



УДК 627.15

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УРОВЕННОГО РЕЖИМА НИЖНЕГО БЬЕФА
ЧЕБОКСАРСКОЙ ГЭС НА УСЛОВИЯ СУДОХОДСТВА В РАЙОНЕ РАЗРАБОТКИ
ЧЕРМУШИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ**

Ситнов Александр Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой водных путей и гидротехнических сооружений

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

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

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

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

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Решетников Максим Алексеевич, к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Аннотация. В статье на основе изучения уровней воды нижнего бьефа Чебоксарской ГЭС за навигации 2004–2022 гг. выполнен анализ колебаний уровней и произведена оценка влияния водности лет на уровеньный режим. Определены минимальные срезки характерных лет и динамика их изменений в течение рассмотренных навигаций по граничным гидрологическим постам и промежуточным пунктам участка, по которым оценено выдерживание гарантированных глубин в исследуемом периоде. Разработаны рекомендации по организации работ на карьере в зависимости от уровеньного режима участка.

Ключевые слова: уровеньный режим, нижний бьеф ГЭС, карьер, гидрологический пост, срезка, гарантированные глубины, условия судоходства.

Разработка русловых карьеров, особенно в нижних бьефах ГЭС (НБ ГЭС), как правило, сопровождается появлением ряда негативных явлений, в том числе посадками уровня воды и уменьшением глубин на участке разработки карьера, в подходном канале и на порогах шлюзах, возможным понижением устойчивости судового хода и др.

Рассматриваемый в работе карьер по добыче песка расположен в НБ Чебоксарской ГЭС (НБ ЧГЭС) (в 9 км ниже створа плотины) в несудоходном левом рукаве (протока Старая Волга) у острова Казин на 1194-1196 км по Атласу ЕГС [1].

Гидрологический режим исследуемого участка р.Волга (это НБ ЧГЭС, где и находится месторождение Чермушинское), определяется суточным и недельным регулированием стока Чебоксарской ГЭС и колебаниями уровней нижерасположенного Куйбышевского водохранилища.

Рассматриваемый участок протяженностью 22 км лежит в граничных пунктах между гидрологическими постами (г/п) НБ ЧГЭС и Козловка. Непосредственно ниже Чебоксарской ГЭС уреченный режим реки Волга крайне неравномерен, что типично для большинства нижних бьефов. В створе гидрологического поста Козловка влияние на уровни неравномерных попусков через Чебоксарскую ГЭС ослабевает. Здесь начинает сказываться влияние Куйбышевского водохранилища – весеннее наполнение и последующая его постепенная сработка, особенно значительная в предполоводный период года.

Уреченный режим характеризуется графиками колебания уровней по верхнему гидрологическому посту НБ ЧГЭС и нижнему гидрологическому посту Козловка.

Для оценки влияния уровней на условия судоходства потребовалась их детализация за навигации в многолетнем ряду, которая произведена по абсолютным отметкам уровней воды на гидрологических постах НБ Чебоксарской ГЭС и Козловка. Анализ выполнен для условий навигаций 2004-2022 гг. Длительность навигации принята равной 214 сут. с 20.04 по 20.11. Отметки уровней по г/п НБ ЧГЭС приняты с их посуточной детализацией по данным ФБУ «Администрация Волжского бассейна», по г/п Козловка по техническим отчетам Казанского района водных путей и судоходства (РВПиС) [2]. Согласно графиков съем высотных отметок возможен на определенные даты навигации (расчетные даты), которые для производства расчетов приняты одинаковыми на постах с интервалом примерно один месяц.

Прямая, соединяющая отметки НБ ЧГЭС и п. Козловка на одинаковый момент времени представляет собой поверхность зеркала водохранилища. Линейный характер поверхности зеркала позволяет интерполированием определить на соответствующую дату высотную отметку уровня в промежуточных точках участка. Для этого в расчет принят километраж в привязке к основному судовому ходу на участке: г/п НБ ЧГЭС – 1185 км, г/п Козловка – 1258 км, центр разработки карьера – 1195 км, Ураково – 1215 км. Получены отметки рабочих уровней по годам на расчетные даты навигации, а также произведено их ранжирование в порядке убывания. Одновременно фактические отметки осреднены по навигации каждого года, а также по расчетным датам за многолетний период.

Анализ показал, что в среднем по навигации за период 2004-2022 гг. амплитуда колебаний уровней составила: по г/п НБ ЧГЭС – 1,95 м при среднем уровне 53,03 мБС; по г/п Козловка – 1,62 м при среднем уровне 52,44 мБС, что свидетельствует о более резком колебании уровней в НБ ЧГЭС из-за влияния попусков ЧГЭС и их более сглаженном характере по г/п Козловка из-за влияния Куйбышевского водохранилища.

