

25. Edel'shtejn, K.K. (1998). *Vodokhranilishha Rossii: ekologicheskie problemy, puti ikh resheniya* [Reservoirs of Russia: ecological problems and ways of their solution]. Moscow: GEOS. (in Russian).

26. Edel'shtejn, K. K. (1981), "O sootnoshenii pokazatelej vnutrennego vodoobmena protochnykh vodoemov" [About ratio of the internal water exchange parameters in flowing water reservoirs]. *Vodnye resursy* [Water Resources]. issue 6. pp. 70-74. (in Russian).

Поступила в редакцию: 01.12.2015

Сведения об авторе

Обухов Евгений Васильевич

доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор, действительный член Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы, УО, Украина, г. Одесса;
e-mail: e.obukhov@mail.ru

About the author

Yevgeniy V. Obukhov

Doctor of Economic Sciences, Ph.D.C.Sc., Professor, Actual member of International Academy of ecology, man and life protection sciences, Ukraine department; Odessa, Ukraine;
e-mail: e.obukhov@mail.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Обухов Е.В. Сравнительные показатели внешнего водообмена на водохранилищах Днепровского каскада в условиях изменения климата // Географический вестник. 2016. № 2(37). С. 61–69. doi 10.17072/2079-7877-2016-2-61-69

Please cite this article in English as:

Obukhov E.V. Comparative indices of external water exchange in the Dnieper cascade reservoirs under climate change // *Geographicheskij Vestnik*. 2016. № 2(37). P. 61–69. doi 10.17072/2079-7877-2016-2-61-69

УДК 556.552

С.А. Двинских, А.Б. Китаев, В.М. Носков

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА КАМСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В РАЙОНЕ Г. ДОБРЯНКИ

Излагаются анализ и обобщение материалов гидродинамической и экологической обстановок в нижней части Камского водохранилища (Добрянка – Камская ГЭС), основанные на материалах ранних исследований и полевых опробований (2006–2007 гг.) химического состава вод, теплового загрязнения от Пермской ГРЭС. Показаны гидрографические и морфологические особенности района исследований. Дана оценка самоочищающей способности водоема по результатам анализа скоростного режима водоема, водообмена и проточности. Рассмотрен гидрохимический режим исследуемого участка по материалам режимных наблюдений (материалы Пермского центра по гидрометеорологии и охране окружающей среды) и полевого обследования, установлены проблемные с точки зрения качества воды компоненты химического состава воды. Показаны зона теплового загрязнения приплотинной части водоема и зона теплового воздействия. Определена роль теплового загрязнения в снижении содержания растворенного в воде кислорода. Представлен класс качества воды по содержанию в ней растворенного кислорода и биологическому потреблению кислорода. На основе фондовых материалов дан анализ влияния теплового загрязнения на гидробиологию водохранилища.

Ключевые слова: водохранилище, гидрография, морфометрия, гидрохимия, термический режим, загрязнение, гидробиология.

A.B. Kitaev, S.A. Dvinskikh, V.M. Noskov

HYDROECOLOGICAL SITUATION IN THE KAMA RESERVOIR IN THE AREA OF DOBRYANKA TOWN

The analysis and generalization of data on hydrodynamic and ecological situation in the lower part of the Kama Reservoir (Dobryanka-Kama Hydroelectric Power Station) are provided based on materials of

previously conducted research and field approbations (2006–2007) of chemical composition of waters and thermal pollution from Perm GRES power station. Hydrographic and morphological features of the area under investigation are shown. The estimation of self-purification capacity of the reservoir is given based on the analysis of the speed regime of the reservoir, water exchange and pro-accuracy. The hydrochemical mode of the site under study is considered on the basis of data from regime supervision (materials of the Perm Center for Hydrometeorology and Environmental Protection) and field inspection; components of the water chemical composition that are not appropriate in terms of water quality are identified. The zone of thermal pollution of the dam part of the reservoir and the zone of thermal influence are shown. The role of thermal pollution in decreasing content of oxygen dissolved in water is established. The class of water quality with respect to the content of dissolved oxygen and biological consumption of oxygen is presented. The analysis of thermal pollution influence on the reservoir's hydrobiology is provided.

Keywords: reservoir; hydrography, morphometry, hydrochemistry, thermal regime, pollution, hydrobiology.

doi 10.17072/2079-7877-2016-2-69-83

Введение

Целью настоящей работы является оценка гидродинамической и геоэкологической обстановок на Камском водохранилище в районе г. Добрянки. В связи с этим были решены следующие задачи: 1) сбор, анализ и обобщение материалов гидродинамической изученности Камского водохранилища в районе г. Добрянки (по многолетним данным и результатам полевых исследований); 2) проведен анализ, сделан расчет зоны теплового влияния подогретых вод и определена зона влияния сброса теплых вод Пермской ГРЭС (на основе полевых исследований), сбрасываемых в Камское водохранилище; 3) проанализированы многолетняя динамика и современный химический состав воды в исследуемом районе; 4) изучен гидробиологический режим участка г. Добрянка-Камская ГЭС по многолетним характеристикам и данным полевых исследований.

Работа выполнялась в соответствии с законодательными и нормативно-правовыми актами РФ и Пермского края: СНиП 11-02-96 (инженерные изыскания для строительства); ГОСТ 27065-86 (Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения); ГОСТ 17.1.3.07-82 (Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды в водоемах и водотоках); ГОСТ 51592-2000 (Вода. Общие требования к отбору проб); Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНХ (Л.: Гидрометеиздат, 1984); СанПиН 2.1.5.980-00 (Гигиенические требования к охране поверхностных вод); Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ на водные объекты, имеющие рыбохозяйственное значение (утвержден приказом государственного комитета Российской Федерации по рыболовству от 28 апреля 1999 г. № 96).

Для оценки способности экосистемы к самоочищению необходимо проанализировать гидродинамические, гидрохимические особенности и состояние биологической составляющей. Самоочищающая способность водоема зависит, прежде всего, от интенсивности обмена вод, который, в свою очередь, определяется расходами воды, скоростями течения, внешним обменом и проточностью, ветровым волнением. Гидродинамические характеристики определяют зону теплового загрязнения водных объектов. На изучаемом участке источником теплового загрязнения является Пермская ГРЭС. Результаты термических съемок, проведенных в различные фазы водного режима, позволили оценить границы распространения теплых вод.

Еще одним показателем, с одной стороны, самоочищающей способности, а с другой, загрязнения водоема является химический состав воды. Гидробионты являются индикаторами многих процессов, происходящих в водохранилище, в результате которых происходит формирование качества вод. На данном этапе исследований гидробиологический режим анализировался по опубликованным и фондовым материалам и данным полевых исследований.

Характеристика района исследований

Объектом исследований являлся участок Камского водохранилища от устья р. Ломоватовки до Камской ГЭС, расположенный в приплотинном районе водоема. Район имеет протяженность около 53 км, включает южную оконечность Камского плеса и часть Чусовского плеса водохранилища. Он

практически полностью повторяет очертания старого русла Камы и поэтому является самым извилистым и глубоким на Камском плесе. Старое русло, перемещаясь от одного берега к другому, обуславливает постоянную смену приглубого берега на отмельный и наоборот.

