



Олег Пуля

Вид на плотину Гувера и мост Hoover Dam Bypass Bridge, США, июль 2009 г.

Повелители рек

Плотины для использования энергии воды люди строят более тысячи лет. Сегодня эти величественные сооружения формируют масштабные природно-технические ландшафты и вызывают чувство гордости за достижения инженерной мысли человека и удивительное мастерство строителей

Китайская королева

Крупнейшей гидроэлектростанцией мира сейчас является китайская ГЭС «Три Ущелья» («Санься»). Это техническое чудо, символизирующее растущую мощь Поднебесной, с 1992 года возводится на реке Янцзы близ города Сандоупин провинции Хубэй. Пока еще недостроенная, «Санься» уже сейчас уверенно держит пальму первенства и по количеству мощнейших энергоблоков, и по выработке электричества, и по объемам финансирования. Короче, она самая-самая!

ГЭС на 22 500 МВт, возведение которой завершится в 2011 году, станет центром объединенной энергосистемы Китая, а макси-

мальный годовой объем вырабатываемой на ней электроэнергии составит около 100 млрд кВт·ч. При этом она существенно улучшит транспортные возможности крупнейшей в Евразии реки Янцзы и полностью исключит наводнения в ее нижнем течении – что раньше было для страны неразрешимой проблемой. Например, во время крупнейшего в XX веке наводнения 1998 года погибло около 4000 человек, было разрушено и повреждено 13,3 млн домов, а общий ущерб превысил \$25 млрд. Отныне такие бедствия станут невозможными.

Совсем недавно, в начале июля 2010 года, правительственные чиновники и эксперты высокого

уровня, выступая на Китайском форуме по вопросам энергетической стратегии и развития энергетики в 12-й пятилетке, заявили, что гидроэнергетика является приоритетной задачей в рамках программы развития возобновляемых источников энергии. Для этого, в частности, необходимо ускорить строительство крупных ГЭС – и к 2020, 2030 и 2050 годам мощность установленных в Китае гидроэнергетических агрегатов достигнет 300, 400 и 450–500 млн кВт соответственно. Это позволит Китаю принципиально изменить свою экономику и гораздо меньше зависеть от традиционных для него источников энергии. Если сейчас, согласно данным Нацио-

нальной комиссии по развитию и реформам Китая, для производства 1 кВт·ч электроэнергии требуется 366 граммов угля, то ГЭС «Три Ущелья» потенциально уменьшит ежегодное потребление этого вида топлива в стране на 31 млн тонн, причем одна только эмиссия парниковых газов сократится на 100 млн тонн. Так что неудивительно, что руководство Народной Республики объявило возведение ГЭС на Янцзы одной из главных социально-экономических задач.

Собственно, идея строительства на Янцзы гигантской плотины далеко не нова – еще в 1919 году ее всерьез рассматривал «отец нации» Сунь Ятсен, мечтав-

ший превратить Китай в мощную современную державу. Проект этот обсуждался и в 1932-м, но так и остался безнадежной утопией – к идее возведения ГЭС на Янцзы снова обратились только при Мао Цзэдуэ. После очередного тяжелейшего наводнения в середине 1950-х он писал:

*Стены камней встанут
на пути течения,
Сдержат грозовые
облака и дождь,
Пока озерная гладь
не накроет узкие ущелья.*

«Великий кормчий» дважды распоряжался о начале подготовки к строительству, но и тогда экономика Китая не потянула реализацию грандиозных планов. Только в 1979-м китайское руководство вновь вернулось к этой идее, и следующее десятилетие шли ожесточенные споры о технических, экологических и социальных аспектах проекта. В итоге в 1989-м он был заморожен на пять лет, но реальные работы начались все-таки раньше – уже в 1992 году, несмотря на то что треть парламента проголосовала против, правительство заложило в бюджет расходы на строительство, превышавшие \$25 млрд. Практически единолично судьбу плотины решил премьер Госсовета КНР Ли Пэн, попутно запретив все публичные дискуссии по этому вопросу. Любопытно, что «Три Ущелья» китайцы не без юмора прозвали «семейным проектом» – самое непосредственное отношение к строительству грандиозной ГЭС имели дети Ли Пэна – его сын Ли Сяопэн, контролировавший крупнейшую в Китае энергетическую China Huaneng Corporation, и дочь Ли Сяолин, вице-президент China Power Investment Corporation.

