

ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии.
2011. – Т. 20, № 3. – С. 39-49.

УДК 504.455+556.114+574.55

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ И ТРОФИЧЕСКИЙ СТАТУС ПРИБРЕЖНЫХ УЧАСТКОВ ВОДОХРАНИЛИЩ КАМСКОГО КАСКАДА В 2009 Г.

© 2011 М.В. Уманская, Е.С. Краснова, М.Ю. Горбунов*

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти (Россия)

Поступила 25 ноября 2010

Рассмотрены особенности химического состава воды и трофический статус прибрежных участков Камских водохранилищ. По уровню минерализации вода практически во всем каскаде относится к средне- и умеренно пресным водам. Преобладающий тип минерализации в Воткинском, Нижнекамском и Куйбышевском водохранилищах – Са-НСО₃. Выявлены локальные изменения типа и уровня минерализации, вызванные влиянием притоков и точечных сбросов промышленных сточных вод. В Камском водохранилище отмечена смена типов минерализации, связанная с особенностями смешения водных масс Камы и ее притоков, с влиянием береговых выходов гипсов, Верхнекамского месторождения калийных солей и болот в верховьях Камы. Изучено распределение биогенных элементов по разным станциям водохранилищ. Показано, что потенциальная продуктивность, определяемая содержанием фосфора, не всегда полностью реализуется. В целом продуктивность Камских водохранилищ в момент наших наблюдений соответствовала эвтрофному уровню, а по содержанию хлорофилла – мезотрофно-эвтрофному.

Ключевые слова: каскад водохранилищ, минерализация, биогенные элементы, трофический статус.

Gorbunov M.Yu. , Krasnova E.S. , Umanskaya M.V. *Water chemistry and trophic status of coastal areas of Kama reservoirs in 2009*

The features of the chemical composition and trophic status of coastal waters of Kama reservoirs were described. The level of water mineralization in almost all the cascade refers to the medium and moderately fresh water. The predominant type of mineralization in Votkinskoe, Nizhnekamskoe and Kuibyshevskoe reservoirs is HCO₃-Ca. Local changes in the type and level of mineralization caused by the influ-

* Уманская Марина Викторовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; Краснова Екатерина Сергеевна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник; Горбунов Михаил Юрьевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник-е-mail: myugor@yandex.ru

ence of tributaries and point discharges of industrial wastewater are revealed. Changes in the mineralization type in Kamskoe (Permskoe) reservoir were associated with the peculiarities of the mixing of water masses of the Kama and its tributaries, as well as the influence of large deposits of potassium salts and marshes at the catchment area and coastal outcrops of gypsum. The distribution of nutrients at different stations of reservoirs was investigated. We have shown that the potential productivity (measured by total phosphorus content) were not always fully realized. In general, the productivity of the Kama reservoirs during our study corresponded to eutrophic level, and chlorophyll content – to mesotrophic-eutrophic.

Key words: cascade of reservoirs, mineralization, nutrients, trophic status.

Кама – крупнейший приток Волги, как по длине реки и площади бассейна, так и по водности. Как и Волга, значительная часть Камы в настоящее время зарегулирована. Водохранилища Камского каскада занимают значительную площадь и оказывают большое влияние на окружающую территорию. Они различаются по своим морфометрическим показателем (табл. 1). Прибрежные и мелководные участки занимают существенную часть общей площади водохранилищ (табл. 1). Поэтому, оценка состояния литоральных участков имеет важное значение для получения полной информации об экологическом состоянии и качестве воды в водохранилищах в целом.

Цель данной работы – дать общую характеристику физико-химических условий, химического состава и уровня продуктивности в прибрежной части каскада Камских водохранилищ в июле 2009 г., включая Камскую ветвь Куйбышевского водохранилища.

Отбор проб проводили на литоральных участках водохранилищ (рис. 1) с 14 по 25 июля 2009 г. Глубина большинства станций отбора колебалась в пределах 2,1-4,5 м, однако в некоторых случаях могла достигать 7-10 м (табл. 2). Пробы воды отбирали батометром Рутгнера, как правило из поверхностного и придонного горизонтов. В момент отбора измеряли температуру, прозрачность, рН и Eh. Определение содержания основных ионов, биогенных элементов, хлорофилла "а" и цветности проводили стандартными методами (Новиков и др., 1990; Руководство по..., 1977; Унифицированные методы ..., 1973; Jeffrey, Humfrey, 1975).