На исследуемом участке водохранилища в него впадают такие реки, как с правого берега (по направлению к плотине) Лябовка (напротив Добрянки), Кважевка, Шемети, Кудиновка, Хохловка; с левого берега – Ломоватовка, Добрянка, Полазна, Чусовая (образующая Чусовской плес Камского водохранилища). Наиболее крупные реки образуют заливы. В районе устья р. Ломоватовки ширина водохранилища составляет 2,5 км, без учета глубоководящегося залива в устье р. Малый Туй. Залив Малый Туй вдаётся в берег почти на 4 км с глубинами, повсеместно превышающими 4,5 м. Южнее, с восточного берега, впадают речки Черная-2 и Черная-1. Здесь же расположен залив, образовавшийся в устье р. Тюсь. Напротив него находятся значительное мелководье и ряд небольших островов. Ширина в устьевом участке составляет 500–550 м, длина – 1,6 км, глубина – более 5 м. Расстояние между противоположными берегами равно 4,5–5 км. Глубины по старому руслу редко превышают 20 м. С противоположного берега расположен залив, образовавшийся в результате затопления устья р. Большой Туй. Добрянский залив имеет длину около 2,2 км, ширину 500 м, глубину 7–8 м. Немного южнее его расположен Полазненский залив. Он сопоставим по размерам с Добрянским заливом (длина около 2,5 км, ширина 1,5 км, глубины от 5 до 10 м). Далее по судовому ходу на правом берегу образованный у села Хохловка (23 км) находится залив, который вдаётся в сушу на 1,5 км, имеет ширину 200 м и глубину более 10 м. Камский плёс от г. Добрянки до узкого и длинного мыса (Чусовской стрелки) имеет ширину до 2,5–3 км.

Непосредственно у плотины ширина водоёма не превышает 4–4,5 км. Приплотинный участок водохранилища представляет озёровидное расширение значительных размеров.

Наиболее освоенным в водохозяйственном отношении является левый берег участка Камского водохранилища на отрезке от г. Добрянка до Камской ГЭС. В г. Добрянка размещается крупное энергетическое предприятие Пермская ГРЭС. Ниже по течению, в заливе Камского водохранилища, образованного в результате затопления устья и нижнего течения р. Полазны, расположено разрабатываемое Полазненское месторождение нефти. Кроме того, на водосборах малых водотоков, впадающих в Камский и Чусовской плесы ниже п. Полазна, также осуществляется активная разработка нефтяных месторождений. Через Полазненский залив и Чусовскую стрелку построены автомобильный и железнодорожный мосты.

В черте г. Перми левый берег также испытывает значительную антропогенную нагрузку. От п. Полазна до городской черты по берегу практически непрерывно расположены коллективные сады. В городской черте до Камской ГЭС находятся городской водозабор (Чусовской) и крупные промышленные предприятия города (Пермский целлюлозно-бумажный комбинат, Камкабель и др.).

Гидроэкологическое состояние водоёма определяется совокупностью его гидродинамических условий и техногенных нагрузок.

Гидродинамические условия

Интенсивность водообмена является важнейшей характеристикой экосистемы любого водного объекта. В настоящее время принято делить водообмен на *внешний* и *внутренний*. **Внешний водообмен** понимается как замена вод, находящихся в водоёме, новыми водами, поступившими извне. При **внутреннем водообмене** происходят перемещение и смешение водных масс в самом водоёме.

При оценке интенсивности внешнего водообмена морфометрических участков использован показатель $D_{\text{уч}}$, представляющий собой отношение стока с каждого конкретного участка водоёма ($W_{\text{ст.уч}}$) к его объёму ($V_{\text{уч}}$) [5; 6]:

$$D_{\text{уч}} = W_{\text{ст.уч}} / V_{\text{уч}}$$

Анализ расчетов показателя водообмена показал (рис. 1), что во внутригодовом ходе он имеет три фазы: весеннее наполнение (V–VI), с максимальными величинами водообмена; летне-осенний период (VII–X); зимняя сработка водоёма (XI–IV).

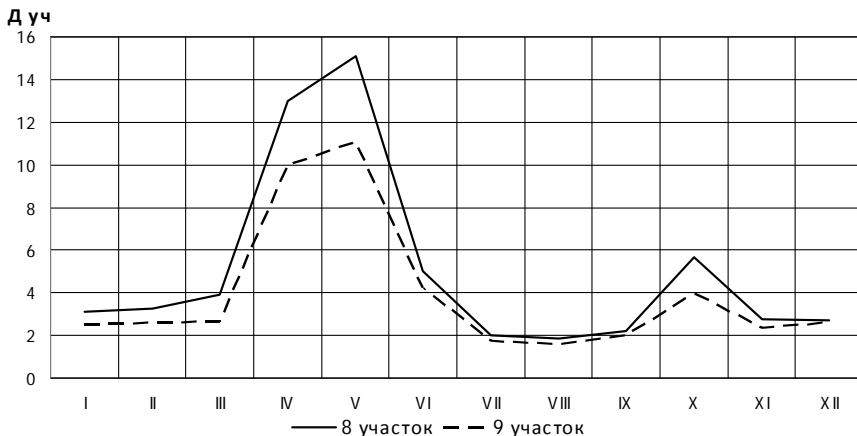


Рис. 1. Внутригодовой ход коэффициента внешнего водообмена в приплотинной части Камского водохранилища

Для 8-го (Слудка–Добрянка) и 9-го (Добрянка–КамГЭС) участков максимальный водообмен был отмечен в мае и составил соответственно 15,1 и 11,1. Для летне-осеннего периода характерно заметное снижение интенсивности обмена вод: внешний водообмен в эту фазу режима изменялся на участке Добрянка–КамГЭС от 1,60 до 4,23, что примерно аналогично многолетним характеристикам. Во время зимней сработки он изменялся от 2,34 до 2,68. Приведенные значения обмена вод примерно соответствуют среднемноголетним значениям [1; 12].

Интенсивность внутреннего водообмена может быть оценена по показателю *проточности*. Данная характеристика ($K_n = V_w/V_p$) представляет собой отношение скоростей проточного течения в условиях водохранилища и в условиях реки (на которой создан водоем) при одном и том же расходе воды, т.е. показывает соответствие скоростного режима искусственного водоема к бытовым условиям.

Коэффициент проточности (K_n) рассмотрен в 3 створах: Слудка, Добрянка, КамГЭС. Максимальная проточность во все фазы водного режима отмечена в районе г. Добрянки. Наибольшие величины проточности по всем створам указаны в период весеннего наполнения водоема: 0,09; 0,29 и 0,16 соответственно (рис. 2) Проточность в фазу наполнения водоема в 2006 г. занимает среднее положение между многоводным и маловодным годами, хотя в створе г. Добрянки (0,29) она более близка к многоводному году (0,31). В летне-осенний период 2006 г. проточность изменялась от 0,08 до 0,12; во время зимней сработки – от 0,10 до 0,19, что соответствует среднемноголетним величинам [1; 2].

Высокие значения водообмена (более 1,0) и проточности для района г. Добрянка свидетельствуют о высокой самоочищающей способности водохранилища и интенсивном обмене водных масс в течение всех месяцев. Но обеспечивают ли величины водообмена и проточности качество воды водохранилища, в формировании которого значительную роль играют техногенные источники загрязнения?

