УДК 556.552

ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ГОРОДЕ ОСЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ

С. С. Егоркина, А. Б. Китаев

Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева,15, 614990 г. Пермь, Россия, kitaevab1953@gmail. com

В работе представлены материалы инженерно-гидрометеорологических изысканий в районе береговой полосы Воткинского водохранилища в г. Осе Пермского края. Показано, что основными факторами, вызывающими обрушение берега, являются сезонные колебания уровня воды в водохранилище, скоростной и ветро-волновой режимы водоема в районе сооружений. Даны рекомендации для реконструкции защитных сооружений.

***Ключевые слова*:** водохранилище; уровень воды; скорости течения; ветровые волны; обрушение берега; защитные сооружения.

ENGINEERING AND HYDROLOGICAL SURVEYS DURING RECONSTRUCTION OF COAST PROTECTION STRUCTURES IN THE TOWN OF OSE, PERM REGION

S. S. Egorkin, A. B. Kitaev

Perm State National Research University, st. Bukireva, 15, 614990 Perm, Russia, kitaevab1953@gmail. com

This report presents materials from engineering and hydrometeorological surveys in the area of the shoreline of the Votkinsk reservoir in the city of Osa, Perm Territory. It is shown that the main factors causing bank collapse are seasonal fluctuations in the water level in the reservoir, as well as the speed and wind-wave regime of the reservoir in the area of the structures. Recommen dations are given for the reconstruction of protective structures.

Keywords: reservoir; water level; current speed; wind waves; coastal collapse; protective structures.

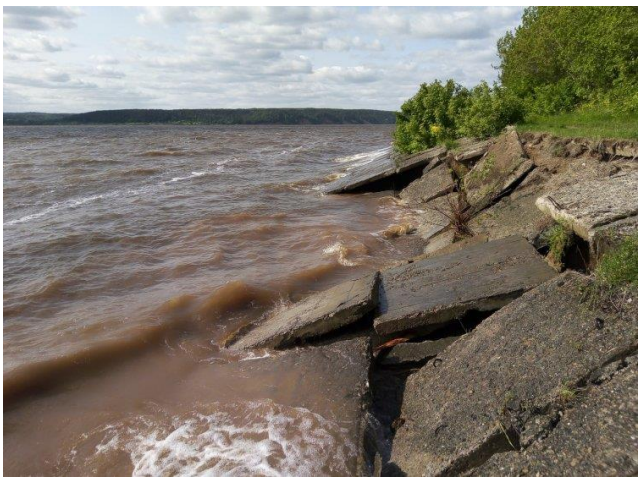
В последнее десятилетие произошло частичное разрушение защитных сооружений берега Воткинского водохранилища в районе г. Осы Пермского края. Эти сооружения, построенные в 80-х гг. прошлого столетия, требовали капитального ремонта. В 2015 г. администрацией Пермского края было принято решение о их реконструкции. В 2021 г. были проведены инженерно-гидрометеорологические изыскания в районе береговой полосы.

Оценка гидрологических условий участка изысканий. В административном отношении участок планируемого строительства по объекту «Капитальный ремонт берегоукрепления Воткинского водохранилища» расположен в Осинском районе Пермского края, в г. Оса. В геоморфологическом отношении территория изысканий расположена на I надпойменной террасе р. Камы, подверженной размыву.

Характеристика объекта: протяженность берегоукрепления — 1375 м. Укрепление откосного типа из сборных железобетонных и монолитных плит. Класс ГТС — III. Уровень ответственности — нормальный. Назначение объекта — предотвращение переработки берега.

Полевые и камеральные инженерно-гидрологические работы выполнены в мае 2021 г. Изыскания выполнялись в соответствии с техническим заданием, согласно требованиям нормативных документов [5], по материалам, полученным при выполнении полевых работ, с использованием крупномасштабного картографического материала, научно-технической литературы.

Общая характеристика участка изысканий. Береговой участок Воткинского водохранилища вблизи изыскиваемого объекта имеет рекреационное значение.



Разрушенные бетонные плиты набережной Воткинского водохранилища (г. Оса, май 2021 г.)

Почти на всем протяжении берег, укрепленный бетонными плитами, подвержен разрушению. Плиты, которыми укрепляли береговую линию в 80-х гг. прошлого столетия, постепенно разрушаются. Реализация инвестиционного проекта по берегоукреплению Воткинского водохранилища в г. Оса начата в 2015 г., когда была разработана проектно-сметная документация, однако основные работы датированы 2021 г.

Расчетные уровни воды. Максимальные проектные уровни на изыскиваемом участке водохранилища определяются «Правилами использования водных ресурсов Камского и Воткинского водохранилища на реке Кама» [4], утвержденными приказом Росводресурсов № 255 от 07 ноября 2016 г. Согласно этих правил при расходе 0,1 %-ной обеспеченности ($Q_{1\%}$=18300 м^3/с) уровень воды Воткинского водохранилища в районе г. Оса равен $H_{0,1\%}$=91,49 м БС, при расходе 1 %-ной обеспеченности ($Q_{1\%}$=16000 м^3/с) уровень воды в районе г. Оса равен $H_{1\%}$=90,52 м БС; при расходе 2%-ной обеспеченности (определенный по интерполяции расход равен $Q_{2\%}$=14200 м^3/с) уровень воды в районе г. Оса равен $H_{2\%}$=90,24 м БС; при расходе воды 10 %-ной обеспеченности ($Q_{10\%}$=10550 м^3/с) уровень воды в районе г. Оса равен $H_{10\%}$=89,79 м БС.