Таблица 1

Морфометрическая характеристика Камских водохранилищ (по: Матарзин и др., 1984; БСЭ, 1989; Вода России, 2001; Куйбышевское водохранилище...,2008)

Водохранилище	Камское	Воткинское	Нижнекамское	Камская ветвь Куйбышевского
Общая площадь, км ²	1910	1120	1080	1397
Объём, км ³	12,2	9,4	2,9	6,6
Максимальная глубина, м	30	28	20	-
Средняя глубина, м	6,3	8,4	3,3	5,5
Длина (по Каме), км	272	365	185	265
Наибольшая ширина, км	30	9	15	40
Площадь мелководий (с глубинами до 2 м), %	19,4	11,3	49,8	-

Площадь водосбора, км ²	168 000	184 000	366000	-
------------------------------------	---------	---------	--------	---



Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб на каскаде Камских водохранилищ. ВотГЭС – Воткинская ГЭС, нижний и верхний бьефы (г. Чайковский), КамГЭС – Камская ГЭС, нижний бьеф (г. Пермь)

Физико-химические условия (табл. 2). В период отбора в прибрежной части всех водохранилищ каскада наблюдалась практически полная гомотермия, градиент температуры между поверхностным и придонным слоями воды был везде меньше 1 °С/м, (0,0-0,87 °С/м). На всех станциях зарегистрированы аэробные условия с содержанием кислорода 6,4-10,8 мг/л. Активная реакция (рН) воды на всех станциях Куйбышевского, Нижнекамского и Воткинского водохранилищ была слабощелочной и щелочной; на большинстве станций Камского водохранилища – близкой к нейтральной. Цветность воды в целом снижалась от верховий Камского водохранилища к нижнему участку Нижнекамского водохранилища, и вновь несколько возрастала в Камской ветви Куйбышевского. В соответствии с классификацией С.П. Китаева (1984) по степени гумозности прибрежные участки камской ветви Куйбышевского водохранилища относятся в основном к мезогумозным; нижние станции Нижнекамского водохранилища (в Икском заливе) – к границе мезоолигогумозных и мезогумозных; большая часть Нижнекамского и все Воткинское водохранилище – к мезополигумозным водам. В Камском водохранилище наблюдалась значительная гетерогенность по величине цветности, на разных станциях она изменялась от мезогумозного до ультраполигумозного уровня. Подобные изменения связаны, скорее всего с влиянием притоков и механизмами смешения различных речных водных масс.

Химический состав воды (табл. 3, 4). По уровню минерализации вода в каскаде Камских водохранилищ относится преимущественно к средне- и умеренно-пресным водам по классификации С.П. Китаева (2007).

Таблица 2

Физико-химическая характеристика прибрежий водохранилищ Камского каскада

	Станция		Глубина, м	Прозрач- ность, м	Цвет ность (°Pt)	Элек- тропро- вод- ность, мкСм*см	Т,°С	рН	Еh	О ₂ , мг/л
Куйбышевское	Саралы, охр. зона	0 м	10	2,7	104	319	21,9	8	320	6,97
		дно			86	н/о	21,5	8	320	6,63
	Алабач	0 м	5	2,3	75	318	22	7,9	320	6,80
		дно			81	н/о	21,5	7,9	330	6,46
выше Чистополя	0 м	3	1	52	412	26,5	8,6	320	10,40	
	дно			65	н/о	24,5	8,6	310	10,40	
Камские поляны	0 м	7	1	58	363	21	8,4	310	7,14	
	дно			115	363	21	8,1	320	7,20	
Нижнекамское	Биюрган	0 м	1	1	41	562	27,5	8,5	310	9,09
	Мензелинск	0 м	3	1,5	35	793	25,1	8,5	280	10,80
		дно			31	н/о	23,5	8,8	280	10,57
	Икское устье	0 м	2	1	99	348	22,6	8,7	290	10,63
дно				н/о	н/о	21,5	8,6	290	9,94	
Красный бор	0 м	7	1	90	225	20,5	8,4	330	6,40	
	дно			95	н/о	20,5	8,2	320	6,63	

