

ПЯТЫЕ ВИНОГРАДОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Доклады международной научной
конференции памяти
выдающегося русского ученого
Юрия Борисовича Виноградова

ГИДРОЛОГИЯ В ЭПОХУ ПЕРЕМЕН

СБОРНИК



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



Санкт-Петербург

2023



Санкт-Петербургский государственный
университет

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

ПЯТЫЕ ВИНОГРАДОВСКИЕ ЧТЕНИЯ
ГИДРОЛОГИЯ В ЭПОХУ ПЕРЕМЕН

Санкт-Петербург, 5–14 октября 2023 г.

Под редакцией О. М. Макарьевой, П. А. Никитиной

Санкт-Петербург
2023

УДК 556
ББК 26.22
С28

- C23 Сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского ученого Юрия Борисовича Виноградова «Пятые Виноградовские чтения. Гидрология в эпоху перемен» [Электронный ресурс]; Санкт-Петербург, 2023 год / под ред. О. М. Макарьевой, П. А. Никитиной. — СПб.: Изд-во ВВМ, 2023. — 689 с.

ISBN 978-5-9651-0730-8

Международная научная конференция «Пятые Виноградовские Чтения. Гидрология в эпоху перемен» памяти выдающегося русского ученого-гидролога Юрия Борисовича Виноградова проводится в Санкт-Петербургском государственном университете в 2023 году в пятый раз (2013, 2015, 2018, 2020). Она стала регулярной научной платформой для свободной дискуссии по проблемам развития гидрологии и поискам путей их преодоления, синтеза современных подходов в области изучения гидрологических процессов и их применения для решения фундаментальных и практических задач.

УДК 556
ББК 26.22

Book of proceedings of the international scientific conference in memory of the outstanding Russian scientist Yuri Vinogradov “Fifth Vinogradov Conference. Hydrology in the era of change” [Electronic resource]; St. Petersburg, 2023 / ed. O. M. Makarieva, P. A. Nikitina. — St. Petersburg: VVM Publishing House, 2023. — 689 p.

International scientific conference “Fifth Vinogradov Conference. Hydrology in the era of change” in memory of the outstanding Russian scientist-hydrologist Yuri Borisovich Vinogradov is held at St. Petersburg State University in 2023 for the fifth time (2013, 2015, 2018, 2020). It has become a regular scientific platform for free discussion on the problems of the development of hydrology and the search for ways to overcome them, synthesis of modern approaches in the field of studying hydrological processes and their application to solve fundamental and practical problems.

ISBN 978-5-9651-0730-8

© Макарьева О. М., Никитина П. А., 2023

Saint Petersburg State
University

Proceedings of international scientific conference in
memory of outstanding Russian
scientist Yury Vinogradov

V VINOGRADOV CONFERENCE
HYDROLOGY IN THE ERA OF CHANGE

Saint Petersburg, 5-14 October 2023

Edited by Olga Makarieva and Polina Nikitina

Saint-Petersburg
2023

**Международная конференция памяти выдающегося русского
ученого Юрия Борисовича Виноградова
ПЯТЫЕ ВИНОГРАДОВСКИЕ ЧТЕНИЯ
«ГИДРОЛОГИЯ В ЭПОХУ ПЕРЕМЕН»**

	Кафедра гидрологии суши Институт наук о Земле
Организаторы	Санкт-Петербургский государственный университет научная Группа модели Гидрограф
Председатель Программного комитета	д.т.н., профессор М.В. Болгов, Институт водных проблем РАН
Председатель Организационного комитета	к.т.н. О. М. Макарьева, Санкт-Петербургский государственный университет, Северо-Восточный государственный университет Санкт-Петербургский государственный университет научная Группа модели Гидрограф
	ФГБУ Государственный гидрологический институт
Спонсоры	ООО «Русловые процессы» ООО НПО «Гидротехпроект» Правительство Магаданской области Администрация Тенькинского муниципального округа Магаданской области ООО «Плането Инфо» АО «Полюс Магадан»

**International conference in memory of outstanding
Russian hydrologist Yury Vinogradov
V VINOGRADOV CONFERENCE
HYDROLOGY IN THE ERA OF CHANGE**

Organized by	Department of Land Hydrology
	Institute of Earth Sciences
	St. Petersburg State University
	Hydrograph Model Research Group
Chair of Scientific Committee	Mikhail Bolgov, Water Problems Institute RAS
Chair of Organizing Committee	Olga Makarieva, St. Petersburg State University, North-Eastern State University
	Saint Petersburg State University
	Hydrograph Model Research Group
	Federal State Budgetary Institution State Hydrological Institute
Partners	Channel Processes LLC
	NPO Gidrotekhproekt LLC
	Administration of the Tenka municipal district of the Magadan Region
	Government of the Magadan Region
	Planeta Info LLC
	Polyus Magadan JSC

