

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ – АЛТАЙСКОЕ КРАЕВОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
"РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО"

**ИЗВЕСТИЯ АЛТАЙСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА**
(ИЗВЕСТИЯ АО РГО)

Журнал
Декабрь 2024
Основан в 1961 году

ISSN 2410-1192
№ 4 (75)
Выходит 4 раза в год

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – Пузанов А.В., д.б.н., проф., г. Барнаул

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Безматерных Д.М., д.б.н., доц., г. Барнаул Папина Т.С., д.х.н., доц., г. Барнаул

ЗАВЕДУЮЩИЙ РЕДАКЦИЕЙ – Архипова И.В., к.г.н., г. Барнаул

ЧЛЕНЫ СОВЕТА:

Андроханов В.А., д.б.н., г. Новосибирск
Богуславский А.Е., д.г.-м.н., г. Новосибирск
Веснина Л.В., д.б.н., проф., г. Барнаул
Винокуров Ю.И., д.г.н., проф., г. Барнаул
Гармаев Е.Ж., д.г.н., проф., чл. корр. РАН, г. Улан-Удэ
Гусев А.И., д.г.-м.н., проф., г. Бийск
Гутак Я.М., д.г.-м.н., проф., г. Новокузнецк
Двинских С.А., д.г.н., проф., г. Пермь
Дунец А.Н., д.г.н., доц., г. Барнаул
Ельчиной О.А., д.с.-х.н., доц., г. Горно-Алтайск
Ермолаева Н.И., д.б.н., г. Новосибирск
Зиновьев А.Т., д.т.н., доц., г. Барнаул
Золотов Д.В., к.б.н., г. Барнаул
Инишева Л.И., д.с.-х.н., проф., чл.-корр., г. Томск
Кирста Ю.Б., д.б.н., проф., г. Барнаул
Комарова Л.А., д.б.н., проф., г. Бийск

Кочуров Б.И., д.г.н., проф., г. Москва
Куrolап С.А., д.г.н., проф., г. Воронеж
Мазуров М.П., д.г.-м.н., проф., г. Новосибирск
Платонова С.Г., к.г.-м.н., доц., г. Барнаул
Рудский В.В., д.г.н., проф., Московская обл.
Рыбкина И.Д., д.г.н., доц., г. Барнаул
Савичев О.Г., д.г.н., проф., г. Томск
Севастьянов В.В., д.г.н., проф., г. Томск
Сенников Н.В., д.г.-м.н., проф., г. Новосибирск
Сухова М.Г., д.г.н., доц., г. Горно-Алтайск
Сысо А.И., д.б.н., г. Новосибирск
Чернышов А.И., д.г.-м.н., проф., г. Томск
Чибилев А.А., д.г.н., проф., акад. РАН, г. Оренбург
Ядренкина Е.Н., д.б.н., г. Новосибирск
Яныгина Л.В., д.б.н., доц., г. Барнаул

Технический редактор – Вдовина О.Н., к.б.н.

Адрес издателя и редакции: 656038 Алтайский край, Барнаул, ул. Молодежная, 1, офис 526.
Тел: (385-2) 364091, (385-2) 666507, факс (385-2) 240396, bulletin@rgo-altay.ru,
<http://rgo-journal.ru>, <http://vk.com/rgojournal>, <http://t.me/rgojournal>
Регистрационный номер СМИ ПИ № ТУ22-00790 от 31.08.2021.

Подписной индекс в каталоге Роспечати 95004

© Известия Алтайского отделения Русского географического общества, 2024
г. Барнаул – 2024

FOUNDER AND PUBLISHER – ALTAY REGIONAL BRANCH
RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY

**BULLETIN OF THE ALTAY BRANCH
OF THE RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY**
(BULLETIN AB RGS)

[IZVESTIÂ ALTAJSKOGO OTDELENIÂ RUSSKOGO GEOGRAFIČESKOGO OBŠESTVA
(IZVESTIÂ AO RGO)]

Journal
December, 2024
Founded in 1961

ISSN 2410-1192
No 4 (75)
4 issues per year

EDITORIAL BOARD

EDITORS-IN-CHIEF– DrSc, Prof. Alexandr V. Puzanov (Barnaul, Russia)

DEPUTY CHIEF EDITORS:

DrSc, Assoc. Prof. Dmitry M. Bezmaternyh (Barnaul, Russia)

DrSc, Assoc. Prof. Tat'yana S. Papina (Barnaul, Russia)

MANAGING EDITOR – PhD Irina V. Arkhipova (Barnaul, Russia)

THE MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD

DrSc V.A. Androkhanov (Novosibirsk, Russia)

DrSc A.E. Boguslavsky (Novosibirsk, Russia)

DrSc, Prof. A.I. Chernyshov (Tomsk, Russia)

Acad. RAS, DrSc, Prof. A.A. Chibilyov (Orenburg, Russia)

DrSc, Assoc. Prof. A.N. Dunets (Barnaul, Russia)

DrSc, Prof. S.A. Dvinskikh (Perm, Russia)

DrSc, Assoc. Prof. O.A. Elchinina (Gorno-Altaysk, Russia)

DrSc N.I. Ermolaeva (Novosibirsk, Russia)

