

Н.Б. Барышников, Е.С. Субботина, Т.В. Векшина, П.П. Овсейко

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И
ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ НА РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ**

N.B. Baryshnikov, E.S. Subbotina, T.V. Vekshina, P.P. Ovseyko

**ENVIRONMENTAL IMPACT OF CONSTRUCTING AND OPERATION OF
RESERVOIRS ON FLUVIOMORPHOLOGICAL PROCESSES**

Приведены результаты анализа антропогенного воздействия на климат и бассейн реки. Отмечено наличие тренда повышения температур воздуха и осадков, свидетельствующее о потеплении климата. Основное внимание уделено негативному воздействию, особенно равнинных регулирующих водохранилищ на окружающую среду. Приведены примеры негативного воздействия на конкретных водохранилищах.

Ключевые слова: потепление климата, бассейн реки, водохранилище, негативное воздействие, окружающая среда, затопление, верхний и нижний бьефы.

Results of analysis of human impact on climate and river catchments are presented. A positive trend of the air and precipitation temperature was revealed, which shows climate warming. The main attention is paid to negative environmental impact of reservoirs (especially, flatland ones). Some examples of negative impact caused by certain reservoirs are given.

Key words: climate warming, river catchment, reservoir, negative environmental consequences, environment, flooding, head race, tail race.

Экологические воздействия на земную поверхность и атмосферу всё время увеличивались по мере возрастания энерговооружённости населения планеты. Последние особенно резко увеличились после изобретения паровых машин, электричества и мирного использования атомной энергии. Наибольшим это воздействие стало в конце XX и начале XXI в. Все многочисленные виды этого влияния в применении к рассматриваемой проблеме можно разделить на три основные группы воздействий:

- на атмосферу земли и через неё на климат;
- на бассейн реки;
- на систему речной поток — русло.

Выполним краткий анализ этих видов антропогенного воздействия с акцентом на их экологические последствия, сделав основной упор на третью группу, а именно на воздействие на речной поток — русло реки.

Проблема воздействия на атмосферу и климат земли, являясь дискуссионной, широко освещена в научной литературе, в которой приведены различные результаты анализа причин изменения, точнее, потепления климата в последние десятилетия. Основными из них обычно считают антропогенное воздействие на атмосферу, обусловленное как выбросом тепловой энергии в атмосферу за счёт сжигания большого количества топлива (нефть, газ, каменный уголь, древесина, атомная энергия и др.), так и усилением

воздействия парникового эффекта. Последний обусловлен образованием в атмосфере слоя, состоящего из различных газов, поглощающих длинноволновую радиацию, излучаемую землёй. Тем самым нарушается баланс энергии на земной поверхности.

Действительно, количество поступающей солнечной энергии, изменяясь в небольших пределах, остаётся примерно постоянным, а количество энергии, излучаемой землёй в свободную атмосферу, уменьшается, что должно приводить к перегреву земной поверхности и, как следствие, к повышению глобальной температуры воздуха. По данным климатологов и комиссии ООН считается, что глобальная температура воздуха на земной поверхности увеличилась на $0,7^{\circ}\text{C} \pm 0,2$. Однако это осреднённая величина. В то же время на разных континентах и на разных широтах отмечаются различные значения этой величины от $0,5^{\circ}\text{C}$ до 1°C . Свидетельством повышения температуры воздуха являются процессы таяния ледников, в том числе ледовых панцирей в Гренландии и Антарктиде, уменьшение ледовитости окраинных морей в Северном Ледовитом океане, сильная засуха на ЕТР в 2010 г. и другие примеры.

Противники этой концепции считают её несостоятельной, ссылаясь на то, что весь объём выброса тепловой энергии в атмосферу составляет только доли процента от объёма солнечной энергии, поступающей на земную поверхность. Такое же отношение и к влиянию парникового эффекта. Действительно, его величина характеризуется количеством молекул углекислого газа (CO_2), содержащихся в единице объёма. Измерения же этой величины осуществляются только на одной американской станции, расположенной на острове Маун-Лоо, входящем в архипелаг Гавайских островов. В то же время известно, что извержение вулкана Кракатау, приведшее к выбросу в атмосферу большого объёма вулканического пепла, в течение более двух лет вращавшегося вокруг Земли, привело к существенному снижению её поверхностной температуры.

