

МЕХАНИЗМ ПРОГИБА ЗЕМНОЙ КОРЫ ОТ ВЕСА КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Тетельмин В.В.

Московский государственный открытый университет (МГОУ),
ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, Москва – Санкт-Петербург, v-tetelmin@rambler.ru

С позиций современной гидротехнической науки земная кора – это прочная горная порода, способная выдержать нагрузку в миллиарды тонн, создаваемую весом водохранилища и плотины. Однако земная кора не является «твердью», она плавает в подкоровом субстрате горячей магмы и при этом стремится к достижению состояния изостазии – гидростатического равновесия. Любые значимые нагрузки на земную кору приводят к изменению изостатического равновесия. Такими нагрузками являются крупные водохранилища весом в десятки и сотни миллиардов тонн. Свойство изостазии современная гидротехника во внимание не принимает.

Строительство крупных гидроузлов вызывает локально-изостатический отклик земной коры на созданную плотинной и водохранилищем нагрузку. Земная кора прогибается под действием большой техногенной нагрузки как упругая оболочка, плавающая в тяжелой вязкой жидкости. Погружение подошвы земной коры в подстилающую горячую мантию формирует архимедову силу, которая компенсирует возросшую нагрузку.

В течение всех лет эксплуатации в створе арочной плотины Саяно-Шушенской ГЭС высотой 242 м наблюдаются многочисленные необратимые процессы, которые могут являться следствием прогиба земной коры. Саяно-Шушенская ГЭС проектировалась, когда невозможно было предположить, что земная кора может активно отозваться на дополнительную гравитационную нагрузку от водохранилища, а плотина в силу своих конструктивных особенностей окажется чувствительной к прогибу земной коры.

Достаточно близким аналогом Саяно-Шушенского гидроузла является плотина Гувер на р. Колорадо (США) и созданное ею водохранилище объемом 35 млрд м³. Основные характеристики обоих гидроузлов совпадают: обе плотины высотой более 200 м арочные, в их основании залегают сланцы, объёмы обоих водохранилищ соизмеримы. В 1935 г. до начала заполнения водохранилища была проведена высокоточная нивелировка по нескольким линиям, общая длина которых составила более 1000 км. В 1950 г. было проведено повторное нивелирование, которое показало, что прогиб земной коры от веса водохранилища составил 170 мм, а в 1963 г. – составил 200 мм.

В докладе предлагается физическая модель процесса прогиба и компенсационного поднятия земной коры под действием веса крупных водохранилищ. С помощью предложенной модели и натурных данных по осадкам территории в районе плотины Гувер определена вязкость подстилающего земную кору мантийного вещества астеносферы. Расчет дал следующий результат: $\mu = 5 \cdot 10^{17}$ Па·с. Этот результат свидетельствует о принципиальной применимости предложенной модели. Выполнен расчёт амплитуды прогиба и компенсационного поднятия земной коры применительно к условиям Саяно-Шушенского водохранилища весом более 30 млрд т. Расчет показывает, что за годы эксплуатации «стрела прогиба» толщи земной коры в районе плотины СШГЭС приближается к 170 мм. При этом основную часть нагрузки принимает на себя вязкое вещество горячей мантии. В соответствии с расчетной моделью на периферии процесса прогиба в радиусе до 180–190 км от водохранилища может происходить компенсационное поднятие земной коры.