Нижне-Суянский гидроузел — проект с давней историей

Б.А. Зайцев, И.М. Егоров

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26*

АННОТАЦИЯ

Введение. В 1971 г. «Схемой комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Белой» было намечено строительство каскада из 10 гидроузлов, который был разбит на четыре участка. Нижне-Суянский гидроузел планировался к реализации на третьем участке — самом интересном с точки зрения энергетического использования. Однако из трех запланированных на данном участке гидроэлектростанций: Варяжской, Нижне-Суянской и Павловской, к настоящему времени построена только Павловская ГЭС.

Нижне-Суянский гидроузел предназначался для решения водохозяйственных, энергетических и социально-экономических задач.

Материалы и методы. Исходными материалами для исследований стали результаты «Обоснования инвестиций в строительство Нижне-Суянского гидроузла на р. Уфе в Республике Башкортостан», выполненные ОАО «Инженерный центр энергетики Поволжья». На основе собранных данных были проведены: теоретический анализ, расчетное обоснование и сформулированы выводы по полученным результатам.

Результаты. Оптимальным является вариант гидроузла комплексного назначения, так как Нижне-Суянская ГЭС позволит улучшить условия электроснабжения потребителей северо-восточной части башкирской энергосистемы. Также строительство Нижне-Суянского гидроузла даст возможность регулировать приток воды в водохранилище Павловской ГЭС, что увеличит ее выработку. Строительство гидроузла предлагается осуществлять в два этапа. Первым этапом будет строительство бетонной водосливной плотины совмещенной со зданием ГЭС. Вторым этапом станет строительство земляной плотины из местных строительных материалов, а именно: тело плотины — из песчано-гравийного грунта, а противofильтрационное устройство — ядро из суглинка. Одновременно с земляной плотиной на правом берегу будет возведена глухая бетонная плотина.

Выводы. Нижне-Суянский гидроузел, к сожалению, не был построен. Техничко-экономические расчеты показали, что рентабельность гидроузла составит 12,8 %, что немного выше нормативной. Это оправдывает капиталолюбования в Нижне-Суянский гидроузел. Основными условиями, при которых было бы возможным строительство гидроузла, являются: наличие федеральной поддержки, заинтересованность в проекте исполнительной власти Республики Башкортостан и ПАО «РусГидро», а также наличие свободных инвестиций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гидроузел, проект, строительство, земляная плотина, гидроэлектростанция, водохранилище

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Зайцев Б.А., Егоров И.М. Нижне-Суянский гидроузел — проект с давней историей // Строительство: наука и образование. 2019. Т. 9. Вып. 2. Ст. 2. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.2.2

Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility — a long-term pending project

Boris A. Zaytsev, Igor M. Egorov

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU),
26 Yaroslavlshoshe, 129337, Moscow, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. In 1971, "Schedule of multi-purpose use and protection of water resources of the basin of the Belaya River" envisaged construction of a cascade of 10 waterworks facilities, subdivided in 4 sections. Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility was planned for construction in the third section, the most lucrative in terms of energetic utilization. However, of the three HPPs planned in this section: Varyazhskaya, Nizhne-Suyanskaya and Pavlovskaya HPP, for the time being, only Pavlovskaya HPP has been built.

Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility had the mission to solve water household, energy and socio-economic problems.

Materials and methods. Initial material for the study were the results of the "Substantiation of the investment in the construction of Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility in the Ufa River in the Republic of Bashkortostan" prepared by OJSC Energy Engineering Centre of Volga Region. Based on the retrieved data, the following analyses were made: a theoretical analysis, an estimate substantiation; subsequently, conclusions were put down based on the obtained results.

Results. The optimum solution is a comprehensive waterworks facility, since Nizhne-Suyanskaya HPP will allow for improvement of the electrical power supply of the consumers of the NE part of the Bashkir power supply network. The construction of Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility will enable the control of the water influx to the water storage basin of Pavlovskaya HPP allowing for its increased generation power.

The construction of the waterworks facility is supposed to carry out in 2 stages. The first stage will be the erection of a concrete overflow weir as a single unit with the HPP building. The second stage will be the construction of a soil dam of local construction materials, that is: dam body of sand and gravel soil, PFU core of loamy soil. Simultaneously with the soil dam, on the right bank a solid blind concrete weir will be erected.

