

УДК 627.423+627.521

Шестова Марина Вадимовна¹, доцент, к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений
e-mail: shestowam@yandex.ru

Добрынина Александра Викторовна¹, магистрант кафедры водных путей и гидротехнических сооружений
e-mail: dobrinina.sascha@yandex.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ РУСЛА Р. ВОЛГА В НИЖНЕМ БЬЕФЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ ГЭС С УЧЕТОМ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И ВЛИЯНИЯ ПРОВОДИМЫХ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Аннотация. При исследовании деформаций русла реки в нижних бьефах ГЭС вследствие зарегулированности стока важен учет характера изменения основных параметров руслового процесса во времени. Необходимым является также оценка влияния техногенных факторов на интенсивность русловых деформаций и, в первую очередь, проводимых дноуглубительных работ. В работе приведены результаты исследований формирования русла р. Волга в нижнем бьефе Нижегородской ГЭС с учетом русловых деформаций и влияния проводимых дноуглубительных работ.

Ключевые слова: нижний бьеф, гидрологический режим, дноуглубительные работы, русловые деформации.

Комплексные гидроузлы на реках оказывают большое влияние на состояние естественных водных путей. С вводом в эксплуатацию гидроузлов и водохранилищ, регулирующих речной сток, создаются новый гидрологический и русловой режимы; меняется интенсивность и характер русловых процессов. Регулирование стока гидроузлами вносит изменения в путевые и судоходные условия рассматриваемой реки, особенно в нижних бьефах [1,2].

Объектом исследования в данной работе являлся нижний бьеф Нижегородской ГЭС (ННГЭС), особенностью которого является наличие свободного (неподпертого) нижнего бьефа. Для подобных гидроузлов характерны существенные изменения режима судопропуска по длине участка нижнего бьефа в ограниченных условиях суточного и недельного регулирования мощности ГЭС, особенно в маловодные годы.

За время эксплуатации ННГЭС в его нижнем бьефе произошли достаточно серьезные русловые деформации. Следствием активной глубинной эрозии стало понижение уровня воды в створе гидроузла более чем на 150 см. Таким образом, повышенные кинетичность и транспортирующая способность потока, а также интенсификация дноуглубительных работ, обусловленная необходимостью поддержания транзитной глубины, способствовали «врезанию» потока в подстилающие песчаные грунты и потере судоходной глубины на перекатах участка Городец – Н.Новгород [3, 4].

На данный момент в нижнем бьефе Нижегородской ГЭС наблюдаются достаточно сложные судоходные условия. Сохраняется тенденция снижения продолжительности выдерживания гарантированной глубины в течение суток. Если в 1957г. в нижнем бьефе Нижегородской ГЭС гарантированная глубина 3.5м на порогах шлюзов при проектном среднесуточном расходе 1100 м³/с обеспечивалась 18 часов в сутки, то к настоящему времени проектный уровень воды (ПУВ) при данном расходе не обеспечивается [3, 4].

Участок реки Волги от створа Нижегородского гидроузла до Нижнего Новгорода по характеру руслового процесса можно отнести к типу с явно выраженным побочным процессом. По степени и типу влияния регулирования стока, а также по грунтам рассматриваемый участок можно разделить на два [4]:

1. Участок от створа ГЭС до Балахны, находится под непосредственным влиянием суточного регулирования стока Нижегородской ГЭС. Здесь имеют место значительные колебания уровней воды в течение суток, постоянно меняющиеся скорости течения. В основании лежат плотные мергелистые глины с тонким слоем аллювия.

2. Участок от Балахны до Нижнего Новгорода с песчаными грунтами, где суточное регулирование стока сказывается меньше, постепенно затухая вниз по течению.

Для обеспечения необходимых для флота габаритов судового хода в сложных гидрологических условиях нижнего бьефа в течение всего периода после ввода в эксплуатацию Нижегородской ГЭС в больших объемах производились дноуглубительные работы, что наложило отпечаток на интенсивность протекания русловых процессов [4]. Динамика изменения объемов дноуглубления на исследуемом участке р.Волга показана на рисунке 1.