Строительство шло ударными темпами – возведение плотины началось в мае 1994 года, в ноябре 1997-го была перекрыта Янцзы, а последний из 26 основных энергоблоков был сдан в коммерческую эксплуатацию 30 октября 2008-го – на год раньше запланированного. Ну а до конца 2010-го намечен ввод в строй подземного зала с шестью последними гене-



ГЭС «Три Ущелья», Китай

раторах по 700 МВт, которые предназначены в основном для срабатывания паводков на Янцзы. При этом поражают воображение технические параметры ГЭС – гравитационная бетонная плотина имеет длину 2335 и высоту 185 метров, на ГЭС установлены 32 энергоблока по 700 МВт, а общая мощность станции, как уже говорилось, составит 22 500 МВт. В состав комплекса также входят двухниточный пятиступенчатый шлюз для грузовых и судоподъемник для пассажирских судов. При этом руководство КНР неоднократно подчеркивало, что общий объем капиталовложений в строительство гидроузла «Санься» не превысит 180 млрд юаней (\$26,5 млрд). Заметим, что изначально расходы планировались в сумме 203,9 млрд юаней, то есть их удалось сократить более чем на 10%. Впрочем, в оценке стоимости такого строительства слишком многое зависит от методики подсчетов – по мнению ряда экспертов, с учетом всех сопутствующих расходов цена проекта уже перевалила за \$75 млрд!

И, как водится, плюсом столь масштабного проекта сопутствовали не менее впечатляющие минусы. Например, ученые из китайского Национального университета имени Сунь Ятсена

и Центрального национального университета (Тайвань) утверждают, что огромное водохранилище «Санься» в большей степени повлияет на глобальные изменения климата, чем те объемы CO₂, что были бы выброшены в атмосферу при выработке аналогичных «Трем Ущельям» объемов электроэнергии на традиционных тепловых ГЭС.

Конечно, правительственные эксперты Китая убеждены, что ситуация эта не критична, но в любом случае не удастся избежать и многих других экологических проблем. Так, подволнами водохранилища площадью 1050 км² оказались тысячи заводов и шахт, что неизбежно приведет к попаданию в водохранилище самых разных отходов. К этому доба-

Выработка электричества на ГЭС «Три Ущелья»

В конце июля 2010 года все 26 энергоблоков ГЭС «Три Ущелья» работали с полной нагрузкой, и ежедневная выработка электроэнергии на этом крупнейшем в мире гидроузле превысила 430 млн кВт·ч. При этом в первом полугодии 2010 года выработка ГЭС «Три Ущелья» составила 29,76 млрд кВт·ч – на 2,6 млрд меньше, чем за первые шесть месяцев прошлого года. Это объясняется уменьшением притока воды в водохранилище, который в январе – июне был на 8,5% ниже нормы. Но с конца июня ухушилась паводковая ситуация в среднем и нижнем течении Янцзы, и гидроузел «Санься» впервые сыграл противопаводковую роль.

При этом в воде Янцзы содержится много ила, планктона и прочей органики, и хотя конструкция плотины предусматривает сброс илового осадка, он все же будет неизбежно скапливаться у основания плотины. А при его разложении выделяются метан и закись азота (каждая тонна которой, попав в атмосферу, производит действие столь же губительное, как 200 тонн углекислого

газа). Конечно, сточные воды, которые в большом количестве сбрасываются в Янцзы выше ГЭС, – если раньше все они уносились рекой в океан, то сейчас будут оседать у плотины, пополняя собой «залежи» органики.