C.M. RAS, DrSc, Prof. E.Zh. Garmaev (Ulan-Ude, Russia)

DrSc, Prof. A.I. Gusev (Biysk, Russia)

DrSc, Prof. Ya.M. Gutak (Novokuznetsk, Russia)

C.M. RAS, DrSc, Prof. L.I. Inisheva (Tomsk, Russia)

DrSc, Prof. Yu.B. Kirsta (Barnaul, Russia)

DrSc, Prof. L.A. Komarova (Biysk, Russia)

DrSc, Prof. B.I. Kochurov (Moscow, Russia)

DrSc, Prof. M.P. Mazurov (Novosibirsk, Russia)

DrSc, Prof. S.A. Kurolap (Voronezh, Russia)

PhD, Assoc. Prof. S.G. Platonova (Barnaul, Russia)

DrSc, Prof. V.V. Rudsky (Moscow region, Russia)

DrSc, Assoc. Prof. I.D. Rybkina (Barnaul, Russia)

DrSc, Prof. O.G. Savichev (Tomsk, Russia)

DrSc, Prof. N.V. Sennikov (Novosibirsk, Russia)

DrSc, Prof. V.V. Sevastyanov (Tomsk, Russia)

DrSc, Assoc. Prof. M.G. Sukhova (Gorno-Altaysk, Russia)

DrSc A.I. Syso (Novosibirsk, Russia)

DrSc, Prof. L.V. Vesnina (Barnaul, Russia)

DrSc, Prof. Yu.I. Vinokurov (Barnaul, Russia)

DrSc E.N. Yadrenkina (Novosibirsk, Russia)

DrSc, Assoc. Prof. L.V. Yanygina (Barnaul, Russia)

DrSc, Assoc. Prof. A.T. Zinoviev (Barnaul, Russia)

PhD D.V. Zolotov (Barnaul, Russia)

Technical editor – PhD Olga N. Vdovina

Address for correspondence: 1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Altai region, Russia

Tel: +7(385-2) 364091, 666507, Fax: +7(385-2) 240396, bulletin@rgo-altay.ru,

<http://rgo-journal.ru>, <http://vk.com/rgojournal>, <http://t.me/rgojournal>

Certificate of mass media registration of Russian Federation III No TY22-00790 from 31.08.2021

Subscription index in «Rospechat» catalogue 95004

© Bulletin of the Altay branch of the Russian Geographical society, 2024

Barnaul – 2024

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

РАЗДЕЛ 1. ГЕОЭКОЛОГИЯ

<i>Андреева И.В., Циликина С.В.</i> РЕКРЕАЦИОННОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ В ТУРИСТСКИХ ДЕСТИНАЦИЯХ КЕМЕРОВСКОЙ И ТОМСКОЙ ОБЛАСТЕЙ.....	5
--	---

РАЗДЕЛ 2. ГИДРОЛОГИЯ СУШИ, ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ГИДРОХИМИЯ

<i>Галахов В.П., Ловцкая О.В., Самойлова С.Ю., Кудишин А.В.</i> СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ ВОДНОСТИ РЕКИ ОБИ У ГОРОДА БАРНАУЛА ЗА 1922–2022 ГГ.....	20
<i>Марусин К.В., Дьяченко А.В.</i> НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТОКОВОГО ТЕЧЕНИЯ В ЗОНЕ ПЕРЕМЕННОГО ПОДПОРА НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	32
<i>Эйрих С.С., Губкина А.С.</i> ПОСЛОЙНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ Г. БАРНАУЛА И ПОТОКИ ЕЕ ПОСТУПЛЕНИЯ.....	58

РАЗДЕЛ 3. ТУРИЗМ. СЕРВИС

<i>Корецкая А.А.</i> ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СТЕПНЫХ МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ.....	68
---	----

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

<i>Попова О.Н.</i> РОССИЙСКИЙ ОДОНАТОЛОГ Б.Ф. БЕЛЫШЕВ И ЕГО НАСЛЕДИЕ В КАНУН 115-ЛЕТИЯ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ.....	82
---	----

CONTENTS

SCIENTIFIC REPORTS

SECTION 1. GEOECOLOGY

- Andreeva I.V., Tsilikina S.V.* RECREATIONAL WATER USE IN TOURIST DESTINATIONS OF KEMEROVO AND TOMSK REGIONS..... 5

SECTION 2. HYDROLOGY OF LAND, WATER RESOURCES, HYDROCHEMISTRY

- Galakhov V.P., Lovtskaya O.V., Samoiloa S.Y., Kudishin A.V.* STATISTICAL ANALYSIS OF WATER CONTENT FLUCTUATIONS IN THE OB RIVER NEAR THE CITY OF BARNAUL FOR 1922–2022... 20
- Marusin K.V., Dyachenko A.V.* FIELD STUDIES OF THE FLOW IN THE DAM VARYING BACKWATER ZONE OF NOVOSIBIRSK RESERVOIR... 32
- Eyrikh S.S., Gubkina A.S.* MERCURY DISTRIBUTION IN THE LAYERS OF SNOW COVER AND FLUXES DEPOSITED IN THE TERRITORY OF BARNAUL..... 58

