DOI: 10.34708/GSTOU.CONF..2021.22.95.027

УДК 627.8 + 631.4

**ВОДОХРАНИЛИЩА ДЕРИВАЦИОННЫХ ГЭС И ПРИМЕНЕНИЕ
АЛЛЮВИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**RESERVOIRS OF DIVERSION HYDRO POWER PLANTS AND THE APPLICATION OF
ALLUVIUM FOR THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS**

¹Жокоев М. Н.

¹Kokoev M. N.

¹доктор техн. наук, проф. кафедры "Организации строительного производства
КБГУ им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик, Россия

¹Doctor tech. Sciences, Prof. of the Department of Organization of Construction Production
KBSU named after H.M. Berbekov, Nalchik, Russia

Аннотация. В горных реках Северного Кавказа расход воды в паводок увеличивается в десятки раз. Часто в горных условиях технически проще и дешевле построить не плотинную станцию с большим водохранилищем, а деривационную ГЭС с небольшим водохранилищем или с бассейном суточного регулирования. Горные реки несут большое количество песка и ила. Во время паводков вода переносит и мелкие камни, и гальку. Если не принимать мер для очистки от речных наносов водохранилищ, то через несколько лет полезный объем водохранилищ будет исчерпан. В статье рассматривается один из способов поддержания водохранилищ и бассейнов суточного регулирования в рабочем состоянии. Предложено речные наносы (аллювий) регулярно извлекать из водохранилищ, обрабатывать и использовать как сырье для производства строительных песчано-гравийных смесей и щебня. Есть большая потребность в этих материалах при строительстве автомобильных дорог, в промышленном и гражданском строительстве. Одновременно можно использовать тонкие фракции аллювия в виде ила, глины и тонкого песка в качестве основы для приготовления почвенного субстрата с целью применения его для улучшения пойменных земель. Обсуждаются вопросы организации при водохранилищах каскада ГЭС на горных реках механизированных участков по утилизации донных отложений.

Abstract. In the mountain rivers of the North Caucasus, the water discharge during a flood increases tenfold. Often, in mountainous conditions, it is technically easier and cheaper to build a derivation hydroelectric power station with a small reservoir or with a daily regulation pool than a dam station with a large reservoir. Mountain rivers carry large amounts of sand and silt. During floods, the water carries lots of small stones and pebbles. If no measures are taken to cleanse reservoirs from river sediments, their useful volume would be exhausted in a few years of operation. The article discusses one of the ways to maintain reservoirs and basins of daily regulation in working order. It is proposed that river sediments (alluvium) be regularly removed from reservoirs, processed and used as raw materials for the production of construction sand and gravel mixtures and crushed stone. The demand for these materials in the construction of highways, in industrial and civil construction is high. At the same time, it is possible to use fine fractions of alluvium in the form of silt, clay and fine sand as a basis for preparing a soil substrate to improve floodplain lands. The issues of organizing mechanized teams for utilization of bottom sediments at reservoirs of a cascade of hydroelectric power stations on mountain rivers are discussed.

Ключевые слова: горные реки, водохранилище, деривационные ГЭС, аллювий, донные отложения, строительные материалы.

Keywords: mountain rivers, diversion hydro power plants, reservoir, alluvium, crushed stone, sand gravel mixes.

Годовые колебания расходов воды в горных реках Северного Кавказа очень велики. Например, в паводок расход воды в реке Баксан возрастает до 15 раз, а в реке Терек увеличивается в десятки раз. При таких колебаниях стока и недостаточной емкости горных водохранилищ, они могут обеспечить регулирование мощности ГЭС за счет запаса воды максимум в течение нескольких суток. Причем, когда потребление электроэнергии на освещение, отопление и производственные нужды возрастает в осенне-зимний период, в это время года в горных реках наблюдается минимальный расход воды (межень).

Например, типичный представитель такого горного энергогидроузла - Аушигерская ГЭС является деривационной гидроэлектростанцией с безнапорной подводящей деривацией. Установленная мощность электростанции 60 МВт. Фактическая среднегодовая выработка электроэнергии 240,5 млн. кВт·ч [1]. При равномерном расходе воды в течение года понадобилась бы мощность турбин всего 28 МВт, то есть примерно в два раза меньше. Но так не делают. Во-первых, из-за очень неравномерного стока горных рек, мощность турбин большую часть года недоиспользовалась бы. Во-вторых, всегда необходимо иметь на станции резервную мощность для возможности планового ремонта и реновации турбин и генераторов.

При благоприятных геологических и топографических условиях на горной реке может быть применена плотинная схема ГЭС. Посредством плотины можно создать большое водохранилище для регулирования стока реки. История мировой гидроэнергетики знает немало уникальных плотин на горных реках. Яркий пример - плотина Гувера (Hoover Dam), которая была построена 1931-1936 в острой фазе Великой депрессии в США. Это бетонная арочно-гравитационная плотина высотой 221 м и гидроэлектростанция мощностью 2080 МВт, сооруженная в нижнем течении реки Колорадо [2]. Обращает на себя внимание большая стрелка прогиба бетонной арки плотины и мощные уступы в скальных берегах реки, на которые опирается арка.