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Вятское	0 м	1	0,8	114	154	21,5	8,4	310	8,86
	Усть-сарапулка	0 м	4	1,1	164	159,7	20,2	7,7	330	7,77
		дно			191	н/о	20,2	7,9	340	7,77
	Нечкино	0 м	2	1,2	139	142,1	18,8	8	360	6,63
	Нижний бьеф ВотГЭС	0 м	2,2	1,5	135	134,2	20,9	8,1	380	7,43
		дно			н/о	н/о	19,8	8	400	7,37
Воткинское	Верхний бьеф ВотГЭС	0 м	2	1	125	129,5	22,6	9	330	н/о
	Паньково	0 м	1	1	110	132,9	27	9	360	9,89
	Сосновка	0 м	0,7	0,7	112	148,3	24	8,9	360	н/о
	Оса	0 м	2,3	0,9	117	175,3	22,5	8,8	330	10,34
		дно			н/о	н/о	20,5			9,94
	напротив Охан- ска	0 м	1	0,7	141	174,1	21,5	8,4	310	10,57
Нижний бьеф КамГЭС	0 м	1	0,7	136	181,8	20,6	8,6	330	н/о	
Камское	Полазна	0 м	2,5	1,9	41	1141	22	8,3	320	10,34
		дно			н/о	н/о	21,3	8,2	310	9,83
	Висим	0 м	2	0,9	117	239	21	5,2	250	9,03
		дно			н/о	н/о	20,5	5,7	270	8,91
	Березняки	0 м	4	0,9	227	390	19,5	8	330	9,49
дно				227	н/о	19,5	7,9	330	н/о	
Тюлькино	0 м	3,3	0,6	121	184,4	18,9	7,6	410	8,86	
	дно			124	н/о	18,9	7,6	420	н/о	
Чепец	0 м	2,5	0,6	351	88	20	7,7	430	7,20	
	дно			н/о	н/о	19,5	7,7	430	7,03	

Примечание. н/о – не определяли; ВотГЭС – Воткинская ГЭС (г. Чайковский), КамГЭС – Камская ГЭС (г. Пермь).

В Камской ветви Куйбышевского водохранилища вода относится к гидрокарбонатно-кальциевому типу минерализации. Различия в уровне минерализации и соотношении главных ионов по станциям минимальны (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав воды прибрежий водохранилищ Камского каскада (0 м)

1	Станция	Тип минерализации (Алеккин, 1970)	Σ ионов, мг/л	Основные ионы, мг/л				
				Cl	HCO ₃	SO ₄	Ca	Mg
2	3	4	5	6	7	8	9	
Куйбышев-	Саралы, охр. зона	С–Са–Ша	269	15,2	118,3	67,8	44,9	22,4
	Алабач	С–Са–Ша	258	10,0	122,0	66,8	43,3	15,8
	выше Чистополя	С–Са–Ша	278	30,1	117,7	68,5	45,1	16,9

Камские поляны | С–Mg–IIIa | 241 | 31,2 | 104,9 | 57,5 | 24,8 | 22,9
 Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нижнекам- ское	Биюрган	S–Ca–IIIa	344	54,8	102,5	114,3	56,1	16,8
	Мензелинск	S–Mg–IIIa	514	71,7	152,5	164,3	72,9	53,0
	Икское устье	C–Ca–IIIa	230	32,1	87,8	56,5	42,5	10,7
	Красный бор	C–Ca–IIIa	147	21,5	58,6	35,5	26,5	4,6
	Вятское	C–Ca–IIIa	106	16,0	50,0	16,4	21,2	2,0
	Усть-сарапулка	C–Ca–IIIa	107	15,8	48,8	18,0	19,6	4,6
Воткинское	Нечкино	C–Ca–IIIa	102	13,8	45,1	18,5	20,4	3,9
	Нижний бьеф ВотГЭС	C–Ca–II	95	15,5	42,7	16,5	20,0	0,2
	Верхний бьеф ВотГЭС	C–Ca–IIIb	90	11,9	40,3	15,9	22,0	0,2
	Паньково	C–Ca–IIIa	100	19,3	41,5	17,7	19,6	1,9
	Сосновка	C–Ca–IIIa	107	13,9	46,4	20,4	19,2	6,8
	Оса напротив Оханска	C–Ca–IIIa	131	14,7	57,3	28,1	25,1	5,5
Камское	Нижний бьеф КамГЭС	Cl–Ca–IIIa	135	27,3	43,9	32,5	24,9	6,3
	Полазна	S–Ca–II	1094	43,9	136,0	690,0	218,4	5,5
	Висим	Cl–Ca–IIIb	136	35,5	52,5	18,0	30,1	0,0
	Березняки	Cl–Ca–IIIb	170	66,9	52,5	12,5	30,9	7,3
	Тюлькино	C–Ca–IIIa	124	21,9	59,8	16,5	21,6	4,6
Чепец	C–Ca–IIIa	71	5,8	45,1	2,1	13,0	4,7	

