Международная конференция памяти выдающегося русского гидролога Ю.Б. Виноградова

ТРЕТЬИ ВИНОГРАДОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

ГРАНИ ГИДРОЛОГИИ

Сборник материалов

28-30 марта 2018

ГРАНИ ГИДРОЛОГИИ

2018

Санкт-Петербургский государственный университет

ISBN

УДК 556

Международная научно-практическая конференция «Третьи Виноградовские Чтения. Грани гидрологии» памяти выдающегося русского ученого Ю.Б. Виноградова (28-31 марта 2018 г., Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия). Сборник докладов

International conference "Third Vinogradov’s Conference. Facets of Hydrology" in memory of outstanding Russian scientist Yury Vinogradov (28-31 March, 2018, St. Petersburg State University, Russia). The Book of Proceedings

Сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского гидролога Юрия Борисовича Виноградова

ТРЕТЬИ ВИНОГРАДОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

ГРАНИ ГИДРОЛОГИИ

Под редакцией к.т.н. О.М. Макарьевой

Санкт-Петербургский государственный университет

Россия

28-31 марта 2018

Proceedings of the international scientific conference in memory of outstanding Russian hydrologist Yury Vinogradov

THIRD VINOGRADOV CONFERENCE

FACETS OF HYDROLOGY

Edited by Olga Makarieva

St. Petersburg State University

Russia

28-30 March, 2018

Титова Ю. М., Примак Е. А., Зуева Н. В. 472

DEVELOPMENT OF AN INTEGRAL INDEX FOR ASSESSING THE WATERCOURSE STABILITY UNDER NATURAL CONDITIONS CHANGES 476

Titova I. M., Primak E. A., Zueva N. V. 476

ВЛИЯНИЕ ВЕТРА НА СКОРОСТНОЙ РЕЖИМ РАЙОНА ПЕРЕМЕННОГО ПОДПОРА КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА 477

Толочко Ю. А. 477

EFFECT OF WIND ON THE VELOCITY REGIME IN THE AREA VARIABLE BACKWATER OF THE KAMA RESERVOIR 481

Tolochko Y. A. 481

МОНИТОРИНГ ТЕПЛОВЫХ СТОКОВ НА ВОДОСБОРАХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ 482

Чекмарева Е.А. 482

MONITORING OF THE IMPACT OF THERMAL EFFLUENTS IN THE CATCHMENT AREAS OF WATER BODIES 487

E.A. Chekmareva 487

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ВЫСОКОГОРНОГО ЗАПОВЕДНИКА 488

Шарапова Е.О., Ефимова Л.Е., Льюмменс Л., Ломов В.А. 488

HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL RESEARCH OF WATER OBJECTS IN KABARDINO- BALKARIAN HIGHLAND RESERVE 492

Sharapova E. O. , Efimova L. E., Leummens L., Lomov V.A. 492

ПРОБЛЕМА ДОСТУПА К ЧИСТОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 493

Шестакова Е.Н.[1,2] 493

THE PROBLEM OF ACCESS TO SAFE DRINKING WATER IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION 497

Shestakova E.N.[1,2] 497

ОЦЕНКА ИОННОГО СТОКА ПРИТОКОВ МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДАННЫМИ НАБЛЮДЕНИЙ 498

Якимова А.И., Соколов Д.И. 498

ION FLOW ASSESSMENT OF MOZHAYSK RESERVOIR'S TRIBUTARIES DEPENDENDING ON THE DETAILS OF ORIGINAL DATA 503

Yakimova A.I., Sokolov D.I. 503

INVESTIGATING THE EFFECT OF LAND USE COVER AND GEOLOGY ON GROUNDWATER QUALITY (CASE STUDY: HABLEHROUD RIVER BASIN) 504

Omid Asadi Nalivan[1], Amir Sadoddin [1], Gholam Hoseein Karami[2], Vahedberdi Sheikh[1] 504

СЕКЦИЯ 4 510

МНОГОГРАННАЯ ГИДРОЛОГИЯ 510

SESSION 4 510

REGIONAL HYDROLOGICAL STUDIES 510

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ИЗОТОПНЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ МИНИМАЛЬНОГО РЕЧНОГО СТОКА И ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ 511

Воронюк Г.Ю.[1], Марков М.Л.[2], Токарев И.В.[3] 511

ISOTOPE HYDROLOGY AND MAPPING OF LOW RIVER FLOW TO GROUNDWATER RESOURCES ASSESSMENT OF THE WEST OF LENINGRAD REGION 516

Мониторинг тепловых стоков на водосборах водных объектов

Чекмарева Е.А.
ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук
s_taya@list.ru