Было затоплено 13 городов и около 1440 деревень и поселков, а для переселения более чем 1,3 млн человек потребовалась операция общегосударственно-



го масштаба. Плюс ко всему под воду навсегда ушли около 1300 археологических достопримечательностей Китая.

В конце концов, не стоит забывать и о том, что на плотину «Санья» давят 39,3 млрд кубометров воды, запертых в водохранилище. И хотя возможность разрушения плотины, пусть даже в результате землетрясения, достаточно гипотетическая, над 360 млн человек, живущих ниже по течению Янцзы, огненные навис дамоклов меч грандиозной техногенной катастрофы...

Поющий камень

Построить сверхмощную ГЭС на реке Парана (4380 км, вторая в Южной Америке по длине после Амазонки) Бразилия планировала еще в 1960-х. Вот только самое подходящее место для строительства гигантской плотины оказалось прямо на границе Бразилии и Парагвая – а в истории двух этих стран были и времена политического и экономического противостояния, и жесточайший военный конфликт 1864–1870 годов. В той давней войне Парагвай потерял 90% взрослого мужского населения, а такие обиды не забываются... Тем не менее здравый смысл и экономическая целесообразность восторжествовали – этот проект обещал решить энергетические проблемы обеих стран, и в 1966-м начались исследования возможностей совместного использования водных ресурсов, а в апреле 1973 года Парагвай

и Бразилия подписали договор о возведении ГЭС «Итайпу». Наконец, в мае 1974-го была создана компания Itaipu Binacional – соответствуя названию («двухнациональная»), она принадлежит на равных Бразилии и Парагваю (и затраты, и территория, и произведенная энергия – всё поровну).

Строительство началось в январе 1975 года. Помимо технических проблем работы осложнялись и «подводными камнями» межгосударственной политики. Один из самых больших вопросов был решен в октябре 1979 года, когда Бразилия, Аргентина и Парагвай договорились о регулировании уровня воды в бассейне реки. Тогда этими тремя странами управляли военные диктаторы, обоснованно не доверявшие друг другу, и аргентинцы опасались, что в случае конфликта Бразилия может открыть шлюзы и река Ла-Плата затопит Буэнос-Айрес... Сходными причинами объясняется и колоссальный рост стоимости ГЭС в процессе строительства – при том что возведение «Итайпу» изначально оценивалось экспертами в \$4,4 млрд, реально ГЭС обошлась Бразилии и Парагваю в \$19,6 млрд. И проблема оказалась не в точности расчетов, а в специфической экономической неэффективности военных режимов этих двух стран.

Водоохранилище «Итайпу» заполнилось в конце 1982 года, в 1984-м был пущен первый генератор, а последние два из 18

основных энергоблоков заработали в 1991-м. К марту 2007 года были готовы и два дополнительных генератора. Все 20 энергоблоков имеют мощность 700 МВт, и в итоге установленная мощность ГЭС составляет 14 000 МВт (реально получается до 15 000 МВт – из-за того что напор воды выше расчетного). При этом из 20 энергоблоков 10 генерируют на частоте 50 герц для электросетей Парагвая, а 10 – на частоте 60 герц для Бразилии.

Интересно, что если на большинстве гидроэлектростанций Бразилии исправно работает оборудование производства СССР, то на «Итайпу» установлены генераторы концерна Siemens. Причина – не в качестве и вообще не в экономике, а в политике. Советский Союз в свое время отказался от этого выгодного международного контракта исключительно по политическим мотивам. Дело в том, что парагвайский диктатор генерал Альфредо Стресснер не только преследовал коммунистов, но и превратил свою страну в тихую гавань для десятков тысяч бежавших из Германии сторонников гитлеровского режима. Тем не менее Стресснер не прогадал – силенковские турбины работали ничуть не хуже советских, а благодаря «Итайпу» Парагвай превратился в крупного экспортера электроэнергии. Эта ГЭС стала надежным фундаментом экономического благосостояния Парагвая, который ранее носил печальный титул беднейшей страны континента.

