

***ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ
ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ***



СОВРЕМЕННАЯ МОРФОМЕТРИЯ КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2010 г. В.В. Михалев¹, И.К. Мацкевич²

¹ ООО «Научно-производственное объединение «Омега», г. Пермь

² Пермский государственный университет, г. Пермь

Ключевые слова: Камское водохранилище, гидрографические исследования, морфометрия, морфология, гидролого-морфологическое районирование, морфолитогенез, ГИС-проект.

Приведены результаты гидрографических исследований акватории Камского водохранилища с целью уточнения его морфометрических параметров; проанализирована динамика изменения морфометрических показателей плесов, гидрографических районов и участков по сравнению с данными 1970 г.; откорректирована схема гидролого-морфологического районирования; построена цифровая модель рельефа (ЦМР) дна и берегов Камского водохранилища; выполнена оценка изменения инженерно-геологических условий прибрежной территории при наполнении водохранилища до форсированных отметок уровня; разработан ГИС-проект «Морфометрия Камского водохранилища».

Введение

В рамках государственного контракта с Камским бассейновым водным управлением Федерального агентства водных ресурсов сотрудниками ООО «НПО «Омега» в 2007—2008 гг. были выполнены исследования по теме: «Уточнение морфометрических параметров Камского водохранилища» [1]. В качестве соисполнителей в работе принимали участие специалисты ФГУП «КамНИИВХ» и кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного университета.

Целью данной работы явилось создание информационной базы для повышения эффективности мероприятий по улучшению технического состояния Камского водохранилища и управления использованием его водных ресурсов.

Состояние вопроса

В монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР» в разделе «Режим больших водохранилищ» (глава XI), который был разработан В.И. Пономаревым [2], помещена таблица «Основные морфометрические характеристики Камского и Воткинского водохранилищ». Приведенные в ней данные соответствуют проектным материалам.

В 2000 г. ФГУП «Камводпуть» составлены карты «Атласа единой глубоководной системы Европейской части Российской Федерации» [3]. При разработке Атласа использованы материалы гидрографических работ, выполненных в 1992—1996 гг. русловыми партиями ФГУП «Камводпуть». На сегодняшний день Атлас является последним официальным картографическим источником по исследуемому водоему.

В работе Ленгидропроекта [4] в таблице «Основные водноэнергетические характеристики гидроузлов Камского каскада» содержится информация о площади водного зеркала и объемах водной массы при нормальном подпорном уровне (НПУ = 108,5 м) и уровне сработки (УС = 101 м), а также при других характерных уровнях. Следует отметить, что в этой части информация полностью повторяет ранние данные по морфометрии Камского водохранилища [5].

Наиболее подробная морфометрическая характеристика Камского водохранилища выполнена Ю.М. Матарзиным и И.К. Мацкевичем [6], для решения задач комплексных исследований водоема ими рассчитаны основные морфометрические показатели плесов, участков, районов и зон водохранилища.

Хотя Камское водохранилище изучается уже более 55 лет, но опубликованных работ, позволяющих проследить динамику изменения основных морфометрических параметров, нет. Представленная в данной статье работа по уточнению морфометрических характеристик Камского водохранилища [1] является первым после многолетнего перерыва гидролого-морфологическим исследованием водоема. Полученные результаты представляют большое значение как для практических расчетов при изысканиях и проектировании, так и для теоретических исследований.

Исходные данные и методика исследований

Работы охватили Сылвенско-Чусовской плес, хвостовую часть водохранилища, а также все крупные заливы: Иньвинский, Косьвинский, Обвинский и Яйвинский.

База данных по глубинам русловой части Камского водохранилища создана на основе батиметрических съемок ФГУП «Камводпуть» с шагом точек глубин 100×100 м. Гидрографические исследования других участков водохранилища выполнены сотрудниками ФГУП «КамНИИВХ» с использованием навигационного эхолота Lowrance LMS 480M с антенной LGC-3000 (GPS/WAAS).

Общий объем собранной информации по глубинам дна составил 106 330 точек. Результаты обработки данных батиметрических съемок

в географических координатах системы WGS 1984 были использованы при построении цифровой модели рельефа (ЦМР) дна. Технологически алгоритм построения ЦМР реализован на лицензионном программном продукте ArcGIS 9.2 с использованием инструмента «Toro to Rastr», который позволяет создавать Grid-модель рельефа дна водохранилища путем интерполяции исходных данных по отметкам глубин.

Гидролого-морфологическое районирование

Камское водохранилище образовано в долине р. Кама и ее притоков. Оно представляет собой сравнительно узкий со значительной извилистостью береговой линии водоем долинного типа с сезонным регулированием стока.