Аннотация: Для водосборов с высокой антропогенной нагрузкой характерны загрязненные стоки, которые отличаются высокой температурой относительно природных водных объектов. Стоки, переносящие тепло, изменяют температурные характеристики водоемов и водотоков. Часто, в их составе присутствуют загрязняющие вещества, что влияет на гидрохимический режим водного объекта. Автор статьи фиксировал температурные характеристики нескольких тепловых стоков контактным методом с помощью водного термометра, и бесконтактным методом в инфракрасной области спектра, используя тепловизор. Параллельно тепловой съемке отбирали пробы воды, анализ проводили в аттестованной лаборатории филиала ФГБУН ИВП РАН Иваньковская НИС (свидетельство аттестации №РОСС RU.001.518693). Анализ данных позволяет охарактеризовать качество вод тепловых стоков по температурным и химическим показателям. Тепловизорная съемка рекомендована заинтересованным специалистам, как метод оперативного мониторинга, для выявления тепловых стоков на водосборной территории водного объекта.

Ключевые слова: водные объекты, тепловые стоки, мониторинг, тепловизорная съемка, качество воды.

Под тепловыми стоками, автор статьи, понимает искусственно подогретые воды, переносящие тепло. Тепловые стоки оказывают влияние на гидрохимический и гидробиологический режимы водных объектов. Температурный фактор влияет на водно-миграционные процессы химических веществ, влияет на особенности развития и функционирования животных и растительных организмов (рыб, высшей водной растительности, фито- и зоопланктона), создает условия для внедрения инвазивных видов в экосистему водных объектов. Подогретые стоки, в большинстве своем, имеют в составе вод высокие концентрации загрязняющих веществ или их следы. Выделим две категории тепловых стоков: с тепловым и с тепло-химическим воздействием на водоток. Стоки с тепловым воздействием изменяют температурный режим водного объекта полностью, либо в локальной зоне контакта и рассеивания природных вод, но не оказывают прямого влияния на гидрохимический состав вод. Тепло-химические стоки изменяют температурный и гидрохимический режим водного объекта, качество воды стоков отличается от состава природных вод высокими концентрациями загрязняющих веществ.

Источники теплового и антропогенного загрязнения водных объектов можно выявлять с помощью мониторинговых исследований тепловых стоков. Изучение водосборной территории водного объекта при помощи спутниковых снимков, квадрокоптерной и тепловизорной съемки позволяет определить участки, подверженные возможному тепловому загрязнению. Наземная маршрутная съемка с отбором проб воды, замерами температуры и оценкой объема стока подтверждает факт теплового загрязнения. На сток могут быть документы, лимитирующие объем и качество сбрасываемых сточных вод. Если документы отсутствуют, то сток можно считать диффузным (неконтролируемым) стоком.

Измерение температуры в водном объекте можно осуществлять при помощи различных устройств: прямого контакта с водной средой (термометры, датчики), в

инфракрасной области спектра без прямого контакта (пирометры и тепловизоры). Тепловизор – прибор или совокупность приборов, предназначенных для преобразования теплового изображения объекта в видимое (ГОСТ Р 54852-2011, 2012 г.). За счет различий в радиационной температуре на разных участках водного объекта создается тепловое изображение. Температурные поля получают в виде термограмм псевдоцветного или монохромного изображения изотермических поверхностей, где градация цвета или яркости соответствует различным температурам. Используя ГОСТ Р 54852-2011, можно адаптировать понятие «метода тепловизорного контроля» под мониторинговые исследования тепловых стоков. Метод тепловизорного контроля теплового состояния водных объектов основан на дистанционном измерении тепловизором полей температур воды на поверхности водного объекта с визуализацией температурных данных на термограммах и последующим их анализом. Качественная информация, полученная при помощи тепловизора, позволяет выявить источник теплового загрязнения. Количественную информацию получают после анализа теплограмм. Неточности в получении информации по температурным данным возможны в результате неправильной настройки или калибровки прибора, поглощения части излучения воздушной средой и другими факторами (ГОСТ Р 54852-2011, 2012). Безконтактная тепловая съемка водосборной площади водных объектов позволяет оперативно выявлять участки сброса и распространения сточных воды, а также зоны выхода и распространения грунтовых вод, выявить тепловые эффекты в период ледостава.

