



УДК 627.4, 656.62

**АНАЛИЗ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА И УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА НА УЧАСТКЕ Р.ВОЛГА ОТ ВОЛЖСКОЙ ГЭС ДО
ЗАХОДА В ВОЛГО-ДОНСКОЙ СУДОХОДНЫЙ КАНАЛ**

Шестова Марина Вадимовна, доцент, к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений

Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Воронина Юлия Евгеньевна, доцент, к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений

Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Аннотация. После создания каскада водохранилищ гидрологический (русловой и водный) режим Нижней Волги претерпел существенные изменения. В связи с этим изменился и ход руслового процесса – направленность и интенсивность деформации русла. Наиболее интенсивный процесс переформирования русла реки на Нижней Волге наблюдается в нижнем бьефе ВГЭС, особенностью которого является наличие свободного (не подпёртого) нижнего бьефа. В работе представлены результаты исследований гидрологического режима, русловых деформаций, а также условий обеспечения безопасности судоходства в нижнем бьефе Волжской ГЭС.

Ключевые слова: гидрологический режим, нижние бьефы, судоходные условия, дноуглубительные работы, посадка уровня воды, русловые деформации.

Объектом исследования является нижний бьеф Волжской (Волгоградской) ГЭС (далее – ВГЭС) на р.Волга. Нижняя Волга принадлежит к числу наиболее освоенных районов Астраханской области. Большинство из расположенных здесь объектов хозяйственного назначения и гидротехнических сооружений испытывают значительное влияние негативных последствий современного руслоформирования: размыв берегов; заносимость водозаборов и подходов к причалам; глубинная эрозия, следствием которой является посадка уровня воды.

По характеру гидрологического режима водные пути в нижнем бьефе ВГЭС подразделяются на два плеса.

Первый плёс: ВГЭС – Ахтубинск, протяженностью 194 км, имеет опорный гидрологический пост (г/п) в Волгограде, проектный уровень которого совпадает с «0» графика гидропоста. На этом участке выражено влияние суточного и недельного регулирования

попусков в нижний бьеф гидроузла. Обеспеченность проектного уровня воды по г/п «Волгоград» колеблется от 67.9% до 100% в различные годы.

Второй плес: Ахтубинск — Арбузный Яр, протяженностью 159 км. На втором плесе прослеживается влияние только недельного регулирования работы ВГЭС. Опорный гидрост Чернойский с проектным уровнем +40 см над нулем графика. Обеспеченность проектного уровня по второму плесу составила 100%.

Наиболее значительные переформирования русла наблюдаются на первом плесе от ВГЭС до Волго-Донского судоходного канала (ВДСК) протяженностью около 50 км. Основными типами русловых процессов, которые наблюдаются на рассматриваемом участке – побочный, осередковый и пойменная многорукавность. В то же время имеет место размыв пойменных, а на отдельных участках и коренных берегов. В результате смещения побочной и осередков происходит искривление судового хода, развитие и отмирание рукавов. Поэтому на рассматриваемом участке Волги может лимитировать не только глубина, но и ширина и радиус закругления судового хода.

Ниже обобщены результаты исследований гидрологического режима и русловых переформирований в нижнем бьефе ВГЭС, выполненных рядом исследователей, в т. ч. Булановым Е. П., Коротаевым В. Н., Ивановым В. В., Векслером А. Б., Александровским А. Ю., Самусь Н. А. [1, 2, 3, 4, 5], а также ВГУВТ.

В связи с естественными деформациями русел рек в нижних бьефах ГЭС происходит постепенная «посадка» (понижение) поверхности воды. Фактически к 1970 г. понижение уровня в нижнем бьефе ВГЭС уже составило 0.40 м, а к 1998 г. – при расходе воды порядка 10000 м³/с 1.30 – 1.40 м [4]. Значительное понижение уровня воды произошло в начальный период эксплуатации ГЭС (1960 – 1962 гг.) – около 0.20 м и далее (1968 – 1970 гг.) – около 0,16 м. В период с 1970 по 1974 гг. наблюдалось относительно стабильное положение уровня воды. Существенная интенсификация процесса посадки уровня воды отмечена в период с 1974 по 1998 годы, что обусловлено спецификой деформации русла в нижнем бьефе Волжской ГЭС.