Вода на большей части станций Нижнекамского и Воткинского водохранилищ также относится к гидрокарбонатно-кальциевому типу минерализации (табл. 3). Однако, на 2 станциях, расположенных в Икском заливе отмечен сульфатный тип минерализации, причем в Мензелинске основным катионом является магний, а не кальций, как во всем остальном каскаде. Кроме того, в районе нижнего бьефа Камской ГЭС выявлен хлоридно-кальциевый тип минерализации. Возможной причиной этих отклонений являются локальные изменения, вызванные влиянием притоков и точечных сбросов промышленных сточных вод.

В Камском водохранилище на исследованных станциях зарегистрированы все три типа минерализации по преобладающему аниону, при этом везде основным катионом в водохранилище является кальций (табл. 3). Хлоридно-кальциевый тип минерализации с повышенным содержанием натрия и калия обнаружен в районах п. Висим и г. Березняки, что, по видимому, связано с влиянием Верхнекамского месторождения калийных солей. В некоторых притоках, протекающих по этому району, выявлен хлоридно-калиевый тип минерализации (например, в р. Черная у г. Соликамск 97,6% анионов приходится на ион хлора, а 69,6% катионов – на ионы калия и натрия). Ниже по течению воды водохранилища разбавляются р. Иньвой. В районе п. Полазна в узкой прибрежной части происходит интенсивное растворение береговых обнажений гипса (Китаев, Рочев, 2008), что и объясняет резкое возрастание уровня (до солоноватоводного) и сульфатный тип минерализации на этой станции. На станциях у пп. Чепец и Тюлькино отмечен обычный для камского кас-

када гидрокарбонатно-кальциевый тип минерализации. Низкий уровень минерализации в районе п. Чепец (ультрапресные воды) обусловлен влиянием мягких мало-минерализованных болотных вод (с минерализацией менее 30 мг/л).

Концентрация общего растворенного фосфора в исследованных водохранилищах изменяется в пределах от 30 до 140 мг/м³ (табл. 4). По среднему для водохранилищ содержанию фосфора прослеживается слабо выраженный тренд к увеличению его концентрации сверху вниз по течению: Камское, Воткинское, Нижнекамское и Куйбышевское водохранилища – 58, 61, 66 и 69 мг/м³, соответственно.

Таблица 4

Концентрация биогенных элементов, микроэлементов и органического вещества прибрежий Камского каскада (0 м)