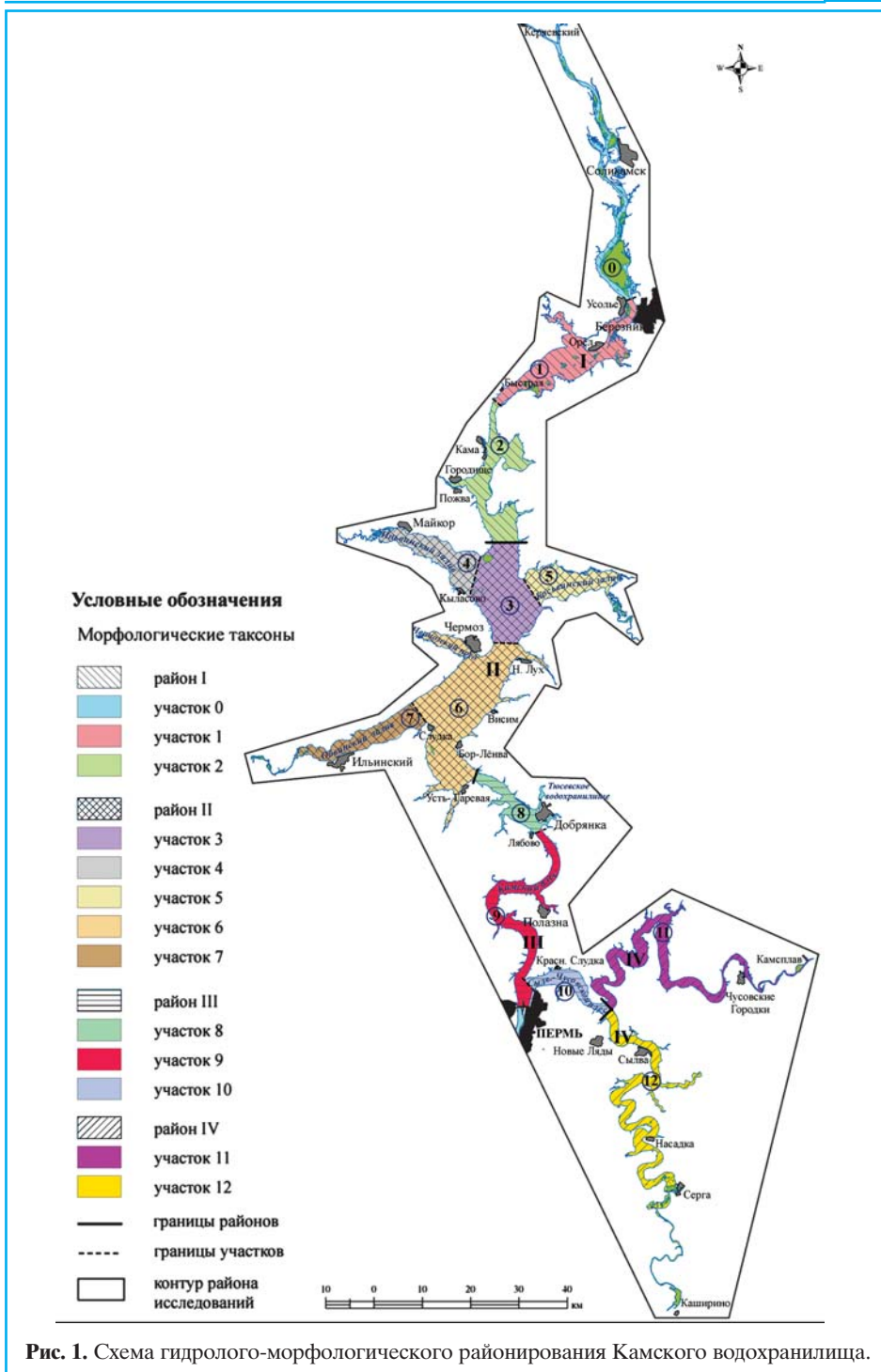
При уточнении морфометрических параметров Камского водохранилища была практически сохранена схема гидролого-морфологического районирования (рис. 1), разработанная в 1970 г. [6], согласно которой водохранилище разделялось на два плеса: главный Камский и крупный краевой Сылвенско-Чусовской. В составе главного плеса было выделено 3 гидрографических района (I, II, III), подразделяющихся на 10 участков (0—9). Сылвенско-Чусовской плес включал 2 района (III, IV) и 3 участка (10—12). Район III входит как в Камский плес (участки 8, 9), так и в Сылвенско-Чусовской (участок 10).

В целом границы районов и участков по Камскому и Сылвенско-Чусовскому плесам остались прежними. Исключение составил 8-й участок в пределах Камского плеса. Его южная граница по материалам выполненных исследований [1] смещена на 14 км вверх по течению. Были определены морфометрические параметры восстановленного Чермозского пруда на 6-м участке, а также 0-го участка — от г. Березники и до створа пос. Керчевский. За всю историю исследований этот участок столь подробно был рассмотрен впервые.