Выше описанный процесс подтверждается анализом характера кривой понижения уровня воды (рисунок 1), которая к 2000 году явно не имела признаков стабилизации. Представленная на рисунке кривая была получена по натурным данным Булановым Е. П. [2]. Отмеченная тенденция может негативно сказаться на условиях судоходства в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла, особенно на подходах к шлюзам ГЭС и Волго-Донского канала.

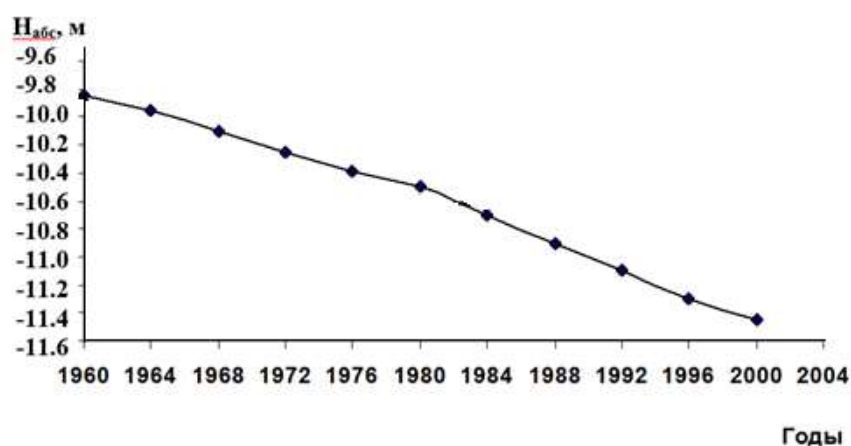


Рис. 1. Динамика изменения уровня воды в нижнем бьефе Волгоградской ГЭС в створе плотины при проектных расходах

Наиболее интенсивные русловые деформации в нижнем бьефе ВГЭС наблюдаются на приплотинном участке р. Волга. Сопоставление продольных профилей дна за период с 1960 по 1991 гг. позволило установить следующие закономерности, характерные для приплотинного участка нижнего бьефа Волжской ГЭС:

- к середине 60-х годов на 110-километровом участке ниже плотины наблюдался преимущественный размыв дна;
- на 30-километровом участке, непосредственно прилегающем к плотине, произошла аккумуляция в первые годы после перекрытия Волги;
- тело аккумуляции постепенно перерабатывается осветленными водами, но часть его сохранилась до 80-х годов.

В естественных условиях деформации русла Волги в районе Волгоградского гидроузла носили знакопеременный характер и сопровождалась интенсивным размывом левого берега старого русла. После зарегулирования стока произошло значительное перераспределение расхода воды по рукавам у острова Денежный (2530-2545 км р. Волга). Если до создания водохранилища старое русло, по которому осуществлялось судоходство, не лимитировало судоходство на данном участке и было подвержено размыву, то после создания ГЭС судоходный рукав стал заноситься продуктами местных размывов и размывов островов, находившихся на входе в старое русло. Анализ имеющихся данных показывает, что из 26.5 млн. м³ грунта, размывого на приплотинном участке в 1959-1960 гг., в главном рукаве р. Волга отложилось 12 млн. м³. В результате этого значительно ухудшились судоходные условия на подходе к каналам шлюзов.

В последующие годы в связи с развитием общего размыва русла р. Волги произошел смыл большого количества отложившегося материала. Был размыт вход в несудоходный рукав, вследствие чего произошло его общее углубление. Результатом интенсивных деформаций явилось развитие процесса отмирания судоходного рукава и размыва несудоходного. В подобных условиях реформирования русла с учетом того, что судовой ход проходит по старому руслу Волги и не представляется возможным перенос его в несудоходный рукав, поддержание реки в судоходном состоянии сопряжено с серьезными трудностями.

К настоящему времени в результате протекающих русловых реформирований и, как следствие, имеющейся посадки уровня воды в нижнем бьефе ВГЭС сложилась сложная судоходная обстановка. Обеспеченность проектного уровня воды по гидрологическому посту (г/п) «Волгоград» колеблется от 67.9% до 100% в различные годы.