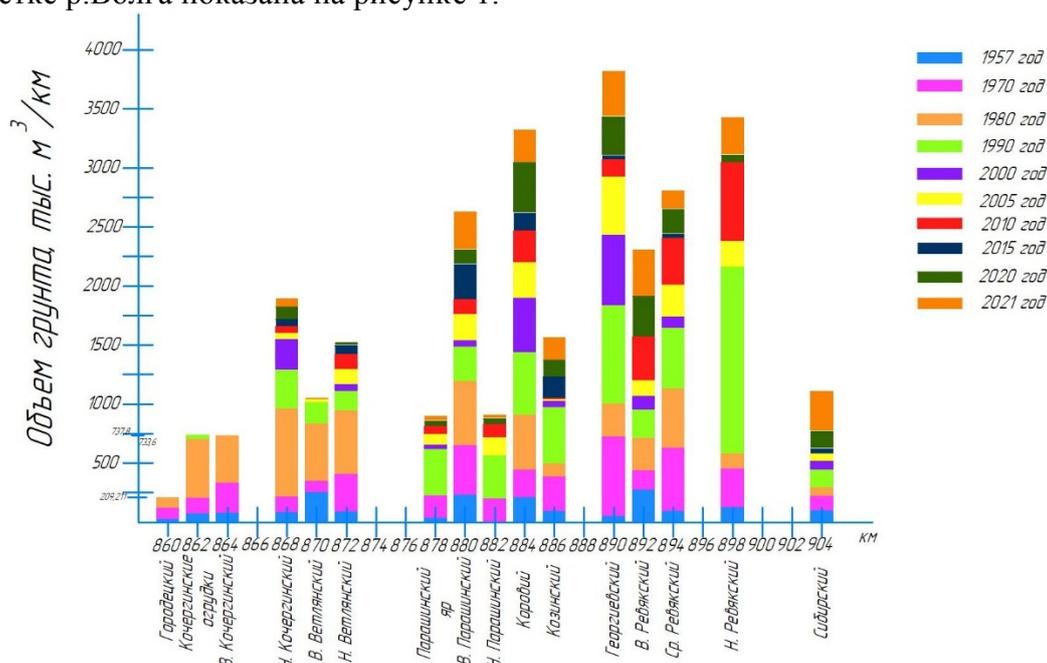


Рисунок 1 - Динамика изменения дноуглубительных работ на исследуемом участке р.Волга за период 1957-2021 гг.

Их анализ показал, что регулярные дноуглубительные работы в больших объемах проводились в большей степени на участке Балахна –Н.Новгород.

Для того, чтобы оценить состояние русла, был выполнен анализ русловых деформаций за на всем участке 850-907 км. В основу количественных расчетов деформации русла на была положена оценка материалов натуральных данных, взятые с интервалом в несколько лет: 1957, 1990, 2014 года.

Как показывает практика, наиболее интенсивные деформации в нижних бьефах ГЭС наблюдаются на приплотинных участках [3,4]. Ниже приведены результаты

исследований характера русловых переформирований на приплотинном участке от рисбермы (створ №3) до входа в подходной канал протяженностью около 4 км (850-854 км). Была исследована динамика изменения емкости русла на приплотинном участке, построены графики изменения основных параметров русла по годам (рисунок 2).



Рисунок 2 – Динамика изменения основных параметров русла на приплотинном участке ННГЭС (850-854 км)

Анализ показал, что в первые 5 лет эксплуатации гидроузла произошло увеличение площади живого сечения в 1.5 раза; в последующие 5 лет с 1960 по 1965 год прирост площади сечения составил всего 7% (в 1.1 раз); в период с 1965 по 1972 годы площадь увеличилась в 1.3 раза. В последующие 8 лет площадь живого сечения практически не изменилась и, начиная с 1980 года, наблюдается значительное увеличение площади сечений, причем по всей длине участка до подходного канала [4]. После 1990 г. параметры русла уменьшаются и к 2014 г. фактически достигают своих первоначальных значений, что свидетельствует о стабилизации процесса на приплотинном участке.

На участке ниже подходного канала (854-907 км) деформации русла определяются двумя факторами: естественным русловым процессом и дноуглубительными работами, причем для участка Балахна-Н.Новгород влияние это проявляется в большей степени. По длине всего рассматриваемого участка были также построены поперечные сечения, определены их параметры. Ниже представлены результаты исследований (рисунок 3, 4).

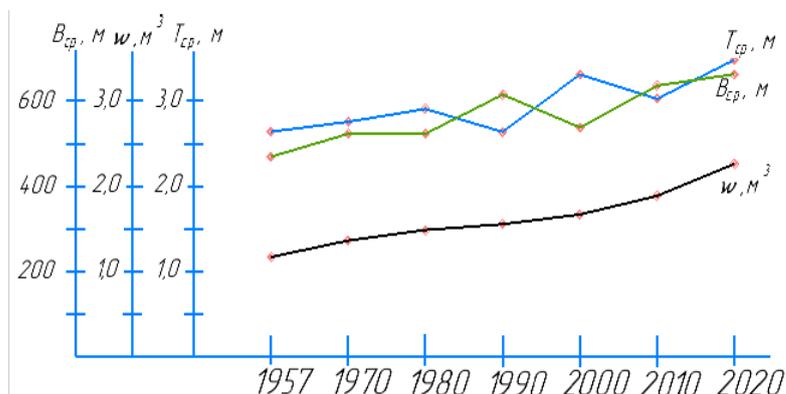


Рисунок 3 - Динамика изменения осредненных значений площади живого сечения, ширины и глубины за периоды с 1957 по 2020 годы (854-907 км)