Сторонники второй концепции считают причиной глобальных изменений климата различные космические процессы, в частности, связанные с количеством и площадью пятен на солнце, изменениями наклона оси вращения Земли, орбиты последней и других факторов. Не детализируя особенности этой дискуссионной проблемы, отметим лишь основные её результаты:

- в последние 25–30 лет, в частности, на территории России, наблюдаются тренды увеличения основных природных параметров, таких как осадки, температура воздуха и испарение, что приводит к необходимости внесения коррективов в директивные документы, тем более в основанные на методах математической статистики;
- изменение климата резко усилило интенсивность циклонической деятельности и других негативных природных процессов (тайфунов, торнадо и др.) и привело к резкому увеличению мощности и числа катастрофических паводков как в Европе, так и на других континентах, приведших к большим разрушениям, человеческим жертвам и экономическим ущербам, оцениваемым в сотни млрд долл.;
- негативные экологические последствия от этих природных процессов трудно переоценить. Чтобы ликвидировать их последствия потребуются не только годы, но даже десятилетия.

Перейдём к анализу антропогенного воздействия на речные бассейны. Эта проблема в настоящее время является наиболее острой. Действительно, интенсивная вырубка

лесов в Африке, Амазонии, Азии и на территории России приводит к негативным последствиям. В частности, в Африке и Азии наблюдается интенсивное продвижение пустынь на север. Некогда плодородные земли остепняются, а затем и опустыниваются, что сокращает и так недостаточную кормовую базу.

Помимо этого мелиорация земель в совокупности с интенсификацией земледелия приводит к усилению поступления наносов и удобрений, смываемых с полей, в малые и средние реки. Следствием этого является их отмирание. Пожалуй, второй по значимости экологической проблемой является неправильная рекреация озёр. В качестве примеров можно привести оз. Севан и озёра Карелии. В первом случае на основе использования уравнения водного баланса была сделана попытка увеличения стока р. Раздан, вытекающей из оз. Севан. Планировалось снижение уровня озера и тем самым уменьшение площади его поверхности. При этом предполагалось, что за счёт уменьшения испарения с его поверхности должен увеличиться сток р. Раздан. Однако оказалось, что этот выигрыш целиком и полностью компенсируется увеличением испарения с обнажённой в результате падения уровня части берегов озера, обильно смоченных водами местных источников. Таким образом, идея потерпела фиаско, а экологическая напряжённость усилилась.

Вторым негативным примером является попытка изменения рыбного состава в ряде озёр Карельского перешейка. При этом необоснованно вытравив «сорную» (окуня, ерша, плотву и другую рыбу), а запускаемые туда ценные породы рыб (лосось и др.) в этих озёрах не прижились. Следующей проблемой являются ядовитые водоросли, произрастающие на озёрах южного региона, в результате поступления в них удобрений с полей, особенно по мелиоративным каналам.

Другой экологической проблемой речных бассейнов явилась негативная попытка осушения болот, в частности, болот Полесья. За счёт их канализации резко снизился не только уровень поверхностных, но и грунтовых вод. Следствием этого явилось пересыхание поверхностного слоя в частности, торфяника, поверхностные слои которого, не выдерживая ветровых нагрузок, разрушались, формируя сырьё для пыльных бурь.

Можно привести и другие негативные примеры неправильной эксплуатации ресурсов речных бассейнов, приводящих к увеличению экологической напряжённости. Особенно остро стоит проблема формирования оврагов, в частности, на мелкозернистых почвах с сорванной дерниной, когда в результате воздействия только одного интенсивного ливня может сформироваться овраг глубиной до 10 м и длиной в десятки метров.