Наиболее наглядно ситуацию иллюстрирует навигация 2021 года, когда в весенний период навигации было введено ограничение по осадке судов. Причиной этого послужили ледоход и малые расходы через Волгоградский гидроузел во второй половине марта 2021 года, повлекшие за собой замыв перекатов на Солодниковском водном узле и В. Соленском перекате, а также неэффективное проведение дноуглубительных работ Волгоградским РВПиС осенью 2020г. По Распоряжению Росморречфлота №АЛ-109/1-р от 30.03.2021г. были введены ограничения по осадкам судов на участке Волгоградский шлюз – 2883 км. Гарантированная глубина при этом составила 330 см.

Ввиду снижения уровней воды при сбросных расходах через ВГЭС ниже нормативного значения с 11.09.21г. было введено ограничение по осадке судов, проходная глубина составила 370 см (распоряжение ФБУ «Администрация Волжского бассейна внутренних водных путей» от 10.09.2021г.). Эти изменения действовали на следующих участках: р. Волга Волгоградский шлюз – о.п. Стрелецкое; подходной канал к ВДСК; р. Волга 2574 км – 2578 км.

Уровненный режим на участке нижнего бьефа Волжской ГЭС характеризуется, в основном, режимом нагузок ГЭС и паводковых попусков. Суточная амплитуда колебаний уровня воды в период открытого (свободного ото льда) русла достигает 2,5 м и распространяется вниз по Волге от плотины ГЭС примерно до Поповицких перекатов. Ход уровня воды внутри суток имеет в основном вид однопиковой волны с максимумом на 9-10 часов и минимумом на 23-24 часа.

Максимальный расход воды в нижний бьеф за период с 2011 по 2021 гг. достигал значения 27500 м³/с (в 2016 г.), а в период навигации расходы воды в нижний бьеф колебались от 4330 до 9290 м³/с и в отдельные годы достигали 14200-17240 м³/с (2012 и 2019 гг.). При этом установленный правилами эксплуатации Волжской ГЭС

гарантированный навигационный попуск в нижний бьеф ГЭС, равен 4000 м³/с, а в особо неблагоприятных условиях он может быть снижен на 15%, т.е. до 3400 м³/с. Средний навигационный расход в реке – 7500 м³/с.

С учетом протекающих русловых процессов в нижнем бьефе ВГЭС обеспеченность проектного уровня воды по г/п Волгоград за ряд лет была различна. На основе анализа данных, представленных в технических отчетах Волгоградского района ВПиС за период с 2011 по 2021 гг., выявлена динамика ее изменения (рисунок 2).

Минимальное значение обеспеченности ПУВ наблюдалось за рассматриваемый ряд лет в навигацию 2021 г. и составило 67,9%. При этом уровни воды опускались ниже ПУВ на величину, равную 19 см. Глубины составляли 330 см (при гарантированной 380 см).

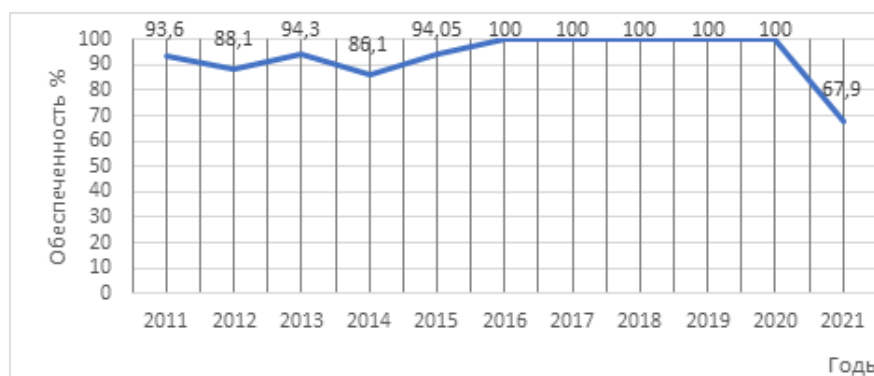


Рис. 2. Динамика изменения обеспеченности проектного уровня воды по гидроступу «Волгоград» за период с 2011 по 2021 гг.

Для обеспечения безопасности судоходства на участке от Волжской ГЭС до захода в Волго-Донской судоходный канал выполняются постоянные дноуглубительные работы. Причем, характерной является тенденция увеличения объемом транзитных дноуглубительных работ от запланированных. Анализ данных дноуглубления показывает, что плес ВГЭС-Ахтубинск остается достаточно проблемным для судоходства и требует постоянных дноуглубительных работ для поддержания гарантированных габаритов пути.