SECTION 3. TOURISM. SERVICE

- Koretskaya A.A.* TOURIST AND RECREATIONAL POTENTIAL OF STEPPE MUNICIPAL AREAS OF ALTAI KRAI..... 68

PAGES OF HISTORY

- Popova O.N.* RUSSIAN ODONATOLOGIST B.F. BELYSHEV AND HIS LEGACY ON THE EVE OF THE 115TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH... 82

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ ♦ SCIENTIFIC REPORTS

Раздел 1

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Section 1

GEOECOLOGY

УДК 338.482.2; 502.335

**РЕКРЕАЦИОННОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ В ТУРИСТСКИХ
ДЕСТИНАЦИЯХ КЕМЕРОВСКОЙ И ТОМСКОЙ ОБЛАСТЕЙ**

И.В. Андреева, С.В. Циликина

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,**E-mail: direction-altai@yandex.ru*

Представлены результаты сбора и анализа данных о водопотребляющих рекреационных объектах в Кемеровской и Томской областях. На основе оригинального подхода для расчета водопотребления рекреационного комплекса определены максимально возможные годовые расходы воды на функционирование объектов гостеприимства (объект размещения). Установлено, что годовая посещаемость четырех дестинаций Кемеровской области может превышать 396 тыс. чел-сут. На их обслуживание требуется около 62 тыс. м³ воды. Соответствующие показатели для двух дестинаций Томской области составляют более 208 тыс. чел-сут и около 32 тыс. м³ воды. По общепринятым данным о поступлении химических и микробиологических загрязнителей в рекреационные воды от купающихся рассчитано количество загрязняющих веществ и микроорганизмов, попадающих в сточные воды и далее – окружающую среду. Рекомендованы мероприятия по мониторингу рекреационного водопотребления. Показаны возможности развития оценочных подходов для управления и мониторинга водопотребляющей деятельности рекреационного комплекса.

Ключевые слова: туристская дестинация; рекреационное водопользование; рекреационное водопотребление; рекреационная нагрузка; методика расчета.

DOI: 10.24412/2410-1192-2024-17501

Дата поступления: 7.11.2024. Принята к печати: 16.12.2024

Знания о водопотреблении рекреационных комплексов (местностей, дестинаций) – основа принятия верных отраслевых решений. Из-за смены формата и растущих темпов развития индустрии отдыха они приобрели особую важность. После пандемии ковида потребительские предпочтения при планировании и организации досуга сместились от уровня самоорганизованного («дикого») туризма к комфорту «три звезды» и выше. Это ускорило развитие внутринациональных рекреационных местностей с высокой плотностью благоустроенной застройки. Формирование и функционирование таких крупных водозависимых хозяйственных пространств требует оценки текущего и перспективного ресурсопотребления,

оценки воздействий их на окружающую среду.

В этой связи в России и мире актуализировался научный поиск в области рекреационного водопользования. Накопленный опыт исследований детализируется и обобщается, формируя теоретико-методические основы прикладных областей исследований. Наиболее продвинулись изучение качества рекреационных сред (микробное загрязнение воды и песка, влияние экологических факторов на поведение патогенов, влияние патогенов на здоровье пляжников), прибрежное планирование (управление пляжами: выявление рисков, оценка ресурсов, расчет ресурсообеспеченности и рекреационной емкости пляжей, оценка взаимных воздействий экосистем и рекреации), изучение рекреационных угроз биологическому разнообразию и природных угроз общественным пространствам [Непомнящий, Макеева, 2020; Андреева, 2021; Андреева, 2023].

Вместе с тем, любые прикладные исследования в обозначенных областях уже в самом начале сталкиваются с ключевыми проблемами, требующими решения на предварительном этапе работ. Помимо сложностей определения принадлежности к объектам рекреационного водопользования и оконтуривания его пространственных границ для картографического отображения и анализа имеется трудность количественных оценок пользователей. Отсутствие этой информации сильно осложняет последующие этапы работ.

Перечисленные проблемы актуальны

для регионов юга Западной Сибири по ряду причин. Первостепенны из них резкий рост въездных рекреационных потоков, наличие крупных рекреационно значимых водных объектов с густой прибрежной застройкой (озера Телецкое, Яровое, Чаны, реки Катунь, Обь, Бия, Новосибирское водохранилище и др.), наличие туристских центров общероссийского значения (Белокуриха, Бирюзовая Катунь, Манжерок, Шерегеш), высокая межрегиональная активность отдыхающих. Кроме того, большое разнообразие природных, экологических и социально-экономических условий в макрорегионе формирует мозаику уникальных рекреационных локаций. Планирование и управление рекреационным водопользованием в них нуждается равно как в общих руководящих методиках, которые, к сожалению, недостаточно детальны, так и в индивидуальных подходах в зависимости от целевого бенефициара: экосистемы или человека.

В рамках проекта по изучению механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири разработана и уточняется методика расчета прямого рекреационного водопотребления. В ее основе – определение числа водопотребителей на основе технико-экономических показателей объектов гостеприимства. Методика апробирована на рекреационных комплексах побережья Телецкого озера [Архипова и др., 2021; Андреева и др., 2022], Алтайского края и Новосибирской области [Андреева и др., 2024]. Материалы, представленные в статье, расширяют географию исследований и детализируют положения подхода.