Однако наибольший вред природным процессам, как правило, наносят гидротехнические сооружения, возводимые в руслах и на поймах рек, создавая при этом экологическую напряжённость на участках значительного протяжения. Учитывая большое количество этих сооружений [1, 5], было предложено [1, 5] разделить их на две группы по степени воздействия на русловые процессы: на активные и пассивные. К первой группе — были отнесены сооружения, которые не только воспринимают воздействие русловых процессов, но и сами активно на них воздействуют. К пассивным же относят те, особенно небольшие сооружения, которые испытывают на себе воздействие русловых процессов, а сами не оказывают на них существенного влияния. Учитывая большое количество различных видов гидротехнических сооружений, было

разработано несколько типизаций по степени их воздействия на русловые процессы. В качестве примера рассмотрим усовершенствованную типизацию, предложенную Б.Ф. Снисенко (рис. 1). Прежде чем перейти к анализу этой типизации, отметим, что большое значение имеют количественные показатели. Действительно, дамбы обвалования Снисенко [5] отнёс ко II категории активных сооружений, но в Китае на р. Янцзы эти дамбы, протяжённостью около тысячи километров, не только оказывают существенное влияние на деформацию речного русла, но и коренным образом изменяют тип руслового процесса.



Рис. 1. Типизация речных инженерных сооружений по их воздействию на русловые и пойменные процессы (по Б.Ф. Снисенко)

Учитывая ограниченный объём статьи, рассмотрим негативное воздействие на экологию окружающей среды лишь одного из активных сооружений, приведённых в рассматриваемой классификации. Наиболее важными из них являются регулирующие водохранилища, которые, как правило, строятся при ГЭС. Плотины этих водохранилищ разделяют реки на два бьефа: верхний и нижний. При этом деформации,

происходящие в этих бьефах, как правило, противоположно направлены. Рассмотрим процессы, происходящие в верхних бьефах водохранилищ. Основными из них являются занесение их донными и заиливание взвешенными наносами, а также разрушение берегов водохранилищ и процессы, происходящие в зоне начального выклинивания подпора. Последние обусловлены тем, что задачей ГЭС помимо выработки электроэнергии является снятие пиковой нагрузки. Поэтому верхние бьефы работают в резко выраженных нестационарных условиях. Это приводит к тому, что в зоне начального выклинивания подпора происходит частая смена направлений деформаций. При наполнении водохранилища подпор распространяется вверх по течению на значительные расстояния. При этом происходит затопление не только русел, но и пойм с отложением на них наносов и различных вредных элементов, исключающих использование этих участков пойм после их осушения в сельскохозяйственных целях. Аналогичная картина наблюдается и при заиливании водохранилища наносами, с которыми на дне водохранилища откладываются и различные вредные для сельского хозяйства элементы. Поэтому, даже после ликвидации водохранилища, освобождённые от воды после осушения земли не могут быть использованы в сельскохозяйственных целях.

Плотины ГЭС оказывают резко негативное действие на рыбопродуктивность рек, в частности, перекрывая пути доступа рыб к нерестилищам.

К сожалению, в бывшем Советском Союзе была распространена порочная практика досрочной сдачи различных объектов строительства, несмотря на существенные недостатки [3]. Последние в ряде случаев приводили к экологическим катастрофам. Так, на Саяно-Шушенской, Братской и др. ГЭС чаши водохранилищ не были вычищены и миллионы кубометров строевого леса (сосна, лиственница, кедр и др.) были затоплены при заполнении водохранилищ. Это привело к тому, что топляки, всплывая, пробивали днища судов, что приводило не только к их гибели, но и к гибели людей.

Второй негативный пример. Чаша водохранилища Рыбинской ГЭС не было вычищена, это привело к тому, что стали всплывать торфяные острова, их размеры составляли десятки километров в длину, километры в ширину и до десятка метров толщиной. Учитывая, что затопление водохранилища осуществлялось в военный 1941 г., можно понять и даже частично оправдать излишнюю поспешность затопления этого водохранилища. Эти примеры свидетельствуют об умышленном нарушении директивных документов. Можно привести и другие примеры, когда недостаточная точность расчётных методик привела к необходимости вторичного переноса строений, расположенных на берегах, в частности, Цимлянского водохранилища [2, 3]. Сложное положение на Краснодарском водохранилище, берега которого сложены из мелкозернистых материалов. Несмотря на длительный период его эксплуатации, процесс размыва берегов продолжается и в настоящее время. На Братском водохранилище произошёл нестандартный случай, когда под воздействием волн разрушился участок берега с расположенным на нём шахтёрским посёлком из-за пльвуна органического происхождения.