На рассматриваемом участке водохранилища имеют место все виды **течений**, свойственные большим водоемам: стоковые, ветровые, компенсационные и др. Сегодня наиболее полно изучены суммарные течения, образующиеся в результате взаимодействия различных по происхождению видов течений, и стоковые течения, преобладающие в проточных водоемах.

Скорости суммарных течений изменяются в значительных пределах – почти от нуля (0–5 см/с) до 30–50 см/с и более, причем максимум наблюдается, как правило, в верхнем 5-метровом слое воды, а минимум – в придонных слоях. Значительно меняется направление течений по сезонам года и по акватории водохранилищ (от 0 до 360°). Чаще всего сектор изменений направления суммарного течения не превышает 120–250°.

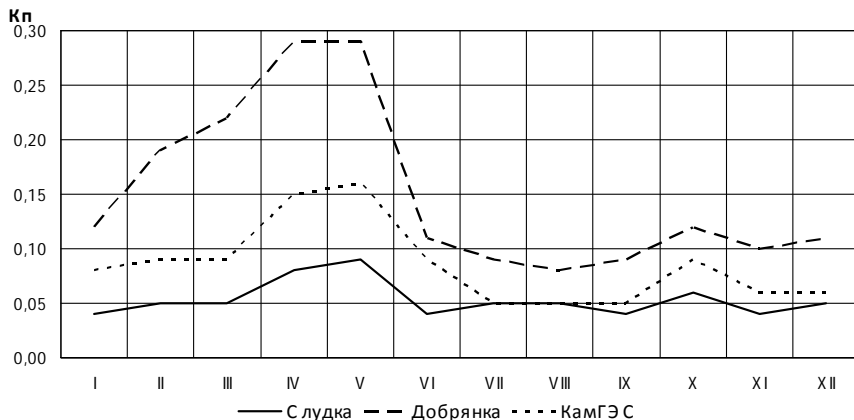


Рис. 2. Внутригодовой ход коэффициента проточности в приплотинной части Камского водохранилища в 2006 г. [2]

Скорости стоковых течений отличаются относительным постоянством (от 4–7 до 10–20 см/с). Максимальные их значения достигают 30–70 см/с. Эти течения прослеживаются, как правило, от поверхности до дна, причем максимум скорости приходится на 5–10 м (считая от поверхности воды), а минимум – на придонные слои.

Помимо постоянных течений на изучаемом участке водохранилища наблюдаются различные временные течения – ветровые, включающие в себя дрейфовые и компенсационные. Максимальные значения скоростей течения при ветре 7–8 м/с, по данным многолетних наблюдений, обычно составляют 10–12 см/с и только при очень сильных и длительных ветрах, совпадающих по направлению со стоковым течением, увеличение скоростей за счет дрейфового течения может превышать 15–20 см/с.

Нами проведены наблюдения за режимом скоростей течения на исследуемом участке в периоды фаз зимней сработки (март), весеннего наполнения водоема (май) и летне-осенней стабилизации уровня воды (август) в районе г. Добрянки и в непосредственной близости от Камской ГЭС.

Фаза зимней сработки водохранилища характеризуется однонаправленным течением в сторону КамГЭС. При этом скорости течения в районе Добрянки были 0,08–0,09 м/с, в районе Камской ГЭС – 0,04–0,05 м/с; в мае в районе Добрянки скорость была в пределах 0,21–0,23 м/с, у Камской ГЭС – 0,11–0,14 м/с; в августе у г. Добрянки скорость течения изменялась от 0,06 до 0,08 м/с, у плотины – от 0,02 до 0,04 м/с. Максимальные по сечению скорости течения отмечались в районах расположения старого русла р. Камы. На затопленных же элементах рельефа поймы они заметно меньше (в 1,5–2,0 раза).

Техногенные нагрузки

Источники загрязнения представлены предприятиями, осуществляющими сброс промышленных и ливневых стоков в пределах рассматриваемого участка или в его притоки (табл. 1).

Из основных источников сбросов сточных вод два предприятия имели превышения по одному веществу: ЗАО ЛУКОЙЛ-Пермь, филиал ПДН, – по азоту аммонийному (1,29 ПДС) и ОАО «Пермская ГРЭС» – по фосфору общему (1,21 ПДС). Два других предприятия имели превышения по двум веществам: ОАО «Добрянка – хлеб» (сумма кратностей превышений – 8,61 ПДС, где 7,38 ПДС – превышение по взвешенным веществам); МУП «Жилищно-коммунальный комбинат п. Полазна» (сумма кратностей превышений 51,22 ПДС, ее составляли азот аммонийный (26,53 ПДС) и нефтепродукты (24,69 ПДС).

Таким образом, более всех в Добрянском районе превышение норм ПДС отмечено у МУП «Жилищно-коммунальный комбинат п. Полазна». Кроме того, значительные превышения ПДС отмечались у ООО «Пермский картон», предприятия, расположенного на административной территории г. Перми.

Таблица 1

Основные источники сбросов сточных вод

№ n/n	Предприятие	Сумма кратностей превышения ПДС	Число веществ, выброс которых >ПДС	Вещество – кратность превышения ПДС
1	ЗАО ЛУКОЙЛ-Пермь, филиал ПДДН (Добрянский район)	1,29	1	Азот аммонийный – 1,29
2	МУП «Жилищно-коммунальный комбинат» п. Полазна	51,22	2	Азот аммонийный – 26,53; нефтепродукты – 24,69
3	ОАО «Добрянка-хлеб»	8,61	2	БПК п – 1,23; взвешенные вещества – 7,38
4	ОАО «Пермская ГРЭС»	1,21	1	Фосфор общ. – 1,21
5	ООО "Милкор"			Нет лицензии
6	Добрянская ГКС Пермского ЛПУМГ, ООО «ПЕРМТРАНСГАЗ»	2,337	2	Азот нитратный – 1,087; БПК полный – 1,25
7	ООО «Пермский картон»	126,34	4	Азот аммонийный – 34,15; нефтепродукты – 54,6; взв. Вещества- 5,96; БПК полный – 31,63;
	Приоритетный загрязнитель			Азот аммонийный, нефтепродукты

Химическое загрязнение. Анализ материалов многолетних режимных наблюдений Пермского ЦГМС за химическим составом воды на изучаемом участке показал: 1) величина общей минерализации гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов, кальция и магния в районе Добрянки определяются естественными условиям и подвержены внутритродовым колебаниям, превышения предельно допустимых концентраций не наблюдалось; 2) микроэлементы (железо и медь) содержатся в большом количестве (превышают нормы ПДК в 2–10 раз); при этом отмечается их высокий естественный фон (так, во входном створе Камского водохранилища у пос. Тюлькино содержание общего железа составляет 3–9 ПДК); 3) среди биогенных элементов (аммоний и фосфор) отмечается превышение нормы ПДК по аммонии в конце ледостава до 1,5 раза; 4) содержание растворенного кислорода минимально перед разрушением ледяного покрова (март), в остальной период значения его достаточно высоки. Значение ХПК колеблется в районе ПДК, а в зимний период может превысить его в 3 раза [11; 14].

