

УДК 627

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕТВЛЕННОГО УЧАСТКА В НИЖНЕМ БЬЕФЕ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАРЬЕРНЫХ РАБОТ В РУКАВЕ СТАРОЙ ВОЛГИ

Воронина Юлия Евгеньевна¹, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений
e-mail: yulez@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Исследование динамики изменения связи «расход воды – уровень воды» позволяет определить условия для поддержания заданных уровней в нижнем бьефе Чебоксарского гидроузла в целом. Для предварительного прогноза влияния карьерной разработки на положение кривой свободной поверхности в привязке к распределению расходов воды по рукавам проанализированы совмещенные продольные уклоны верхнего разветвленного участка в естественном и проектном состояниях, по полученным результатам сделаны основные выводы и даны рекомендации по поддержания судоходных условий на участке.

Ключевые слова: расход воды, двухрукавный участок, карьер, уклон свободной поверхности.

HYDRAULIC FEATURES OF THE BRANCHED SECTION BELOW THE CHEBOKSARY RESERVOIR DURING QUARRY WORKS IN THE LEFT CHANNEL

Yulia E. Voronina¹, Associate Professor of the Department of Waterways and Hydraulic Structures
e-mail: yulez@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The study of the dynamics of the change in the "water flow rate – water level" dependence allows us to determine the conditions for maintaining the specified levels in the lower pool of the Cheboksary hydroelectric complex as a whole. For a preliminary forecast of the impact of quarry development on the position of the free surface curve in connection with the distribution of water flow rate along the branches, an analysis of the combined longitudinal slopes of the upper branched section in natural and design states was carried out; based on the results obtained, the main conclusions were made and recommendations were given for maintaining shipping conditions in the section.

Keywords: water consumption, two-arm section, quarry, slope of free surface.

Для оценки влияния карьерных разработок в левом рукаве старой Волге на участке нижнего бьефа Чебоксарской ГЭС ниже створа гидроузла на 7 км в необходимо выполнить расчет распределения расхода воды по рукавам, которое зависит от изменения уровней воды в нижнем бьефе зарегулированного участка.

Влияние на возможное перераспределение расходов воды по рукавам на рассматриваемом участке могут оказывать проводимые в разное время карьерные работы как в основном русле судоходного рукава, так и в левобережном рукаве старой Волги.

Поскольку рассматриваемый участок находится в непосредственной близости от створа Чебоксарского гидроузла и любые карьерные и дноуглубительные работы в полной мере будут влиять на условия судоходства как на самом участке, так и на вышерасположенном (до входа в подходной канал и в камеры Чебоксарских шлюзов №17 и №18) в течение всей навигации при различных уровнях воды (уровне НПУ Куйбышевского водохранилища и ПУ нижнего бьефа Чебоксарского водохранилища), то расчет распределения расхода воды по рукавам выполнялся также для двух расчетных режимов:

- при уровне воды в нижнем бьефе Чебоксарского гидроузла на отметке НПУ Куйбышевского водохранилища 53,0 мБС;
- при уровне воды на отметке проектного уровня, соответствующего МНУ по гидropосту нижний бьеф Чебоксарского гидроузла 50,0 мБС.

По результатам расчетов расходов воды, полученные при промежуточных уровнях воды в нижнем бьефе Чебоксарского гидроузла (51,0 мБС и 52,0 мБС), построены кривые связи расходов и уровней за 2006 и 2022 года, которые показывают динамику изменения расходов воды (рисунок 1).