С другой стороны, чем выше плотина, тем большая территория долины затапливается, тем хуже для горной экологии и сельского хозяйства речной долины. Кроме того, на горных реках с малым расходом получать необходимый напор для работы турбин за счет строительства высокой плотины экономически нецелесообразно. Во многих случаях в горных условиях технически проще и экономичнее построить не плотинную станцию с большим водохранилищем, а деривационную или плотинно-деривационную ГЭС. Такие ГЭС имеют меньшие сроки окупаемости.

При деривационной схеме ГЭС высота плотины может быть небольшой, в редких случаях выше 15-20 м, обеспечивающей некоторый запас воды и отвод воды из реки в деривацию (лат. *derivatus* - отведенный). То есть вода из реки отводится с помощью безнапорного деривационного канала или туннеля проложенных с небольшим уклоном. При этом деривационный канал стремятся проложить так, чтобы окончание канала с напорным бассейном находился там, где выгодно с точки зрения получения максимального напора расположить крутопадающий напорный туннель к стоящему внизу машинному залу ГЭС с гидротурбинами. В некоторых случаях вместо напорного туннеля по крутому склону прокладывают напорные трубы большого диаметра. Таким образом, в деривационных ГЭС сильный напор для работы гидротурбин создают за счет напорного туннеля или напорных труб [3,4]. Вода, отдав свою энергию турбинам, по отводящему каналу направляется в реку или в ирригационный канал.

При длинной безнапорной подводящей деривации в конце ее, иногда устраивается бассейн суточного регулирования ГЭС. Объем бассейна суточного регулирования иногда превышает 1,5 млн. м³. Дело в том, что в составе большой энергосистемы, состоящей из нескольких электростанций, в том числе тепловых, всегда желательно иметь хотя бы одну гидроэлектростанцию с водохранилищем или с бассейном суточного регулирования достаточного объема. Смысл в том, что ГЭС из-за малого времени пуска и быстрого выхода на большую мощность, всегда готова покрыть недостающую мощность в энергосистеме, например, при вечернем пике потребления в энергосистеме. И наоборот, ГЭС может сравнительно быстро сбросить мощность, если часть потребителей снизили свои потребности. К таким быстрым маневрам мощностью тепловые станции не способны, поскольку паровые котлы и турбогенераторы обладают большой тепловой инерцией. Но для выполнения вышеописанной задачи горная ГЭС должна иметь водохранилище или, в крайнем случае, бассейн суточного регулирования. Чем больше

объем водохранилища, тем большую пиковую мощность может покрыть ГЭС в региональной энергосистеме.

Проблема емкости водохранилищ и бассейнов суточного регулирования в горах усугубляется тем обстоятельством, что горные реки несут большое количество песка и ила. А во время паводков вода переносит и мелкие камни, и гальку. Например, за год все притоки реки Терек, куда входят и все реки КБР, выносят в сумме в дельту Терека до 26 млн. тонн взвешенных наносов [5, 6]. Если не принимать мер для очистки от речных наносов водохранилищ и бассейнов суточного регулирования, то через несколько лет полезный объем водохранилищ будет исчерпан. Например, водохранилище проектным объемом около 600 тыс. м³ на Гизельдонской деривационной ГЭС в Северной Осетии [7], выполняющее функции бассейна суточного регулирования, в 2010 году было заполнено наносами на 50 %. В 2016 году водохранилище, в результате принятых мер, было полностью очищено от наносов.

Рассмотрим один из возможных экономических вариантов поддержания водохранилищ и бассейнов суточного регулирования ГЭС в работоспособном состоянии длительное время [8]. Обеспечить эффективность работы водохранилищ при минимальных затратах можно в том случае, если речные наносы (аллювий) регулярно извлекать из искусственных водоемов и использовать их как сырье для производства строительных песчано-гравийных смесей и щебня.

Все виды строительства нуждаются в больших количествах балластного сыпучего минерального материала. Особенно при строительстве и ремонте автомобильных и железнодорожных дорог, в промышленном и гражданском строительстве. Разработка карьеров и незаконное изъятие минерального сырья из русел рек наносят большой ущерб природе и вредит водному хозяйству. Потребность в балластных материалах и заполнителях бетонов в предгорных районах можно значительно восполнить, извлекая галечно-гравийно-песчаную смесь из донных отложений. Донные отложения периодически заполняют какую-то часть объема водохранилищ, бассейнов суточного регулирования и отстойники горных ГЭС. В дорожном строительстве можно использовать щебень, получаемый при переработке донных отложений путем дробления камней и крупной гальки.

Предпочтительно использовать щебень, близкий к кубической форме. В этом случае повышается износостойкость щебня. Стандартом регламентируется определенное содержание в балласте щебня вытянутой формы. Такой щебень расклинивает дорожный балластный слой. Это повышает устойчивость балластной призмы. Кроме щебня, в балласте и бетоне применяют мытый крупно- или среднезернистый песок.