Для определения соответствия современного химического состава воды среднепогодному был проведен отбор проб воды в период летне-осенней стабилизации уровня воды (близким к НПУ) в восьми створах: 1 – устья рек Малый Туй и Ломоватовки; 2 – 0,5 км выше устья р. Добрянки; 3 – напротив д. Заполье и устья р. Кважевки; 4 – выше п. Полазна, напротив д. Луневки; 5 – напротив с. Хохловка; 6 – верхний бьеф Камской ГЭС (1 км выше плотины); 7 – р. Сылта (створ Лядовского водозабора); 8 – створ Чусовского водозабора.

Анализ проб воды проводился по следующим показателям: содержание растворенного кислорода, БПК₅, БПК_{полн.}, ХПК, азота аммонийного, азота нитритного, азота нитратного, СПАВ, взвешенных веществ, метанола, нефтепродуктов, сухого остатка, сульфатов, сульфитов, фенолов, фосфатов, формальдегида, фурфурола, тиосульфатов, хлоридов. Пробы воды отбирались в старом русле р. Кама (фарватер) с поверхностного слоя (0,2 м). Выбор поверхностного горизонта для отбора проб объясняется используемой в настоящее время методики в Пермском ЦГМС.

Содержание суммы ионов оценивалось по удельной электропроводности. В пределах Камского плеса она составила 316–319 мкСм/см и увеличилась до 322 в районе КамГЭС за счет слияния с водами рек Сылта и Чусовая (величина электропроводности соответственно равна 590 и 490 мкСм/см). Нормируемые величины минерализации приблизительно соответствуют удельной электропроводности 2000 мкСм/см. Содержание сухого остатка (рис. 3) составляет 224 мг/дм³ выше Добрянки, 226 мг/л напротив р. Добрянки и снижается до 219 мг/дм³ ниже города (при норме 1000 мг/л). Состав других элементов (гидрокарбонаты, хлориды и кальций) не превышает ПДК [10].

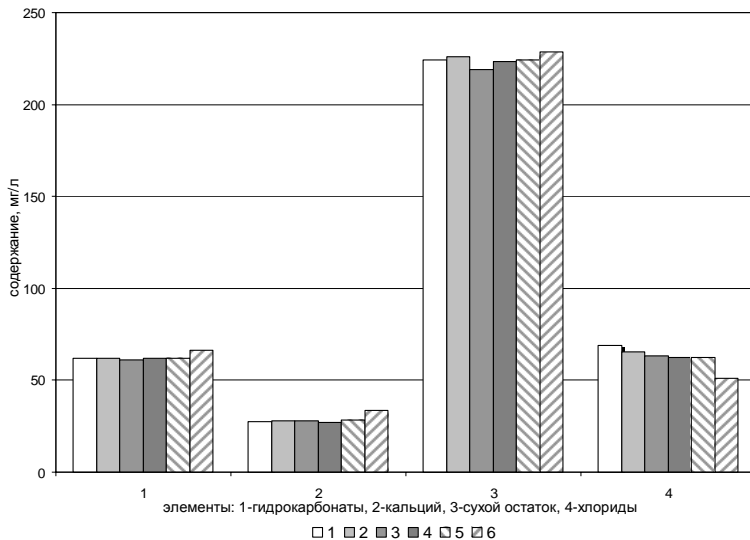


Рис.3. Диаграмма изменения содержания главных ионов в воде Камского водохранилища по длине створов отбора проб: 1–6 – номера створов

В день отбора проб воды (температура по длине исследуемого участка водохранилища изменялась от 10,6 до 13,0⁰ С) содержание O₂ было более 10 мг/дм³ (при минимальной норме в 6 мг/л), что говорит о хорошей насыщенности воды растворенным кислородом. Величина ХПК (ПДК равно 15 мг/дм³) превышает предельно допустимые концентрации на створах ниже Добрянки, напротив д. Заполье в 1,2 раза; выше п. Полазна в 1,5 раза и напротив с. Хохловка в 1,4 раза. Величины БПК₅ и БПК_{полн.} во всех створах наблюдений не превышают норму: БПК₅ изменяется от 0,65 до 1,17 мг/дм³ (норма – 3 мг/дм³); БПК_{полн.} – от 0,93 до 1,66 мг/дм³ (рис. 4).

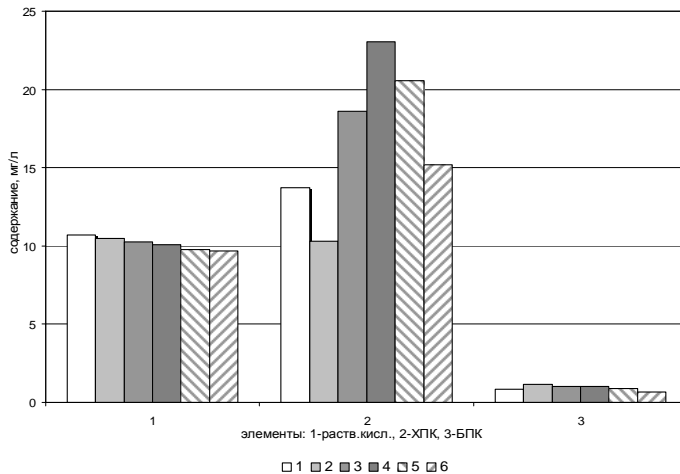


Рис. 4. Диаграмма изменения содержания растворенного кислорода, химического и биологического потребления кислорода в воде Камского водохранилища по длине створов отбора проб: 1–6 – номера створов

Концентрация биогенных элементов (рис. 5) изменяется: иона аммония – от 0,25 до 0,33 мг/дм³ (максимальная величина отмечена в створе напротив г. Добрянки) при ПДК равном 0,50 мг/дм³; концентрация нитрат иона по всем створам менее 5 мг/ дм³ (ПДК – 40 мг/дм³); содержание азота нитритного изменяется от 0,012 до 0,021 мг/дм³, т.е. на участке от Добрянки до Хохловки находится на уровне ПДК (ПДК – 0,02 мг/дм³). Наибольшее содержание взвешенных веществ отмечено на 2-м и 3-м створах (район Добрянки и ниже ее), где оно составляет 4 мг/дм³ [14].

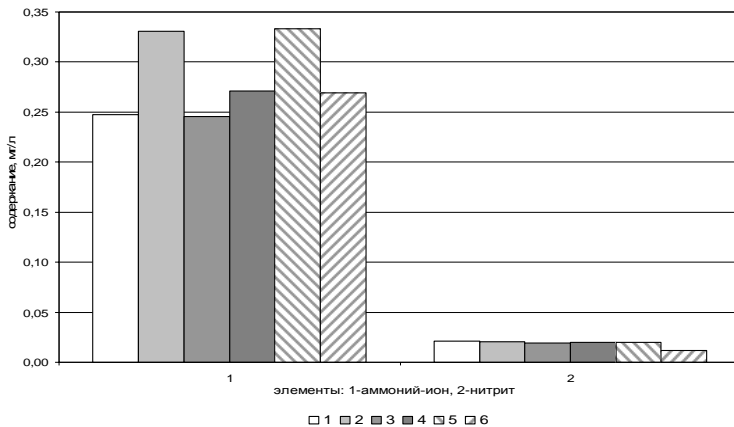


Рис. 5. Диаграмма изменения содержания биогенных элементов в воде Камского водохранилища по длине створов отбора проб: 1–6 – номера створов

Концентрация нефтепродуктов изменялась от 0,04 до 0,10 мг/дм³ (норма – 0,05 мг/дм³). Превышение ПДК по этому компоненту отмечено в районе г. Добрянки (1,2 ПДК) и в верхнем бьефе Камской ГЭС (2 ПДК). Не превышают норм ПДК метанол, фенол, формальдегид, СПАВ, фосфаты. Содержание в воде сульфитов, фурфурола и теосульфатов не обнаружено.