Содержание

Моделирование среднесуточного расхода малых и средних рек России с помощью методов глубокого машинного обучения, Д. В. Абрамов	1
От отрицательной турбулентной вязкости к отрицательному гидравлическому сопротивлению? А. М. Алабян	6
Численное моделирование замерзания воды в ледниковой трещине, М. М. Андреев, М. М. Степанова	12
Оценка изменения стока рек Восточной Сибири под влиянием изменения климата, Д. А. Андреева	18
Структура водопользования в городах России, Н. Д. Ахмерова, О. Н. Ерина*	23
Оценка доли ледникового стока в питании высокогорных рек Алтая с использованием изотопного метода, Д.В. Банцев, А. А. Овсепян, А.В. Козачек, К. Б. Чихачев	27
Разработка макета измерительной установки в LabVIEW для регистрации увеличения расходов воды и передачи информации по компьютерной сети, Ю. В. Безруких	31
Многолетняя изменчивость максимального стока рек бассейна Баренцева моря, В. А. Бирюкова, Л. С. Банщикова	38
Климатические изменения стока: есть ли методы выявления и учета? М.В. Болгов	44
Каталог ледниковых озер Киргизии, Таджикистана и Узбекистана, С. А. Бондарев, Д. А. Петраков	53
Обзор современных тенденций развития сетей гидрологических наблюдений, С.В. Бузмаков, А. В. Южно, А.А. Осташов, А. С. Лубенцов	58
Гидрологические характеристики большого молодого Богучанского водохранилища по данным полевых исследований 2021–2023 гг., А. Н. Василенко, В. Ю. Григорьев, И. А. Репина	64
Современное состояние исследований тепловых процессов в реках и термического режима рек в России и мире, А. Н. Василенко, Д.В. Магрицкий, Н. Л. Фролова	70
Межгодовые изменения качества вод р. Волга на различных участках, З. В. Волкова, Д.В. Ломова, Е.Р. Кременецкая	75
Организация сети гидрологических наблюдений на водосборах горных и предгорных рек, Е. В. Гайдукова, А. В. Плеханова, Н.А. Решин, И.О. Винокуров	80
Динамика озер в высокогорье горного массива Таван-Богдо- Ола (Алтай), Д. А. Ганюшкин	86
Активизация седей в верховьях бассейна р. Яна в июле 2022 года, Ю.В. Генсиоровский, В.А. Лобкина, Л. Е. Музыченко, А. А. Музыченко, М. В. Михалев	92
Анализ и прогноз высших заторных уровней воды на реке Печора в створе с Усть-Цильма, Н. И. Горошкова, А.В. Стриженок, Д. А. Семенова	97
Результаты исследования внутриводоемных процессов Ивановского водохранилища в различные годы и сезоны, М. Г. Гречушникова, И. Л. Григорьева*, Д. В. Ломова, Е. Р. Кременецкая, А. Б. Комиссаров, Л. П. Федорова, В. А. Ломов, Е. А. Чекмарева, Н. Ю. Панкова, П. Н. Терский	102
Приледниковые озёра в контексте проблемы несуществующих объектов, С. А. Грига, Г. В. Пряхина	108

Точность и однородность суточных сумм осадков на территории России по данным ERA5 , В. Ю. Григорьев, Н. Л. Фролова, М. Б. Киреева, В. М. Степаненко	112
Системное нормирование воздействий на водный объект: экологический статус водоема и его изменение при естественном и антропогенном воздействии , В. В. Дмитриев, В. Ю. Третьяков, Е.А. Примак, С.А. Седова, Е.А. Васькова, Е.С. Дудоркин, Н.А., Панютин, Э.В. Акулич	117
Гидрологические аномалии и закономерности донских половодий текущего столетия , В. А. Дмитриева, А. И. Сушков	123
О регулирующей роли подземного питания рек в формировании речного стока при изменении климата , С.А. Журавин, Е. В. Гуревич, М. Л. Марков	129
Моделирование стока с верхового болота с использованием сценариев изменения климата до 2060 года (на примере болота Ламмин-Суо) , А. Д. Журавлева, Т. В. Скороспехова, Л. С. Курочкина, Е.Н. Грек	135
Использование спутниковой альтиметрии в задачах гидродинамического моделирования уровня режима арктических рек , Е. А. Захарова, И. Н. Крыленко, П. П. Головлев, А.А. Лисина, А. А. Сазонов, Н. К. Семенова	141
Результаты исследований на научном стационаре Магаданской области , А. А. Землянскова, О. М. Макарьева, А.Н. Шихов, А.А. Осташов, Н. В. Нестерова	145
Комплексирование геофизических методов при изучении наледей , А. А. Землянскова, В. В. Оленченко, О.М. Макарьева, А.С. Калганов, А.А. Осташов, Н.В. Нестерова	152
Факторы, влияющие на динамику наледей в меняющемся климате, на примере Анмангындинской наледи , А. А. Землянскова, О. М. Макарьева, А.Н. Шихов	157
Моделирование уровня бессточного озера Чаны (Западная Сибирь) , А. Т. Зиновьев, О. В. Кондакова, А. В. Дьяченко, А.Н. Семчуков	161
Моделирование ледникового стока в условиях недостатка данных , Д. С. Зырянова, Г. В. Пряхина	166
Проблемы и опыт изучения опасных гидрологических событий в дельтах рек западного средиземноморья , М. В. Исупова, М. В. Михайлова, Е. Н. Долгополова	172
Первые результаты гидроэкологических исследований высокогорного озера Урасар (Республика Армения) , Л.Г Казарян, Л.Р. Гамбарян, И. В. Федорова, Г. Б. Федоров	178
Гидрологические последствия изменения климата в бассейне Ангары в 21 веке , А. С. Калугин, В. А. Гинзбург, И. Н. Крыленко, О.Н. Липка, О. В. Максимова, А.В.Мальнев, Ю. Г. Мотовилов, Н. О. Попова, А. П. Ревокатова	183
Моделирование стока Волги в период развития раннехвалынской трансгрессии Каспийского моря , А. С. Калугин, П. А. Морозова, Н. О. Попова	188
Закономерности распространения и морфометрические характеристики четковидных расширений русел в бассейне р. Бузудук , А. А. Камышев, А. М. Тарбеева	193
Автоматизация измерения скоростей течения при мониторинге водных объектов , А.А.Кацура, А.М.Алабян, В.М.Морейдо	199
Интеллектуальный анализ гидрологических данных: Влияние осенне-зимне-весенних температур и осадков на максимумы весенних половодий горных рек , Ю.Б. Кирста, И. А. Трошкова	205