Материалы и методы

В основе расчетов прямого рекреационного водопотребления – действий, связанных с прямым забором воды из поверхностных и подземных источников через системы водоснабжения для удовлетворения потребностей рекреантов и персонала, благоустройства номеров и территорий в санаториях, гостиницах, туристических базах, – сведения о числе водопотребителей, количестве и типе водоразборных устройств, а также государственные нормы водопотребления. Однако, при кажущейся простоте практика вычисления сталкивается с множеством вопросов к определению численных значений отдельных компонентов расчета и, прежде всего, к установлению числа потребителей. Поэтому установление числа потребителей является ключевым звеном методики.

Индивидуальных сведений о фактической посещаемости объектов туризма практически нет. К сведению, количество водопользователей по всем отраслям Томской области, отчитавшихся по форме федерального статистического наблюдения № 2-ТП (водхоз), за 2022 г. составило 167 [Доклад ..., 2022], при том, что целевая инвентаризация выявила только гостиниц, баз отдыха и других объектов размещения более 170 единиц.

Обобщенные сведения не всегда исчерпывающи, а часто – занижены из-за многочисленности объектов (не все представляют статистические данные) и большой динамичности отрасли (от года к году количество турбаз спонтанно меняется),

межгодовой и сезонной непредсказуемости турпотоков. В этой связи авторами предложено считать число потребителей по неизменным показателям – технико-экономическим характеристикам объектов, прежде всего – по данным о номерном фонде и уровне благоустройства. Такие сведения находятся в открытом дистанционном доступе на официальных сайтах регионов и их отраслевых ведомств, туристических порталах, сайтах индивидуальных средств размещения.

Используемый в расчетах показатель «физическая текущая емкость» (F) заимствован из методик оценки рекреационной ёмкости [Arias, 1992; Ceballos-Lascurain, 1996], адаптирован к изучаемой проблеме и представляет собой максимальное число лиц, которые физически могут поместиться на общественном пространстве. При рассмотрении объекта размещения значение показателя зависит от числа мест номерного фонда, сезонности функционирования и продолжительности смены посещения. Поскольку стандартным показателем водопотребления является расход воды на одного потребителя в сутки, то количество посетителей рассчитывается в человеко-сутках (чел-сут), интервал времени расчета – год.

Общая формула имеет вид:

$$F = A \cdot \frac{V}{a} \cdot R_f, \quad (1)$$

где A – площадь, доступная для общественного использования (здесь – число мест в объектах), V/a – число посетителей (V) на единицу площади (a) (здесь равно 1: один посетитель на одно место), R_f – фактор ротации.

Фактор ротации определяется по формуле:

$$R_f = \frac{\text{продолжительность сезона}}{\text{продолжительность смены посещения}} \quad (2)$$

Из формулы (2) очевидна необходимость типизации объектов гостеприимства по сезонности, профилю деятельности, режимным особенностям. Данные условия различаются не только от объекта к объекту, но и от региона к региону, а также зависят от физико-географических условий территории, что требуют уточнений в каждом конкретном расчете.

Первый и важнейший этап исследования – инвентаризация всех имеющихся объектов размещения на территории и формирование целевой базы данных. Для Томской и Кемеровской областей данные об индивидуальных объектах размещения получены из

официальных сайтов Кемеровской и Томской областей, Министерства туризма и Министерства экономического развития Кузбасса, Департамента муниципального развития и Департамента экономики Администрации Томской области, сайтов путешествий и бронирования, сайтов курортов, санаториев и др. Включают сведения о локации, вместимости, номерном фонде, сезонности и благоустройстве объектов (рис. 1).