Таким образом, сравнение измеренного содержания химических элементов в воде изучаемого участка (2006–2007 гг.) с многолетними данными показало, что к загрязняющим компонентам добавился еще один – нефтепродукты, что связано с деятельностью Полазненского месторождения нефти, но уменьшилась концентрация аммония до ПДК.

Кроме химического загрязнения в пределах изучаемого участка возможно и тепловое загрязнение, связанное со сбросом подогретых воды естественной температуры вод, используемых для охлаждения конденсаторов турбин Пермской ГРЭС.

Тепловое загрязнение. Источником теплового загрязнения является Пермская ГРЭС, расположенная на левом берегу водохранилища в 5 км выше г. Добрянки и в 65 км от плотины Камской ГЭС. Забор воды осуществляется через подводящий канал в 2,5 км выше по течению, сброс – через отводящий канал в 4 км от промплощадки ниже по течению.

После пуска первых агрегатов ГРЭС в термическом и ледовом режимах приплотинной части водохранилища произошли изменения. В безледоставный период в зоне станции образуются зоны теплового загрязнения и теплового влияния, где температура воды выше естественной более чем на 3⁰С в случае теплового загрязнения и на 0,1 до 2,9⁰С – в случае теплового влияния. Площадь распространения теплых вод по гидродинамическим условиям можно разделить на две зоны: ближнюю, где происходит интенсивное турбулентное перемешивание подогретых и естественных вод и гасится скорость втекающей струи, и дальнюю, где перемешанные и охлажденные воды, как более легкие, распространяются в поверхностном слое, образуя вышеуказанные зоны, форма и площадь которых определяются в основном направлением, скоростью и продолжительностью действия ветра [8; 9].

Влияние, которое оказывает тепловой сброс с ГРЭС в разные сезоны года, проявляется не одинаково. В безледоставный период (проточность невелика) тепловое влияние распространяется на

расстояние до 14 км ниже ГРЭС. В ледоставный период (при значительной проточности) тепловое влияние распространяется до плотины Камской ГЭС и прослеживается в нижнем бьефе гидроузла.

Для наблюдений был выбран период с максимальными температурами поверхности воды (9 июля) и период с температурами, близкими к минимальным в безледоставный период (25 октября). Результаты наблюдений представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты наблюдений в зоне влияния Пермской ГРЭС [13]

Дата	Кол-во работающих блоков	Расход теплых вод, м ³ /с	Направление ветра	Скорость ветра, м/с	Температура забираемой воды, °С	Температура сбрасываемой воды, °С	Разница температур, °С	Площадь теплового загрязнения, км ²	Площадь теплового влияния, км ²
09.07	3	28,3	ЮВ	3	25,0	29,2	4,2	7,0	19,0
25.10	3	28,3	СЗ	5	6,2	17,0	10,8	1,5	15,0

Анализ наблюдений, проведенных 9 июля, показал, что вследствие высоких температур воздуха (+26,0⁰), державшихся в течение нескольких дней, а также благодаря слабым ветрам фоновая температура поверхности воды поднялась до 23,0–25,0 °С, что на 3,0–4,0⁰С выше, чем в соответствующие периоды наблюдений прошлых лет. Поэтому площади теплового загрязнения и влияния, несмотря на то, что количество работающих блоков ГРЭС оставалось прежним, оказались наибольшими. Данный факт объясняется исключительно метеорологическими условиями, которые в таком сочетании: длительные высокие температуры и слабый ветер наблюдаются довольно редко.

В период наблюдений 25 октября температура воздуха составляла 3 °С. Благодаря большой теплоаккумулирующей способности воды ее температура была более, чем в два раза выше, и ее значения изменялись от 6,0 до 7,0 °С. Как и в наблюдениях прежних лет, проводимых в октябре, разница температур забираемой и сбрасываемой воды была значительна и составила 10,8 °С. Площадь теплового загрязнения под влиянием северо-западного ветра ориентирована на юго-восток и составила 1,5 км². Зона теплового влияния распространилась вниз до траверза устья р. Кважвы, что по площади составило примерно 15 км² [11; 13].

Следовательно, площади зон теплового загрязнения и влияния не только определяются количеством сбрасываемых теплых вод, но и зависят от метеорологических факторов – температуры воздуха, скорости, направления и продолжительности действия ветра, который определяет на этом участке как основной вид течения – ветровой.

Вследствие искусственного повышения температуры летом до 27–30 С⁰ происходят удлинение вегетационного периода, увеличение количества планктона. Кроме того, усиливается токсическое действие загрязняющих примесей, уменьшается доступ света к водным растениям, что негативно сказывается на качестве воды. В створах г. Добрянки и выше г. Перми наблюдался дефицит растворенного кислорода (2004 г.). В конце ледостава при минимальной водности содержание растворенного кислорода снижалось до 3,08 – 2,34 мг/л при норме в зимний период не менее 4 мг/л.

Влияние теплового загрязнения на кислородный режим. Анализ температур и содержания кислорода в воде Камского водохранилища в районе г. Добрянка за периоды 1968–1972 гг. (до создания Пермской ГРЭС) и 1994–1998 гг. (после создания Пермской ГРЭС) приведены на рис. 6 и 7. Из них видно, что изменение температуры обусловило изменение снижения концентрации растворенного кислорода в июле–августе и сентябрь–октябре, а в мае–июне концентрация увеличилась. Однако необходимо отметить, что приведенные выше данные рассчитаны как средние значения содержания кислорода на поверхности, в толще и у дна. В период 1994–1998 гг. в связи с изменением программы наблюдений на термических вертикалях Пермского ЦГМС содержание кислорода определялось только на поверхности и у дна, что сказывается на весовом значении составляющих, используемых для определения средней величины кислорода на вертикали. На наш взгляд, при характеристике кислородного режима должно быть исключено и содержание кислорода на поверхности, так как здесь на насыщение кислородом водной массы оказывают влияние ветровое волнение и непосредственно граница вода–воздух. В связи с этим в качестве индикатора изменения содержания кислорода целесообразно принять значения его концентраций у дна.

После создания Пермской ГРЭС отмечается уменьшение содержания кислорода в сумме для всего навигационного периода.