На языке парагвайских индейцев гуарани «итайпу» означает «поющий камень» – так называют остров-скала, в доэлектрические времена рождавший в этих местах необыкновенное эхо. Интересно, что одно из самых сильных произведений американского композитора-минималиста Филипа Гласа – «симфонический портрет» Itaipu со словами на языке гуарани. Творение музыканта исполнено скорби о девственной природе, уничтоженной при строительстве грандиозной ГЭС. Но в этом гений минимализма не совсем прав – о природе строители плотины все-таки позаботились. После заполнения водохранилища водой по его берегам посадили 20 млн деревьев и вновь расселили все те виды животных, что обитали в этих местах раньше, но погибли или ушли, спасаясь от людей и наступающей воды. Вдобавок из районов затопления было вывезено около 300 археологических памятников древней индейской культуры.

Общая длина плотины составляет невиданные 7700 метров при высоте 196, площадь водохранилища 1350 км², годовая выработка ГЭС составляет 90–95 млрд кВт·ч, и она обеспечивает электроэнергией около 20% потребностей Бразилии и 90% потребностей Парагвая. Тем не менее сейчас «Итайпу», долгое время занимавшая первое место в мире, безоговорочно уступила лидерство китайским «Трем ущельям»...



Панорама ГЭС «Итайпу»,
Бразилия – Парагвай

Американское чудо света

Плотина Гувера, построенная в США в сложнейшие времена Великой депрессии 1930-х, признана одним из 10 величайших сооружений XX столетия. Уникальная для своего времени ГЭС с бетонной арочно-гравитационной плотиной высотой 221 метр расположена в нижнем течении реки Колорадо в 48 км от знаменитого Лас-Вегаса. Это величайшее гидротехническое сооружение в 1981 году было включено в Национальный регистр исторических мест США и по сей день обеспечивает электроэнергией большую часть крупнейших штатов Невада и Аризона.

Река Колорадо не раз демонстрировала свой бурный нрав – во время таяния снегов в Скалистых горах она затопляла фермерские поля, лежащие ниже по течению. По расчетам проектировщиков в начале 1920-х годов, плотина должна была устранить колебания уровня реки, а ее водохранилище благотворно повлияло бы на развитие орошаемого земледелия и стало основным источником водоснабжения Лос-Анджелеса и Южной Калифорнии. Но при этом администрация штатов бассейна Колорадо вполне обоснованно считали, что Калифорния с ее влиянием и финансовыми возможностями будет претендовать на большую часть водных ресурсов водохранилища.

Конфликт помогло разрешить федеральное правительство – в 1922-м была создана комиссия, включавшая по одному представителю от каждого заинтересованного штата, во главе с Гербертом Гувером, тогда министром торговли в правительстве президента Уоррена Гардинга. В результате его «миротворческой деятельности» в ноябре 1922 года была подписана Конвенция реки Колорадо, зафиксировавшая принципы разделения водных ресурсов. Именно этот документ, известный как «Компромисс Гувера», и снял основные препятствия для реализации проекта.

Строительство ГЭС такого масштаба не могло обойтись без значительных средств из федерального бюджета США. Но Белый дом и Сенат долго колебались – президент Калвин Кулидж подписал билль об одобрении проекта только в декабре 1928 года, незадолго до окончания своего президентства, а первое финансирование было выделено летом 1930-го, когда президентом был уже сам Герберт Гувер.