	Станция	Концентрация, мг/л							ХПК, мгО/ л
		P _{общ}	Fe _{общ}	N- NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	Si	Mn	
Куйбышевское	Саралы, охр. зона	0,08	0,18	0,14	0,009	0,050	0,57	0,05	25,52
	Алабач	0,08	0,18	0,23	0,005	0,101	0,68	0,05	48,28
	выше Чистополя	0,05	0,68	0,15	0,000	0,049	0,66	0,06	39,31
	Камские поляны	0,08	0,73	0,33	0,010	0,072	1,00	0,11	34,48
Нижнекамское	Биюрган	0,14	0,16	0,08	0,001	0,042	0,44	0,04	45,52
	Мензелинск	0,11	0,62	0,02	0,001	0,043	0,72	0,06	55,86
	Икское устье	0,03	0,31	0,05	0,000	0,048	0,81	0,03	34,48
	Красный бор	0,06	0,27	0,15	0,008	0,038	0,79	0,09	43,45
	Вятское	0,04	0,23	0,20	0,005	0,033	0,79	0,06	17,93
	Усть-сарапулка	0,08	0,11	0,10	0,001	0,034	0,74	0,13	22,07
	Нечкино	0,03	0,25	0,14	0,003	0,038	0,72	0,04	24,83
Воткинское	Нижний бьеф ВотГЭС	0,03	0,87	0,08	0,001	0,046	0,73	0,04	35,17
	Верхний бьеф ВотГЭС	0,07	0,24	0,08	0,001	0,040	0,70	0,04	35,17
	Паньково	0,04	0,30	0,08	0,000	0,039	0,66	0,06	35,86
	Сосновка	0,04	0,54	0,10	0,001	0,054	0,65	0,04	35,86
	Оса	0,08	0,07	0,08	0,001	0,046	0,68	0,05	23,45
	напротив Оханска	0,07	0,14	0,13	0,001	0,040	0,70	0,03	35,86
Камское	Нижний бьеф КамГЭС	0,05	0,06	0,00	0,009	0,045	0,50	0,05	35,86
	Полазна	0,04	0,27	0,02	0,000	0,047	0,50	0,03	40,00
	Висим	0,05	0,39	0,15	0,000	0,046	0,18	0,06	45,52
	Березняки	0,04	0,15	0,35	0,001	0,037	0,88	0,05	68,97
	Тюлькино	0,10	0,86	0,18	0,000	0,036	0,66	0,10	35,17
Чепец	0,06	1,91	0,32	0,000	0,028	1,09	0,06	63,45	

Среди минеральных форм азота на большинстве станций преобладал нитратный, однако на некоторых станциях существенно возростала доля аммонийного азота (например, Мензелинск, Пермь, Полазна), что очевидно связано с антропогенным воздействием. Концентрация нитритного азота очень мала и в некоторых случаях была меньше порога определения.

Не выявлено достоверных корреляций между концентрациями железа и марганца и цветностью. Это свидетельствует, что в водохранилищах Камского каскада основная доля цветности воды обусловлена окрашенными органическими соединениями (гуминовыми кислотами).

Содержание органического вещества (по величине ХПК) изменяется от станции к станции, однако, достоверных трендов в изменениях не выявлено. Различия в концентрациях скорее всего обусловлены локальным влиянием точечных сбросов загрязняющих веществ, составом почвы на прилегающей территории и смешением с водами крупных и малых притоков.

Трофический статус (табл. 5, рис. 2). Традиционно классификацию озер на трофические уровни проводят по содержанию биогенных элементов (в первую очередь, общего фосфора), прозрачности воды и содержанию хлорофилла "а". При этом выделяют три основных уровня продуктивности – олиго-, мезо- и эвтрофный, с несколькими более мелкими градациями. Однако, неоднократно предпринимались попытки более точно количественно определить величину трофического статуса, вводя индексы трофического состояния. Наиболее известным и широко применяемым индексом является индекс Карлсона (Carlson, 1977).

Величины индекса Карлсона (TSI), рассчитанные по данным о прозрачности воды (TSI_S), содержании общего фосфора (TSI_P) и хлорофилла "а" (TSI_{Chl}) на различных станциях камских водохранилищ представлены в табл. 5.

На всех станциях в Куйбышевском, Нижнекамском и Камском водохранилищах, и на 4-х станциях Воткинского водохранилища, индекс Карлсона, рассчитанный по содержанию хлорофилла "а" (TSI_{Chl}), меньше, чем по двум другим показателям. Поэтому и трофический статус, оцениваемый по средним значениям TSI во многих случаях выше, чем определенный только по содержанию хлорофилла. Если по средним значениям большинство станций характеризуется как эвтрофные, то по содержанию хлорофилла преобладает мезоэвтрофный статус, а эвтрофны и высокоэвтрофны только станции Воткинского водохранилища и 2 станции ниже него.