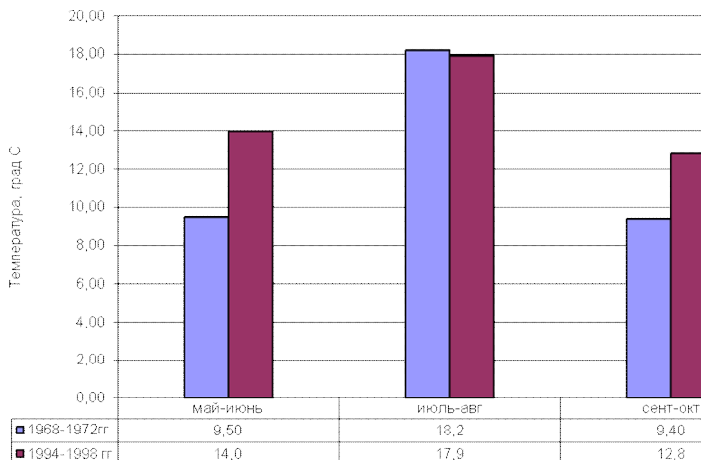


Рис.6. Изменение средней по вертикали температуры воды в течение навигационного периода до создания Пермской ГРЭС и после (пункт Добрянка)

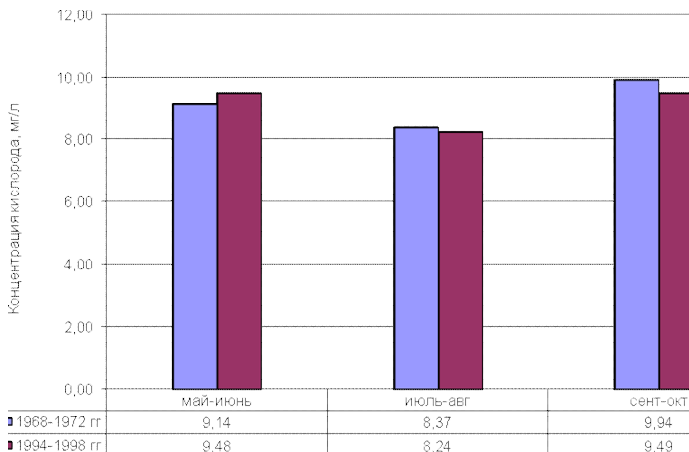


Рис. 7. Изменение содержания кислорода в воде водохранилища в течение навигационного периода до создания Пермской ГРЭС и после (пункт Добрянка)

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого и санитарного водопользования содержание растворенного кислорода в пробе не должно быть ниже 4 мг/дм^3 в любой период года. Для водоемов рыбохозяйственного назначения концентрация

растворенного кислорода не должна быть ниже 4 мг/дм^3 в зимний период и 6 мг/дм^3 – в летний. По результатам наших исследований в навигационный период по содержанию кислорода (у дна) воды водохранилища в пределах рассматриваемого района соответствуют 2-му классу качества (чистые). В зимний период содержание кислорода изменяется от 8,9 до $12,7 \text{ мг/дм}^3$ и воды относятся тоже к 2-му классу качества (чистые). По величине БПК₅ (зимой БПК₅ изменяется от 0,64 до $0,65 \text{ мг/дм}^3$), что соответствует 1-му классу качества (очень чистые). Следовательно, сброс теплых вод Пермской ГРЭС практически не повлиял на класс качества воды по кислороду и БПК.

Влияние теплового воздействия на гидробиологию. Полевые исследования, проведенные лабораторией комплексных исследований водохранилищ ЕНИ при ПГУ в начале 1990-х гг., показали, что для оценки влияния теплового загрязнения на микробиоценоз в районе Пермской ГРЭС рационально использовать количественное соотношение сапрофитов мезофильной группы (с температурным оптимумом 20°C) к численности термофилов (с температурным оптимумом 30°C).

С июля по октябрь 1990 г. численность обеих групп сапрофитных бактерий, выделенных из воды, колебалась в широких пределах, достигая максимального развития в летнее время ($13,5/11,0$ тыс. кл/мл) и минимального ($0,01/0,02$ тыс. кл/мл) – осенью, при этом, как правило, более высокие значения отмечены в придонных пробах [4].

В зоне влияния подогретых вод количество гетеротрофных микроорганизмов в среднем в 2–3 раза выше по сравнению с таковыми на контрольных участках. Максимальное их число обнаружено в зоне сильного подогрева, далее по мере разбавления подогретых вод происходит заметное снижение численности сапрофитов, причем эта тенденция сохранялась на протяжении всего периода исследований. В зоне с устойчивым влиянием теплового загрязнения доля термофильных сапрофитных форм превышала количество мезофилов, выделенных из воды в летнее время. Вычленение из биоценоза мезофильных форм бактерий свидетельствует об устойчивом влиянии теплового фактора на формирование микробного сообщества.

Снижение температуры воды в осенний период приводит к снижению общей численности сапрофитных микроорганизмов в исследуемой зоне, как и во всем водоеме, однако, и в осеннее время удалось выделить термофильные формы сапрофитных бактерий, причем наибольшее их количество ($0,30$ тыс. кл/мл) обнаружено вновь в зоне влияния теплового загрязнения. В 1992 г. сохранялась отмеченная ранее тенденция увеличения микробного числа в зоне влияния подогретых вод, особенно заметно это было в летних пробах воды, отобранных у поверхности, где оно в среднем в 10 раз выше по сравнению с таковыми на контрольном участке в русловой части [4].

Распределение бактерий по глубине весьма различно на рассматриваемых участках и зависит от времени года. Так, на станциях, расположенных в зоне распространения подогретых вод Пермской ГРЭС, число бактериальных клеток в поверхностных горизонтах почти в 3 раза превышало учтенное у дна в июле, а в августе оно несколько выше в донных пробах, осенью же оно практически не различалось. В русловой части показатели численности в большей степени отличались в летнее время, с преобладанием в донных пробах воды, отобранной у д. Бутыры и в поверхностных – у д. Лябово.

Для определения степени влияния теплового загрязнения в течение суток был проведен суточный отбор проб воды с трех горизонтов на станции, расположенной на границе зоны теплового загрязнения; грунт отбирался дважды в течение суток.

Исследованиями установлено, что заметные изменения численности микроорганизмов при отборе проб воды через каждые 4 ч не происходят. Количество мезофилов и термофилов колеблется в очень незначительных пределах: от $0,48$ до $1,06$ тыс. кл/мл в первой группе и от $0,76$ до $1,15$ тыс. кл/мл во второй, а процентное соотношение обеих групп очень высокое от 50 до 97%. В распределении сапрофитов по вертикали наблюдается снижение численности обеих групп почти наполовину, причем на горизонте $0,5\text{H}$ и у дна количество бактериальных клеток близко по значению. Наблюдения за динамикой численности в донных отложениях в течение суток дали сходную с описанной для воды картину [5].

Анализ многолетней динамики процесса показал, что численность мезофильных форм сапрофитных бактерий в 1990 г. ниже, чем среднегодовые данные фоновых наблюдений, полученные Т.И. Карпуниной в 1983–1985 гг. (соответственно 1983 – $15,6$, 1984 – $3,5$, 1985 – $3,6$, 1990 – $1,3$ тыс. кл/мл) [4]. Наблюдаемое снижение доли мезофилов в микробиоценозе показывает не улучшение санитарного состояния исследуемого участка водохранилища, а лишь подтверждает замену их на термофильную группу, что свидетельствует об устойчивом характере воздействия теплового загрязнения в районе Пермской ГРЭС.

Однако результаты исследований 1992 г. показывают, что в формировании микробиоценоза в районе действия Пермской ГРЭС произошли заметные изменения. Развитие микробного сообщества в воде происходило при доминирующем развитии мезофильных бактерий на всех изучаемых станциях и на протяжении всего периода исследования. Даже в зоне влияния подогретых вод сохраняется низкое количество термофилов. Максимальное различие в количественном отношении этих групп микроорганизмов обнаружено в летних пробах воды.