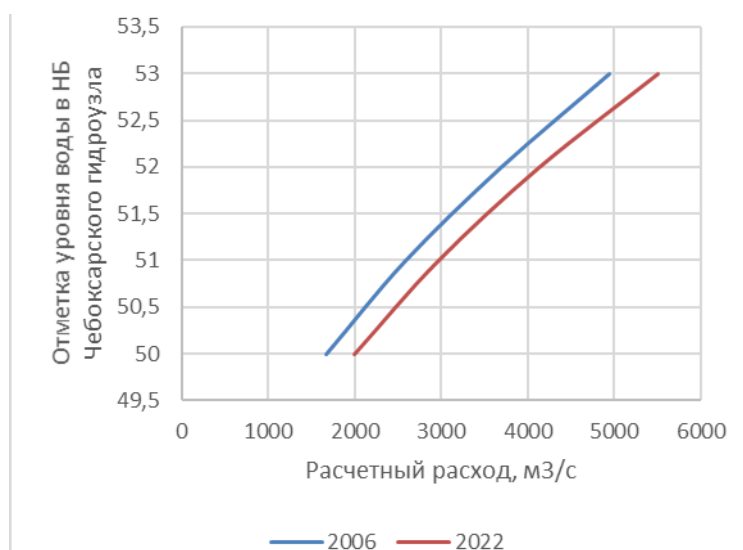


Рисунок 1 – Кривые зависимости расходов от уровней воды по расчетному сечению в нижнем бьефе Чебоксарского гидроузла

Исследование динамики изменения связи «расход воды – уровень воды» показало, что к настоящему времени процесс русловых переформирований окончательно не завершен, что приводит к увеличению расхода воды для поддержания заданных уровней в нижнем бьефе Чебоксарского гидроузла. За расчетный период кривая расходов несколько опустилась в связи с глубинной эрозией дна, дноуглубительными и карьерными работами, а расходы уже не обеспечивают достижение прежних уровней воды.

Наклон кривых расходов остается без изменений, то есть увеличение расхода за рассматриваемый период вызывает, как и прежде, адекватный прирост уровней в нижнем бьефе, однако для достижения необходимого уровня воды требуется больше расхода.

Другими словами, связь между расходами и уровнями воды в нижнем бьефе во временном разрезе остается постоянной и не ослабевает, а естественная посадка уровня воды в нижнем бьефе не превышает 2 см в год.

На рассматриваемом расчётном участке р Волга на 1191-1202 км образовано два разветвления с нормальным по отношению к основному потоку прораном в районе 1197 км судового хода.

1. Верхний участок в районе о. Казин двухрукавного разветвления (в пределах 1191-1197 км судового хода по воложке Новинской и рукаву старой Волги).
2. Нижний участок в районе о. Верхней Сидельниковский (1197-1202 км судового хода по воложке Новинской и воложке Сидельниковской).

Распределение расхода воды по рукавам может быть определено графоаналитическим расчетом, теоретическое обоснование и практическое применение которого дано в [1, 2].

Ввиду того, что месторождение «Чермушинское» находится в левобережном несудоходном рукаве о. Казин в нижнем бьефе Чебоксарского гидроузла на 7 км ниже по течению створа ГЭС, то для детальной оценки влияния карьерной разработки на уровенный и русловой режим участка построены кривые уклонов свободной поверхности по обоим рукавам в верхнем разветвлении за оба рассматриваемого года.

Для оценки изменений в положении кривых свободной поверхности на участке верхнего разветвления по времени, построены сопоставленные графики падения отметок по участку за 2006 и 2023 года (рис. 2). Анализ полученных графиков показал:

1. За период 17 лет на участке верхнего разветвления, где располагается месторождение «Чермушинское» произошло общее понижение уровня воды на 10 см при НПУ=53,0 мБС (средняя скорость 0,6 см/год) (рис. 2 а), в)), а при ПУ=50,0 мБС – на 23 см (средняя скорость 1,3 см/год) (рис. 2 в), г)). Это соответствует естественному процессу динамики понижения отметок уровня воды в нижнем бьефе Чебоксарского гидроузла ($\leq 1,5$ см/год).