Условия и факторы формирования морфометрических показателей

Анализ материалов многолетних исследований Ю.М. Матарзина и И.К. Мацкевича [6, 7], И.А. Печеркина [8] и В.В. Михалева [9] показывает, что в котловине Камского водохранилища выделяются несколько областей с определенными типами динамической обстановки рельефообразования и осадконакопления. Эти области определяют направленность и величину изменения основных морфометрических параметров как в границах районов и участков, так и всего водоема в целом:

1. Область флювиального морфолитогеоза территориально полностью захватывает 0-й участок водохранилища от с. Усолье до с. Керчев-



ский (рис. 1). В этой области доминирующим фактором формирования и развития рельефа, транспорта и аккумуляции наносов являются проточные течения. Протяженность области по расчетам, представленным в работе [7], составляла 97 км.

2. Переходная область по материалам 1970 г. [6] имеет протяженность по средней линии 78 км. Особенности морфолитогенеза обусловлены преимущественно совместным действием волновых процессов и проточных течений. При этом доминирование того или другого процесса имеет четко выраженный сезонный характер и зависит от водности года и стадии наполнения водоема. По схеме районирования эта область охватывает 1-й и 2-й участки (рис. 1).

3. Для области волнового морфолитогенеза характерна преобладающая роль волновых процессов в рельефообразовании и осадконакоплении. На береговых склонах, сложенных растворимыми сульфатными породами (гипсы, ангидриты), активно развиваются процессы химической денудации. В эту область входят II, III и частично IV районы (рис. 1).

При заполнении чаши Камского водохранилища в 1952—1956 гг. в его состав вошли значительные по размерам акватории участки долин нижних течений крупных притоков р. Кама — Чусовая, Сылва, Обва, Косьва, Иньва, Яйва, Вишера. Это в значительной степени определило сложность гидрографической схемы образованного водохранилища. Согласно схеме районирования (рис. 1), помимо главного Камского плеса выделяется крупный краевой Сылвенско-Чусовской плес (это III и IV гидрографические районы, включающие 10-й, 11-й и 12-й участки). Образовались также Иньвинский, Косьвинский и Обвинский краевые плеса (по схеме районирования, соответственно, 4-й, 5-й и 7-й участки).

Динамика морфометрических параметров районов и участков в сравнении с данными 1970 г.

Полученные в результате исследований новые морфометрические параметры плесов, районов и участков Камского водохранилища приведены в табл. 1, 2 и 3 в сравнении с данными [6].

По результатам уточнения морфометрических параметров Камского водохранилища [1] его длина по средней линии составляет 633,9 км. Объем водохранилища — 10,8 км³, площадь зеркала (без островов) при НПУ — 1754,1 км², площадь 441 острова — 82,85 км². Зимой с уменьшением притока запасы водной массы срабатываются гидроузлом Камской ГЭС, что приводит к уменьшению площади, объема и обсыханию определенной части водохранилища. С понижением уровня до отметки

Таблица 1. Основные параметры Камского водохранилища

Наименование, единица измерения	Характеристика	
Начало наполнения, год	1954	
Проектное наполнение, год	1956	
Нормальный подпорный уровень (НПУ), м	108,5	
Форсированный подпорный уровень (ФПУ), м	110,2	
Уровень сработки (УС), м	101,0	
Напор у плотины, м	19,5	
Длина водохранилища по средней линии (L), включая Камский и Сылвенско-Чусовской плесы, км	497,3	633,9
Ширина водохранилища (B), км:		
наибольшая ($B_{\text{макс}}$)	13,5	14,0
средняя ($B_{\text{ср}}$)	3,7	2,6
Площадь водной поверхности без островов (F), км ² :		
при НПУ ($F_{\text{нпу}}$)	1915	1754,1
при УС ($F_{\text{ус}}$)	650	603,1
Площадь островов, км ²	—	82,85
Объем водной массы (V), км ³ :		
при НПУ ($V_{\text{нпу}}$)	11,5	10,8
при УС ($V_{\text{ус}}$)	2,3	2,3
Объем зоны сработки (полезный объем), км ³	9,2	8,5
Глубина при НПУ (H), м:		
наибольшая ($H_{\text{макс}}$)	32,0	28,9
средняя ($H_{\text{ср}}$)	6,5	6,6
Длина береговой линии при НПУ (l), км	1394	2750,6

Примечание: обычным шрифтом приведены данные по Ю.М. Матарзину и И.К. Мацкевичу [6], полужирным — уточненные морфометрические параметры [1].

проектной зимней сработки площадь водоема уменьшается до 603,1 км², а объем — до 2,3 км³, что соответствует сокращению площади на 66 % и объема на 79 %. Средняя глубина водохранилища составляет 6,6 м, максимальная — 28,9 м. Средняя ширина — 2,6 км, наибольшая — 14 км. Длина береговой линии при НПУ — 2751 км.