Conclusions. Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility unfortunately was not built. Feasibility studies have demonstrated a rate of return of the waterworks facility of 12.8 %, the value being a little higher than the standard one. This justifies investment in Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility. The basic feasibility factors of the construction of the waterworks facility are: Federal support, project engagement of the executive authority of the Republic of Bashkortostan and PJSC RusHydro, as well as availability of free investment funds.

KEYWORDS: waterworks facility, project, construction, soil dam, hydroelectric power plant (HPP), storage basin

FOR CITATION: Zaytsev B.A., Egorov I.M. Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility — a long-term pending project. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2019; 9(2):2. URL: <http://nso-journal.ru> DOI: 10.22227/2305-5502.2019.2.2 (rus.).

ВВЕДЕНИЕ

Нижне-Суянский гидроузел на р. Уфе — гидротехнический проект с давней историей. В 1971 г. в соответствии со «Схемой комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Белой» был определен технический потенциал и среднегодовая выработка электроэнергии основных рек бассейна р. Белой. Водно-энергетический потенциал р. Уфы оценен и спроектирован путем разбивки водотока на каскад из десяти гидроузлов. Русло реки было разделено на четыре участка, каждый из которых включал несколько гидроузлов.

Нижне-Суянский гидроузел планировался к реализации на третьем участке — наиболее интересном с точки зрения энергетического использования. Этот участок обладал большими потенциальными ресурсами и имел благоприятные условия создания подпорных гидротехнических сооружений.

Расположенные на нем Варяжская, Нижне-Суянская и Павловская ГЭС — самые крупные и наиболее дешевые станции Уфимского каскада гидроэлектростанций, намеченного схемой 1971 г. Однако из рассмотренных схем гидроузлов к настоящему времени построена только одна — Павловская ГЭС с установленной мощностью 166 МВт и выработкой 590 млн кВт/ч ниже по течению от будущей Нижне-Суянской [1]. В последующие годы была установлена экономическая целесообразность объединения Варяжской и Нижне-Суянской ГЭС в одну ГЭС, в Нижне-Суянском створе.

В 2000-е гг. Нижне-Суянский гидроузел довольно часто упоминался в СМИ. Так, например, газета «Коммерсантъ» в 2010 г. на первой полосе опубликовала статью, где говорилось о планах ОАО «РусГидро» выделить 25 млрд руб. на развитие

энергетики Республики Башкортостан, в том числе и на строительство Нижне-Суянской ГЭС [2]. До сих пор публикуются статьи о перспективах развития гидроэнергетики Башкирии и о стратегиях использования водных ресурсов р. Уфы, в которых так или иначе затрагивается тема Нижне-Суянского гидроузла [3–6]. Однако работы в данном направлении не могут сдвинуться с «мертвой» точки.

Строительство Нижне-Суянского гидроузла намечалось в среднем течении р. Уфы в 307 км от устья на границе Аскинского и Караидельского районов Республики Башкортостан, в 12 км выше устья р. Тую, в месте выклинивания подпора от плотины Павловского гидроузла [7]. Он предназначался для решения водохозяйственных, энергетических и социально-экономических задач.

Водохозяйственные проблемы решались, с одной стороны, за счет уменьшения вероятности затопления и подтопления жилых и других строений г. Уфы во время паводков в результате регулирования стока р. Уфы. С другой стороны, обеспечивалась возможность надежной работы водозаборов г. Уфы за счет попусков в маловодные годы [8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходными материалами для исследований стали результаты «Обоснования инвестиций в строительство Нижне-Суянского гидроузла на р. Уфе в Республике Башкортостан», выполненные ОАО «Инженерный центр энергетики Поволжья» (ИЦЭП). На основе собранных данных и архивных материалов, а также информации из открытых источников был проведен теоретический анализ, осуществлено расчетное обоснование и сформулированы выводы по полученным результатам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассматривалось два варианта гидроузла: комплексного назначения со зданием ГЭС и водохозяйственного назначения без здания гидроэлектростанции.

Оптимальным является вариант гидроузла комплексного назначения, так как, по данным ИЦЭП, ввод Нижне-Суянской ГЭС с сопутствующей инфраструктурой позволит улучшить условия электроснабжения потребителей северо-восточной части башкирской энергосистемы. Кроме того, строительство Нижне-Суянского гидроузла даст возможность регулировать приток воды в водохранилище расположенной ниже по течению Павловской ГЭС, что повысит ее выработку [9]. Реализация данного проекта может также придать существенный стимул развитию депрессивных и особенно страдающих от безработицы районов северо-востока Башкортостана.