Численное исследование условий осаждения взвеси в дельте Дона при нагонах, А. В. Клещенко, И.В. Шевердяев	211
Оценка факторов формирования притока весеннего половодья к водохранилищу Ириклинской ГЭС на р. Урал, Д. Е. Клименко	217
Подходы к определению модулей стока общего азота и фосфора с Российской части водосбора бассейна Балтийского моря, С.М. Клубов, В. Ю. Третьяков, В. В. Дмитриев, А.Р. Никулина	223
Проблемы устойчивого водопользования в бассейне реки Дон, Е. В. Колесникова, Т. С. Антоненко	229
Расчет и прогноз ледникового питания в речных бассейнах, В. Г. Коновалов	233
Влияние изменения климата и деградации оледенения на речной сток в высокогорной части бассейна р. Терек, Е. Д. Корнилова, И. Н. Крыленко, Е.П. Рец, Ю. Г. Мотовилов, И. А. Корнева, Т. Н. Постникова (Дымова), О.О. Рыбак	239
Загрязнение водных объектов в бассейне Дона сточными и возвратными водами и диффузным стоком с водосборов, Н.И. Коронкевич, Г. М. Черногаева, С. В. Долгов, Е. А. Барабанова, Е.А. Кашутина	245
Деление расхода воды по рукавам при разветвлении русла в лабораторных условиях, Е. М. Кривошеина, И. В. Вахрушев, Н.А. Саноцкая	249
Опыт расчёта притока талой воды к озеру Лоу (оазис Холмы Ларсеманн, Восточная Антарктида), М. Р. Кузнецова, Г. В. Пряхина	253
Внезапные ливневые паводки на Черноморском побережье Западного Кавказа и Крыма, Л.В. Куксина, В.Н. Голосов, П. А. Белякова, Е. Ю. Жданова, М. М. Иванов, А. С. Цыпленков, А. Л. Гуринов	257
Определение параметров излучин чётковидных русел на примере реки Кардаил (север Волгоградской области), А. А. Куракова, А. М. Тарбеева, В. В. Сурков	263
Подземные воды надмерзлотных субаэральных таликов и формирование речного стока в бассейне р. Шестаковка, Центральная Якутия, Л. С. Лебедева, В.В. Шамов	268
Сток воды с каменных глетчеров северного Тянь-Шаня, Республика Казахстан, Л. С. Лебедева, В. В. Гончаренко, В.М. Лыткин	273
Измерения расходов воды и учет водного стока в приливной устьевой области Северной Двины, С. В. Лебедева, Л.С. Одоев, Е.Д. Панченко, А.М. Алабян, Н.А. Демиденко, М. Льюменс, Л.А. Турыкин	279
Динамика стока Колымы в XXI веке под влиянием меняющегося климата, А.А. Лисина, А. А. Сазонов, И. Н. Крыленко, А. С. Калугин, Н. Л. Фролова	285
Применение трёхмерной модели для изучения распределения термодинамических и биохимических параметров во внутренних водоемах, В. А. Ломов, Д.С. Гладских, Е.В. Мортиков, Е. Е. Андросова, А. Ф. Селезнев, А. В. Законнова, В. И. Лазарева	291
Гидрологические риски небольших регионов в неустойчивых климатических условиях (на примере Беларуси), П.С. Лопух, А. А. Волчек, Ю.А. Гледко, О.О. Ровдо	296
Изменчивость гигантских наледей Северо-Востока в исторический период и современном климате, О. М. Макарьева, А.Н. Шихов, А. А. Землянскова, Н. В. Нестерова, А.А. Остапов, В. Р. Алексеев	303
Разработка методики краткосрочного прогноза гидрографов стока на основе метеорологической модели WRF и гидрологической модели Гидрограф на	308

примере рек Магаданской области, О. М. Макарьева, А. А. Землянскова, Н. В. Нестерова	
Движение меандра реки в условиях подвижки земной коры, О. Я. Масликова, И.И. Грищук	312
Исследование особенностей обводнения верхней части дельты Волги на основе двумерной гидродинамической модели, Д. А. Мигунов, П.Н. Терский, О.В. Горелиц	317
Подход к изучению деформаций русел полугорных рек (на примере рек бассейнов Кубани и Черного моря), Н. М. Михайлова, Л.А. Турыкин, Д.В. Ботавин	322
Долгосрочный ансамблевый прогноз стока весенне-летнего половодья в устье Печоры, В.М. Морейдо, К. И. Головнин	328
Современное состояние государственной гидрологической сети наблюдений в Арктической зоне РФ, О.В. Муждаба, А. В. Штанников, М. В. Третьяков	334
Особенности формирования и развития таликов на примере оазиса Холмы Ларсеманн (Восточная Антарктида), А. В. Немчинова, С. В. Попов, А.С. Боронина, Л.С. Лебедева, А.С. Бирюков	340
Исследование влияния добычи россыпного золота на формирование стока рек Магаданской области. Предварительные результаты, П. А. Никитина, О. М. Макарьева, А.Н. Шихов, А. А. Землянскова	349
Применение изотопного метода в горной гидрологии на примере озера Таможенное, Южно-Чуйский хребет, А. А. Овсепян, Д.В. Банцев	352
Пространственная изменчивость характеристик ледяного покрова Рыбинского водохранилища зимой 2022 года, О. В. Овчинникова, Н. Л. Фролова, А.А. Виногооров, Н. А. Петров	356
Маленькими шагами к большой науке, А.А. Осмоловская, А. В. Пименов, В. К. Герасимов, А. А. Роскова, С. А. Беляев	362
Гидродинамический режим гиперприливного эстуария малой реки Сёмжи: возможности 1D и 2D моделирования, Е. Д. Панченко, Т. А. Федорова	368
Шум потока как индикатор речного стока, А.Д. Пнюшков, С.В. Бузмаков, А. В. Юхно	373
Источники и механизмы поступления взвешенных наносов в дельту р. Лены, К.Н. Прокопьева, А. М. Тарбеева, С.Р. Чалов	379
Современные изменения стока рек Средней Сибири, Д.А. Прысов, А. В. Мусохранова	385
Содержание хлорофилла а в вегетационный сезон в Можайском водохранилище в 2012–2022 гг., Е. Д. Птицына, О. Н. Ерина	391
Оценка характеристик затопления в бассейне реки Томи при изменениях климатических факторов, А. Д. Разаренова, И. Н. Крыленко	396
Математическое моделирование прорывных паводков, образующихся при прорывах моренных озёр, В. А. Распутина, Г. В. Пряхина	402
Влияние городской инфраструктуры левобережья г. Томска на речную гидравлику р. Томь по результатам моделирования, Р. В. Романовский	409
Изменения крупнейших приледниковых озер Шпицбергена на рубеже XX и XXI вв., К. В. Ромашова, Р. А. Чернов	415
Современное гидролого-экологическое состояние озер залива Гренфьорд, К. В. Ромашова, И. И. Василевич, В.А. Брызгало, М. В. Третьяков	421
Статус и границы устьевых областей арктических рек, Е. В. Румянцева, О.В. Муждаба, М. В. Третьяков	427