В южных регионах «болезнью» водохранилищ является зарастание сине-зелеными водорослями. Их интенсивный рост обусловлен интенсивным поступлением в такие водохранилища органических и неорганических удобрений, смываемых с полей и

поступающих из других источников. Быстрый рост, последующее отмирание и гниение таких водорослей приводят к резкому ухудшению качества воды и невозможности ее последующего использования не только для питья, но и для хозяйственных целей.

Рассмотрим негативные процессы, создающие экологическую напряжённость в нижних бьефах водохранилищ. Из-за поступления в эти бьефы воды, практически лишённой наносов, происходят местный и общий размывы русла. Следствием этого являются посадки уровней, приводящие к обнажению водозаборов и водовыпусков, разрушению рекреационных зон, изменению типов русловых процессов и значительному увеличению уклонов водной поверхности притоков. Из-за размывов и посадки уровней происходит сосредоточение протоков в одном русле и, что очень важно, уменьшаются частота и глубина затопления пойм. Типичным примером является верхний Иртыш, на котором в конце 50-х гг. была построена Бухтарминская ГЭС с водохранилищем многолетнего регулирования. В результате аккумуляции вод половодий и паводков резко снизились максимальные расходы воды и пойма перестала затопляться. Верхний Иртыш протекает по территории Павлодарской и Семипалатинской областей, находящихся в аридной зоне. Ширина поймы Иртыша на этом участке достигает десятков километров. К тому же она являлась житницей этого региона. По качеству и количеству корма, получаемые с пойменных земель, значительно превышали аналогичные, получаемые с богарных территорий областей. Попуски из водохранилища в первый год затопления поймы привели к резкому увеличению урожайности на пойменных землях, превышающему урожайность в годы предшествующие строительству ГЭС. Однако, несмотря на последующие затопления пойм, обусловленные наложением максимумов попусков на максимальные расходы воды основных притоков Убы и Ульбы, урожайность снова стала значительно снижаться. Это обусловлено тем, что в первый год затопления поймы ударная волна вымыла из понижений рельефа запасы гумусных частиц и равномерно распределила их по территории поймы. В последующие годы на пойму вместо гумусных частиц стал поступать песчаный аллювий, вымываемый из нижнего бьефа при его размыве. Это привело к ухудшению структуры почв поймы и, как следствие, снижению урожайности на ней. Для решения этой проблемы на р. Иртыш было построено несколько ГЭС с регулирующими водохранилищами.

Большое значение имеют особенности зимнего режима на зарегулированных реках. Так, большие водохранилища типа Красноярского, Братского и др., расположенные в условиях Сибирского антициклона, изменяют климатические условия, существенно увлажняя воздух и увеличивая ветровые нагрузки.

В нижнем бьефе ГЭС формируется полынья, размеры которой изменяются весьма значительно, в зависимости от температуры воздуха, расходов и температуры воды, поступающей из водохранилища. На нижней кромке полыньи часто формировались заторы и зажоры, приводящие к резкому повышению уровней и образованию волн прорыва. В качестве примера можно привести нижний бьеф Красноярской ГЭС. При пропуске максимального расчётного зимнего расхода воды в $4500 \text{ м}^3/\text{с}$ на нижней кромке полыньи сформировался затор. При его прорыве, образовавшаяся волна затопила нижерасположенную пойму и пониженные места долины, затопив тем самым десятки посёлков. Если учитывать, что наводнение происходило при

температуре воздуха ниже — 30°C, то становится понятным, что речь идёт об экологической катастрофе.