Тепловая съемка осуществлялась автором тепловизором инфракрасным Testo-875-1i на водосборной площади Иваньковского водохранилища в зимний период. Характеристики тепловизора: диапазон измерений -20..+350 °С, погрешность измерений ±2 °С, для коррекции данных вручную выставили отражающую температуру – 4°С, в соответствии с температурой воздуха, коэффициент излучения составил 0.93 единицы. Параллельно с замерами температурных показателей отбирали пробы с поверхностного слоя воды на химический анализ. Анализ проводили на ряд физико-химический показателей, по главным ионам, биогенным и органическим показателям, тяжелым металлам (всего 35 показателей).

Первой точкой наблюдения являлся сток с гаражного кооператива и территории бензоколонки (~ 100 тыс. м^2) в Иваньковское водохранилище. Длина стока около 150 метров, глубина не превышает 30 см. Замеры осуществлялись в 5 точках, температура воды на поверхности стока изменялась в интервале +2,5 - +3,1 °С, температура поверхности вмещающей среды, в данном случае – снега (15 замеров), составила в среднем -7,7 °С, температура воды в Иваньковском водохранилище +0,1 °С. После выявления теплового стока, были взяты пробы воды на химический анализ. Ранее (ноябрь 2017 г.) по данному стоку были получены средние температуры – +17 °С, температура в Иваньковском водохранилище составляла +3, 5 °С, температура воздуха +2°С.

Химический анализ отобранных проб воды показал, что концентрации таких элементов как железо, ион аммония, марганец, нефтепродукты, медь, свинец и цинк выше значений ПДК рыбохозяйственного; зафиксированы высокие концентрации сульфатов и хлоридов, превышающие фоновые значения (табл. 1).

Второй точкой наблюдения являлся сброс сточных вод, который производится в приустьевой части р. Донховка. На этом участке водоток находится в подпоре Иваньковского водохранилища, течение реки замедляется, и стоки растекаются по акватории, образуя зону загрязнения. Длина стока около 30 метров, глубина не превышает 50 см. По документам сток проходит как ливневый сток со станции перекачки «Центральная» (площадь 2,2 тыс. м^2). Тепловой сброс сточных вод изучен в 2015 и 2018 годах. В 2015 году температура стока (расход 0,24 м^3/с) составила 19°С, он имел неприятный запах, вода высокомутная, непрозрачная. В 2018 году проведено 5 замеров температуры воды, которая изменялась в интервале +1,8 - +3,4 температура поверхности

вмещающей среды, в данном случае – снега (13 замеров), составила в среднем -7,9 °С, температура воды в устье р. Донховка - +0,2 °С.

Табл. 1. Качество вод различных тепловых стоков ([1]ГН 2.1.5.1315-03, 2003 г.; [2]Приказ Росрыб., 2010 г.).

Наименование показателя, ед. измерения	Сток в			ПДК рыб.[2]/ЛПВ
	р. Донховка, 2015 г.	р. Донховка, 2018 г.	Иваньков. вдхр., 2018 г.	
pH, ед. pH	7.78	7.74	7.68	6.5-8.5[1]
T, °C	19.0	6.5	4.0	-
Мутность	117.2	1.2	2.2	-
HCO_3^-, мг/дм³	427.0	353.9	396.6	-
Ca^{+2}, мг/дм³	52.9	104.2	132.2	180 / сан.-токс.
SO_4^{-2}, мг/дм³	55.5	43.9	55.4	100 / сан.-токс.
Cl, мг/дм³	49.0	30.6	61.3	300 / сан.-токс.
PO_4^{-3}, мг PO_4^{-3}/дм³	11.3	0.086	0.103	0,15
$Fe_{общ.}$, мг/дм³	0.14	0.11	0.11	0.1 / токс.
NH_4^+, мг/дм³	48.8	0.17	4.2	0.5 / токс.
NO_3^-, мг/дм³	1.2	6.5	7.7	40 / токс.
$БПК_5$, мгO_2/дм³	-	0.8	1.3	2-4
ХПК, мгО/дм³	155,5	-	-	30[1]
ПО, мгО/дм³	40.7	2.4	7.1	-
Цветность	45	10	15	-
Mn^{2+}, мг/дм³	0.20	0.75	0.75	0.01 / сан.-токс.
O_2, мгO_2/дм³	0.9	8.1	7.3	<4[1]
Нефтепрод.,мг/дм³	0.23	0.06	0.13	0.05 / рыбх.
СПАВ, мг/дм³	-	0.020	0.037	-
Цинк, мг/дм³	-	0.0151	0.0191	0.01
Свинец, мг/дм³	-	0.0169	0.0250	0.006
Медь, мг/дм³	-	0.0039	0.0060	0.001
Хром, мг/дм³	-	0.0016	0.0025	-