Динамика подземного стока рек бассейна Северной Двины, А. А. Сазонов, В. Ю. Григорьев, О. М. Пахомова, Н. Л. Фролова	432
Использование модели HBV для оценки максимальных расходов воды, В. С. Салпанова	438
Разработка физико-статистической модели для прогноза половодья с использованием данных пространственно распределенных моделей атмосферных осадков (на примере реки Чумыш), С. Ю. Самойлова, О.В. Ловцкая, А.В. Кудишин	444
К вопросу об управлении рекреационными ресурсами прибрежных зон рек, озер и водохранилищ, А. Ю. Санин	450
Оценка трендов и силы корреляционной связи количества атмосферных осадков и объема стока рек на Окско-Донской низменной равнине, А. В. Семенова, М. Е. Буковский	455
Система среднесрочного прогнозирования стока рек России, Н. К. Семенова, Ю. А. Симонов, А. В. Христофоров	461
Анализ гидрологических условий как основа для выполнения прогноза развития русловых деформаций на примере реки Амур, О. А. Серова*, М.С. Хамитов, Н. С. Бакановичус, А. А. Лялина, А. А. Максимова, Д. Д. Тесленко, А. В. Пучкарюс	466
Особенности построения системы регламентации отведения взвешенных веществ в поверхностные водные объекты на основе учета стохастического характера их динамики, Т. Н. Синцова, А.П. Лепихин	472
Определение интенсивности изменения климата для более эффективных адаптационных действий в бассейне Аральского моря, В. И. Соколов, Б. Б. Алиханов	478
Параметризация химического стока городской реки Сетуни, Д. И. Соколов, М.А. Терешина, О. Н. Ерина	485
Оценка выноса основных загрязняющих веществ через замыкающий створ реки Сетунь, С. С. Соловьева, Л. Е. Ефимова, М.А. Терешина, О. Н. Ерина, Д. И. Соколов	491
Динамика снегозапасов в лесу и поле при современном климате, А.В. Сосновский, Н. И. Осокин	496
Оценка соблюдения нормативов допустимого воздействия на водные объекты бассейнов крупных рек севера европейской части России, А. А. Строков	501
Структура водосборов озер Беларуси как фактор их гидрохимического режима, Н. Ю. Суховило	507
Особенности калибровки пространственно-распределенной модели стока ЕСОМАГ для реки с преимущественно дождевым питанием, З. А. Сучилина, Б.И. Гарцман	513
Трансформация засушливых условий на территории Беларуси в период изменения климата, И. В. Тарасевич, Ю.А. Гледко, И. С. Данилович	518
Оценка скорости подледникового таяния Антарктиды на основе одномерной мультифазной модели, А. А. Тарасов, М. М. Степанова	524
Гидрологические наблюдения на четкообразных степных реках севера Волгоградской области, А. М. Тарбеева, И. В. Крыленко, В. В. Сурков, Н.М. Михайлова	530
Расчет многолетних характеристик речного притока к эстуариям рек Большая-Быстрая и Авъеваям для разработки стратегии защиты инфраструктуры	535

поселков Октябрьский и Корф на Камчатке, Терский П.Н., Жбаков К.К., Землянов И. В., Горелиц О.В., Мигунов Д. А., Панасенкова И. И., Фатхи М.О., Фомин В. В.	
Эмиссия метана из Зейского водохранилища в маловодных и многоводных условиях по данным натурных исследований 2021–2022 гг., П.Н. Терский, С. Л. Горин, С. А. Агафонова, И. А. Репина	541
Оценка уязвимости карстовых подземных вод к загрязнению: сравнительный анализ результатов применения различных методик на примере массива Ай-Петри (Горный Крым), С. В. Токарев	547
Установление границ подземно-карстовых водосборов в верховьях р. Бельбек (Горный Крым) методом трассерных экспериментов, С. В. Токарев, Г.Н. Амеличев, А.И. Середа, Е.В. Брага	553
Моделирование речной сети на основе цифровой модели рельефа (на примере Черноморского побережья Кавказа), В. Ф. Толкачева, Б.И. Гарцман	558
Результаты изучения состава и свойств грунтов селевых отложений в зоне многолетнемерзлых пород, Н. Н. Ухова, Ю.В.Генсиоровский	564
Методика георадиолокационного исследования ледяного покрова различного строения на затороопасных участках северных рек, М. П. Фёдоров, Л. Л. Федорова	570
Гидроэкологическое состояние озер национального парка «Русский Север» весной 2023 г., И. В. Фёдорова, Л. В. Кузнецова, М. Р. Кузнецова, А. В. Шорникова, А.Е. Оразалин, У. В. Гусельникова, С.С. Свирепов, А. А. Землянскова, П.С. Зеленковский	575
Использование данных реанализа для восстановления характеристик стока таежных рек в бассейне Енисея, Е. В. Федотова, И. В. Данилова, Т. А. Буренина	581
Международное управление водными ресурсами, Н. Л. Фролова	586
Оценка изменений гидрологического режима, потоков макрокомпонентов и органических веществ в системе болото-река в таежной зоне Западной Сибири под влиянием осушения и пирогенного фактора, Ю. А. Харанжевская	592
Аэрозоли и твердые частицы как приоритетные загрязнители водных объектов городских природных комплексов, А. П. Хаустов, М.М. Редина, А. С. Нартов, А.Ю. Тронец	597
Использование тяжелых изотопов кислорода и водорода в качестве естественных трассеров для определения доли талого стока в бассейне горной реки, В. А. Хомякова, Е.П. Рец, Е. Д. Корнилова, А.В. Козачек, А.А. Екайкин	603
Математическое моделирование кислородного обмена между атмосферой и озером во время развития термобара, Б. О. Цыденов	609
О надежности оценок лавинной опасности, П. А. Черноус	614
Гидрохимический портрет экстремального дождевого паводка на малых водосборах южного Сихотэ-Алиня, Дальний Восток России, Шамов В.В., Луценко Т. Н., Болдескул А.Г., Гарцман Б.И., Лупаков С.Ю., Губарева Т. С., Кожевникова Н. К., Юрченко С. Г.	620
Условия образования непромерзающих озеровидных расширений в четковидных руслах малых рек криолитозоны, Республика Саха (Якутия), В.В. Шамов, А. М. Тарбеева, Л. С. Лебедева, В. С. Ефремов	626
Паводки и осадки на реках Северо-Западного Кавказа в 1970–2022 годах, растут или падают? И.В. Шевердяев, С.В. Веневский	632