На колебание уровней по гидрологическим постам большое влияние оказывает водность лет. Относительно средних многолетних уровней по постам годовые колебания уровней имеют синхронный характер. Годы повышенной водности за период наблюдались в 2004 – 2005 гг., 2008 г., 2012 – 2013 гг., 2017 г.; годы пониженной водности в 2009 – 2011 гг., 2014 г., 2020 – 2022 гг.; в остальные годы периода уровни близки к средним значениям.

Средние уровни воды на расчетные даты в многолетнем ряду понижаются за исключением начального периода (до мая) в связи с повышенными попусками через ЧГЭС и конечного периода (ноябрь) из-за совокупного влияния режима работы обоих водохранилищ. При этом для г/п НБ ЧГЭС уровни выше среднемноголетних от начала навигации примерно до июля, затем до конца навигации опускаются значительно ниже среднемноголетних. Аналогичный характер хода средних уровней по г/п Козловка, где период более высоких уровней продлен до августа.

Одновременно с отметками рабочих уровней определены отметки проектного уровня (ПУ) на участке. Они имеют своеобразный характер изменения. Чермушинское месторождение находится на участке НБ ЧГЭС – Ураково, на котором ПУ отсчитывается от проектного уровня г/п НБ ЧГЭС, равного 50,0 мБС. Населенный пункт Ураково находится в границах действия г/п ВБ Самарского гидроузла с отметкой ПУ 49,0 мБС. Поэтому проектный уровень на участке НБ ЧГЭС – Ураково линейно понижается от отметки 50,0 мБС до отметки 49,0 мБС, а на участке Ураково – Козловка ПУ постоянен и равен 49,0 мБС. Отметка ПУ в районе карьера определена интерполированием.

По предложенному алгоритму получены параметры уровня режима на участке НБ ЧГЭС – Карьер – Ураково – Козловка на расчетные даты с минимальными отметками в периоде 2004-2022 гг., приведенные в таблице 1. В ней в качестве характерного года принимается самая низкая коррелирующая пара уровней по одним и тем же датам одного года в навигации за многолетний период.

Таблица 1

Параметры уровня режима на участке НБ ЧГЭС – Карьер – Ураково – Козловка на расчетные даты с минимальными отметками в периоде 2004-2022 гг.

Даты, характерный год	НБ Чебоксарской ГЭС		Карьер		Ураково		Козловка		Срезка, см			
	РУ	ПУ	РУ	ПУ	РУ	ПУ	РУ	ПУ	НБ ЧГЭС	Карьер	Ураково	Козловка
20.04 2015 г.	52,80	50,0	52,59	49,67	52,18	49,0	51,30	49,0	280	292	318	230
01.05 2019 г.	52,88	50,0	52,72	49,67	52,39	49,0	51,68	49,0	288	305	339	268
01.06 2008 г.	52,96	50,0	52,75	49,67	52,33	49,0	51,45	49,0	296	308	334	245
01.07 2010 г.	52,34	50,0	52,17	49,67	51,82	49,0	51,07	49,0	234	250	281	207
01.08 2010 г.	51,13	50,0	51,12	49,67	51,118	49,0	51,10	49,0	113	145	212	210
01.09 2010 г.	50,60	50,0	50,56	49,67	50,47	49,0	50,30	49,0	60	89	147	130
01.10 2010 г.	49,64	50,0	49,641	49,67	49,652	49,0	49,65	49,0	-36	-3	65	65
01.11 2010 г.	50,39	50,0	50,24	49,67	49,94	49,0	49,30	49,0	39	57	94	30
20.11 2010 г.	49,90	50,0	49,80	49,67	49,61	49,0	49,20	49,0	-10	13	61	20

В таблице обозначено: РУ – рабочий уровень, мБС; ПУ – проектный уровень, мБС. Характерный год – год с минимальными отметками уровня воды в периоде 2004-2022 гг. по граничным гидрологическим постам и промежуточным пунктам участка.

