

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ЗАРЕГУЛИРОВАННЫХ РЕК

Кирвель И.И., Кукшинов М.С.*, Кирвель П.И.**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь, kirviel@yandex.ru; *Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций», г. Минск, Республика Беларусь, kukshinov@inbox.ru; **Учреждение образования «Минский государственный высший радиотехнический колледж», г. Минск, Республика Беларусь, kirviel@yandex.ru

The article presents the results of studies on the effect of reservoirs of Belarus on the hydrological regime of rivers and fluvial processes in the tail water. The estimation of changes of water, temperature, ice and hydrochemical regime of regulated rivers. The data on the direction and parameters of the horizontal and high-rise deformation of river channels below the dam reservoirs.

Введение

Несмотря на достигнутые результаты в изучении влияния водохранилищ на гидрологический режим рек и русловые процессы в нижнем бьефе, данная проблема исследована недостаточно и с разной степенью детальности по природным зонам и различным компонентам природной среды. В большинстве случаев исследования затрагивают лишь районы влияния крупных водохранилищ, и, как следствие, полученные результаты для Беларуси имеют ограниченный характер использования. Это приводит к прямым экономическим потерям и обострению экологической ситуации на прилегающих территориях. В связи с этим необходима разработка региональных методик оценки и прогноза влияния водохранилищ на окружающую среду, основанных на материалах комплексных натурных наблюдений, максимально приближенных к природным условиям будущих водоемов. К сожалению, подобные региональные обобщения выполнены для ограниченного числа регионов мира. Отсутствуют они и в нашей стране. Все это в целом свидетельствует о необходимости проведения дальнейших исследований в этом направлении и определяет их актуальность.

Основная часть

Степень воздействия водохранилищ на окружающую среду в наибольшей мере определяется их размером и степенью регулирования речного стока. Согласно существующей градации, на территории Беларуси выделяют три группы водохранилищ, которые по-разному взаимодействуют с природой окружающей среды: малые (объем менее $0,001 \text{ км}^3$, площадь зеркала менее 3 км^2), небольшие (объем $0,01\text{--}0,1 \text{ км}^3$, площадь зеркала $3\text{--}25 \text{ км}^2$) и средние (объем $0,1\text{--}0,5 \text{ км}^3$, площадь $25\text{--}100 \text{ км}^2$). Исходя из этого, для исследований были выбраны водохранилища из каждой группы: Вилейское (среднее), Солигорское (небольшое) и Рачунское (малое). Отдельные исследования были выполнены также на ряде других водохранилищ страны (Заславском, Дубровском, Петровичском, Вяча, Волчковичском, Волма).

Исследования показали, что искусственные водоемы оказывают существенное влияние на гидроэкологические условия развития и функционирования пойменных экосистем, что проявляется в изменении размеров и продолжительности затопления речных пойм ниже плотины в период половодья. Для сравнительной оценки степени влияния водохранилищ на размеры затопления поймы зарегулированных рек нами предложен коэффициент зарегулированной емкости ($K_{з.п.}$)

$$K_{з.п.} = \frac{B_{зар.}}{B_{ест.}}, \quad (1)$$

где $B_{зар.}$ – средняя многолетняя ширина затопления поймы реки в зарегулированном состоянии; $B_{ест.}$ – средняя многолетняя ширина затопления поймы той же реки в естественном состоянии.

Предложенный коэффициент при установлении соответствующих связей его с биопродуктивностью лугов, рыбозапасами и т.д. может стать важным критерием в оценке экологических последствий регулирования стока рек.

В нижнем бьефе Вилейского водохранилища площадь затопления поймы р. Вилии сокращается в 5 раз, а продолжительность ее затопления – более чем в 3,6 раза. Регулирующих емкостей небольших водохранилищ, как правило, недостаточно для срезки пика половодья, вследствие чего эти водоемы не оказывают существенного влияния на размеры затопления речных пойм ниже плотины, но снижают продолжительность ее затопления (в нижнем бьефе Солигорского водохранилища более чем в 1,5 раза). Малые водохранилища регулирующего значения не имеют.