Геоморфологические признаки изменения водности рек Приморья в позднем голоцене, Е. А. Шекман	638
MNDWI и интенсивность затопления как геоэкологические показатели изменения окружающей среды аллювиальных маршей Аль-Ховиза юго-восточного Ирака, В. А. Широкова, Х. Х. Аль-Нуссаири, В. И. Нилиповский	642
Современные особенности формирования маловодий в бассейнах Дона и Урала, И. О. Ширшова	650
Загрязнение Чудско-Псковского озера биогенными веществами (по данным за 2003–2020 гг.), К.А. Шихирина, О.В. Задонская	656
Спутниковое картографирование негативного воздействия золотодобывающих предприятий на природную среду криолитозоны (на примере Магаданской области), А.Н. Шихов, П. Г. Илюшина, О. М. Макарьева, А. А. Землянскова	662
Расчет снегонакопления в бассейне р. Камы на основе глобальных моделей численного прогноза погоды и реанализа, А.Н. Шихов, Е. В. Пищальникова, Н.А. Калинин	668
Последствия потенциального прорывного паводка и селевого потока в долине р. Хозгуни (Памир) по результатам сценарного моделирования, В. А. Юдина, С.С. Черноморец, В. М. Кидяева, К. С. Висхаджиева, И. В. Крыленко, Е.А. Савренюк, А.Г. Гуломайдаров, И.И. Зикиллобеков, У.Р.Пирмамадов, Ю.Х. Раимбеков	673
Моделирование прорыва озера Бирджал-Чиран-2006–5 в 2006 году на северо-восточном склоне г. Эльбрус, В. А. Юдина, В. М. Кидяева, С.С. Черноморец, И. В. Крыленко	678
Оценка возможности прогнозирования характеристик заторов льда на основе методов машинного обучения (на примере реки Сухоны), Цуй Юйсюань, Н. Л. Фролова, Н. К. Семенова	682
Динамика стока реки Охта в районе г. Мурино, А.А. Ярмалоян, Е. С. Урусова	686

Подходы к определению модулей стока общего азота и фосфора с Российской части водосбора бассейна Балтийского моря

С.М. Клубов^{1,2,3*}, В.Ю. Третьяков^{1,2}, В.В. Дмитриев¹, А.Р. Никулина¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

²Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

³ГБУ ДО ДТ «У Вознесенского моста» Адмиралтейского района, г. Санкт-Петербург, Россия

klubov_stepan@mail.ru

Аннотация. Одной из важных задач по охране экосистем Балтийского моря в целом, Финского залива и Невской губы является установление максимально допустимой антропогенной нагрузки. Цель исследования заключается в оценке поступления общего азота и фосфора со стоком водотоков, на которых отсутствуют посты мониторинга объёма и химического состава стока. Полученные значения модулей стока позволят уточнить оценку поступления общего азота и фосфора без необходимости расширения существующей сети гидрохимических и гидрологических наблюдений ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (СЗУГМС). Наиболее известной оценкой модулей стока общего азота и фосфора с Российской части водосборного бассейна Балтийского моря является оценка, выполненная в Институте озероведения РАН под руководством С.А. Кондратьева. Новизна нашего подхода состоит в использовании данных СЗУГМС для водотоков аналогов при отсутствии результатов наблюдений для исследуемых водотоков. Выделение водосборов в северной и южной части побережья Невской губы и восточной части побережья Финского залива проводится на основании разработанной нами цифровой модели рельефа (ЦМР). Модель создана по разработанной нами методике с использованием отечественных топографических карт. Определение границ водосборных бассейнов выполняется на основе ЦМР с помощью гидрологических функций ArcGIS. Выявление пространственной структуры ландшафтов и природопользования в пределах водосборов производится методом «классификации с учителем» с помощью модуля Quantum GIS “Dzetsaka classification dock”. Внутригодовое распределение стока азота и фосфора задаётся на основании обобщённых внутригодовых динамик на постах мониторинга СЗУГМС.

Ключевые слова: водосборы, модули стока азота и фосфора.