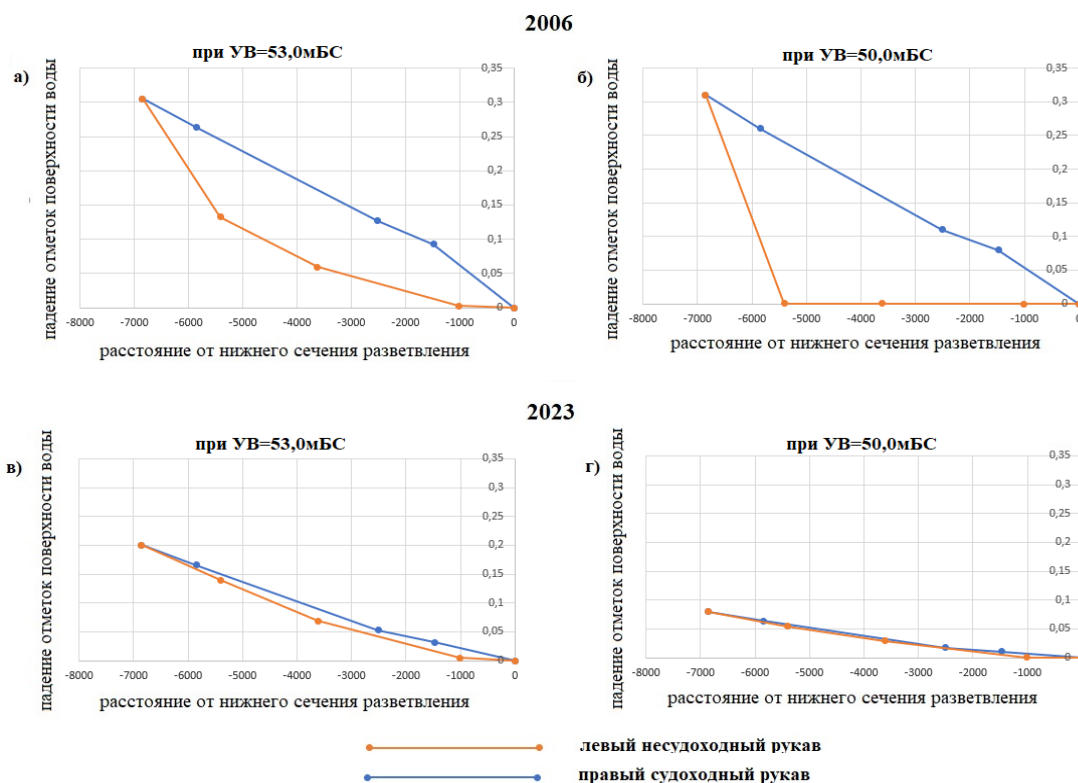


Рисунок 2 – Продольный уклон поверхности воды на верхнем разветвлении у о. Казин при разных уровнях воды за 2006 и 2023 гг.

2. В 2003 году распределение расхода воды по рукавам при разных уровнях воды с последующим построением кривых свободной поверхности показало, что русло р. Волга на рассматриваемом участке в пределах правобережного рукава имеет стабильное падение отметок уровня воды по длине всего участка. Это подтверждает назначение уровней воды (НПУ и ПУ) в применении именно к судоходному рукаву. Конфигурация (наличие мелких и глубоких участков в несудоходном рукаве) накладывает отпечаток на более разнонаправленные значения уклонов по всему левобережному рукаву. При прохождении потока через мелководный участок несудоходного рукава уклон свободной поверхности больше, чем когда поток проходит через более глубокую часть русла. Здесь уклон свободной поверхности уменьшается.

Для предварительного прогноза влияния карьерной разработки на положение кривой свободной поверхности в привязке к распределению расходов воды по рукавам построены совмещенные продольные уклоны верхнего разветвленного участка в естественном состоянии на период 2023 года и в проектном состоянии (после разработки всех блоков карьера в левом рукаве участка о. Казин) (рис. 3).