Анализ данных, полученных в ходе работ по уточнению морфометрических параметров [1], целесообразно выполнять с учетом доминирующего влияния факторов морфолитогенеза выделенных областей.

На Камском водохранилище (рис. 1) область преобладания флювиального морфолитогенеза занимает 0-й участок. По уточненным данным его протяженность по средней равноудаленной от берегов линии

Таблица 2. Морфометрические показатели поверхности Камского водохранилища

Районы, участки		Длина (L)		Ширина (B), км				Длина береговой линии (l) при НПУ, км		Площади районов (F _p) и участков (F _{уч}) без островов			
		по средней линии		средняя		наибольшая		левый берег	правый берег	при НПУ		при УС	
		км	в % от L при НПУ	при НПУ	при УС	при НПУ	при УС			км ²	% от F ₀ при НПУ	км ²	% от F _p и F _{уч} при НПУ
Камский плес													
I	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		71,4	0,0	1,7	0,1	7,2	0,2	276,5	206,1	84,0	5	3,7	4
1	1	41,7	8,4	5,5	0,4	7,1	0,7	62,7	62,5	229	13	17	7
		39,9	6,3	3,9	0,5	8,1	0,7	112,8	139,8	163,5	9	18,4	11
2	2	36,3	7,4	5,3	0,7	7,4	0,8	79,5	53,1	192	11	28	15
		32,7	5,2	3,2	0,5	8,5	1,2	112,2	83,4	138,5	8	17,4	13
По I району		78	15,8	5,5	0,6	7,4	0,8	142,2	115,6	421	24	45	11
		144	22,7	2,9	0,3	8,5	1,2	501,5	429	386,0	22	39,5	10
II	3	21,2	4,3	12	3,6	13,5	4,5	20	20,4	241	14	76	32
		22,2	3,5	9,2	2,6	14,0	5,3	30,5	27	194,0	11	58,3	30
4	4	20,1	4,1	5,2	0,4	7,5	1,2	16,8	22,5	105	6	7	7
		38,0	6,0	4,4	0,5	8,5	3,6	58,0	64,5	104,6	6	19,3	19
5	5	20	4	4,7	0,1	7,1	0,4	35,7	31,7	95	5	2	2
		38,0	6,0	4,8	0,1	7,3	1,1	48,3	124,7	102,8	6	4,8	5
6	6	34,3	6,9	9,3	4,4	10,5	5,5	35	38,7	320	18	150	47
		37,4	5,9	9,0	5,8	11,0	12,7	125,9	125,6	355,4	20	216,0	61
7	7	26	5,2	4,4	0,2	5,5	3,5	20,7	33,5	11	6	5	4
		43,5	6,9	3,0	0,5	5,5	2,7	61,4	55,4	94,0	5	22,0	23
По II району		121,6	24,5	7,2	2,0	13,5	5,5	128,2	146,8	876	49	240	27
		179,1	28,3	6,1	1,8	14,0	12,7	324,1	397	850,7	49	320,5	38
III	8	30,7	6,2	2,7	1,6	4,7	2,5	63,5	41,7	80	5	50	63
		18,0	2,8	2,8	1,7	5,1	2,9	62,5	55	57,2	3	30,1	53
9	9	40	8,1	2,5	1,9	5,2	5,1	51,7	44,5	102	6	76	75
		52,9	8,3	2,1	1,6	3,3	3,3	92,2	102,4	122,5	7	82,5	67
По плесу		270,3	54,6	5,5	1,5	13,5	5,5	385,6	348,6	1479	73	411	28
		394,0	62,2	3,5	1,2	14	12,7	980,2	984	1416,5	81	472,6	33