Критерием оценки судоходных условий на участке в нашем случае служит величина срезки, определяемая разностью высотных отметок рабочего и проектного уровней. На основании этих отметок определены минимальные срезки на расчетные даты характерных лет, приведенные в таблице 1. По ним построен график хода срезок на участке от НБ ЧГЭС до п. Козловка (рисунок 1), который показал, что срезки характерных лет (2008, 2010, 2015, 2019 гг.) на участке НБ Чебоксарской ГЭС – Ураково имеют схожую динамику изменений в течение навигации и соотношений между собой. Так, значения ломаных кривых срезок стабильно понижаются с сработкой Куйбышевского водохранилища с июля к октябрю, оставаясь в целом положительными. Начальные и конечные периоды навигации имеют специфический характер изменения срезок (последние повышаются с 20.04 по 01.06, а в конце навигации повышаются к ноябрю с их последующим понижением), что зависит от динамики попусков воды через Чебоксарскую ГЭС, уровня режима Куйбышевского водохранилища и положения линии проектного уровня на участке. Ломаная линия срезок

НБ Чебоксарской ГЭС занимает нижнее положение, выше ее линия срезок карьера Чермушинского месторождения и самая высокая линия срезок п. Ураково. Минимальные срезки по расчетным датам навигации на участке НБ Чебоксарской ГЭС – Ураково положительные, за исключением 01 октября и 20 ноября, когда по г/п НБ Чебоксарской ГЭС они понижаются соответственно до –36 см и до –10 см (2010 г.), и в районе Карьера до –3 см (01.10.2010 г.).

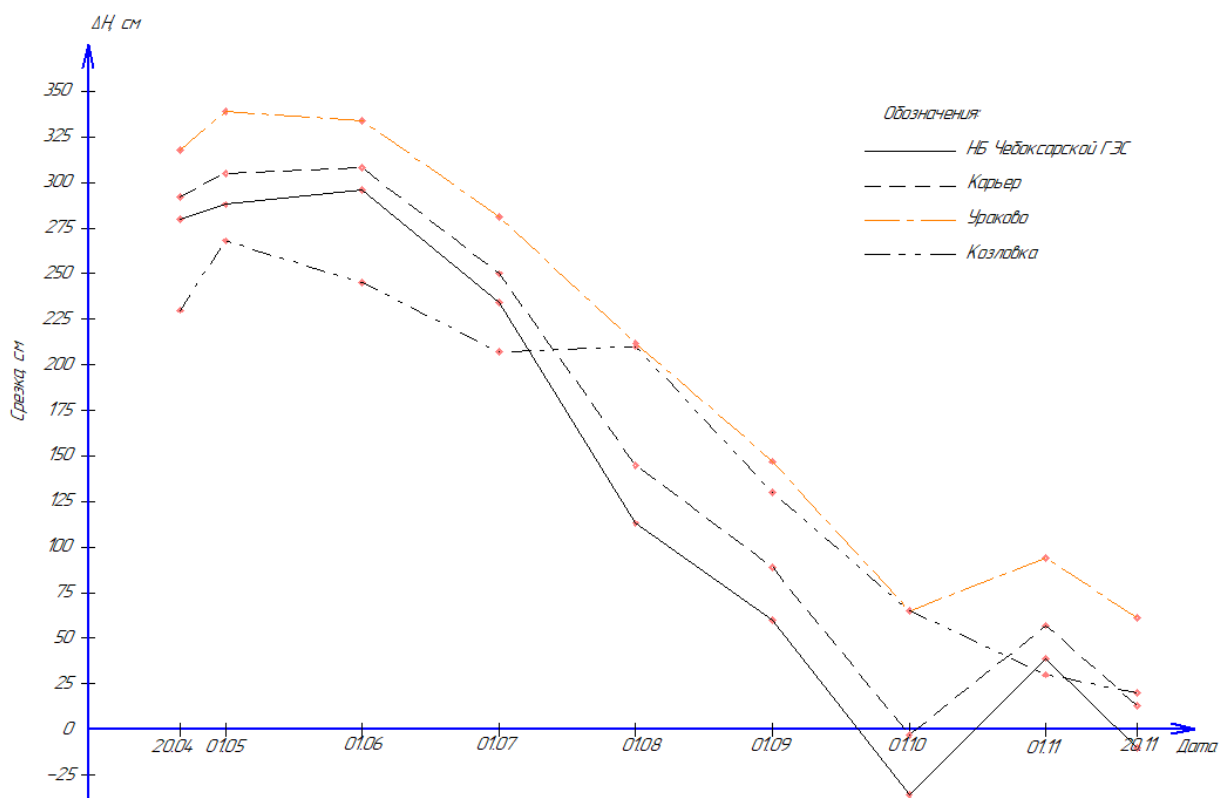


Рис.1. График хода минимальной срезки по расчетным датам навигаций 2004-2022 гг. на участке НБ ЧГЭС - Козловка