При проектировании гидроузла рассматриваются три варианта отметки нормального подпор-

ного уровня (НПУ) водохранилища — 167,0; 185,0; 194,0. Однако технико-экономические расчеты, выполненные ИЦЭП для этих вариантов отметки НПУ водохранилища, показали, что повышение отметки НПУ до 185,00 наиболее эффективно. Дальнейшее же повышение отметки уровня не оправдано, поэтому целесообразно остановиться именно на ней [10].

Нижне-Суянский гидроузел включает в себя: земляную плотину, бетонную водосливную плотину совмещенную со зданием ГЭС и глухую бетонную плотину. Строительство гидроузла планируется осуществлять в два этапа.

Первый этап строительства. Согласно плану строительства, работы на Нижне-Суянском гидроузле начинаются в декабре, и первым возводимым объектом станет совмещенное с водосливной плотинной здание ГЭС. Для ее строительства с декабря по январь с правого берега ведется отсыпка песчано-гравийной перемычки. Отметка гребня перемычки равна 148,5 м. Сразу после завершения строительства перемычки начинается отрывка котлована под

Рис. 1. Схема расположения карьеров

бетонную водосливную плотину, совмещенную со зданием ГЭС.

Бетонная водосливная плотина имеет две секции, каждая из которых включает в себя по два пролета шириной 20 м. Отметка порога водослива равна 175,4 м. Сопряжение потока воды с нижним бьефом осуществляется отбросом струи на 43 м.

Установленная мощность совмещенной ГЭС составляет 240 МВт. Исходя из максимального напора, равного 44,9 м, подобраны три турбины ПЛ-50 с диаметром рабочего колеса равным 5,5 м. Расход одной турбины составляет 253 м³/сек.

По предварительным расчетам первый этап строительства имеет продолжительность два года, и заканчивается полностью готовой к эксплуатации водосливной плотиной и недостроенным зданием ГЭС, в котором остаются не смонтированными только гидроагрегаты.

Второй этап строительства. Второй этап строительства в большей степени характеризуется интенсивными грунтовыми работами. Начинается он так же в декабре с разбора перемычки первой очереди и одновременной отсыпкой с левого берега перемычки второй очереди. Отметка гребня перемычки второй очереди равна 163 м.

На рис. 1 видно, что вблизи створа строящейся плотины находится карьер с песчано-гравийной смесью [11], поэтому строительство перемычки и самой земляной плотины в целях экономии ведется из местного строительного материала.

Спустя 3 мес. с начала второго этапа, в марте, заканчивается строительство перемычки и начинается отсыпка земляной плотины. Отметка гребня плотины достигает 186,6 м, максимальная высо-

та плотины — 48,6 м, заложение откосов принято 1:1,8. Крепление верхового откоса от размыва — каменная наброска. Выбор этого типа крепления объясняется тем, что подходящий материал также находится в непосредственной близости от строительной площадки, и стоимость работ по возведению такого крепления намного меньше, чем укладка железобетонных плит.

При выборе противифльтрационного элемента в теле плотины, рассматривались два варианта плотины: с суглинистым ядром и с железобетонным экраном. Необходимый для ядра материал находится в 2,5 км от створа плотины на левом берегу р. Уфы. Поэтому в целях экономии решено возводить плотину с ядром из суглинка.

Протяженность земляной плотины составляет 691,3 м от левого берега. Ширина по основанию в самом большом поперечном сечении 236,0 м.

При месячной интенсивности грунтовых работ, равной 188 тыс. м³/мес., срок строительства земляной плотины составит около 14 мес.

Чтобы не прерывать бетонные работы, одновременно с началом второго этапа начинается строительство глухой бетонной плотины, сопрягающей бетонную водосливную плотину с правым берегом. Ее высота равна 40,6 м, а заложение низового откоса 1:0,75. По окончании строительства глухой бетонной плотины, т.е. спустя 8 мес., бетонные работы на объекте заканчиваются.

Важным этапом в возведении гидроузла является период пропуска строительного паводка. Расход строительного периода равен 2920 м³/сек. При данном расходе уровень воды в верхнем бьефе поднимается до 162 м. Пропуск данного расхода

Рис. 2. Генплан Нижне-Суянского гидроузла

осуществляется через недостроенное здание ГЭС и через три донных водовода, расположенных под монтажной площадкой здания станции.