Сылвенско-Чусовской плес													
III	10	<u>15</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>2,2</u>	<u>3,5</u>	<u>3,4</u>	<u>20</u>	<u>20,6</u>	<u>45</u>	<u>3</u>	<u>33</u>	<u>73</u>
		20,8	3,3	2,3	1,7	3,4	2,9	38,0	33	49,3	3	35,8	73
По III району		<u>85,7</u>	<u>17,3</u>	<u>2,1</u>	<u>1,4</u>	<u>5,2</u>	<u>5,1</u>	<u>135,2</u>	<u>112,2</u>	<u>227</u>	<u>13</u>	<u>159</u>	<u>70</u>
IV	11	<u>101</u>	<u>20</u>	<u>1,3</u>	<u>0,5</u>	<u>3,2</u>	<u>1,2</u>	<u>186,5</u>	<u>184,5</u>	<u>135</u>	<u>8</u>	<u>50</u>	<u>37</u>
		99,6	15,7	1,6	0,4	3,0	1,5	148,1	170,8	140,0	8	38,8	28
	12	<u>111</u>	<u>22,4</u>	<u>1,7</u>	<u>0,5</u>	<u>2,7</u>	<u>1,6</u>	<u>129</u>	<u>119</u>	<u>130</u>	<u>7</u>	<u>54</u>	<u>42</u>
		119,5	18,9	1,4	0,5	2,7	2,4	192,4	204,0	148,3	8	55,9	38
По IV району		<u>212</u>	<u>42,4</u>	<u>1,3</u>	<u>0,5</u>	<u>3,2</u>	<u>1,6</u>	<u>315,5</u>	<u>303,5</u>	<u>265</u>	<u>15</u>	<u>104</u>	<u>39</u>
		<u>219,1</u>	<u>34,6</u>	<u>1,5</u>	<u>0,4</u>	<u>3</u>	<u>2,4</u>	<u>340,4</u>	<u>375</u>	<u>288,3</u>	<u>16</u>	<u>94,7</u>	<u>33</u>
По плесу		<u>227</u>	<u>25,4</u>	<u>1,4</u>	<u>0,6</u>	<u>3,5</u>	<u>3,4</u>	<u>335,5</u>	<u>324,1</u>	<u>310</u>	<u>17</u>	<u>137</u>	<u>44</u>
		<u>239,9</u>	<u>37,8</u>	<u>1,8</u>	<u>0,5</u>	<u>5,1</u>	<u>3,3</u>	<u>378,4</u>	<u>408</u>	<u>337,6</u>	<u>19</u>	<u>130,5</u>	<u>39</u>
По водоему		<u>497</u>	<u>100</u>	<u>4</u>	<u>1,2</u>	<u>14</u>	<u>5,5</u>	<u>721,1</u>	<u>672,7</u>	<u>1784</u>	<u>100</u>	<u>548</u>	<u>31</u>
		<u>633,9</u>	<u>100</u>	<u>2,6</u>	<u>1,0</u>	<u>14</u>	<u>12,7</u>	<u>1358,7</u>	<u>1391,9</u>	<u>1754,1</u>	<u>100</u>	<u>603,1</u>	<u>34</u>

Примечание: в числителе приведены данные по Ю.М. Матарзину и И.К. Мацкевичу [6], знаменателе — уточненные морфометрические параметры [1].

Таблица 3. Морфометрические показатели глубин и объемов Камского водохранилища

Районы, участки	Глубина (H), м				Объем (V)				Объем зоны сработки (полезный объем)		
	наибольшая		средняя		при НПУ (108,5 м)		при УС (101,0 м)		в млн м ³	в % от объема водоема	
	при НПУ	при УС	при НПУ	при УС	в млн м ³	в % от объема водоема	в млн м ³	в % от объема водоема			
Камский плес											
I	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		11,8	4,3	1,4	0,5	227	2,1	4	1,67	223	2,07
	1	13	5,5	3,4	1,4	779	6,8	24	3,8	755	6,56
		14,4	6,9	3,2	1,5	548	5,1	29	5,20	520	4,83
	2	15	7,5	3,4	1,7	664	5,8	52	7,8	612	5,32
		14,2	6,7	3,3	1,6	451	4,2	37	8,29	414	3,84
По I району		15	7,5	3,4	1,7	1443	12,6	76	5,26	1367	11,88
		14,4	6,9	2,6	1,2	1226	11,4	70	5,69	1156	10,74
II	3	17	9,5	5,9	3,3	1427	12,5	147	10,3	1280	11,12
		17,8	10,3	6,4	3,7	1265	11,7	146	11,51	1119	10,40
	4	14	6,5	3,2	1,5	346	3	2	0,58	344	3
		12,2	4,7	4,7	1,8	498	4,6	35	7,05	463	4,30
	5	12	4,5	3,2	1,2	308	2,7	1	0,3	307	2,67
		15,4	7,9	3,4	1,7	379	3,5	5	1,19	375	3,48
	6	22,4	14,5	8,4	5,4	2695	23,7	542	20	2153	18,7
		21,1	13,6	8,5	5,5	2931	27,2	735	25,07	2196	20,40
	7	15	7,5	5,1	2,6	592	5,2	20	3,35	572	4,97
		15,4	7,9	5,0	2,6	479	4,4	47	9,73	432	4,02
По II району		22	14,5	6,2	4,1	5368	46,5	712	13,26	4656	40,46
		21,1	13,6	5,6	3,6	5552	51,6	967	17,41	4586	42,59
III	8	24	16,5	11,1	7,6	887	7,7	255	28,74	632	5,49
		22	14,5	8,3	5,5	475	4,4	162	34,00	314	2,91
	9	32	22,5	13,9	9,8	1420	12,5	647	45,56	773	6,72
		21,5	14,0	10,6	6,9	1301	12,1	559	42,93	743	6,90
По плесу		32	22,5	6,2	4,4	9118	79,3	1690	18,53	7428	64,55
		22	14,5	5,9	3,9	8554	79,5	1756	20,53	6798	63,14