Возведение плотины изначально предусматривалось в каньоне Боулдер, и хотя в итоге было решено строить плотину в Черном каньоне на границе Невады и Аризоны, проект получил название Boulder Canyon Project. Впрочем, «приключения» с названием плотины только начинались. Уже на церемонии открытия строительства 20 апреля 1931 года чиновники федерального прави-

тельства объявили, что плотина будет носить имя Гувера – в честь действующего президента США. Но когда в 1932-м Гувер проиграл выборы Франклину Рузвельту, администрация нового президента настояла на переименовании

в форме трапеций – это помогло рассеяться излишкам тепла, выделявшегося при застывании бетонной смеси (в варианте с монолитом для полного охлаждения бетона потребовалось бы более 120 лет). Кроме того, для ускоре-

Самые мощные в мире гидрогенераторы – китайские

В апреле 2010 года Китайская генеральная компания по сооружению гидроузла «Санься» («Три ущелья») официально заявила, что Китай имеет возможность самостоятельно проектировать и строить крупнейшие в мире гидротурбогенераторы мощностью 1000 МВт. В первую очередь они будут установлены на ГЭС «Удундэ» и «Байхэтань» в верхнем течении реки Янцзы. До этого самая большая единичная мощность действующих энергоблоков ГЭС составляла 700 МВт (сейчас в США функционируют три таких энергоблока, в Бразилии/Парагвае – 20, в Китае – 26). ГЭС «Удундэ» и «Байхэтань» мощностью по 10 000 МВт, которые построят к 2020 году, станут главным источником для передачи электроэнергии с запада на восток Китая.

плотины обратно в «плотину Боулдер». Впрочем, уже в 1947 году, после смерти Рузвельта, новый президент Трумэн официально вернул плотине старое, «правильное» имя Гувера.

Первый год ушел на то, чтобы в скалах Черного каньона прорубить четыре туннеля 17-метрового диаметра и общей длиной 4,9 км, чтобы отвести воды реки от места возведения плотины. Заливка бетона в основание гигантской плотины началась в июне 1933 года. Одной из главных проблем для инженеров стало охлаждение бетона. Отказавшись от сплошного монолита, плотину строили как серию сцепленных блоков

охлаждения бетона формы для заливки содержали охлаждающую систему из металлических труб, куда поступала речная вода. Затвердевание бетона продолжается и сейчас – и с каждым годом плотина становится все крепче.

Интересна и еще одна техническая подробность. Трансформаторная станция ГЭС расположена на самом дне Черного каньона, поэтому линии электропередачи, взбирающиеся по стенам ущелья, пришлось устанавливать с использованием наклонных мачт – и это фантастическое зрелище!

Строительство было закончено 1 марта 1936 года, а первое про-

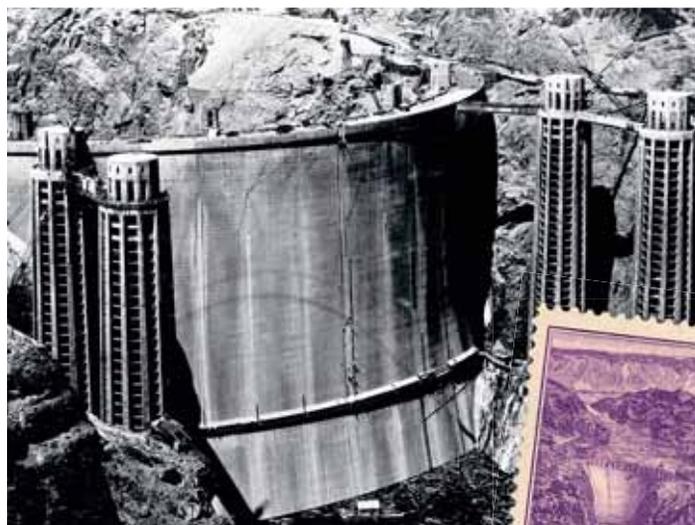
мышленное электричество энергоблоки ГЭС выдали 26 октября. Спустя четверть века, в 1961-м, была проведена модернизация станции с пуском дополнительных энергоблоков, и сейчас 17 генераторов плотины Гувера обеспечивают максимальную мощность 2080 МВт. Высота плотины – 221, длина – 379 метров, ширина – 200 метров у основания и 15 в верхней части. Водохранилище занимает 640 км² и содержит 35,2 млрд кубометров воды.