Для обособления пространственных единиц исследования индивидуальные объекты (гостиницы, базы отдыха и др.) локализованы в туристские дестинации – местности с развитой рекреационной инфраструктурой и различной специализацией, их границы соотнесены с границами муниципальных образований (соответствует понятию «туристская территория» по [Распоряжение..., 2019]).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ОБЪЕКТЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ТУРИСТОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ									
2	Название	Y	X	Номерной фонд	Вместимость зима	Вместимость лето	Сезоны года	Адрес	Муниципальные образования	Благоустройство
79	Отель "Аврора"	56.480410	84.975029	40	80	80	Круглогодично	г. Томск, ул. Киевская, 11	Томский городской округ	Душ или ванна в каждом номере
80	Мини-гостиница «Апельсин»	56.476652	84.976565	4	8	8	Круглогодично	г. Томск, Проспект Фрунзе, 98	Томский городской округ	Душа нет
81	Мини-отель «Бастон»	56.477562	84.956039	13	24	24	Круглогодично	г. Томск, ул. Никитина, 5 "Б"	Томский городской округ	Душ в каждом номере
82	Гостиница «Визит»	56.517763	84.960423	4	8	8	Круглогодично	г. Томск, ул. Севастопольская, 93	Томский городской округ	Ванна в каждом номере
83	Гостиница «Гарантия»	56.510721	85.020080	41	60	60	Круглогодично	г. Томск, ул. Черных, 28, 1 подъезд	Томский городской округ	Ванна в каждом номере
84	Гостиница «Городок»	56.496741	84.977383	9	25	25	Круглогодично	г. Томск, ул. Партизанская, 17	Томский городской округ	1 номер благоустроенный, остальные номера с удобствами на этаже (2 душа и 2 туалета).
85	Отель "Гостевой коттедж"	56.471426	85.038269	4	15	15	Круглогодично	г. Томск, ул. Королёва, 5	Томский городской округ	Душ в каждом номере
86	Гостиница ТГУ	56.468090	84.951395	20	50	50	Круглогодично	г. Томск, пр. Ленина, 49	Томский городской округ	Ванна в каждом номере
87	Гостиничный комплекс "Заимка"	56.498182	84.970232	3	8	8	Круглогодично	г. Томск, пер. Пушкина, 6	Томский городской округ	Душ в коридоре
88	Гостиница "Заречная"	56.497288	84.943067	20	39	39	Круглогодично	г. Томск, ул. Войкова, д. 9	Томский городской округ	Душ в каждом номере
89	Гостиничный комплекс «Империял»	56.483114	85.005446	6	10	10	Круглогодично	г. Томск, ул. Сибирская, 102	Томский городской округ	Ванна в каждом номере
90	Гостиница «Импульс»	56.478651	85.005114	5	10	10	Круглогодично	г. Томск, пер. Фруктовый, 10в	Томский городской округ	Ванна в каждом номере
91	Мини-отель «Йоко»	56.480490	85.000865	13	25	25	Круглогодично	г. Томск, ул. Алтайская, 149 пос. Тимирязевское, пер. Лесной, 10	Томский городской округ	Душ в каждом номере
92	Загородный дом «Касатка»	56.462148	84.896490	Коттедж	8-16	8-16	Круглогодично	г. Томск, пр. Мира, 10/1	Томский городской округ	Душ в коттедже
93	Гостиница «Каштанная»	56.505694	84.965022	20	30	30	Круглогодично	г. Томск, пр. Мира, 10/1	Томский городской округ	Ванна в каждом номере
94	Отель "Кристина"	56.482274	85.003066	3	8	8	Круглогодично	г. Томск, ул. Сибирская, 96	Томский городской округ	Ванна в каждом номере
95	Отель «Магистрат»	56.488542	84.950173	27	54	54	Круглогодично	г. Томск, пл. Ленина, 15	Томский городской округ	Ванна в каждом номере
96	Мини-гостиница "Идилия"	56.459810	84.952625	4	9	9	Круглогодично	г. Томск, Советская, 99	Томский городской округ	Душ в каждом номере
97	Гостиница «Октябрьская»	56.489431	84.944612	48	61	61	Круглогодично	г. Томск, ул. Карла Маркса, 12	Томский городской округ	Душ в каждом номере

Рис. 1. Фрагмент базы данных объектов размещения Томской области

Fig. 1. Fragment of the database of tourist accommodation facility in the Tomsk region

Выделение направлений выполнено методами сводки и группировки данных, посредством картографирования и картографического анализа.

Из 308 объектов размещения туристов, идентифицированных на территории Кемеровской области на 1.08.2024 г., 233 локализованы в 4-х направлениях. Кемеровская и Верхняя Томь направления сформированы на базе водно-рекреационных ресурсов р. Томи, Беловская – р. Иня (правый приток Оби) и Беловского водохранилища. Таштагольская направленность образована в верховьях притоков рек Мрассу и Кондомы (левые притоки Томи), приурочена

к горнолыжному курорту Шерегеш. Из 171 гостиниц, санаториев и др. объектов Томской области 125 локализованы в 2-х направлениях. Томская тяготеет к ресурсам р. Томи, Левобережная Обь – р. Оби.

Описания удобств на объектах представлены в источниках в произвольном виде, поэтому многочисленны и многообразны. Для унификации и соответствия официальным документам они приведены к ограниченному числу категорий водоразборных устройств. Обобщенная информация о номерном фонде и его благоустройстве, сезонности и специализации по направлениям отражена в таблице 1.

Таблица 1

Количество мест в номерах с разными категориями водоразборных устройств, ед

Table 1

The number of beds in rooms with different categories of water collection devices, units

Направление	Категории потребителей по [СП 30.13330.2016]					
	общий душ		душ во всех номерах		ванная во всех номерах	
	зима	лето	зима	лето	зима	лето
<i>Кемеровская область</i>						
Кемеровская, в т.ч. санатории и профилактории	873	873	1242	1257	1141	1141
	580	580	-	-	200	200
Беловская, в т.ч. санатории и профилактории	114	375	358	412	282	282
	60	280	144	144	200	200
Верхняя Томь, в т.ч. в санатории и профилактории, в т.ч. детский лагерь	1270	1280	2995	3145	1009	1009
	410	410	1556	1556	-	-
	-	-	-	150	-	-
Таштагольская, в т.ч. санатории и профилактории	345	311	2972	2402	556	556
	-	-	227	227	-	-
Σ	2602	2839	7567	7216	2988	2988
<i>Томская область</i>						
Томская, в т.ч. санатории и профилактории	1417	1417	3745	3739	1164	1188
	168	168	1077	1077	308	308
Левобережная Обь	202	1272	70	72	28	28
Σ	1619	2689	3815	3811	1192	1216