Сыльвенско-Чусовской плес											
III	10	<u>24</u>	<u>16,5</u>	<u>9,4</u>	<u>6,5</u>	<u>424</u>	<u>3,7</u>	<u>248</u>	<u>58,4</u>	<u>176</u>	<u>1,53</u>
		28,9	21,4	10,2	6,6	506	4,7	191	37,65	316	2,93
По III району		<u>32</u>	<u>22,5</u>	<u>15</u>	<u>10,5</u>	<u>2731</u>	<u>23,9</u>	<u>1150</u>	<u>42,1</u>	<u>1581</u>	<u>13,74</u>
IV	11	<u>28,9</u>	<u>21,4</u>	<u>9,7</u>	<u>6,4</u>	<u>2282</u>	<u>21,2</u>	<u>911</u>	<u>39,90</u>	<u>1372</u>	<u>12,74</u>
		22	14,5	7,6	5,0	1062	8,8	170	16,56	856	7,43
	12	<u>19,3</u>	<u>11,8</u>	<u>5,3</u>	<u>3,2</u>	<u>767</u>	<u>7,1</u>	<u>136</u>	<u>17,67</u>	<u>632</u>	<u>5,87</u>
		22	14,5	7,2	4,7	940	8,2	226	24	714	6,21
По IV району		<u>21,2</u>	<u>13,7</u>	<u>6,1</u>	<u>3,9</u>	<u>939</u>	<u>8,7</u>	<u>220</u>	<u>23,39</u>	<u>719</u>	<u>6,68</u>
		<u>22</u>	<u>14,5</u>	<u>6,3</u>	<u>4,2</u>	<u>1966</u>	<u>17</u>	<u>396</u>	<u>20,1</u>	<u>1570</u>	<u>13,64</u>
		21,2	13,7	5,7	3,7	1706	15,8	355	20,81	1351	12,55
По плесу		<u>22</u>	<u>14,5</u>	<u>7,7</u>	<u>5,1</u>	<u>2390</u>	<u>20,7</u>	<u>644</u>	<u>26,1</u>	<u>1746</u>	<u>15,17</u>
		28,9	21,4	7,2	4,7	2212	20,5	546	24,67	1666	15,48
По водоему		<u>32</u>	<u>22,5</u>	<u>6,5</u>	<u>4,6</u>	<u>11 508</u>	<u>100</u>	<u>2334</u>	<u>20,28</u>	<u>9174</u>	<u>79,72</u>
		28,9	21,4	6,6	4,4	10 766	100	2302	21,38	8464	78,62

Примечание: в числителе приведены данные по Ю.М. Матарзину и И.К. Мацкевичу [6], знаменателе — уточненные морфометрические параметры [1].

составила 71,4 км. Расположенный в границах коренного Камского русла 0-й участок представляет верхнюю часть района выклинивания подпора. Южнее створа г. Соликамск отмечается частичное затопление поймы на глубину 0,5—1,0 м. Площадь зеркала при НПУ составляет 84 км². При зимнем понижении уровня до УС (101 м) она сокращается в 22,7 раза и составляет 3,7 км². Таким образом, площадь зоны сработки участка равняется 80,2 км², а площадь прибрежной зоны — 50,5 км². Объем водной массы участка при НПУ равен 227 млн м³, а при отметке УС уменьшается до 4 млн м³ (табл. 3), т. е. в 57 раз. Полезный объем водной массы составляет 223 млн м³.

Полученные значения морфометрических параметров свидетельствуют о заметном сокращении площади зеркала и объема водной массы участка, причина — специфика формирования этой части ложа Камского водохранилища.

В пределах рассматриваемой области ведущими факторами формирования рельефа, транспорта и аккумуляции осадков являются колебания уровней воды и проточные течения. Волновые процессы играют здесь подчиненную роль.

В пределах 0-го участка четко выражено однонаправленное движение воды. Это обуславливает миграцию русловых аккумулятивных форм (заструг, кос, отмелей, гряд и т. д.), что в значительной мере контролируется сезонной изменчивостью стока воды и наносов. Полученные данные позволили дополнительно выявить ранее никем не отмеченную морфолого-гидрографическую особенность этого участка — повышенную островность. Площадь, занимаемая островами на участке от устья р. Вишера и до с. Усолье, составляет 53,19 км².

Ширина водохранилища колеблется от 0,3—0,5 до 4,0—6,5 км, достигая 7,2 км в местах островных расширений (табл. 2). Преобладающие глубины на фарватере увеличиваются вниз по течению от 4—5 до 6—80 м. В нижней части 0-го участка наибольшая глубина достигает 11,8 м (табл. 3).

Переходная область I района (1-й и 2-й участки) формируется в условиях совместного влияния волновых процессов и проточных течений. При этом преобладающее влияние волнения отмечается в южной части этой области (нижняя часть 2-го участка). А заметное, но более слабое чем на 0-м участке воздействие скоростей течения — в верхней части 1-го участка.