Возведение плотины и ГЭС заняло пять лет – и закончилось на два года раньше, чем планировалось. При этом стоимость строительства составила \$49 млн (около \$680 млн в современном масштабе цен), что тоже несколько меньше предусмотренных бюджетом сумм.

Плотина Гувера – еще и красивейшее архитектурное сооружение. Вообще-то первоначальный проект никаких «излишеств» не предусматривал – внешняя сторона плотины должна была представлять собой самую обычную стену, разве что с балюстрадой в неоготическом стиле наверху, а здание ГЭС и вовсе не отличалось бы от заводского цеха. Но в США после опубликования проекта поднялась волна возмуще-

а на водосбросных башнях установлены часы, показывающие два разных времени – горное и североамериканское тихоокеанское, для Аризоны и Невады соответственно. Неудивительно, что эта достопримечательность ежегодно привлекает более миллиона туристов.

В ноябре 2010 года рядом с плотинной Гувера заканчивается возведение моста Hoover Dam Bypass Bridge, который стал всеамериканской знаменитостью еще в процессе строительства. Красавец-мост 12 лет проектировали и пять лет строят, он будет подниматься над рекой Колорадо на 271 метр, полная его длина почти 580 метров, а длина самого большого, центрального пролета – 329 метров! Стоимость моста оценивается в \$248 млн, и ежедневно он способен пропускать 17 000 автомобилей – после этого можно будет наконец закрыть шоссе, проходящее по верху плотины Гувера и вызывающее явное беспокойство властей. Плотина всегда была самой доступной переправой между штатами Невада и Аризона, но она считается потенциальным объектом террористического нападения, и наибольший риск для нее представлял



Плотина Гувера в 1935 году и почтовая марка США, посвященная ее открытию



Как взрывали плотины

Во всех войнах одним из средств подавления экономической мощи противника было уничтожение промышленности и объектов энергетики, питающих эти предприятия.

Пожалуй, наиболее известный пример – подрыв ДнепроГЭСа отступающими советскими войсками в августе 1941 года. 20-тонный заряд взрывчатки пробил громадную брешь в плотине, и вниз по течению Днепра покатила волна высотой 20 метров, сметая все на своем пути...

Но самая интересная в этом смысле операция была проведена в 1943 году Британией. Еще в 1939-м, сразу после начала Второй мировой войны, некий англичанин-изобретатель Барнс Уоллес вдохновился идеей покончить с нацистской Германией с помощью бомбардировок. Причем важнейшими целями, по мнению Уоллеса, были водохранилища и плотины Рурского промышленного района, снабжавшие водой и электричеством металлургическую и тяжелую промышленность региона – «оружейную мастерскую» Германии. В британском Министерстве обороны не любили прожектеров, но изобретатель сумел расположить к себе воен-

ных, предложив проекты так называемых прыгающих и сейсмических бомб. Причем прыгающая бомба предназначалась специально для разрушения плотин гидроэлектростанций...

Вся проблема была в том, что для разрушения массивной и укрепленной бетонной насыпи (классическая конструкция дамб) требовался взрыв не менее чем 30-тонного заряда – а ни таких бомб, ни таких бомбардировщиков тогда попросту не существовало. Но если бы удалось с немислимой точностью доставить бомбу на глубину нескольких метров прямо к напорной стороне плотины, потребовалось бы всего около 5 тонн тротила. При взрыве в воде, которая ведет себя как несжимаемая среда, ударная волна, не рассеиваясь, уйдет в стену плотины – а довершат разрушение огромные массы воды в водохранилище, которые давят на дамбу и держат ее конструкцию в напряженном состоянии. Оставался только вопрос, как доставить пятитонный заряд в нужное место – обычные бомбы и классическая атака бомбардировщиков явно не обеспечивали необходимой точности бомбометания. Не годились и сбрасываемые с самолетов торпеды – заряд