Спустя восемь месяцев от начала второго этапа строительства, начинается монтаж первого гидроагрегата здания ГЭС. Все три гидроагрегата монтируются последовательно друг за другом, монтаж каждого агрегата продолжается до трех месяцев.

По расчетам строительство Нижне-Суянского гидроузла займет в целом 3 года и 4 мес.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К сожалению, Нижне-Суянский гидроузел так и не был построен. Работы по нему не выходили за рамки предпроектного проектирования. Помешал развал великой страны — Советского Союза и годы перестройки. Затем, в 2000-е гг. идея строительства Нижне-Суянского гидроузла вновь обрела право на жизнь. Однако и тогда работы над проектом заморозили из-за того, что исполнительная власть Республики Башкортостан не смогла договориться с инвесторами и обеспечить должное финансирование [12].

Расчеты технико-экономических показателей продемонстрировали, что при современной цене за электричество, а также стоимости строительно-монтажных работ в данном регионе рентабельность гидроузла составит порядка 12,8 %, что даже немного выше нормативной. Это оправдывает капиталовложения в Нижне-Суянский гидроузел, а сравнительно небольшой срок окупаемости, равный немногим меньше 8 лет, должен усилить интерес инвесторов к данному гидроэнергетическому объекту [13].

Основными условиями, при которых было бы возможным строительство гидроузла, являются: наличие активной поддержки со стороны федерального центра, заинтересованность в проекте исполнительной власти Республики Башкортостан и ПАО «РусГидро» [14], наличие свободных инвестиций на поволжско-уральском строительном рынке, естественно при строгом соблюдении современных экологических нормативов и требований [15].

Возможно, что когда-то все эти условия будут соблюдены, и Нижне-Суянский гидроузел будет построен, существенно повысив устойчивость энергетической системы республики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А.И., Абдрахманов Р.Ф. Геоэкологические проблемы Павловской ГЭС // Межведомственный сборник материалов, посвященный Всемирному дню водных ресурсов : 22 марта — Всемирный день водных ресурсов. Уфа : БашГУ, 2013. С. 55–57.
2. Дзагуто В., Гришковец Е. Гидродар // Коммерсантъ. 2010. № 189. С. 1.
3. Файзрахманов Р. То, что мы пьем, — предмет особого внимания // Республика Башкортостан. 2012. № 52. С. 2.
4. Ематин Е.А. Перспективы развития гидроэнергетики в Республике Башкортостан и в России // Автоматизация, энерго- и ресурсосбережение в промышленном производстве. Казань, 2017. С. 23–27. URL: https://resbash.ru/stat_m/2/895
5. Гайнанов Д.А., Кантор О.Г., Каширина Е.С. Сценарное прогнозирование развития электроэнергетики Республики Башкортостан // Вопросы региональной экономики. 2016. № 2 (27). С. 3–10.
6. Климова С.И., Яковлева И.Ю. Анализ современного природно-ресурсного потенциала России // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований : сб. науч. тр., Москва, 2015. М. : Московский государственный областной университет, 2015. С. 151–158.
7. Володин С.А., Дружинин Д.А., Кочкаров У.Ю. Отчеты о полевых испытаниях. Каталог. Т. 5 / под ред. Н.А. Макарова, П.Г. Гайдукова. М. : ИА РАН, 2017. 352 с.
8. Камалетдинова Л.А. Роль водохранилищ при комплексном обустройстве водосборов западного Башкортостана // Наука молодых — инновационному развитию АПК : мат. VIII Всеросс. науч.-практ. конф. мол. уч., Уфа, 08 декабря 2015 г. Уфа : БГАУ, 2015. С. 205–209.
9. Ладенко С.Ю. Изменения гидрологического режима р. Уфы в створе Павловской ГЭС и оценка условий пропуска половодья расчетной обеспеченности через ее водопропускные сооружения // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2014. Т. 271. С. 69–82.
10. Чайка А.М. Влияние выбора отметки НПУ водохранилища и режима его регулирования на экономическую эффективность проекта гидроэлектростанции // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2014. Т. 273. С. 12–17.
11. Ладенко С.Ю. Изменения уровней воды на реках Белой и Уфе и другие негативные явления последних десятилетий, в том числе связанные с добычей песчано-гравийной смеси // Эволюция эрозионно-русловых систем, ее хозяйственно-экономические и экологические последствия, прогнозные оценки и учет : сб. ст. Уфа : Аэтерна, 2017. С. 26–30.