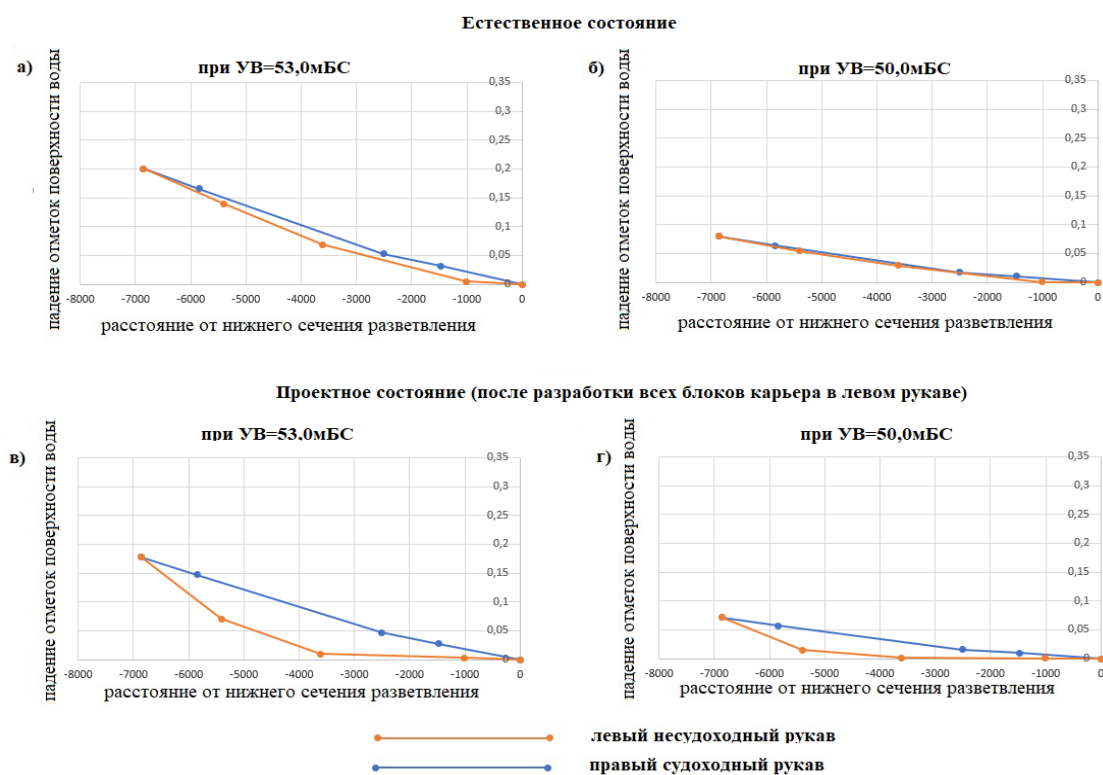


Рисунок 3 – Продольный уклон поверхности воды на верхнем разветвлении у о. Казин при разных уровнях воды до и после разработки всего месторождения по данным 2023 гг.

По анализу полученных результатов можно сделать следующие основные выводы:

1. Общее понижение уровня воды в верхнем сечении составляет: при высоком уровне воды УВ=53,0 мБС – 3 см, а при низком УВ=50,0 мБС – 1 см. Однако данная общая посадка уровня воды не учитывает всех особенностей карьерной выемки (ее границ, детальной глубины разработки и пр.) и основана лишь на укрупненном анализе распределения расхода воды по рукавам.

2. Характер кривых свободной поверхности в судоходном рукаве до и после выполнения карьерных разработок остается без изменений, что не скажется на изменении условий судоходства в целом по участку.

3. Уклон свободной поверхности в несудоходном рукаве у ухвостья острова (рис. 3 в, г)) уплаживается, что говорит о влиянии карьера на русло реки в пределах несудоходного рукава. Однако ввиду наличия двух рукавов, большее влияние карьер оказывает на кривую свободной поверхности именно в нем. Что, по-видимому, вызовет поперечный уклон свободной поверхности в сечении.

Список литературы:

1. Руководство по проектированию коренного улучшения судоходных условий на затруднительных участках свободных рек. МРФ. Ленинград, «Транспорт», 1974.
2. Гришанин, К.В. Водные пути / К.В. Гришанин, В.В. Дегтярев, В.М.Селезнев. – М.: Транспорт, 1986. – 400 с.