Из истории плотины Гувера

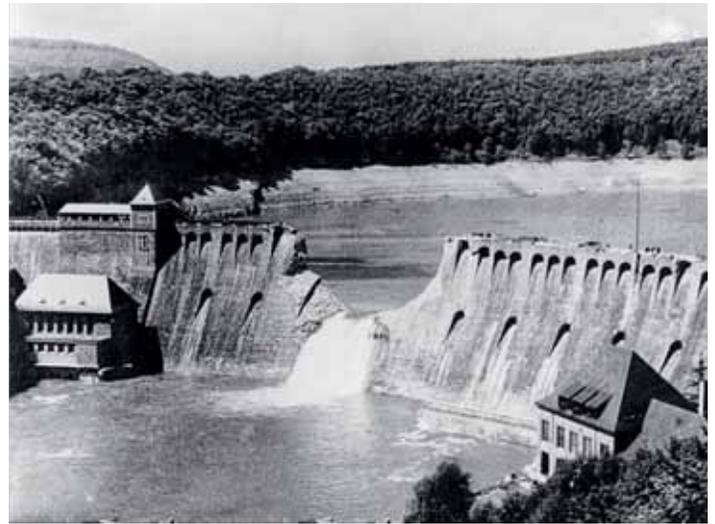
В городке Боулдер-сити, созданном специально для строителей плотины, во время строительства были полностью запрещены любые азартные игры, торговля алкоголем и проституция. И если продажу алкоголя разрешили в 1969-м, то азартные игры запрещены и поныне. Это единственный в Неваде город, где сейчас существует такой запрет!

Интересна и еще одна, печальная подробность из истории плотины Гувера. Первым из 96 человек, погибших при строительстве плотины, был топограф Дж. Тирни, утонувший в Колорадо в декабре 1922 года при выборе лучшего места для стройки. А последней жертвой оказался его сын Патрик Тирни – он погиб 13 лет спустя, упав с водосбросной башни...

ния такой простотой, не соответствовавшей духу времени и эпохальности задачи. В результате был приглашен знаменитый архитектор Гордон Кауфман, известный своим проектом здания для редакции газеты Los Angeles Times. Кауфман переработал внешность всего сооружения в стиле ар-деко, и в итоге верх плотины украшают словно вырастающие из нее башенки,

бы грузовик, снаряженный взрывчаткой. Въезд на плотину грузовикам запрещен уже давно, а новый мост позволит и вовсе закрыть ее для автомобилей.

Впрочем, опасения американцев насчет подрыва плотины Гувера небезосновательны. Во время войн XX столетия такие стратегические объекты, как плотины ГЭС, атаковали и взрывали не раз и не два...



Плотины Мёне и Эдер, разрушенные британскими бомбардировщиками в мае 1943 г. Над плотинной Мёне в воздухе висят аэростаты противовоздушной обороны

взрывчатки в них слишком мал, к тому же плотины были прикрыты противоторпедными сетями. Возможно, эффективней всего решить эту задачу было бы, направив на плотину начиненный взрывчаткой самолет с летчиками-добровольцами, но такой вариант британцы не рассматривали...

Вот тут Уоллес и выдвинул идею бомбы, прыгающей по поверхности воды. Политическое и военное руководство Британии хотя и не сразу, но впечатлилось, и к 1943 году работам изобретателя был присвоен высший приоритет.