Кроме того, на 2537-2540 км основного судового хода р. Волга располагается пережат, лимитирующий судоходство на этом участке пути – Скудринский пережат. Анализ динамики изменения проводимых дноуглубительных работ в период с 2011 по 2021 г. показал, что дноуглубление на пережате проводится не ежегодно, а их объем в последнее время незначителен. Однако конфигурация русла в районе пережата накладывает ряд ограничений для осуществления безопасного судоходства на участке в целом.

На участке в пределах Скудринского пережата (2537,5-2540 км) река имеет крутой изгиб, в результате чего просматриваемость судового хода ограничена. Кроме того, здесь запрещено расхождение судов и составов длиной более 120 м, а на 2539,9-2540,3 км действуют прижимные течения в сторону левого берега, что осложняет судоходную обстановку для судоводителей.

Таким образом, на основе анализа гидрологического режима, а также условий обеспечения безопасности судоходства на участке нижнего бьефа ВГЭС, можно сделать следующие выводы:

1. В последние годы (с 2016 по 2020 годы) обеспеченность ПУВ по г/п «Волгоград» составляла 100%, однако навигация 2021 г. показала нестабильность этого состояния. Возможность подобных срывов, результатом которого является понижение уровня воды ниже ПУВ и, как следствие, потеря судоходной глубины на пережатах, необходимо учитывать при планировании каких-либо работ в русле р. Волга.

2. Регулярные дноуглубительные работы на плесе ВГЭС-Ахтубинск свидетельствуют о непрекращающемся процессе русловых деформаций, которые оказывают влияние на устойчивость русла и определяют условия судоходства.

При существующей судоходной ситуации в нижнем бьефе ВГЭС любое антропогенное вмешательство в русло реки, особенно в зоне суточного регулирования, может негативно сказаться на условиях судоходства, в том числе на глубинах на пороге Волгоградского шлюза.

Список литературы:

1. Александровский А. Ю. Исследование связи между расходами и уровнями воды на участке между Волжской ГЭС (г. Волжский) и водопостом г. Астрахани. // XIX пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Доклады и сообщения / А. Ю. Александровский, В. В. Силаев, В. В. Чуканов. – Белгород, 2004. – 236 с.
2. Буланов Е. П. Понижение кривой расходов в нижнем бьефе Волжской ГЭС, связанное с общими размывами русла. //XV пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Доклады и сообщения/ Е. П. Буланов – Волгоград – Москва: Перемена, 2000. – 186 с.
3. Иванов В. В. Деформации русла в нижнем бьефе Волжской ГЭС. //XVIII пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Доклады и сообщения / В. В. Иванов, В. Н. Коротаев, А. В. Чернов – МГУ – КГУ. Курск: 2003. – 257 с.
4. Векслер А. Б. Опыт оценки трансформации русла рек в нижних бьефах гидроузлов.// А. Б. Векслер, В. М. Доненберг – Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, том 230, СПб.: 1997.
5. Самусь Н. А. Эрозионные процессы по берегам Волги и их влияние на оползневую ситуацию в пределах Волгоградской агломерации. //XV пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Доклады и сообщения / Н. А. Самусь – МГУ, ВГПУ. – Волгоград – Москва: Перемена, 2000. –186 с.

ANALYSIS OF THE HYDROLOGICAL REGIME AND CONDITIONS FOR ENSURING THE SAFETY OF NAVIGATION ON THE VOLGA RIVER SECTION FROM THE VOLZHSKAYA HYDROELECTRIC POWER STATION TO THE ENTRANCE TO THE VOLGO-DONSKOY SHIPPING CHANNEL

Marina V. Shestova, Iuliia E. Voronina

Abstract. After the creation of the cascade of reservoirs, the hydrological regime of the Lower Volga underwent significant changes. In this regard, the course of the channel process has also changed - the directivity and intensity of deformation of the channel. The most intensive process of reforming the river bed on the Lower Volga is observed in the lower basin of the Volzhskaya hydroelectric power station, the peculiarity of which is the presence of a free lower basin. The work presents the results of studies of the hydrological regime, channel deformations, as well as conditions for ensuring the safety of navigation in the lower basin of the Volzhskaya hydroelectric station.

Keywords: hydrological mode, bottoms, shipping conditions, dredging, water level setting, channel deformations