Поскольку гарантированные глубины на участке отсчитываются от проектного уровня, то положительная срезка по сути означает резерв возможного понижения отметок уровней воды без ущерба для судоходных условий по глубине, в то время как отрицательная срезка отражает их ухудшение. Несмотря на редкое появление отрицательных срезок в рассматриваемом периоде, связанное с высокой обеспеченностью минимальных уровней воды на участке, сделан вывод о необходимости уделению особого внимания нижнему бьефу Чебоксарской ГЭС и прилегающего к нему участку, в который входит также карьер Чермушинского месторождения. Такое особое щадящее отношение к уровенному режиму участка требуется для конечного периода навигации (рисунок 1) примерно с октября. В предшествующие периоды навигации уровни на участке достаточные, обеспечивающие гарантированные глубины [3], в том числе и на участке Ураково – Козловка, где срезки уровней в течение навигации положительные. Это наглядно подтверждается графиками на рисунке 2, где показано соотношение срезок в течение навигаций 2004-2022 гг. на примере НБ ЧГЭС.

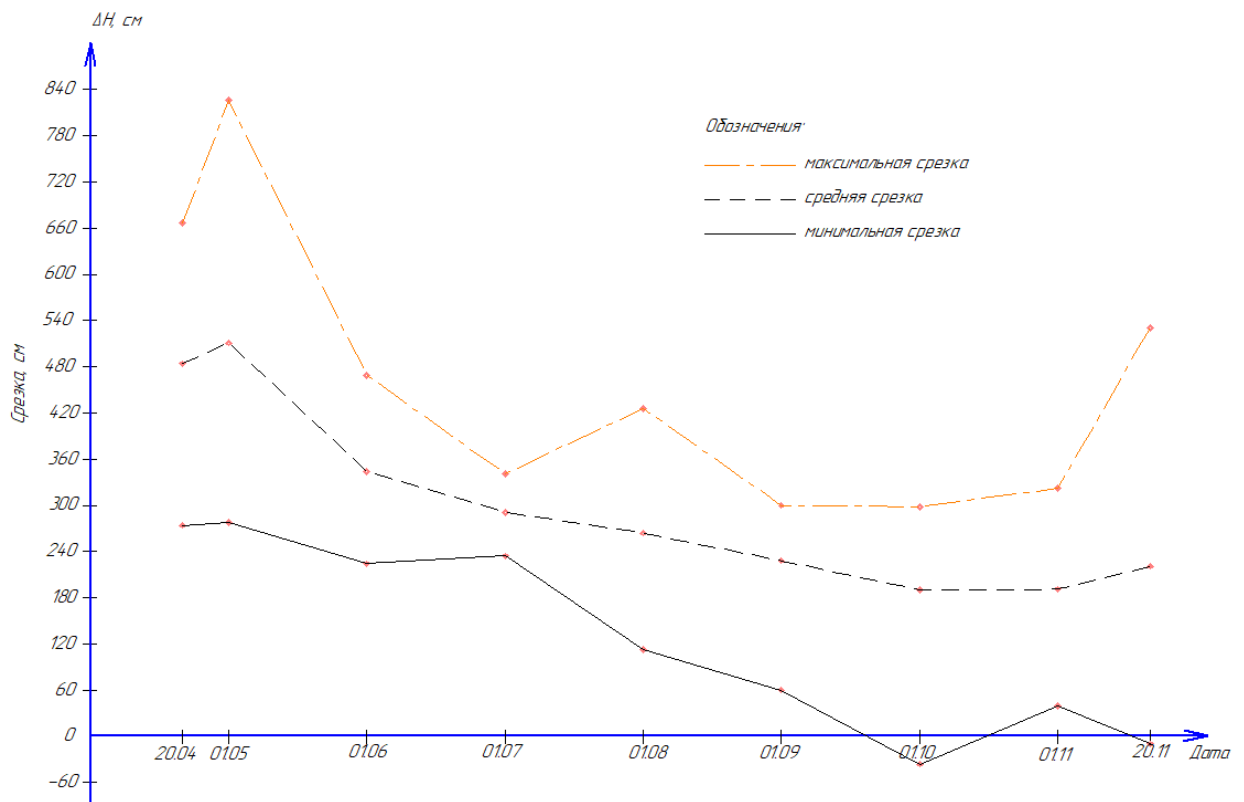


Рис. 2. График хода срезов на расчетные даты навигации 2004-2022 гг. по г/п НБ ЧГЭС