Только на двух станциях, в верхнем бьефе Воткинской ГЭС и у п. Икское устье, $TSI_P \approx TSI_{Chl}$; на остальных станциях TSI_P значительно превышает TSI_{Chl} , что указывает на неполное использование фосфора фитопланктоном. На рис. 2 показаны величины отклонений значений TSI , рассчитанных по содержанию общего фосфора (TSI_P) и прозрачности (TSI_S) от TSI_{Chl} . Эти отклонения дают информацию об условиях и факторах, ограничивающих развитие фототрофных планктонных сообществ в водоемах (Carlson, Simpson, 1996; Carlson, Havens, 2005). Как видно из рисунка, на большинстве исследованных станций $TSI_S \approx TSI_P > TSI_{Chl}$. Это показывает, что световые условия определяются присутствием большого количества неорганических веществ и/или детрита. Это приводит к дефициту света для фитопланктона и неполному использованию имеющегося фосфора (Carlson, Havens, 2005). Однако на станциях Саралы и Мензелинск, где $TSI_P > TSI_S \approx TSI_{Chl}$, а также Алабач и Нечкино неполное использование фосфора, очевидно, связано с

инными причинами, например, с лимитированием другими химическими или абиотическими факторами или с токсическим влиянием.

Таблица 5

Величины индекса трофического состояния в прибрежных участках каскада Камских водохранилищ

	Станция	TSI _S	TSI _P	TSI _{chl}	среднее	Трофический статус*	
						по среднему	по хлорофиллу
Куйб-ое	Саралы, охр. зона	45,7	68,0	43,1	52	Э	М-Э
	Алабач	48,0	67,3	30,6	49	М-Э	М
	выше Чистополя	60,0	60,1	52,1	57	Э	Э
	Камские поляны	60,0	68,1	37,5	55	Э	М
Нижекамское	Биюрган	60,0	75,4	38,3	58	Э	М
	Мензелинск	54,2	71,6	46,4	57	Э	М-Э
	Икское устье	60,0	52,1	53,1	55	Э	Э
	Красный бор	60,0	63,3	33,7	52	Э	М-Э
	Вятское	63,2	56,4	41,5	54	Э	М-Э
	Усть-Сарапулка	58,6	68,0	48,9	58	Э	М-Э
	Нечкино	57,4	55,3	40,8	51	Э	М-Э
	Нижний бьеф ВотГЭС	54,2	55,3	46,2	52	Э	М-Э
	Воткинское	Верхний бьеф ВотГЭС	60,0	65,8	63,4	63	В-Э
Паньково		60,0	58,6	52,5	57	Э	Э
Сосновка		65,1	58,9	52,0	59	Э	Э
Оса		61,5	67,2	61,6	63	В-Э	В-Э
напротив Оханска		65,1	66,3	51,9	61	В-Э	Э
Нижний бьеф Кам-ГЭС		65,1	61,8	58,7	62	В-Э	Э
Камское	Полазна	50,7	55,7	42,6	50	М-Э	М-Э
	Висим	61,5	60,1	42,7	55	Э	М-Э
	Березняки	61,5	57,6	46,1	55	Э	М-Э
	Тюлькино	67,4	70,9	48,2	62	В-Э	М-Э
	Чепец	67,4	64,2	49,5	60	В-Э	М-Э

Примечание. * М- мезотрофный, М-Э – мезоэвтрофный, Э- эвтрофный, В-Э - высокоэвтрофный

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Полученные данные позволяют проследить процесс формирования химического состава воды Камы от ее верхнего течения до впадения в Куйбышевское водохранилище. В верховьях, под влиянием болотных вод водосборной территории, Кама несет низкоминерализованную гидрокарбонатно-кальциевую воду. В пределах Камского водохранилища впадение притоков с различным уровнем и типом минерализации и выщелачивание прибрежных линз гипса создают пятнистое распределение минерализации и типа воды. В

нижележащих водохранилищах состав и уровень минерализации стабилизируются, однако на участке Икское устье-Биюрган вновь наблюдается локальное возрастание минерализации и изменение типа воды, обусловленное впадением нескольких лево- и правобережных притоков.