Approaches for evaluation of the total nitrogen and phosphorus unit discharges from Russian part of the Baltic Sea catchment area

S.M. Klubov^{1,2,3*}, V.Yu. Tretyakov^{1,2}, V.V. Dmitriev¹, A.R. Nikulina¹

¹St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

²Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

³Palace of Child Youth Art «At the Voznesensky Bridge», St. Petersburg, Russia

klubov_stepan@mail.ru

Abstract. There is problem of the Baltic Sea eutrophication due to anthropogenic income of total nitrogen and phosphorus. One of the significant goals is determination of maximal permissible anthropogenic load at the Baltic Sea aquatic ecosystem. Our research is pointed at assessment of the total nitrogen and phosphorus outflow from Russian part of the Baltic Sea watershed into the aquatic ecosystem with runoff of the watercourses without points of the runoff value and the chemical content monitoring. Other novelty consists in usage of North-Western Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring data of analogue watercourses if there is no any data of the researched ones. Ascertainment of the catchment areas within the Neva Bay and the eastern part of the Finnish Gulf seaboard areas is processed on the base of digital terrain model of relief, which was produced by us. Ascertainment of the watersheds borders is carried out on the base of our digital terrain model by ArcGIS hydrological functions. Ascertainment of the landscape and land use spatial structure within the catchment areas is produced by method of supervised classification by means of “Dzetsaka classification dock” module of Quantum GIS. The annual distribution of the total nitrogen and phosphorus outflow is preset on the base of the generalized annual dynamics at the monitoring points.

Keywords: catchment areas, nitrogen and phosphorus outflow.

Введение

Для оценки поступления азота и фосфора в озеро, водохранилище или морскую акваторию со стоком водотока, на котором отсутствуют створы мониторинга содержания этих субстанций в речных водах и определения расхода воды необходимо применять метод аналогов. Для этого нужно определить характеристики водосбора, и на их основании задать как модули стока, так и модули стока субстанций. Эти параметры зависят от типа поверхности, степени расчленённости рельефа, густоты речной сети т.д. Существует большое количество оценок модулей стока общего азота и фосфора. Некоторые из них представлены в Табл.

Табл. Модули стока общего азота и фосфора, т/год•км².

Водосбор	Азот	Фосфор	Ист.
Финского залива	0.226	0.014	[1]
Финского залива	0.275	0.012	[2]
Территория Петрозаводска (Карелия)	2.608	0.042	[3]
Финского залива, природные фоновые значения	0.053	0.004	[4]
Балтийского моря, природные фоновые значения	-	0.004	[6]
Калининградского/Вислинского и Куршского заливов	0.018	0.001	[7]
Канада, Новая Шотландия, лесной на магматических породах, 2000	-	0.007	[8]
Канада, Новая Шотландия, лесной на магматических породах, 2002	-	0.048	[8]
Канада, Новая Шотландия, лесной на осадочных породах, 2002	-	0.020	[8]
США, Мэн, лесной, 2000		0.0035-0.0050	[8]
США, Мэн, сельскохозяйственные территории, 2000	-	0.15-0.35	[8]
США, Мэн, селитебные территории, 2000	-	0.025-0.035	[8]
Канада, Онтарио, урбанизированные территории, 1986	-	0.11	[8]
Канада, Новая Шотландия, селитебная территория, 1986	-	0.186	[8]

Однако для определения экологически обоснованных норм антропогенного воздействия на экосистемы морских прибрежных акваторий с высокой динамикой вод и внутренние водоёмы с большой проточностью годовые модули стока биогенных элементов недостаточно информативны. В этих случаях необходимо принимать во внимание как внутригодовую динамику поступления азота и фосфора, так и соотношение концентраций субстанций в водоёме или морской акватории и в поступающих речных водах. Очевидно, что если концентрации биогенных элементов в речных водах ниже концентраций в водной экосистеме, то сколь бы большим не было количество поступающих со стоком биогенных элементов, оно не может привести к усилению антропогенного эвтрофирования. Интенсивность воздействия поступления азота и фосфора на годовой цикл функционирования экосистемы зависит от времени. Зимой это воздействие практически незаметно. Весной оно приводит к увеличению развития диатомовых водорослей, а в середине лета в условиях достаточно высокой температуры воды – к «вспышке» сине-зелёных водорослей со всеми вытекающими неприятными последствиями. Невская губа отличается крайне высокой степенью проточности. Период её условного водообмена составляет всего 7 суток. Прибрежные акватории восточной части Финского залива, примыкающие к Курортному району Санкт-Петербурга, также характеризуются высокой динамикой и значительным влиянием речного стока. Поэтому для точной оценки антропогенного эвтрофирования экосистем этих акваторий необходимо определение внутригодовой динамики поступления азота и фосфора с речным стоком.

Материалы и методы исследования

С территории Санкт-Петербурга в Невскую губу и восточную часть Финского залива впадают 26 водотоков, на которых отсутствуют створы мониторинга расхода воды и химического состава стока. Это реки: Быстрая, Каменка, Караста, Кикенка, Красненькая, Кристателька, Малая Сестра, Приветная, Стрелка, Чёрная, Чёрная, Шингарка, Юнтоловка; ручьи: Восьмой, Горский, Зеленогорский, Неизвестный, Смолячков, Стрелка, Третий, Троицкий, Ушковский, Шестой; водотоки: Водосливной канал, Дудергофский канал, Ржавая канава. Для учёта поступления азота и фосфора с их стоком используются данные водотоков-аналогов, расположенных близко от исследуемых водотоков, и на которых есть или существовали в прошлом створы мониторинга. В качестве аналогов используются следующие реки: Волчья, Вруда, Гороховка, Ижора, Коваши, Мга, Оредеж, Систа, Тосна. Для анализа используются данные СЗУГМС по этим рекам за ряд лет.