12. Мелконян А. Башкирские следы Евгения Дода, экс-главы «РусГидро» // Независимая. 2016.

13. Тедеев Г.Т., Рубановская С.Г., Джагаева М.С. Оценка эффективности инвестиционных проектов в гидроэнергетике // Труды СКГМИ (ГТУ). 2009. № 16. С. 255–260.

14. Хамитов Р.З. Башкортостан. Стратегия реноваций // Экономические стратегии. 2012. № 2. С. 6–11.

15. Абдуллин А.Х., Атнабаев А.Ф., Блинова Д.В. Анализ возможных последствий строительства гидротехнических сооружений с использованием ГИС-технологий // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем. 2012: межвуз. науч. сб. Уфа : УГАТУ, С. 71–79.

Поступила в редакцию 31 января 2019 г.

Принята в доработанном виде 10 февраля 2019 г.

Одобрена для публикации 25 марта 2019 г.

ОБ АВТОРАХ: Зайцев Борис Андреевич — студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, zaytsev_ufea@mail.ru;

Егоров Игорь Максимович — студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, igrapegorov@gmail.com.

INTRODUCTION

Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility on the Ufa River is a long-term pending project. In 1971, in accordance with “Schedule of multi-purpose use and protection of water resources of the basin of the Belaya River”, technical capacity and average energy generation of the main rivers of the Belaya River basin were determined. The hydroelectric power capacity of the Ufa River was evaluated and planned for cascade subdivision of the water course in ten waterworks facilities. The river bed was divided into 4 sections, each of them including several waterworks facilities.

Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility was planned for implementing in the 3rd section, the most lucrative in terms of energetic utilization. The section had considerable resource capacity and favourable conditions for set-up of head support waterworks facilities.

The HPP of this section, Varyazhskaya, Nizhne-Suyanskaya and Pavlovskaya HPPs had to be the biggest and the most cost-effective HPPs of the Ufa cascade planned by the Schedule of 1971. However, for the time being, of the scheduled waterworks facilities only one was built, Pavlovskaya HPP of 166 MW installed power and generation of 590 million kWh/year downstream the future Nizhne-Suyanskaya HPP [1]. During the subsequent years, feasibility of merging of Varyazhskaya and Nizhne-Suyanskaya HPP to one HPP in Nizhne-Suyanskaya HPP site.

In the 2000ies, Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility was rather often recalled in the mass media. So, Kommersant newspaper published in 2010 on the front page an article on plans by OJSC RusHydro to allocate

RUB 25 billion for the development of the power generation in the Republic of Bashkortostan, including the construction of Nizhne-Suyanskaya HPP [2]. Articles on the development prospects of the hydroelectric power generation of Bashkortostan and on strategies of the utilization of water resource of the Ufa River are still being published, in different manners touching upon the matter of Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility [3–6]. However, the project still shows no progress.

The construction on Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility was planned in the middle reaches of the Ufa River, in 307 km from the mouth on the border of Askinskiy and Karaidel'skiy Districts of the Republic of Bashkortostan, 12 km upstream the Tyuy River, in the place of the water discharge of the head support from the weir of Pavlovskiy Waterworks Facility [7]. It was intended for solving of water household, power supply and socio-economic problems.

The water household problems had to be solved, on the one hand, by lowered probability of flooding and underflooding of residential and other buildings of Ufa City during seasonal floods by means of the debit control of the Ufa River. On the other hand, reliable function of the water intakes of Ufa City by means of water release in low water level years had to be secured [8].

MATERIALS AND METHODS

Initial material for the study were the results of the “Substantiation of the investment in the construction of Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility in the Ufa River, Republic of Bashkortostan”, carried out by OJSC Energy Engineering Centre of Volga Region (ICEP). Based on the

retrieved data, the following analyses were made: a theoretical analysis, an estimate substantiation; subsequently, conclusions were put down based on the obtained results.

RESULTS OF THE STUDY

The construction was considered in two options: a complex one, with HPP building and water control one, without HPP building.

Optimum is the complex option, since based on ICEP data, a set-up of Nizhne-Suyanskaya HPP with complementary infrastructure could improve the electrical energy supply to consumers of the NE section of Bashkir power supply network. Additionally, the construction of Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility will enable the control of the water influx to the water storage basin of Pavlovskaya HPP allowing for its increased generation power [9]. The implementing of this project could also give a considerable impetus to the development of depressive and suffering of unemployment districts of the NE of Bashkortostan.