Анализ качества сточной воды в 2015 году (табл. 1) показал, что сток имеет повышенное содержание азота аммония (98 $ПДК_{рыб.}$) и фосфатов (75 ПДК $_{рыб.}$), а также органических веществ (значения ХПК составляли 5 $ПДК_{рыб}$) и нефтепродуктов (5 $ПДК_{рыб.}$). Были показателей железа (в 1,4 раза $ПДК_{рыб}$) и марганца (в 20 раз $ПДК_{рыб.}$), высокие содержания кремния, сульфатов и хлоридов. Анализ качества воды того же стока в 2018 году выявил улучшения. Снизились концентрации соединений азота и фосфора, нефтепродуктов, вода стала менее мутной. Анализ на тяжелые металлы выявил превышения ПДК рыбохозяйственного по цинку, свинцу и меди. Загрязненность теплового стока не постоянная, можно предположить, что происходят залповые сбросы химических веществ в составе воды.

Соединения азота являются токсичными, и их высокое содержание негативно сказывается на качестве воды источника водоснабжения г. Москвы – Иваньковском водохранилище. Повышенные значения ХПК свидетельствуют о наличии большого количества органических веществ в воде. При окислении органики в речных водах расходуется большое количество кислорода, это приводит к дефициту кислорода, гибели рыб и низших аэробных организмов, в водотоке образуются безжизненные зоны. В местах сброса подогретых сточных вод происходит интенсивное зарастание мелководий

теплолюбивыми и агрессивными неприхотливыми видами высшей водной растительности (ВВР). ВВР предпочитает застойные, околобереговые неглубокие зоны. На водотоках наиболее часто встречаются кубышка желтая, осока, манник, тростник обыкновенный и ряска (Чекмарева Е.А., 2017).

Третья точка наблюдения - начало отводящего канала Конаковской ГРЭС. Проведено 11 замеров температуры воды, она изменялась в интервале +4,0 - +9,3 °С (средняя температура - +5,9 °С), температура поверхности вмещающей среды, в данном случае – снега, мостовых конструкций (17 замеров), составила в среднем -7,0 °С. Термограмма начала отводящего канала Конаковской ГРЭС представлена на рисунке 1.

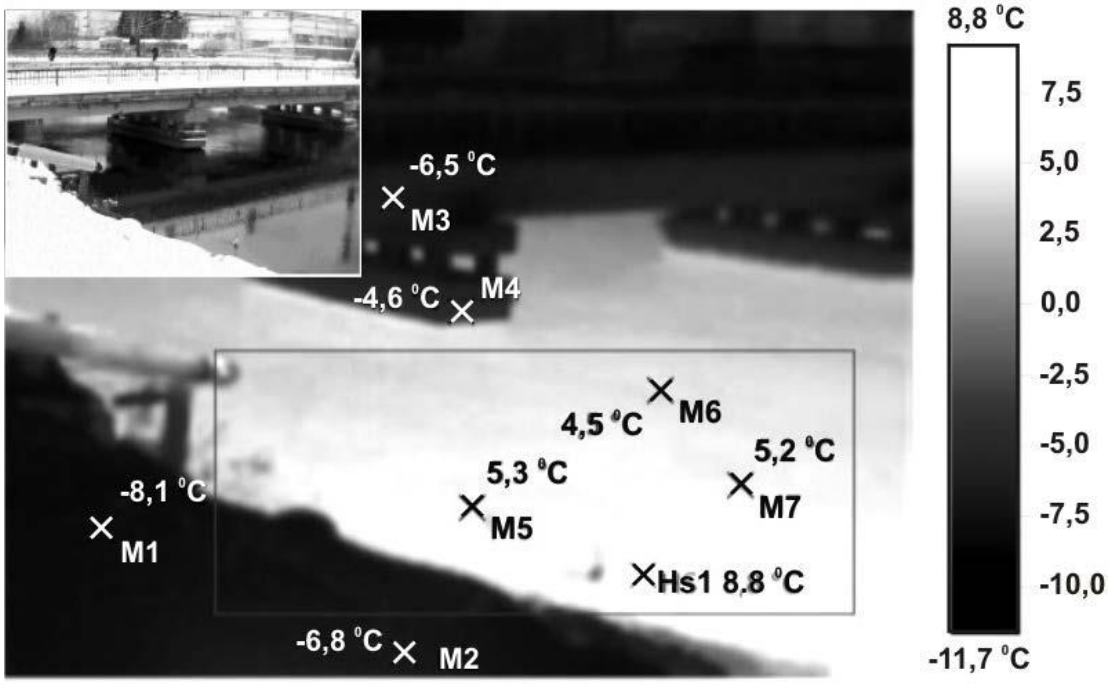

Рис. 1. Пример обработки термограммы отводящего канала с Конаковской ГРЭС

Четвертая точка наблюдения – это сброс воды с отводящего канала Конаковской ГРЭС в Мошковичский залив Иваньковского водохранилища. Проведено 6 замеров температуры воды, она изменялась в интервале +1,9 - +6,4 температура поверхности вмещающей среды, в данном случае – снега (10 замеров), составила в среднем -6,7 °С.