Южнее г. Березники в пределах 1-го участка отмечаются резкие чередования расширений акватории до 8,0—8,5 км и сужений до 1,2—1,5 км. Изменение гидрографического облика водоема вносит заметные изменения в формирование скоростного режима течений. До пос. Орел на-

блюдается только один вид течений — стоковое, которое и определяет транзит взвешенных наносов от пос. Керчевский до г. Березники. Оно характеризуется четко выраженной сезонной изменчивостью и постоянно по направлению.

Ниже пос. Орел начинает сказываться влияние ветрового воздействия на движение водной массы. Совместное действие стокового и ветрового течений наиболее заметно в поверхностном слое воды. Поскольку оба вида течений формируются одновременно, их принято называть суммарным течением. На долю стоковых течений здесь приходится от 45 до 57—60 %. Эти значения характерны для слоя глубиной от 0,5 до 2,5 м. В то же время в придонном слое на глубине 5—10 м и более сохраняется только стоковое течение (до 95 % от суммарного).

В южной части I района переменного подпора (от пос. Пожва и ниже) появляются условия, благоприятные для развития ветрового волнения на акватории.

Новые морфометрические параметры I гидрографического района вполне соответствуют тем особенностям морфолитогенеза, которые определили их динамику за время существования водоема. Большинство полученных характеристик поверхности, глубин и объемов уменьшилось. Причиной тому является аккумуляция наносов с водосборных площадей и за счет переработки берегов. Увеличение общей длины всего района с 78 [6] до 144 км [1] связано с включением в схему гидролого-морфологического районирования 0-го участка, данных по которому ранее не имелось.

Ниже по течению от района переменного подпора располагаются основные II и III гидрографические районы Камского плеса. Оба эти района входят в область преимущественно волнового морфолитогенеза. По гидрографическим особенностям морфологии чаши, значениям основных морфометрических показателей районы заметно отличаются друг от друга. Однако по условиям формирования рельефа береговой зоны и особенностям осадконакопления они имеют много общего.

В пределах Камского плеса наибольшие изменения по глубинам и объемам водной массы в сторону уменьшения отмечены для всех трех гидрографических районов водоема (табл. 3). При этом степень уменьшения находится в соответствии с характером гидродинамической активности отдельных участков. Увеличение глубин на 1-ом участке наиболее вероятно за счет размыва русловых отложений стоковыми течениями в период формирования больших уклонов водной поверхности. Для этого участка такой период может составлять от 3 до 5 месяцев. Уменьшение этих же глубин на 2-ом участке обусловлено аккумуляцией наносов, поступающих с 1-го участка (русловые наносы, наносы с во-

досбора и в меньшей степени от переработки берегов). Уменьшение ширины (при НПУ) связано с развитием надводной части прибрежной отмели, которое происходит за счет гидродинамических факторов и активизации склоновых процессов (осыпей, обвалов, оползней).

В итоге за счет преобладания аккумулятивных процессов объем I гидрографического района по сравнению с данными 1970 г. сократился с 1443 до 1226 м³ (табл. 3), что вполне закономерно.

Изменения морфометрических параметров II района также находят объяснение. Возрастание максимальных глубин при НПУ по 3-ему, 5-ому и 7-ому участкам очевидно обусловлено самой спецификой получения исходного материала. Детальный эхолотный промер позволил выявить изолированные углубления на главном плесе (3-й участок), а также в Косьвинском (5-й участок) и Обвинском заливах (7-й участок). Однако не исключено переуглубление дна на входных створах в заливы, которые располагаются в конце достаточно больших длин разгона волны. При максимальной длине волны 25 м и более возможна экскавация грунтов дна и перемещение их на более высокие гипсометрические уровни.

Уменьшение ширины акватории по участкам II района обусловлено активным развитием надводных аккумулятивных форм рельефа в прибрежной зоне. Возрастание длины участков, а также длины береговой линии связано как с уточнением ее конфигурации, так и за счет включения в площади четвертого, пятого и седьмого участков верховых частей крупных заливов. Рост площадей водного зеркала при НПУ обусловлен включением дополнительных частей акватории по заливам, а на 6-ом участке — за счет площади восстановленного Чермозского пруда. При УС площади этих же участков по сравнению с данными 1970 г. уменьшились за счет накопления наносов в надводной части водоема, что привело к снижению регулирующей емкости участков.

Все ранее сказанное обусловило уменьшение средней ширины практически на всех участках II района и увеличение объема водной массы при НПУ в Иньвинском (4-й участок) и Косьвинском (5-й участок) заливах (табл. 2 и 3), а также на 6-ом участке за счет объема Чермозского пруда. Во II гидрографическом районе максимальная ширина акватории приурочена к 3 участку (район входных створов Иньвинского и Косьвинского заливов). По нормали к осевой линии она составляет 13,5—14 км (табл. 2). На 6-ом участке ширина водоема достигает 11 км.