The design of the waterworks facility considers three level marks of the normal headwater level (NHWL) of the storage basin — 167.0; 185.0; 194.0. However, feasibility studies carried out by ICEP for these NWHL marks of the storage basin, have shown the most efficient NWHL level increase up to 185.0. Further increase of the level mark is also unreasonable, that is why it is advisable to stop on that mark [10].

Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility comprises: a soil dam, a concrete overflow weir as a single unit with HPP building and a solid concrete weir. The construction of the waterworks facility is planned in two stages.

First stage of construction. In accordance with the construction schedule, the works at Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility start in December, the first erected structure being the HPP building as a single unit with the overflow weir. For its construction, from December to January, filling of a sand and gravel bulkhead will be carried out from the right bank. The crest level mark of the bulkhead will be 148.5 m. Subsequent to the accom-

Fig. 1. Quarry arrangement diagram

plishment of the bulkhead construction, excavation of the foundation pit of the overflow weir as a single unit with HPP building will start.

The concrete overflow weir will have two sections, each section including two spans of 20 m width. The overflow threshold mark equals 175.4 m. The conjunction of the water flow with the after bay is performed by flow discharge by 43 m.

The installed power of the adjoining HPP will make 240 MW. Based on the maximum head of 44.9 m, 3 PL-50 turbines with 5.5 m impeller dia. were selected. The flow rate of one turbine will be 253 m³/s.

Preliminary calculations show the duration of the first construction stage of 2 years, resulting in an overflow weir completely available for operation and a HPP building ready for the turbine sets installation.

Second stage of construction. The second stage of construction will be mostly distinguished by intensive soil works. It will start as well in December with the demolition of the bulkhead of the first construction stage with simultaneous filling from the left bank of the second stage bulkhead. The crest level mark of the second stage bulkhead equals 163 m.

Fig. 1 shows in the vicinity of the future weir construction site a quarry with sand and gravel mixture [11], that is why the construction of the bulkhead and the soil dam as well is performed of local construction material for increased savings.

After 3 months from the launch of the second stage, in March, the bulkhead construction is finished, and filling of the soil dam will start. The crest mark of the weir is 186.6 m, the maximum weir height is 48.6 m, slope ratio 1:1.8. Upstream face shoring against washout by enrockment. This type of shoring is selected due to availability of suitable material in immediate vi-

cinity of the construction site, and because the cost of work for the erection of such shoring is much less than cladding with reinforced concrete plates.

During the selection of the dam core, two options were considered: with a loamy soil core and with a reinforced concrete shield. The material required for the core lies within 2.5 km from the weir site on the left bank of the Ufa River. For economy reasons, the dam core shall be of loamy soil.

The extension of the dam will be 691.3 m from the left bank. The base width in the widest cross-section will be 236.0 m.

At a monthly soil work performance of 188 thousand m³/month, the construction period of the soil dam will be about 14 months.

For continuity of the concrete works, simultaneously with the onset of the second stage, the construction of the solid concrete weir will start, for conjunction of the concrete overflow weir with the right bank. Its height equals 40.6 m, with downstream slope ratio of 1:0.75. On finishing the construction of the solid concrete weir, that is, in 8 months, the concrete works of the project will be accomplished.

The important stage in the erection of the waterworks facility is the period of the construction flood. The debit of the construction period is 2920 m³/s. At such debit, the water level in the upstream pool will rise up to 162 m. The flow will be canalised via the semi-finished HPP building and three bottom spillways underneath the installation ground of the HPP building.

8 months from the beginning of the second stage of construction, the installation of the first turbine set in the HPP building will start. All three turbine sets will be installed subsequently, with a duration of up to three months each one.

Fig. 2. Master Plan of Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility

Based on calculations, the construction of Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility will take 3 years and 4 months.

CONCLUSION

Unfortunately, Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility was not built. The progress never reached beyond the preliminary design works. The reason was the collapse of the Soviet Union and the transition to capitalism. Then, in the 2000ies, the idea of Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility construction gained vitality again. But that time the project work was suspended, due to the failure of the executive authority of the Republic of Bashkortostan to negotiate with investors and to ensure appropriate financing of the project [12].

Feasibility studies have demonstrated at current electrical energy and construction performance prices,

the rate of return of the waterworks facility will be 2.8 %, the value being a little higher than the standard one. This justifies investment in the Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility, whereas the relatively short investment return time a little bit less than 8 years, could increase the attractiveness of this hydroelectric power generation facility for investors [13].