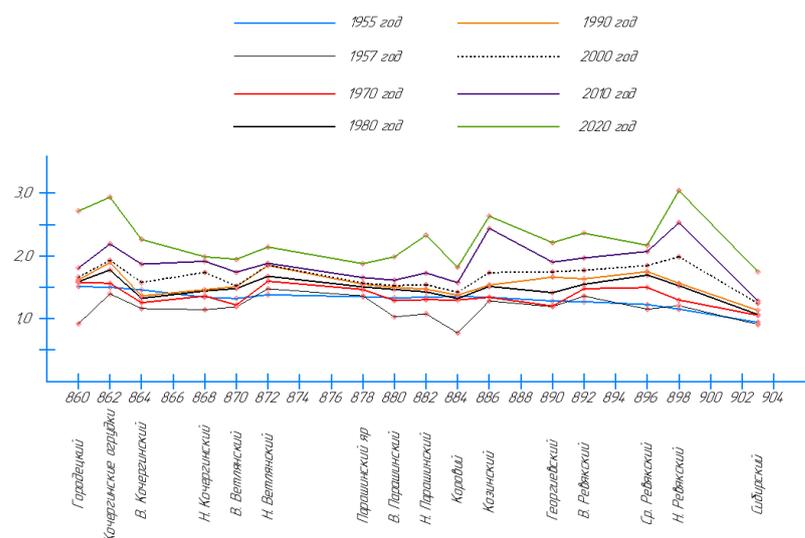


Рисунок 4 – Динамика изменения емкости русла по длине участка (854-907 км) за период с 1957 по 2020 гг.

Их анализ показал, что к настоящему времени параметры русла не стабилизировались, процесс русловых деформаций продолжается.

В ходе выполнения работы также была дана оценка устойчивости русла реки на исследуемом участке р.Волга. Для определения показателей устойчивости для нижнего бьефа Нижегородской ГЭС (а именно числа Лохтина, коэффициента Маккавеева Н.И., Карасева И. Ф. и Гришанина К. В.) был исследован материал имеющихся натуральных данных по участку Городец – Н. Новгород до зарегулирования стока и в условиях работы ГЭС.

Анализ полученных результатов выявил следующую тенденцию. Для всего участка от подходного канала до Н.Новгорода в целом характерно повышение коэффициентов устойчивости в период с 1957 по 1980 гг., а после 1980 г., наоборот, понижение. К 2021 г. русло реки на участке Городец – Балахна может быть отнесено к относительно устойчивым, а на участке Балахна-Н.Новгород – к слабоустойчивым. Подобный характер изменения устойчивости русла может быть объяснен значительными объемами дноуглубительных работ, проводимыми на всем участке, особенно от Балахны до Н.Новгорода.

Таким образом, на основе выполненного анализ можно сделать следующие выводы:

1. На приплотинном участке можно говорить о происшедшей стабилизации русла.
2. Интенсивность деформаций на участке от Городца до Нижнего Новгорода снижается по мере удаления от плотины; примерно с 1980 года деформации возрастают вследствие изменения режима стока в сторону увеличения неравномерности расходов и проводимых дноуглубительных работ;
3. Деформации русла, которые обусловлены естественным ходом руслового процесса и дноуглубительными работами, способствовали увеличению средней глубины, что свидетельствует о глубинной эрозии.

Список литературы:

1. Векслер А. Б., Доненберг В. М. Переформирования русла в нижних бьефах крупных ГЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 216 с.
2. Векслер А.Б., Доненберг В.М. Опыт оценки трансформации русла рек в нижних бьефах гидроузлов. Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, том 230, С-Пб.,1997.
3. Фролов Р.Д. Русловой режим нижних бьефов ГЭС. Современное состояние водных путей и проблемы русловых процессов. Сборник статей. М., 1999.

4. Шестова М. В. Гидрологический режим нижнего бьефа ГЭС и его влияние на условия судоходства. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук [Текст] / М. В. Шестова – Н. Новгород, 2006.

**STUDY OF THE FORMATION OF THE VOLGA RIVER CHANNEL IN THE
LOWER POOL OF THE NIZHNY NOVGORODSKAYA HEPP, TAKING INTO
ACCOUNT THE CHANNEL DEFORMATIONS AND THE INFLUENCE OF ONGOING
DREDGING**

Marina V. SHestova, Aleksandra V.Dobrinina

Abstract. When studying the deformations of the riverbed in the downstream of the HPP due to the regulation of the flow, it is important to take into account the nature of the change in the main parameters of the channel process over time. It is also necessary to assess the impact of technogenic factors on the intensity of channel deformations and, first of all, ongoing dredging. The paper presents the results of studies of the formation of the river bed. Volga in the lower pool of the Nizhny Novgorod hydroelectric power station, taking into account channel deformations and the effect of ongoing dredging.

Keywords: tailwater, hydrological regime, dredging, channel deformations.