Морфометрические параметры III гидрографического района претерпели наименьшие изменения (табл. 2 и 3). Это обусловлено его гидрографией и литологическим строением левого берега. В III районе на многих участках высокий берег, сложенный скальными породами, «же-

стко» фиксирует левобережную часть района. Уменьшение длины 8-го участка связано с перемещением авторами его южной границы на север. Уточнение границы 8-го и 9-го участков выполнено по результатам проведенных исследований [1] и обусловлено критериями однородности их морфометрических и морфологических характеристик. В связи с сокращением акватории 8-го участка уменьшилась и площадь его зеркала. Изменения ширины (средней и наибольшей) находятся в пределах точности измерений. Соответственно с уменьшением размеров акватории сократился и объем 8-го участка. Глубины (максимальная и средняя) закономерно уменьшились за счет накопления донных отложений.

В целом, отмеченные для 8-го участка изменения характерны и для наиболее глубоководного 9-го участка.

Изменения параметров по Сылвенско-Чусовскому плесу аналогичны таковым для III района Камского плеса. Это связано с жесткой фиксацией отдельных участков берега скальными породами и относительно слабой гидродинамической активностью Сылвенско-Чусовского плеса. Последняя обусловлена повышенной извилистостью как Чусовского (11-й участок), так и Сылвенского (12-й участок) колен плеса.

Заключение

За период с 1970 по 2008 гг. основные морфометрические характеристики Камского водохранилища: объем водной массы и площадь зеркала при НПУ уменьшились (табл. 1, 2 и 3). Наиболее заметное уменьшение на 742 млн м³ претерпел объем водной массы. Камское водохранилище является отстойником для всех наносов, поступающих с водосбора от размыва русел впадающих рек и от переработки берегов. Поэтому основная причина уменьшения параметров связана с накоплением донных отложений за эти годы.

Анализ уточненных значений морфометрических характеристик [1] в сопоставлении с материалами 1970 г. [6] убедительно показывает, что в целом изменение параметров хорошо укладывается в схему формирования чаши и берегов такого сложного искусственного водоема, каким является Камское водохранилище.

Сравнение разновременных данных (табл. 2 и 3) позволяет устанавливать тенденции морфоструктурных изменений и оценивать особенности многолетней динамики процессов как в целом для водохранилища, так и для отдельных его частей.

Проведенные исследования на Камском водохранилище показали, что характер и интенсивность всех внутриводоемных процессов, своеобразие взаимодействия водоема с окружающей средой осуществляется с

учетом особенностей его морфометрии. Поэтому использование в гидрологических и водохозяйственных расчетах устаревших значений морфометрических показателей, которые были получены на начальном этапе формирования ложа водоема, заведомо ведет к погрешностям и неверным результатам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уточнение морфометрических параметров Камского водохранилища. Т. 1 // Отчет по НИР / ООО «НПО «Омега», рук. В.В. Михалев. Пермь, 2008.
2. Пономарев В.И. Режим больших водохранилищ // Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 11. Средний Урал и Предуралье. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 848 с.
3. Атлас единой глубоководной системы Европейской части Российской Федерации. Т. 9. Река Кама от поселка Керчевский до города Чайковский. Ч. I. СПб.: ОАО «Иван Федоров», 2000. 54 с.
4. Правила использования водных ресурсов Камского и Воткинского водохранилищ на р. Кама (II редакция). СПб.: ЗАО «ГИДРОТЕХ», 2004. 82 с.
5. План эксплуатации водного хозяйства водохранилищ Камской и Воткинской ГЭС. Л.: Ленгидропроект, 1962. 245 с.
6. Матарзин Ю.М., Мацкевич И.К. Вопросы морфометрии и районирования водохранилищ // Вопросы формирования водохранилищ и их влияние на природу и хозяйство. Вып. 1. Пермь: Изд-во Пермского университета, 1970. С. 27—45.
7. Матарзин Ю.М., Мацкевич И.К. Особенности морфометрии и гидрографии // Актуальные вопросы гидрологии и гидрохимии Камского водохранилища. Пермь: Изд-во Пермского университета, 2004. С. 47—59.
8. Печеркин И.А. Геодинамика побережий Камских водохранилищ. Ч. II. Пермь: Изд-во Пермского университета, 1969. 308 с.
9. Михалев В.В. Геологические условия развития геодинамических процессов на берегах камских водохранилищ: дис. ... канд. геол.-мин. наук. Пермь, 1989. 191 с.

Сведения об авторах:

Михалев Вячеслав Владимирович, к. г.-м. н., заместитель директора Научно-производственного объединения «Омега», 614094, г. Пермь, ул. Овчинникова, 10, оф. 311; e-mail: mihalev_v@про-omega.ru;

Мацкевич Игорь Константинович, к. г. н., доцент кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов географического факультета Пермского государственного университета, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: gidrology@psu.ru.