The basic feasibility factors of the construction of the waterworks facility are: Federal support, project engagement of the executive authority of the Republic of Bashkortostan and PJSC RusHydro [14], as well as availability of free investment funds in the Volga-Ural construction market, under strict observance of current environment protection codes and requirements [15].

Sometimes, these conditions will be observed, and Nizhne-Suyanskiy Waterworks Facility will be built increasing the stability of the Republic's power supply system.

REFERENCES

1. Smirnov A.I., Abdrakhmanov R.F. Geoeological problems of the Pavlovskaya HPS. *Interdepartmental collection of materials dedicated to the World Water Day : March 22 — World Water Day*. Ufa, Bashkir State University, 2013; 55-57. (rus.).
2. Dzaguto V., Grishkovets E. Hydrodar. *Kommersant*. 2010; 189:1. (rus.).
3. Fayzrakhmanov R. What we drink is a subject of special attention. *Republic of Bashkortostan*. 2012; 52:2. (rus.).
4. Ematin E.A. Prospects for the development of hydropower in the Republic of Bashkortostan and in Russia. *Automation, energy and resource saving in industrial production*. Kazan, 2017; 23-27. URL: https://resbash.ru/stat_m/2/895 (rus.).
5. Gaynanov D.A., Kantor O.G., Kashirina E.S. Scenario forecasting of development of electric power industry of the Republic of Bashkortostan. *Regional Economy Issues*. 2016; 2(27):3-10. (rus.).
6. Klimova S.I., Yakovleva I.Y. Analysis of modern natural resource potential of Russia. *New word in science and practice: hypotheses and approbation of research results: collection of articles*. Moscow, Moscow state regional University Publ., 2015; 151-158. (rus.).
7. Volodin S.A., Druzhinin D.A., Kochkarov U.Yu. Reports on field tests. *Catalogue*. Moscow, IA RAS Publ., 2017; 5:352. (rus.).
8. Kamaletdinova L.A. Catchments of the western bashkortostan as a complex arrangement of objects. *Science of the Young — to the innovative development of the agro-industrial complex: materials VIII all-russian scientific and practical conference of young scientists*. Ufa, December 8, 2015. Ufa, BGAU Publ., 2015; 205-209.
9. Ladenko S.Yu. Changes in the hydrological regime of the Ufa river in the alignment of the Pavlovsk HPP and the assessment of the conditions of the flood of the calculated security through its culverts. *News Vserossiiskogo scientific-research Institute of hydraulic engineering them. B.E. Vedeneeva*. 2014; 271:69-82. (rus.).
10. Chaika A.M. Influence of the choice of the level of the NNP reservoir and the mode of its regulation on the economic efficiency of the hydroelectric power plant project. *Proceedings of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering*. B.E. Vedeneeva. 2014; 273:12-17. (rus.).
11. Ladenko S.Yu. Changes in water levels on the rivers Belaya and Ufa and other negative phenomena of recent decades, including those associated with the extraction of sand-gravel mixture. *Evolution of erosion-channel systems, its economic and environmental consequences, forecast estimates and accounting: collection of articles*. Ufa, Aeterna Publ., 2017; 26-30. (rus.).
12. Melkonyan A. Bashkir footprints of Evgeny Dod, ex-head of RusHydro. *Independent*. 2016.
13. Tedeev G.T., Rubanovskaya S.G., Dzhagayeva M.S. Evaluation of the effectiveness of investment projects in hydropower. *Proceedings of SKGMI (GTU)*. 2009; 16:255-260. (rus.).
14. Khamitov R.Z. Bashkortostan. Renovation Strategy. *Economic Strategies*. 2012; 2:6-11. (rus.).
15. Abdullin A.Kh., Atabayev A.F., Blinova D.V. Analysis of the possible consequences of the construction of hydraulic structures using gis-technologies. *Geo-information technologies in the design and creation of corporate information systems Interuniversity scientific collection*. Ufa, UGATU, 2012; 71-79. (rus.).

Received January 31, 2019

Adopted in a modified form on February 10, 2019

Approved for publication March 25, 2019

B I O N O T E S : **Boris A. Zaytsev** — student, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, 129337, Moscow, Russian Federation, zaytsev_uefa@mail.ru;

Igor M. Egorov — student, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, 129337, Moscow, Russian Federation, igpapegorov@gmail.com.