другим существенным фактором является вынос на поймы вместо плодородных гумусных частиц, песков из нижних бьефов ГЭС.

Существенные, но менее значительные процессы, наблюдаются и при строительстве других активных гидротехнических сооружений и проведении различных водохозяйственных мероприятий в руслах и на поймах рек. Однако это выходит за рамки данной статьи и будет освещено в последующих работах.

Работа выполнена в рамках мероприятия 1.3.1 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (государственный контракт № П1385 от 02 сентября 2009 г.) по направлению «Снижение риска и уменьшение последствий природных и техногенных катастроф».

### Литература

1. *Stevens M.A., Simons D.B., Richardson E.V.* – Non-equilibrium form. – J. Hydraul. Div. Proc. ASCE, 1975, vol. 101, № 5, p. 557–566.
2. *Барышников Н.Б.* Русловые процессы [Текст] / Н.Б. Барышников // – СПб.: изд-во РГГМУ, 2008. – 438 с.
3. *Вендров С.Л.* Проблемы образования речных систем [Текст] / С.Л. Вендров // – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 208 с.
4. *Пельт Н.Н.* Развитие кормовой базы животноводства в СССР [Текст] / Н.Н. Пельт // – М.: Наука, 1969. – 184 с.

5. *Хрисанов Н.И. , Арефьев Н.В.* Управление эвтрофированием водоёмов [Текст]/ Н.И. Хрисанов, Н.В. Арефьев – СПб.: Гидрометеиздат, 1993.–133с.
6. *Векслер А.Б., Доненберг В.М.* Рекомендации трансформации русла в нижних бьефах ГЭС [Текст]/ А.Б. Векслер, В.М. Доненберг– СПб.: изд. ОАО ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева,2006.–102с.
7. *Дегтярёв В.В.* Улучшение судоходных условий Сибирских рек [Текст]/ В.В. Дегтярёв //– М.: Транспорт,1987.–176с.
8. *Исаев Д.И.* Процессы сортировки донных наносов [Текст] / Д.И. Исаев // –СПб.: Ученые записки, РГГМУ, №5, 2007. – с.77-82.
9. *Пагин А.О., Селина Т.С., Тимофеева О.Д.* Экспериментальные исследования влияния эффекта взаимодействия руслового и пойменного потоков на транспорт наносов [Текст] / Пагин А.О., Селина Т.С., Тимофеева О.Д. // –СПб.: Ученые записки, РГГМУ, №5, 2007. – с.111-118.