Бомба Dam Buster («Разрушитель плотин») представляла собой полутораметровый цилиндр весом 4200 кг, из которых 3 тонны приходилось на мощнейшую взрывчатку – гексоген. Электродвигатель бомбардировщика раскручивал бомбу до 500 оборотов в минуту, и самолет должен был сбросить ее с высоты 18–19 метров за 400 метров до цели. Прыгая по поверхности воды, как прыгает камешек, брошенный рукой мальчишки, бомба преодолевала противоторпедные сети, ударялась о надводную часть плотины и скатывалась по ее напорной стороне на глубину 9 метров, где и происходил взрыв. По расчетам, для разрушения плотины было бы достаточно двух таких бомб.

В ночь с 16 на 17 мая 1943 года 18 тяжелых бомбардировщиков Avro Lancaster особой 617-й эскадрильи Королевских ВВС тремя группами обрушились на плотины, водохранилища которых как раз были полны после весеннего таяния снегов. Несмотря на огонь немецких зениток, на первую цель – плотину Мёне – было сброшено пять бомб, из которых только три легли удачно, разрушив плотину. Следующей целью была дамба Эдер – ее удалось разрушить тоже тремя бомбами. Двум другим плотинам, назначенным запасными целями, повезло больше – дамба Зорпе после двух попаданий получила серьезные повреждения, но устояла, дамба Эннепе была несильно повреждена единственным попаданием, а дамба Листер вообще не пострадала.

Во время этой операции, символично названной Chastise (на английском – «наказание», «порка»), британская авиация потеряла девять самолетов и 56 летчиков. Данные о немецких потерях расходятся, но после разрушения плотин Мёне и Эдер в результате наводнений было разрушено или повреждено более 120 промышленных предприятий и более 40 мостов, опустошено около 3000 га пашни, уничтожено множество домов и пострадало транспортное сообщение – а кроме того, по-

гибло почти 1300 человек, причем в основном гражданских лиц и военнопленных. Было серьезно нарушено энергоснабжение, но дамба Зорпе и ее электростанция устояли, а ведь именно там (наряду с Мёне) были сосредоточены главные запасы воды для металлургической промышленности Рура. Да и остановить металлургические заводы Рура тоже не удалось. Тем не менее руководство Германии было вынуждено перебросить для восстановления плотин 20 000 рабочих со строительства оборонного Атлантического вала – это позволило отремонтировать дамбы к осенним дождям, но значительно облегчило союзникам наступление на Германию после высадки в Нормандии...

Интересные эпизоды связаны с войной во Вьетнаме. Американские войска с самого начала одной из своих задач поставили уничтожение энергетики социалистического Вьетнама. Так, в 1973 году стратегическая авиация США обрушилась на небольшую, всего на 108 МВт, ГЭС «Тхакба» – эта самая мощная в Северном Вьетнаме электростанция, построенная с помощью СССР и проработавшая чуть больше года, была практически стерта с лица земли. А вот маленькую

ГЭС около города Винь в провинции Нгеан, построенную советскими специалистами еще в 1959-м, американцы так и не смогли разбомбить. Ее бомбили около 300 раз, используя не только обычные, но и фосфорные, магнитные, шариковые бомбы. Сами вьетнамцы прозвали водохранилище ГЭС «карманом для американских бомб» – в том смысле, что большинство бомб, не разорвавшись, попадало прямиком в водохранилище и лежало там как на складе. Иногда самолеты ревели в небе с утра до вечера. А по ночам вьетнамцы ремонтировали дороги, опоры ЛЭП, строили укрытия – потому что эта ГЭС должна была работать...

Экономическое значение гидроэнергетики невозможно переоценить. С начала XX столетия на строительство все более мощных ГЭС и все более грандиозных плотин направлялись огромные финансовые ресурсы, над их проектами работали лучшие инженеры и архитекторы. Но по той же причине во времена войн именно на гидроэнергетические объекты были нацелены удары противника – а сейчас, в XXI веке, они стали привлекательной мишенью для террористических атак. Но, как и когда-то, ГЭС просто не имеют права останавливаться. ■