Особенно неблагоприятные условия создаются при сложении негативных последствий от строительства нескольких гидротехнических сооружений. Так, по данным В.В. Дегтярёва [4], расчётная величина посадки уровня в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС составляла 0,5 м, а длина участка, на котором ощущалось влияние посадки уровня составляла 40–50 км. Однако из-за разработки руслового карьера для добычи аллювия в нижнем бьефе ГЭС посадка уровня увеличилась до 1,6 м, а длина зоны её влияния достигла 150 км, т.е. увеличилась примерно в 3 раза.

Значительно увеличилась экологическая напряжённость на участке р. Волги после строительства Чебоксарской ГЭС и наполнения её водохранилища [2, 3]. Действительно, расчётная отметка НПП составляла 68,0 м Б.С. Однако при этой отметке резко увеличивались площади затопления и, более того, особенно площади подтопления плодородных сельскохозяйственных угодий. Помимо этого возрастала опасность подтопления нижних этажей жилых и других зданий в г. Нижний Новгород, расположенных на пониженных участках городского рельефа. Исходя из этого, водохранилище было заполнено только до отметки 63,0 м, т.е. на 5 м ниже проектного уровня. Подпор от водохранилища, при проектном уровне, распространяясь до г. Городец, т.е. до Нижегородской ГЭС, обеспечивал комфортные условия для судоходства. При отметке же заполнения водохранилища, равной 63,0 м, 54-километровый участок р. Волги оказался вне зоны влияния Чебоксарского водохранилища, что резко ухудшило условия судоходства на нём. Вместо расчётной минимальной транзитной глубины в 4 м на всём протяжении судового хода от Москвы до Астрахани путейцы смогли обеспечить минимальную транзитную глубину на этом 54-километровом участке только в 2,3 м. Даже большие объёмы дноуглубительных работ на этом участке, достигающие изъятия 11 млн м³ аллювия, не привели к положительным результатам. При этом разработка гребней перекатов, направленная на увеличение транзитных глубин, приводила к аналогичному падению уровней воды на ту же величину. Это приводило к необходимости пропуска судов с большой осадкой на гребнях попусков с соответствующими потерями энергии на ГЭС.

Для решения этой проблемы рассматриваются два варианта. Первый — заполнение водохранилища до проектной отметки в 68 м. Принципиальным противником этого варианта выступает руководство республик Мари Эл и Татарстана из-за приведённых выше причин. Второй вариант был разработан профессором Р.Д. Фроловым. Он предусматривал строительство низконапорной поперечной дамбы через р. Волгу с вырезом отверстия в ней в рамках судового хода. Положительным моментом этого варианта явилось бы отсутствие экологической напряжённости, а с учётом строительства по верху дамбы моста через Волгу, решение транспортных проблем, также снижающее экологическую напряжённость.

В заключение следует отметить, что любые гидротехнические сооружения, тем более водохранилища, приводят к тем или иным негативным экологическим последствиям. Количественная их оценка зависит от большого количества как природных (размеры реки, расходов воды и наносов и др.), так и технических (тип и размеры сооружения, время его действия и др.) факторов. По-видимому, для их оценки в каждом конкретном случае необходим индивидуальный подход.

Литература

1. *Барышников Н.Б.* Русловые процессы. — СПб.: РГГМУ, 2006 — 438 с.
2. *Барышников Н.Б., Пагин А.О., Соболев М.В.* Гидрологические риски при проектировании и строительстве гидротехнических сооружений. // Ученые записки РГГМУ, 2011, № 17, с. 18–22.
3. *Барышников Н.Б., Субботина Е.С., Скоморохова Е.М.* Морфометрические характеристики русел и пойм и их использование в гидравлических расчётах. // Ученые записки РГГМУ, 2013, № 30, с. 36–40.
4. *Дегтярёв В.В.* Улучшение судоходных условий Сибирских рек. — М.: Транспорт, 1987. — 174 с.
5. *Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Снищенко Б.Ф.* Основы гидроморфологической теории руслового процесса. — Л.: Гидрометеиздат, 1982. — 272 с.