Влияние стоков на окружающее пространство зависит от ряда факторов: разность температур стока и подстилающей поверхности, теплозапас подогретых вод, испаряемость, скорость охлаждения и другие факторы. В зимний период стоки с маленькими расходами воды не оказывают сильного воздействия на водоём-приемник сточных вод, вода быстро охлаждается. При стоках большого объема, каким является сброс подогретых вод в Мошковический залив, влияние на водоемы и водотоки весьма ощутимо.

Зарубежные и отечественные авторы подробно изучают вопрос распространения тепловых стоков в местах сброса подогретых вод с электростанций. Подогретые воды полностью перемешиваются с природными водами, либо растекаются, постепенно смешиваясь и растворяясь в водоеме. Часто в водоеме, испытывающем тепловую нагрузку, происходит стратификационное разделение слоев воды, когда разность температур между выше и ниже лежащим слоем значительна. Изучение оборудованных водовыпусков позволяет определить форму растекания подогретых вод, детально изучить влияние на водный объект.

Диффузные тепловые стоки представляют опасность, как источники постоянной тепловой и химической нагрузки на водный объект. Необходимо развивать надзорный контроль за качеством воды тепловых стоков на водосборной территории водных объектов. Тепловизорная съемка удобна как средство оперативного мониторинга на водосборных территориях.

Для оценки воздействия тепловых стоков необходимо выполнять химический анализ природной и условно-загрязненной воды. Установлено, что зачастую тепловые стоки – это подогретые, аэрированные воды с высоким содержанием гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов, соединений азота и фосфора, нефтепродуктов и тяжелых металлов.

В дальнейшем предполагается расширить список изучаемых объектов, использовать метеорологическое оборудование для получения количественных метеорологических характеристик, изучения микроклиматических изменений в зоне воздействия стоков.

Оценку воздействия тепловых стоков на речные воды предполагаем выполнять при помощи тепловых коэффициентов. Тепловые коэффициенты должны учитывать температуру вмещающей геологической среды и окружающего воздушного пространства, водной среды и стока с измененной температурой, включать коэффициенты испаряемости и теплоотдачи. Вышеупомянутые коэффициенты находятся в стадии разработки.

Список литературы

Никоноров А.М., Гидрохимия: учебник. Ростов-на-Дону: НОК, 2008. С. 461

Чекмарева Е.А. Влияние термического режима на экологическое состояние малых притоков Иваньковского водохранилища // *экологический сборник 6: Труды молодых ученых Поволжья*. Тольятти: ИЭВБ РАН: Кассандра, 2017. С. 439

Здания и сооружения. Метод теплоизоляционного контроля качества теплоизоляций ограждающих конструкций // ГОСТ Р 54852-2011 (дата введения 15.12.2011), Москва: Стандартинформ, 2012. С. 19

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» // ГН 2.1.5.1315-03 (с изменениями ГН 2.1.5.2280-07 и СанПиН 2.1.5.980-00), Москва: Стандартинформ, 2003. С. 84

Об утверждении норматива качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения // Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 №20, Москва: Стандартинформ, 2010. С. 6

Monitoring of the impact of thermal effluents in the catchment areas of water bodies

E.A. Chekmareva
Water Problems Institute of Russian Academy of Science, Moscow, Russia
s_taya@list.ru

Abstract: Watersheds with high anthropogenic load are characterized by polluted drains, which are characterized by high temperatures relative to natural water bodies. Heat-carrying drains change the temperature characteristics of water bodies and watercourses. Often, pollutants are present in their composition, which affects the hydrochemical regime of the water body. The author of the article fixed the temperature characteristics of several heat drains by contact method using a water thermometer, and non-contact method in the infrared region of the spectrum, using a thermal imager. In parallel, a thermal survey was collected water samples, analysis was performed in a certified laboratory of the branch of Water Problems Institute of Russian Academy, Ivankovo NIS (certificate of attestation №ROSS RU.001.518693). Data analysis allows to characterize the water quality of thermal effluent on the temperature and chemical characteristics. Thermal imaging is recommended to interested specialists as a method of operational monitoring to detect thermal

Keywords: water, thermal effluents, monitoring, teplosernaya survey, water quality.