Размыв берега водохранилища на участке изысканий. История изучения геодинамических процессов на берегах и в ложе камских водохранилищ берет свое начало с тридцатых годах прошлого столетия, когда возникла необходимость строительства Камского, а позднее Воткинского водохранилища. В 1966 г. и в 1969 г. публикуется двухтомная монография И. А. Печеркина «Геодинамика побережий камских водохранилищ [3]. В работе дан анализ геодинамических процессов и представлена их роль в условиях резкого изменения режима водных объектов, разработана генетическая классификация экзогенных геологических процессов и показана их взаимообусловленность. В 2008 г. опубликована монография Н. Н. Назарова «Геодинамика побережий водохранилищ Пермского края» [2], в которой автор дал обобщение результатов исследований, выполненных в период 1998-2008 гг. Берег Воткинского водохранилища в районе г. Оса относится по классификации автора к абразионно-обвальным, сложенным легкими суглинками. Скапливаясь в приурезовой зоне, материал обвало-осыпи создает буфер, принимающий на себя гидравлические удары волны. Вдоль берега сформирован неразвитый пляж, который частично гасит энергию волновой абразии.

Скоростной режим. На водохранилище, где и находится участок изысканий, имеют место все виды течений, свойственные большим искусственным водоемам: стоковые, ветровые (дрейфовые), компенсационные и др. Наиболее распространенными из них являются стоковые и ветровые.

Рассматриваемый участок находится в зоне постоянного подпора от Воткинской ГЭС. Даже в случае сработки водохранилища до горизонта воды, при уровне 85,00 м БС, глубины и площади водного сечения будут превышать бытовые в р. Каме при отсутствии подпора.

Максимум коэффициента проточности для центральной части водохранилища, где и находится участок изысканий, приходится на апрель – май, при переходе от конца зимней сработки к началу интенсивного наполнения водоема, и составляет 0,20-0,35 м/с [1]. Зимой и летом проточность снижается, в летне-осенний период значительнее. Фактически

наблюдаемые течения (суммарные течения) на рассматриваемом участке водохранилища будут формироваться как результат взаимодействия транзитного потока (стоковые течения) и воздействия ветра (дрейфовые и компенсационные течения).

Преобладающие значения скорости суммарных течений в рассматриваемом районе составляют от 0,05 до 0,22 м/с, а максимальные — 0,24÷0,45 м/с. Наибольшие значения скорости отмечены в приповерхностном слое, либо на глубине 10-15 м. Наименьшие значения скорости (5-9 см/с) наблюдаются обычно на глубине 2,5-5,0 м. Преобладающее направление течения, независимо от глубины, соответствует направлению стокового течения. Наибольшие скорости течения соответствуют периоду максимальной проточности (апрель-июнь). При ветрах западных румбов, направленных вверх по водохранилищу для изыскиваемого участка, может формироваться дрейфовое течение в поверхностном слое, направленное с запада на восток, против транзитного потока.

Расчет ветрового волнения. Расчет волнения произведен для скорости ветра 4 %-ной обеспеченности, которая по метеостанции Ножовка принята равной 29 м/с. Для расчета волнения были рассмотрены два участка разбега волны: участок 1–1, влияющий на южную и западную основную часть участка берегоукрепления и участок 2–2, влияющий на северо-западную и северную части укрепления.

Установленные параметры ветровых волн приведены в таблице.

Характеристика ветрового волнения

Характеристика ветрового волнения	Участок 1-1	Участок 2-2
Длина разбега волны, L, км	25,3 км	8,7 км
Средняя глубина, d, м	6,25	5,24
Средняя высота волны, $\bar{h}_d$, м	1,29	0,86
Средняя длина волны, $\overline{\lambda_d}$, м	20,4	16,5
Высота волны: – 1 % обеспеченности $h_{1\%}$, м	2,71	1,81
– 2 % обеспеченности $h_{2\%}$, м	2,48	1,62
– 5 % обеспеченности $h_{5\%}$, м	2,27	1,51
– 10 % обеспеченности $h_{10\%}$, м	1,51	1,30

Заключение. В геоморфологическом отношении территория изысканий расположена в на I надпойменной террасе р. Камы. Расчетные уровни Воткинского водохранилища в районе г. Оса равны: $H_{0,1\%}$=91,09 м,

$H_{0,5\%}$=90,60 м, $H_{1\%}$=90,52 м, $H_{2\%}$=90,24 м, $H_{3\%}$=90,19 м, $H_{5\%}$=89,86 м, $H_{10\%}$=89,79 м. Расчётные высоты волны по наибольшему волнообразующему направлению составляют: $h_{1\%}$ =2,71 м, $h_{2\%}$ = 2,48 м, $h_{5\%}$ = 2,27 м, $h_{10\%}$ = 1,51 м. Высота ветрового нагона равна 0,93 м. В проектных решениях необходимо предусмотреть мероприятия, учитывающие изменения типа, интенсивности и направленности абразионных, эрозионных процессов, а также предупреждения появления оползней. Для безаварийной эксплуатации берегоукрепительных сооружений рекомендуется вести регулярный мониторинг за разрушением берега на эксплуатируемом участке.

Библиографические ссылки

1. *Девяткова Т. П.* Исследование водного режима крупных долинных водохранилищ (на примере Камских) на основе системно-диалектической методологии: дисс. в виде научного доклада на соиск. уч. степени доктора геогр. наук. Пермь, 1997. 74 с.

2. *Назаров Н. Н.* Геодинамика побережий водохранилищ Пермского края. Пермь: Изд-во ЗАО «Полиграфкомплект», 2008. 152 с.

3. *Печеркин И. А.* Геодинамика побережий камских водохранилищ. Пермь, 1969. Т. 2. 308 с.

4. Правила использования водных ресурсов Камского и Воткинского водохранилищ на р. Каме. Утв. приказом Федерального агентства водных ресурсов от 7 ноября 2016 г. № 225. М.: Росводресурсы, 2017.