Таким образом, подтверждена оценка о схожей динамике изменений минимальных срезов на участке НБ Чебоксарской ГЭС – Ураково и их преимущественно положительных значениях в целом на участке НБ Чебоксарской ГЭС – Козловка. В многолетнем ряду (2004 – 2022 гг.) минимальные срезки по г/п НБ Чебоксарской ГЭС изменяются с начала навигации до примерно середины сентября в положительной области (до 300 см) и лишь в годы очень малой водности (в нашем случае 2010 г.) могут уходить в отрицательную область в конце навигации (октябрь - ноябрь), где по расчету в 2010 г. они в отдельные дни были отрицательные и доходили до немногим ниже –36 см. Срезки в местах расположения карьера и п. Ураково в течение навигации больше срезов по г/п НБ Чебоксарской ГЭС. Срезки по г/п Козловка относительно срезов на вышележащих участках занимают промежуточное положение, но в целом по навигации являются положительными. Допущение отрицательных значений срезов по НБ Чебоксарской ГЭС и прилегающему участку в годы очень малой водности, видимо связано, в том числе, с тем, что срезки на принятые даты рассчитаны при самых низких рабочих уровнях воды, в то время как обеспеченность проектного уровня на участке ниже 100%. Поэтому фактические срезки в многолетнем ряду на расчетные даты в подавляющем большинстве превышают минимальные и это обеспечивает выдерживание гарантированных глубин на участке.

По результатам анализа уровневого режима сделаны следующие рекомендации:

- 1) в период с начала навигации по октябрь организация работ по добыче нерудных строительных материалов (НСМ) может вестись без ограничений, поскольку фактическая глубина на лимитирующих перекатах даже в маловодные годы не будет меньше гарантированной 400 см. Однако, примерно с октября и до конца навигации работы по добыче НСМ в годы малой водности целесообразно перераспределить по периодам, сконцентрировав их в первой половине навигации. Иначе возможно наступление отрицательных срезов, что при совпадении негативных факторов (маловодный год в сочетании с большим объемом добычи НСМ) может привести к срыву гарантированной глубины;
- 2) установить запрет на добычу при значениях отметки уровня воды по гидропосту НБ ЧГЭС ниже проектной, т.е. ниже 50,0 м БС. Это будет стимулировать

разработчика недр отслеживать уровенный режим участка (через Казанский РВПиС) и своевременно принимать управленческие решения по добычным работам на месторождении, планировать такие решения, а контролирующему органу (ФБУ «Администрация Волжского бассейна» в лице Казанского РВПиС) осуществлять надзор за исполнением решений.

Вместе с тем, приведенные выше результаты учитывают лишь фактор уровенного режима при отсутствии его изменений из-за антропогенного воздействия при разработке судоходных прорезей и карьеров добычи НСМ, а также происходящих русловых деформаций, что требует в дальнейшем комплексного учета совокупности факторов, влияющих на условия судоходства.

Список литературы:

1. Атлас ЕГС ЕЧ РФ том 6, часть 1, издание 2022 г.
2. Отметки уровней воды по гидропостам НБ ЧГЭС и Козловка за период 2004-2022 гг. по данным ФБУ «Администрация Волжского бассейна» и техническим отчетам Казанского РВПиС.
3. Об установлении категорий внутренних водных путей, определяющих для участков внутренних водных путей габариты судовых ходов и навигационно-гидрографическое обеспечение условий плавания судов, перечень судовых ходов, а также сроки работы средств навигационного оборудования и судоходных гидротехнических сооружений в навигацию 2024 года – Распоряжение Федерального агентства морского и речного транспорта от 29.12.2023 г. №БТ-527-р.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE LEVEL REGIME OF THE LOWER REACHES OF THE CHEBOKSARY HPP ON THE CONDITIONS OF NAVIGATION IN THE AREA OF DEVELOPMENT OF THE CHERMUSHINSKY CONSTRUCTION SANDS DEPOSIT

Aleksandr N. Sitnov, Marina V. Shestova, Yulia E. Voronina, Maxim A. Reshetnikov

Annotation. In the article, based on the study of the water levels of the lower reaches of the Cheboksary hydroelectric power plant for navigation in 2004-2022, an analysis of fluctuations in levels was performed and an assessment of the influence of the water content of years on the level regime was made. The minimum cuts of characteristic years and the dynamics of their changes during the considered navigations along the boundary hydrological posts and intermediate points of the site, according to which the maintenance of guaranteed depths in the studied period is estimated, are determined. Recommendations have been developed for the organization of work at the quarry, depending on the level regime of the site.

Keywords: level regime, downstream of the hydroelectric power plant, quarry, hydrological post, cutting, guaranteed depths, navigation conditions.