Характер и параметры трансформации термического режима зарегулированных рек, наряду с морфометрическими особенностями искусственных водоемов, определяются метеорологическими условиями года и режимом их эксплуатации. Продолжительность периода охлаждающего влияния варьирует от 20 дней в нижнем бьефе малых, до 50 и 70 дней в нижнем бьефе небольших и средних водохранилищ, соответственно. Отопляющее влияние является менее значительным, но более продолжительным по времени и ощущается около 200–240 дней в году. В нижнем бьефе Вилейского водохранилища отмечается увеличение среднегодовой температуры воды до $0,5^{\circ}\text{C}$ и уменьшение максимальной до $1,1^{\circ}\text{C}$; в нижнем бьефе Солигорского водохранилища отмечается увеличение среднегодовой температуры воды до $0,3^{\circ}\text{C}$ и уменьшение максимальной до $0,3^{\circ}\text{C}$; Рачунского водохранилища – увеличение как среднегодовой – до $0,5^{\circ}\text{C}$, так и максимальной температуры воды до $0,3^{\circ}\text{C}$. Характерные изменения термического режима рек прослеживаются на расстоянии до 130 км ниже плотины средних водохранилищ, небольших – около 70 км, малых – около 30 км.

Нарушение температурных условий зарегулированных рек отражается на сроках наступления и окончания ледовых явлений. В нижнем бьефе средних водохранилищ они наступают на 5–9 дней позже, а их окончание на 30–36 дней раньше, чем в естественных условиях; ниже малых и небольших водохранилищ начало ледовых явлений соответствует естественному режиму, в то время как их окончание наступает раньше на 18–30 и 7–12 дней, соответственно. В зимний период ниже плотины водохранилищ образуется термодинамическая полынья, размеры которой колеблются в зависимости от температуры поступающей в нижний бьеф воды, погодных условий и режима сбросов с вышележащего гидроузла от нескольких метров до 40 км и более.

Создание водохранилищ не приводит к изменению существующего класса речных вод. Вместе с тем в речной воде ниже плотины водохранилищ отмечается уменьшение относительного содержания гидрокарбонатного иона и кальция, и увеличение сульфатных ионов, ионов хлора и натрия. Максимальное влияние искусственных водоемов на ионный состав зарегулированных рек характерно для весенне-летнего периода. Весной это обусловлено задержкой в водохранилище водных масс, сформированных в различные периоды года, а летом – активно идущими процессами фотосинтеза, повышенным биологическим потреблением элементов и агротехногенным использованием водосборных территорий.

Под влиянием внутриводоемных процессов, протекающих в водохранилище, в воде зарегулированных рек ниже плотины отмечается снижение концентраций минерального фосфора на 37–85 % и азота – на 17–63 %.

Наряду с повышенной турбулентностью потока важнейшим фактором формирования кислородного режима рек ниже плотины является наличие сохраняющейся на протяжении всей зимы термодинамической полыньи. За счет этого вода в реке насыщается кислородом, и его концентрации выше и ниже водохранилищ выравниваются или становятся даже более высокими ниже водохранилищ.

Водоохранилища аккумулируют до 67 % среднегодового стока наносов зарегулированных рек. Наибольшая наносодерживающая способность водохранилищ (до 81,6 %) характерна для периода половодья. С одной стороны, это является следствием аккумуляции в водохранилище водного стока реки в период половодья, а, следовательно, и наносов, содержащихся в этом объеме воды; с другой – укрупнением гранулометрического состава взвешенных наносов в этот период. Восстановление мутности потока до значений, близких к естественному режиму, происходит на расстоянии от 20 км ниже плотины малых, до 50 км – ниже плотины средних водохранилищ.

Степень вертикальных деформаций русел рек ниже плотины водохранилищ определяется геологическим и литологическим строением грунтов дна русла. В нижнем бьефе Вилейского водохранилища при наличии на дне легкоразмываемых песчаных отложений преобладающим процессом является глубинная эрозия. За 30-летний период эксплуатации водохранилища понижение отметок дна русла в зоне общего размыва по отношению к максимальным бытовым отметкам достигло 40 см. Скорость смещения зоны трансгрессивной эрозии ниже плотины вниз по течению реки составила около 250 метров в год. При наличии в нижнем бьефе грунтов повышенной неоднородности с включением гравийно-галечного материала (нижний бьеф Рачунского водохранилища) происходит образование самоотмоксти, что препятствует развитию направленной глубинной эрозии.

Заключение

Смена типа русловых процессов рек ниже плотины водохранилищ происходит вследствие изменения соотношения между главными факторами руслоформирования, когда эти изменения выходят за пределы естественных колебаний этих факторов при сложившемся типе русловых процессов. Формирование русловой многорукавности на участке реки ниже плотины, развивающемся по типу свободного меандрирования (как в нижнем бьефе Вилейского водохранилища), является следствием перегрузки потока наносами, сформированными в результате некомпенсированных размывов русла непосредственно ниже рисбермы. Данный процесс является обратимым, поскольку в результате приспособления русла к новым гидравлическим условиям, река возвращается к прежнему типу русловых процессов.