Следовательно, низкое количество термофилов в воде на протяжении всего срока исследования можно рассматривать как факт приспособления донных микроорганизмов к тепловому загрязнению в неблагоприятных для их развития температурных условиях, сложившихся в период вегетации, поскольку даже в зоне влияния подогретых вод Пермской ГРЭС температура воды оказалась оптимальной для развития мезофилов и доминирующего их положения над численностью термофилов в составе микробного сообщества [4].

Влияние теплых сбросов от Пермской ГРЭС на количественный и качественный составы зообентоса подробно изучалось в начале 1990-х гг. Е.И. Есюниной [3]. В течение 1988–1989 гг. собрано и обработано 70 проб зообентоса на 5 станциях Камского водохранилища (1 опытная и 4 контрольных). При исследовании бентоса учитывались качественные характеристики всего сообщества, особенности питания гидробионтов и численность отдельных трофических группировок. Видовой состав донных животных исследуемого района за время наблюдений представлен 20 видами хирономид, 7 видами олигохет, 6 видами моллюсков, кроме того, 1 видом пиявок и 1 видом ракообразных [3].

Для оценки различий в видовом составе контрольных и опытного участков был применен метод кластерного анализа. Различия в видовом составе незначительны (66% сходства), однако можно выделить 2 участка наиболее близких по составу донных животных – это 3 станции на мелководье и 2 станции на русловой части водоема; следовательно, различия фауны между участками наблюдаемой зоны связаны, скорее всего, не с действием антропогенного фактора, а с естественными расхождениями по глубинному градиенту.

На исследуемом участке порядок доминирования видов характерен для мезомиксного комплекса организмов и определяется двумя видами-доминантами 1-го и 2-го порядка и второстепенными видами с низкой величиной плотности. Для всех 5 станций набор доминантов практически одинаков. Индекс трофического разнообразия, показывающий равномерность представленности пищевых группировок, резко возрастает (табл. 3), что также подтверждает неблагоприятное трофическое обострение в зоне термического воздействия.

Таблица 3

Трофическая структура бентосных сообществ в районе Пермской ГРЭС [3]

Трофические группировки	Зона теплой воды	Мыс Б.Туй – М.Туй	Р-н Добрянки	Р-н Лябово	Р-н Ломоватовки
Фито-детритофаги фильтраторы- собиратели	10,67	53,17	51,62	38,15	49,78
Фито-детритофаги фильтраторы	1,97	7,54	3,31	8,58	3,12
Детритофаги- собиратели	0,98	0,29	0,06	0,16	0,09
Детритофаги- глотатели	75,50	31,80	20,90	48,12	42,45
Всеядные	8,37	6,85	4,10	4,16	4,44
Хищники	2,46	0,32	19,90	0,76	0,39
Индекс трофического однообразия	705	379	309	365	438

Оценка структуры сообщества по видовому разнообразию и выровненности гидробионтов, по их количественной представленности показывает, что на высокотемпературном полюсе градиента разнообразие и выровненность несколько меньше, чем на противоположном. Стабильность таких

сообществ низка, однако они сохраняются за счет упругости – способности возвращаться к прежнему состоянию после изменений под внешним воздействием. Изменение биомассы бентоса во времени показывает, что в районе Добрянки каких-либо тенденций к снижению или увеличению этого показателя с поступлением теплых вод не обнаруживается.

Таким образом, установлено, что между собой сходны сообщества, локализованные в пределах одной глубинной зоны, и температура на данном этапе строительства ГРЭС не является определяющей в формировании макроструктуры зообентоса, затрагивая лишь отдельные звенья видовой и трофической структуры донных ценозов [3].

Выводы

1. Высокие значения водообмена и проточности для района г. Добрянки свидетельствуют о высокой самоочищающей способности исследуемого участка водоема и интенсивном обмене водных масс.

2. Анализ материалов режимных наблюдений Пермского ЦГМС показал, что наблюдается превышение норм ПДК по железу и меди в течение всего года (2–10 раз), а также по иону аммония в конце ледостава (1,5 раза).

3. Обследование водоема 2006–2007 гг. показало, что в районе г. Добрянки наблюдалось небольшое превышение норм также по нитратам и нефтепродуктам.

4. После создания Пермской ГРЭС отмечается уменьшение содержания кислорода для всего навигационного периода, однако сброс теплых вод станции практически не повлиял на класс качества воды по кислороду и БПК.

5. На исследуемом участке водоема происходит приспособление донных микроорганизмов к тепловому загрязнению в неблагоприятных для их развития температурных условиях, температура воды при этом оказалась оптимальной для развития мезофиллов.

6. Тепловое загрязнение не является определяющим в формировании макроструктуры зообентоса в приплотинной части Камского водохранилища.

Библиографический список

1. Двинских С.А., Китаев А.Б. Гидродинамические показатели приплотинной части Камского водохранилища в современных условиях (по материалам 2006–2007 гг.) // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий: мат. 3-й межрегион. науч.-практ. конф. Челябинск, 2008. С.47–50.

2. Двинских С.А., Китаев А.Б., Мацкевич И.К. Гидродинамический режим приплотинной части Камского водохранилища (в многолетнем аспекте и по материалам современных исследований) // Географический вестник Пермского государственного ун-та. Пермь, 2008. №1(7). С.98–116.

3. Есюнина Е.И. Динамика донных беспозвоночных Камского водохранилища в районе сброса теплых вод Пермской ГРЭС // Биол. ресурсы камских водохранилищ. Пермь, 1992. С. 199–206.

4. Картунова Т.А. Изменения в зоопланктоне Камского водохранилища в течение вегетационного сезона (район г. Добрянки) // Биология водоемов Западного Урала. Пермь, 1985. С.14–22.

5. Картунова Т.А. Зоопланктон залива Малый Буй (Камское водохранилище) // Экология гидробионтов водоемов Западного Урала. Пермь, 1988. С. 28–37.

6. Китаев А.Б. Обмен вод в искусственных водоемах (на примере водохранилищ Камского каскада) / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2005. 112с.

7. Китаев А.Б. Важнейшие гидродинамические характеристики водохранилищ (на примере Камского каскада): монография / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2006. 260с.

8. Китаев А.Б., Носков В.М. Роль режима течений и ветра в формировании поля теплового загрязнения Пермской ГРЭС // Синтез знаний в естественных науках // Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование: мат. Межд. науч. конф. Пермь, 2011. Т.2. С.116–120.

9. Китаев А.Б., Носков В.М. Формирование температурного режима приплотинной части Камского водохранилища под влиянием теплового загрязнения Пермской ГРЭС // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: тр. Всерос. науч. конф. с межд. участием. Барнаул, 2012. Т.1. С.61–66.

10. Китаев А.Б., Носков В.М., Двинских С.А. Оценка теплового и химического загрязнения в приплотинной части Камского водохранилища // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2008. №1(28). С.119–122.

11. Китаев А.Б., Носков В.М., Рочев А.В. Изменение теплового и химического загрязнения в приплотинной части Камского водохранилища при сооружении Добрянского ЦБК // Проблемы

географии Урала и сопредельных территорий: мат. 3-й межрег. науч.-практ. конф. Челябинск, 2008. С.59–63.