Анализ особенностей деятельности объектов гостеприимства двух областей потребовал ввести в расчет следующие условия:

- четко дифференцируется летний и зимний сезоны (рассчитаны отдельно);
- продолжительность летнего сезона принята с 1 июня по 20 августа (81 день);
- летом сменяемость посетителей происходит каждые 3 дня, 4-й день – уборка номера (продолжительность смены 4 дня, в т.ч. в Таштагольской дестинации);
- зимний сезон длится с 21 августа по 31 мая (284 дня);
- посещение объектов (кроме санаториев, профилакториев, санаториев-профилакториев) зимой происходит только в праздничные циклы, длящиеся 3 дня и более (21 день в 2024 г.: 1–8 января, 8–10 марта, 9–12 мая, 29–31 декабря);
- посещение санаториев и профилакториев – круглый год (365 дней, продолжительность смены 10 дней);
- посещение детских оздоровительных лагерей происходит летом в три смены (63 дня, продолжительность смены 21 день);
- в зимний сезон номера заняты на протяжении всего праздничного цикла (кроме объектов Таштагольской дестинации);
- зимой в Таштагольской дестинации номера заняты на протяжении всего сезона (продолжительность смены 8 дней).

Для примера приведены расчеты пользователей общим душем в Кемеровской дестинации. Так, в зимний сезон в санаториях количество пользователей составляет:

$$F = 580 \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{284}{10} = 16472 \text{ чел-сут.}$$

В летний сезон их количество может составлять:

$$F = 580 \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{81}{10} = 4698 \text{ чел-сут.}$$

В учреждениях других категорий количество пользователей равно зимой:

$$F = (873 - 580) \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{21}{4} = 1538 \text{ чел-сут,}$$

летом:

$$F = (873 - 580) \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{81}{4} = 5933 \text{ чел-сут.}$$

Следовательно, суммарное количество пользователей общими душами в дестинации составит:

$$16472 + 1538 = 18010 \text{ чел-сут зимой,}$$

$$4698 + 5933 = 10631 \text{ чел-сут летом.}$$

Расчёты, выполненные по алгоритму разработанного подхода, позволили определить максимально возможное количество водопользователей исходя из заявленных мощностей средств размещения. Дальнейшие прикладные вычисления объемов водопотребления и рекреационного загрязнения отработанных вод представляет собой стандартные приемы использования соответствующих нормативов и показателей поступления в рекреационные среды загрязнителей от купающихся.

Результаты и обсуждение

По данным таблицы 1 и формулы 1 с учетом необходимых условий и допущений вычислено годовое количество водопотребителей туристских дестинаций Кемеровской и Томской областей (табл. 2).

Таблица 2

Годовое количество водопотребителей, чел-сут

Table 2

Annual number of consumers, people-day

Дестинация	Категории потребителей по [СП 30.13330.2016]						Σ
	общий душ		душ во всех номерах		ванная во всех номерах		
	зима	лето	зима	лето	зима	лето	
Кемеровская область							
Кемеровская, в т.ч. санатории и профилактории	18010	10631	35273	25454	10620	20675	120663
	16472	4698	-	-	5680	1620	28470
Беловская, в т.ч. санатории профилактории	1988	4192	5214	6593	6111	3281	27379
	1704	2268	4090	1166	5680	1620	16528
Верхняя Томь, в т.ч. санатории и профилактории, в т.ч. детский лагерь	16159	20939	51745	44894	5297	20432	159466
	11644	3321	44190	12604	-	-	71759
	-	-	-	3150	-	-	3150
Таштагольская, в т.ч. санатории и профилактории	1811	6298	20858	45883	2919	11259	89028
	-	-	6447	1839	-	-	8286
Σ	37968	42060	113090	122824	24947	55647	396536
Томская область							
Томская, в т.ч. санатории и профилактории	11328	26653	44594	62629	13241	20315	178760
	4771	1361	30587	8724	8747	2495	56685
Левобережная Обь	1061	25758	368	1458	147	567	29359
Σ	12389	52411	44962	64087	13388	20882	208119

По таблице 2 и государственным нормам [СП 30.13330.2016] рассчитан годовой объем водопотребления объектов размещения (табл. 3). Полученные данные соответствуют максимально возможным посещаемости и объему водопотребления. В данном случае фактическое количество гостей не принципиально, поскольку оно не подкреплено надёжной статистикой и, как правило, не превышает вместимости объектов.

Анализ полученных данных выявил региональные и сезонные особенности отраслевого потребления воды. В обоих регионах летом оно ожидаемо преобладает: 56.6% в Кемеровской области, 65.1% – в Томской. При этом общее рекреационное водопотребление в регионах в пересчете на одного жителя региона (по данным

источников [Население..., 2024] и [Томской..., 2024]) так же имеет близкие значения: 0.024 м³ в Кемеровской области и 0.030 м³ в Томской области. Для сравнения, в Алтайском крае аналогичный показатель составляет 0.045 м³ на одного жителя, в Новосибирской области – 0.016 м³.

В разрезе дестинаций максимум водопотребления приходится на территории с крупными городами и городскими агломерациями (рис. 2, 3), концентрирующими значительное количество местных потребителей. К сравнению, в Алтайском крае рекреационное водопотребление распределено иначе: максимум его приходится на окраинные районы с природными достопримечательностями и бальнеологическими ресурсами, привлекающими помимо региональных посетителей также жителей других регионов.