Методика исследования такова. По значениям концентраций субстанций и расходов воды для каждого водотока-аналога и для каждого календарного года, для которого имеются данные, в системе компьютерной алгебры Mathcad выполняется интерполяция с получением значений концентраций общего азота и фосфора, а также расхода воды для каждых суток периода наблюдений по отдельным годам. Затем рассчитанные ряды значений обрабатываются в программе Microsoft Excel. В результате перемножения концентрации субстанции в конкретные сутки определённого года на расход воды в эти же сутки этого же года получаем величину суточного стока субстанции с водосбора в данные сутки. Далее выполняется обработка значений, относящихся к каждому суткам внутригодовой динамики. Для этого рассматриваются значения, относящиеся к одинаковому номеру суток от начала года для всех лет наблюдений. Определяются: среднее арифметическое значение величины поступления субстанции, среднее квадратичное (стандартное) отклонение (СКО) этого поступления, а также доверительный интервал поступления субстанции: нижняя граница – среднее арифметическое минус СКО, верхняя граница – среднее арифметическое плюс СКО для каждых суток внутригодовой динамики. Делением суточного поступления общего

азота или фосфора с водосбора водотока-аналога на его площадь определяется суточный модуль стока данного биогенного элемента с этого водосбора.

Площади водосборов определяются следующим образом. В среде ГИС на основании растровых изображений топографических карт создаётся цифровая модель рельефа (ЦМР). Далее с помощью гидрологических функций ГИС и ЦМР определяются границы как частных водосборов рек-аналогов выше створов мониторинга, так и водосборных бассейнов исследуемых рек, биогенный сток которых не учитывается при определении поступления азота и фосфора в Невскую губу и восточную часть Финского залива. Площади водосборов определяются в среде ГИС. С помощью электронных карт и спутниковых снимков определяется пространственное строение водосборов, и выявляются водосборы водотоков-аналогов, наиболее сходные по своему пространственному строению с водосборами исследуемых водотоков. Далее умножением модулей стока азота и фосфора, определённых для наиболее сходных по пространственному строению водосборов водотоков-аналогов, на площадь водосборных бассейнов исследуемых водотоков определяются суточные значения поступления азота и фосфора в составе стока этих водотоков. Суммированием всех суточных значений определяется годовое поступление общего азота и фосфора со стоком этого водотока.

Результаты и выводы

В качестве примера рассмотрим результаты определения внутригодовой динамики модулей стока общего азота и фосфора с частного водосбора водотока-аналога – реки Ижоры. Здесь створы мониторинга расхода воды и химического состава речного стока не совпадают: створ мониторинга расхода расположен выше по течению. Поэтому в среде ГИС были выделены два частных водосбора р. Ижоры: выше каждого из этих створов, и рассчитаны их площади. Площадь водосбора выше створа мониторинга химического состава равна 1000 км². Отношение площади частного водосбора выше створа мониторинга химического состава к площади водосбора выше створа определений расхода воды составляет 1.49. Поэтому для получения расходов на створе мониторинга химического состава расходы умножались на 1.49. Были использованы данные мониторинга СЗУГМС за 1980-1989 гг. Данные мониторинга СЗУГМС были получены из бюллетеней: «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши» и «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши». Доступ к данным для ознакомления был предоставлен в отделе государственного фонда данных СЗУГМС.

Внутригодовая динамика модулей стока общего азота и фосфора с водосбора р. Ижоры в 1980-1989 гг. приведена на Рис. 1 и Рис. 2. Очевидны внутригодовая изменчивость модулей стока общего азота и фосфора, и существенное снижение этих величин в летний период. Поэтому при определении экологически обоснованных норм антропогенного воздействия следует принимать во внимание эту изменчивость.

Средние годовые значения поступления общего азота и фосфора в Невскую губу со стоком реки Невы и её рукавов в 1979-2019 гг. составили: азот – 56860 тонн/год, фосфор – 1716 тонн/год [5]. По нашим расчётам суммарная площадь водосборных бассейнов, с которых в Невскую губу и восточную часть Финского залива в пределах Санкт-Петербурга происходит поверхностный сток, не учитываемый при оценке поступления азота и фосфора, составляет 2281 км². В соответствии с результатами наших исследований средний годовой модуль стока общего азота с бассейна р. Ижоры равен 1.945 т/км²•год, общего фосфора – 0.106 т/км²•год. На основании этих значений получаем ориентировочные величины поступления с неучитываемых водосборов: общий азот – 4436 тонн/год, общий фосфор – 242 тонн/год, что соответственно составляет 8% и 14%.

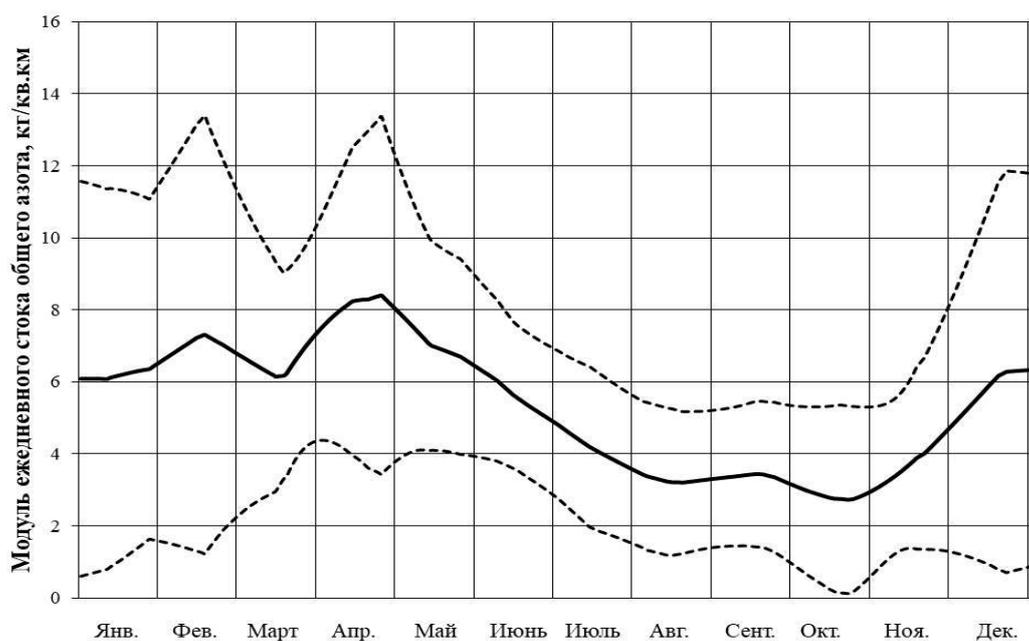


Рис. 1 Внутригодовая динамика модуля стока общего азота с водосбора р. Ижоры, среднее значение и доверительный интервал, кг/км² • сутки.