12. Китаев А.Б., Рочев А.В. Динамика изменения внешнего водообмена и проточности в приплотинной части Камского водохранилища // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: тр. Межд. науч.-практ. конф. Пермь, 2007. Т.1. С.82–86.

13. Носков В.М. Исследование термического режима и оценка теплового загрязнения в приплотинной части Камского водохранилища // Географический вестник. 2008. №1. С.117–133.

14. Рочев А.В., Китаев А.Б., Двинских С.А., Жуйков Д.Г., Казаков А.Г. Оценка качества воды в приплотинной части Камского водохранилища в связи с предполагаемым строительством ЦБК // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: тр. Межд. науч.-практ. Конф. Пермь, 2007. Т.2. С.66–75.

References

1. Dvinskikh, S.A. and Kitaev, A.B. (2008), "Hydrodynamic indicators of the Kama reservoir dam part under current conditions (on the materials of 2006-2007)", *Problemy geografii Urala i sopredel'nykh territorij* [Problems of geography of the Urals and adjacent territories], *Proceedings of the 3rd Interregional scientific and practical conference "Problems of geography of the Urals and adjacent territories"*, Chelyabinsk, Russia, May, pp. 47-50.

2. Dvinskikh, S.A., Kitaev, A.B. and Matskevich, I.K. (2008), "The hydrodynamic mode of the Kama reservoir dam part (in the long-term aspect and on the materials of current research)", *Geograficheskii vestnik*, no. 1(7), pp. 98–116.

3. Esyunina, E.I. (1992), "The dynamics of benthic invertebrates of the Kama reservoir in the area of thermal discharge by the Perm GRES power station", *Biologicheskie resursy kamskikh vodokhranilishh*, pp. 199–206.

4. Kartunova, T.A. (1985), "Changes in zooplankton of the Kama reservoir during the vegetative season (the area of Dobryanka town)", *Biologiya vodoemov Zapadnogo Urala*, pp. 14–22.

5. Kartunova, T.A. (1988), "Zooplankton of the Malyy Buj Gulf (Kama reservoir)", *Ekologiya gidrobiontov vodoemov Zapadnogo Urala*, pp. 28–37.

6. Kitaev, A.B. (2005), *Obmen vod v iskusstvennykh vodoemakh (na primere vodokhranilishh Kamskogo kaskada)* [Water exchange in artificial reservoirs (a case study of the Kama cascade reservoirs)], Perm State University, Perm, Russia.

7. Kitaev, A.B. (2006), *Vazhneyshie gidrodinamicheskie kharakteristiki vodokhranilishh (na primere Kamskogo kaskada)* [The most important hydrodynamic characteristics of reservoirs (a case study of the Kama cascade)], Perm State University, Perm, Russia.

8. Kitaev, A.B. and Noskov, V.M. (2011), "The role of the mode of currents and wind in formation of the field of thermal pollution of the Perm GRES power station", *Sintez znaniy v estestvennykh naukakh. Rudnik budushhego: proekty, tekhnologii, oborudovanie* [Synthesis of knowledge in natural sciences. Mine of the future: projects, technologies, equipment], *Proceedings of the International scientific conference "Synthesis of knowledge in natural sciences. Mine of the future: projects, technologies, equipment"*, Perm, Russia, November, vol.2, pp. 116–120.

9. Kitaev, A.B. and Noskov, V.M. (2012), "Formation of temperature conditions of the Kama Reservoir dam part under the influence of thermal pollution from the Perm GRES power station", *Vodnye i ekologicheskie problemy Sibiri i Central'noj Azii* [Water and environmental problems of Siberia and Central Asia], *Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation "Water and environmental problems of Siberia and Central Asia"*, Barnaul, Russia, August, vol.1, pp. 61–66.

10. Kitaev, A.B., Noskov, V.M. and Dvinskikh, S.A. (2008), "Assessment of thermal and chemical pollution at the dam part of the Kama Reservoir", *Geology, geography and global energy*, no. 1(28), pp. 119–122.

11. Kitaev, A.B., Noskov, V.M. and Rochev, A.V. (2008), "Change of thermal and chemical pollution at the dam part of the Kama Reservoir during construction of Dobryansky pulp-and-paper mill", *Problemy geografii Urala i sopredel'nykh territorij* [Problems of geography of the Urals and adjacent territories], *Proceedings of the 3rd Interregional scientific and practical conference "Problems of geography of the Urals and adjacent territories"*, Chelyabinsk, Russia, May, pp. 59-63.

12. Kitaev, A.B. and Rochev, A.V. (2007), "Dynamics of change in external water exchange and flowage at the dam part of the Kama Reservoir", *Sovremennye problemy vodokhranilishh i ikh vodosborov* [Current Problems of reservoirs and their watersheds], *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Current Problems of reservoirs and their watersheds"*, Perm, Russia, May, vol. 1, pp. 82–86.

13. Noskov, V.M. (2008), "Study of the thermal mode and assessment of thermal pollution at the dam part of the Kama Reservoir", *Geograficheskiy vestnik*, no. 1(7), pp. 117–133.

14. Rochev, A.V., Kitaev, A.B., Dvinskikh, S.A., Zhujkov, D.G. and Kazakov A.G. (2007) "Assessment of the quality of water at the dam part of the Kama Reservoir in connection with prospective construction of a pulp-and-paper mill", *Sovremennye problemy vodokhranilishh i ikh vodosborov* [Current Problems of reservoirs and their watersheds], *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Current Problems of reservoirs and their watersheds"*, Perm, Russia, May, vol. 2, pp. 66–75.

Поступила в редакцию: 15.03.2016

Сведения об авторах

About the authors

Двинских Светлана Александровна

доктор географических наук, профессор кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета;
Россия, 614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15;
e-mail: hydrology@psu.ru

Svetlana A. Dvinskikh

doctor of Geography, Professor of Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State University;
15 Bukireva, Perm, 614990, Russia;
e-mail: hydrology@psu.ru

Китаев Александр Борисович

кандидат географических наук, профессор кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета;
Россия, 614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15;
e-mail: hydrology@psu.ru

Alexandr B. Kitaev

candidate of Geography, Professor of Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State University;
15 Bukireva, Perm, 614990, Russia;
e-mail: hydrology@psu.ru

Носков Виктор Маркелович

кандидат географических наук, доцент кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета;
Россия, 614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15;
e-mail: hydrology@psu.ru

Viktor M. Noskov

candidate of Geography, Associate Professor of Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State University;
15 Bukireva, Perm, 614990, Russia;
e-mail: hydrology@psu.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Двинских С.А., Китаев А.Б., Носков В.М. Гидроэкологическая обстановка на Камском водохранилище в районе г. Добрянки // Географический вестник. 2016. № 2(37). С. 69–83. doi 10.17072/2079-7877-2016-2-69-83

Please cite this article in English as:

Kitaev A.B., Dvinskikh S.A., Noskov V.M. Hydroecological situation on the Kama reservoir in the area of Dobryanka town // *Geographicheskii Vestnik*. 2016. № 2(37). P. 69–83. doi 10.17072/2079-7877-2016-2-69-83