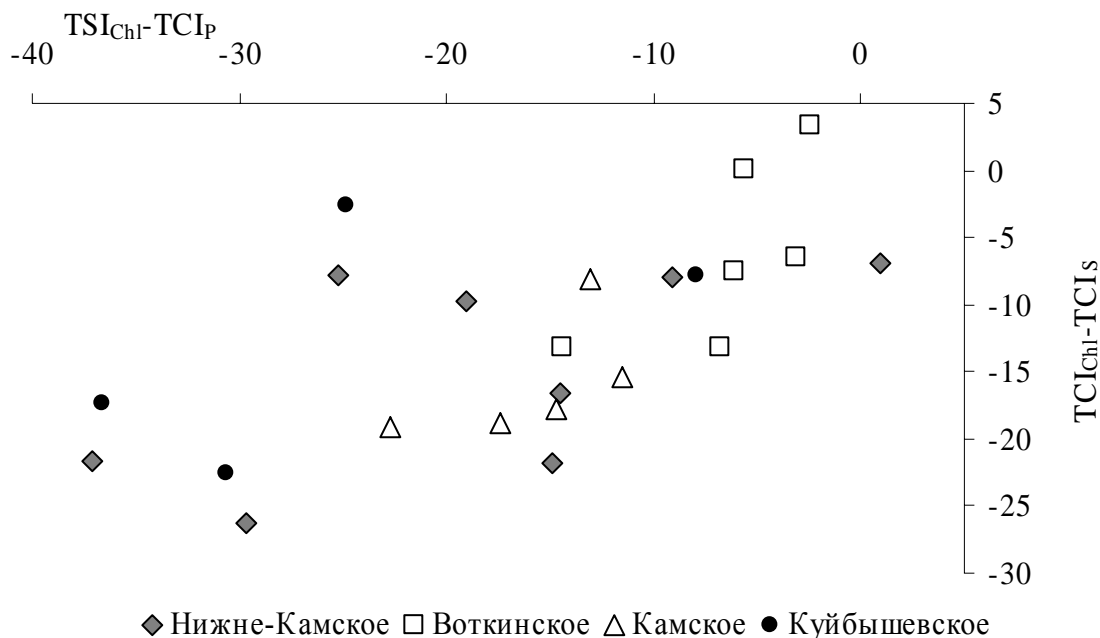


Рис. 2. Отклонения величин TSI, рассчитанных по содержанию общего фосфора (TSI_P) и прозрачности (TSI_S), от TSI_{ChI} в прибрежных участках водохранилищ Камского каскада в июле 2009 г.

Судя по общему содержанию фосфора, потенциальный трофический статус водохранилищ – эвтрофный и высокоэвтрофный. Однако из-за большого количества мертвого взвешенного вещества в составе сестона, на большинстве исследованных станций этот потенциальный трофический уровень не реализуется, и содержание хлорофилла соответствует мезоэвтрофному уровню продуктивности. Наибольшей продуктивностью, как потенциальной, так и реализованной, характеризуются станции Воткинского водохранилища.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л., 1970. 444 с.
 Большая советская энциклопедия (в 30 томах). 3 изд. М.: Советская Энциклопедия, 1970-1978.
 Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с. – Китаев А.Б., Рочев А.В. Гидрохимический режим приплотинной части Камского водохранилища / Науч. журнал Пермского ун-та Географич. вестник. 2008, №2(8). – Куйбышевское водохранилище (научно-информационный справочник) / Отв. ред. Г.С. Розенберг, Л.А. Выхристюк. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2008. 123 с.
 Матарзин Ю.М., Сорокина Н.Б., Пушкина Н.П., Губанова И.Ф., Родионова Л.А., Кортунова Т.А., Китаев А.Б. Современные экологические условия Камы и Камских водохранилищ / Биологическая продуктивность и качество воды Волги и ее водохранилищ. М.: Наука, 1984. С. 26-37.

Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды водоемов. М.: Медицина, 1990. 400 с.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 541 с.

Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю.Ю. Лурье. М.: Химия, 1973. 376 с.

Carlson R.E. A trophic state index for lakes // *Limnol. Oceanogr.*, 1977. V.22, № 2. P. 361-369. – **Carlson R.E., Havens K.E.** Simple Graphical Methods for the Interpretation of Relationships Between Trophic State Variables // *Lake and Reservoir Management*, 2005. V. 21, № 1. P. 107-118. – **Carlson R.E. Simpson J.** Trophic state. A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. North American Lake Management Society, 1996. 96 p.

Jeffrey S.W., Humfrey G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c* in higher plants algae and natural phytoplankton // *Bio-chem. Physiol. Pflanz.* 1975. Bd. 167 P. 161-194.