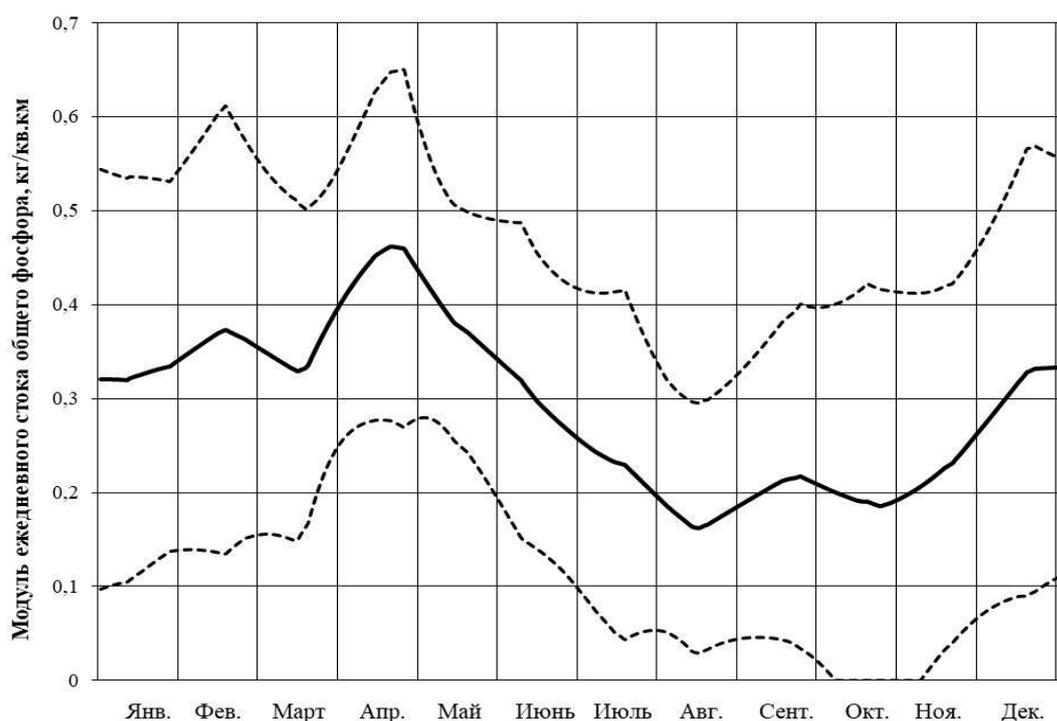


Рис. 2 Внутригодовая динамика модуля стока общего фосфора с водосбора р. Ижоры, среднее значение и доверительный интервал, кг/км² • сутки.

Разумеется, эта оценка является предварительной, без учёта пространственного строения водосборов. Однако уже очевидно, что сток азота и фосфора с неучитываемых водосборов не столь незначителен, чтобы пренебрегать им при определении экологически обоснованных норм антропогенного воздействия на экосистемы Невской губы и восточной части Финского залива.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 23-27-10011, и при финансовой поддержке Санкт-Петербургского научного фонда.

Acknowledgments

The work was supported by Russian Science Fund, grant No. 23-27-10011, and by Saint Petersburg Science Fund.

Список литературы

1. Владимирова О.М., Еремина Т.Р., Исаев А.В., Рябченко В.А., Савчук О.П. Модельные оценки составляющих баланса азота и фосфора в экосистеме Финского залива // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2018. № 53. С. 72-82.

2. Кондратьев С.А., Шмакова М.В., Брюханов А.Ю., Викторова Н.В., Ершова А.А., Обломкова Н.С. К оценке биогенного стока в Финский залив Балтийского моря // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2018. № 51. С. 109–120.

3. Лозовик П.А., Бородулина Г.С., Карпечко Ю.В., Кондратьев С.А., Литвиненко А.В., Литвинова И.А. Биогенная нагрузка на Онежское озеро по данным натурных наблюдений // Труды Карельского научного центра РАН. № 5. С. 35-52.

4. Осипов А.Г., Осипов Г.К., Ковязин В.Ф. Методика геоинформационного моделирования выноса биогенных веществ в Финский залив из лесного растительного покрова // Материалы международной научной конференции «Интеркарто. Интергис-26» 27-28 сентября 2020, Тбилиси (Грузия). 2020. М: Издательство Московского университета, 2020. Т. 26. Ч. 2. С. 137–150.

5. Серебрицкий И.А., Григорьев И.А. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге. СПб: Изд-во Сезам-принт, 2019, 448 с.

6. Степанова Е.В. Оценка фоновой составляющей стока валового фосфора с водами контролируемых и неконтролируемых рек бассейна Балтийского моря // Молодой ученый. 2009. № 11. С. 352-355.

7. Чубаренко Б.В., Кондратьев С.А., Брюханов А.Ю. Биогенная нагрузка на Балтийское море с Российской территории водосборов Калининградского/Вислинского и Куршского заливов // Известия Русского географического общества. 2017. № 149(4). С. 69-84.

8. Brylinsky M. Users Manual for Prediction of Phosphorus Concentration In Nova Scotia Lakes: A Tool for Decision Making. Version 1.0, Acadia Centre for Estuarine Research, Acadia University, Wolfville, Nova Scotia, B4P 2R6, Canada, 2004. 88 pp. Доступна online:

<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.489.5561&rep=rep1&type=pdf>.

Дата обращения: 5 June 2023.