Таблица 3

Годовое водопотребление объектами гостеприимства, м³

Table 3

Annual water consumption by hospitality facilities, m³

Дестинация	Общий душ (норма 130 л/сут)		Душ во всех номерах (норма 150 л/сут)		Ванная во всех номерах (норма 200 л/сут)		Σ
	зима	лето	зима	лето	зима	лето	
Кемеровская область							
Кемеровская	2341	1382	5291	3818	2124	4135	19091
Беловская	258	545	782	989	1222	656	4452
Верхняя Томь	2101	2722	7762	6734	1059	4086	24464
Таштагольская	235	819	3129	6882	584	2252	13901
Σ	4935	5468	16964	18423	4989	11129	61908
Томская область							
Томская	1473	3465	6689	9394	2648	4063	27732
Левобережная Обь	138	3349	55	219	29	113	3903
Σ	1611	6814	6744	9613	2677	4176	31635

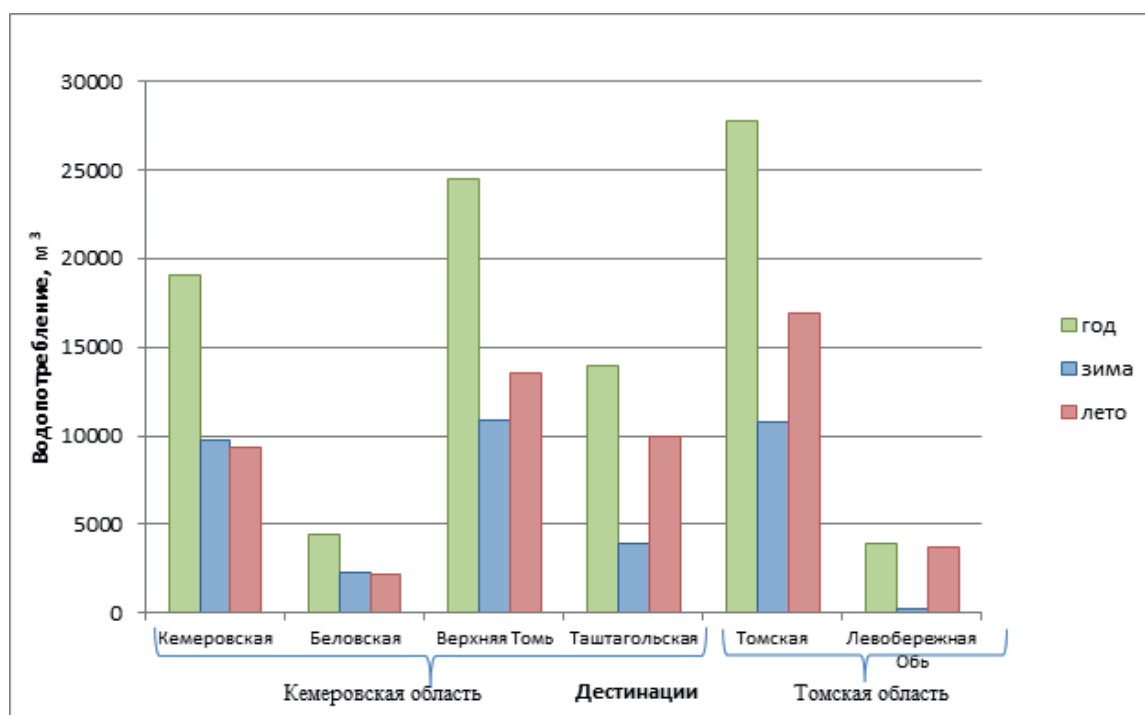


Рис. 2. Участие туристских дестинаций в рекреационном водопотреблении

Fig. 2. The share of tourist destinations in recreational water consumption

На основе полученных данных о количестве потребителей и величине потребляемого ресурса определено количество поступающих химических и микробиологических загрязнителей в сточные воды. По нижним границам интервалов загрязнений, приведенных в материалах [Соловьева, 1953; Ланцова, 2009; Григорьева, Чекмарева, 2013; Чекмарева, 2019],

рассчитан минимально неизбежный уровень потенциальной антропогенной нагрузки (табл. 4). Поскольку количество поступающих в воду загрязнителей зависит от числа купающихся, равно как и объем водопотребления, то и общие закономерности распределения загрязнений имеют пространственные особенности, такие же как у показателя рекреационного водопотребления.



Рис. 3. Рекреационное водопотребление Кемеровской и Томской областей

Fig. 3. Recreational water consumption in Kemerovo and Tomsk regions

Анализ государственных докладов о состоянии и охране окружающей среды в рассмотренных регионах указывает на недооценку рекреации как источника загрязнений. Так, основными агентами влияния на качество вод в реках Кемеровской области и Томской областей называются сточные воды промышленных предприятий, агропромышленного комплекса и коммунального хозяйства.