Попутно желательно использовать донные отложения в виде ила, глины и тонкого песка в виде основы для приготовления качественного почвенного субстрата с целью применения его для улучшения пойменных земель. Таким образом, речь идет об организации при водохранилищах или бассейнах суточного регулирования каскада ГЭС механизированного участка по утилизации донных отложений (участок УДО).

Если речь идет о каскаде ГЭС, сооруженных на одной горной реке, то такой участок целесообразно организовать на нижней ГЭС каскада. Тогда, при извлечении наносов, их удобно транспортировать с верхних станций по временному пульпопроводу вниз. Это уменьшит требуемую мощность насосов для перекачки пульпы. Для извлечения наносов из водохранилищ удобно использовать небольшой транспортабельный по горным дорогам земснаряд. Сейчас их производят в России, по меньшей мере, на нескольких заводах. На юге РФ небольшие и средние земснаряды производит ООО "Завод металлоконструкций" в Приморско-Ахтарске (Краснодарский край). Например, земснаряд ЛС 27 М 800/40 имеет грунтовый насос с производительностью по воде 800 м³/ч (с гидрорыхлителем или фрезерным рыхлителем), насос развивает напор 40 м. Глубина разработка до 10 м. Диаметр напорного трубопровода 219 мм. Грунтовый насос земснаряда может перекачивать пульпу с содержанием инертных материалов до 30 %. Поэтому, очищая водохранилище или бассейн суточного регулирования ГЭС, один такой земснаряд при двухсменной работе извлечет из водохранилища за месяц до 100 тыс. тонн инертных материалов. Если привод грунтового насоса не дизельный, а электрический, то лучше использовать земснаряд в часы дешевого тарифа на электроэнергию, так как мощность электродвигателя грунтового насоса небольшого земснаряда 150-200 кВт, а более крупные земснаряды, которые применяются

для чистки больших водохранилищ, снабжаются грунтовыми насосами общей мощностью до 800 кВт.

На участке УДО должен быть набор оборудования для производства щебня и песка различных фракций и для отделения взвешенных веществ (ила и глины) для приготовления почвенного субстрата из донных отложений водохранилища. Комплект может варьироваться в зависимости от объема работ и состава донных отложений водохранилища. В перечне оборудования могут быть отстойники с механизацией для мойки гальки и песка, ленточные и шнековые транспортеры, щековая и/или конусная дробилка для крупной гальки и камней, бункера с вибрационными питателями, виброгрохоты, ковшовые погрузчики. Производство щебня и песка из донных отложений выгодно, так как не требует уплаты налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ).

Супесь, ил и частицы глины, извлеченные из отстойников и мойки на участке УДО, используют в качестве основы для приготовления почвенного субстрата [9]. Для этого к основе добавляют грубо измельченные отходы растениеводства и, поскольку в донных отложениях много супеси, обладающей низкой влагоёмкостью, к почвенному субстрату обязательно добавляют измельченную глину или суглинки. Известь в этот субстрат не добавляют, так как в поймах большинства рек КБР почвы обычно щелочные.

Если отсыпают или намыывают грунт в удалении от устоявшегося русла реки, то к субстрату добавляют органические удобрения. Готовый субстрат почвы подают в пойму для намыва с помощью временного пульпопровода, который периодически переставляют. Пойменные земли иногда имеют уклоны более 2-3 %. В этом случае целесообразно делать обваловку намытых или отсыпанных участков, или террасировать пойму. Если участок поймы, намеченный к улучшению, расположен далеко от участка утилизации донных отложений, то субстрат перевозят и отсыпают самосвалами. Таким образом, достигают значительное улучшение пойменных земель, наряду с производством балластных материалов и щебня.

Список использованной литературы

1. Соттаев А. А., Уханов М. Ф., Никоноров В. П. Каскад Нижнечерекских ГЭС на р. Черек // Гидротехническое строительство. 2007. № 7. С. 69-74.
2. Дворецкая М.И., Жданова А.П., Лушников О.Г., Слива И.В. Возобновляемая энергия. Гидроэлектростанции России. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, 2018. 224 с.
3. Рубин А.Д., Батранюк Г.Н., Кульбаев А.В., Волшаник В.В. Водозаборный узел Верхнебалкарской ГЭС: проектные решения и охрана окружающей среды // Вестник МГСУ. 2009. № 1. С. 172-176.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 8. Северный Кавказ / под ред. Д. Д. Мордухай-Болтовского. Л.: Гидрометеиздат, 1964. 309 с.
5. Чистяков А. А. Горный аллювий. М.: Недра. 1978. 287 с.
6. Шуваева Л.Н., Зангиев К.З., Гетоева З. Из истории Гизельдонской ГЭС // Энергетик. 2016. № 3. С. 51-53.
7. Кокоев М.Н. Проблемы гидроэнергетики и водохранилищ / Сборник научных работ КБСХА. 1998. С. 75-77.
8. Кокоев М.Н. Переработка аллювия водохранилищ для рекультивации пойменных земель // Мелиорация и водное хозяйство. 1998, N 4. С. 14-15.