Они формируют качество воды, оцениваемое как «загрязненная» (3«А» по УКИЗВ) и «сильно загрязненная» (3«Б») в Кемеровской области [Доклад..., 2023] до 4«А» («грязная») – в Томской [Доклад..., 2022]. Характерные загрязнители – соединения азота, железа, меди, марганца, органические соединения, нефтепродукты, фенолы летучие.

Таблица 4

Годовое поступление химических и микробиологических загрязнителей в сточные воды

Table 4

Annual intake of chemical and microbiological pollutants into wastewater

Дестинация	Сапрофитовые бактерии, ед.	Кишечные палочки, ед.	Хлор, кг	Оксид фосфора, кг	Аммиак, кг	Мочевая кислота, кг	Мочевина, кг	Аминокислоты, кг	Фенолы, сульфаты и др. вещества, кг
<i>Кемеровская область</i>									
Кемеровская	$362 \cdot 10^{12}$	$12.1 \cdot 10^9$	277.5	66.4	16.4	8.8	663.6	5490.2	2.5
Беловская	$82.1 \cdot 10^{12}$	$2.7 \cdot 10^9$	63.0	15.1	3.7	2.0	150.6	1245.7	0.6
Верхняя Томь	$478.4 \cdot 10^{12}$	$15.9 \cdot 10^9$	366.8	87.7	21.7	11.6	877.1	7255.7	3.5
Таштагольская	$267.1 \cdot 10^{12}$	$8.9 \cdot 10^9$	204.8	49.0	12.1	6.5	489.7	4050.8	1.9
Σ	$1189.6 \cdot 10^{12}$	$39.6 \cdot 10^9$	912.1	218.2	53.9	28.9	2181.0	18042.4	8.5
<i>Томская область</i>									
Томская	$536.3 \cdot 10^{12}$	$17.9 \cdot 10^9$	411.0	98.3	24.3	13.1	983.2	8133.6	3.8
Левобережная Обь	$88.1 \cdot 10^{12}$	$2.9 \cdot 10^9$	67.5	16.2	4.0	2.1	161.5	1335.8	0.6
Σ	$624.4 \cdot 10^{12}$	$20.8 \cdot 10^9$	478.5	114.5	28.3	15.2	1145.0	9469.4	4.2

Вместе с тем рекреационные местности, как правило, располагаются за пределами урбанизированных территорий, наиболее привлекательны своей природностью (естественностью) и экологическим благополучием, но, несмотря на растущий уровень благоустройства, не имеют централизованной канализации и очистных сооружений. Поэтому производимые загрязнения поступают локально, концентрированно и непосредственно в их ландшафтные среды. Уровень таких загрязнений в докладах не оценен.

Предложенный подход позволяет решать прямую задачу – определять актуальные количества потребляемой воды и поступление специфических загрязнителей. Однако, он так же подходит для обоснования решений по управлению размерами и направлениями

потоков отдыхающих, стабилизации необходимого качества окружающей среды в рекреационных местностях. Наличие действующей инфраструктуры в этом случае является главным инструментом контроля соблюдения допустимой рекреационной нагрузки ввиду структурированности пространства, стабильности технико-экономических показателей объектов, возможности оперативного регулирования текущей емкости объектов гостеприимства. В этой связи мероприятия по мониторингу могут быть сведены к надзору за неизменностью проектных решений, утверждаемых при создании индивидуальных средств размещения и территориальном планировании туристских дестинаций.

Учитывая современные тренды развития научных идей рекреационного

водопользования, предложенный подход целесообразно улучшить детализацией и учетом типовых и специфических для дестинаций факторов. К таким относятся, например, нормы рекреационной нагрузки, уязвимость экосистем и их компонентов перед антропогенными нагрузками в определенное время года, возможность опасных природных явлений, необходимость временного закрытия территорий для экологической реабилитации и др. Эти, а также иные показатели взаимодействий рекреации и экосистем могут являться вводными для частных оценок водопотребляющей деятельности рекреационного комплекса и разрабатываемых для конкретных территорий методик оценки и нормативов рекреационной нагрузки.

Заключение

Рекреационные местности представляют собой значимые локации специфических загрязнений и загрязнителей окружающей среды. Данные об инфраструктуре отдыха позволяют определить уровень фактической нагрузки на рекреационные среды и установить долю участия рекреационного водопользования в формировании качества поверхностных вод регионов.

Рекреационные комплексы Кемеровской и Томской областей сопоставимы по общему уровню благоустройства объектов гостеприимства и их пропускной мощности. В обеих областях более половины мест в номерах оснащены ду-

шем. В отличие от Кемеровской области, где доли общего душа и наличия ванной в номере распределены поровну, в Томской – более трети всех мест относится к категории «общий душ». При этом показатели рекреационного водопотребления в пересчете на одного жителя региона имеют сопоставимые значения, занимающие промежуточное положение среди регионов юга Западной Сибири.

В общем годовом рекреационном водопотреблении южносибирских регионов – 235 тыс. м³ – доля Кемеровской области составляет 26%, Томской – 14%, Новосибирской – 19%, Алтайского края – 41%. В Кемеровской области большая часть рекреационного водопотребления приходится на три из четырех дестинаций: Кемеровская (30.8%), Верхняя Томь (39.5%), Таштагольская (22.5%). В Томской области Томская дестинация потребляет 87.7% общего объема воды в отрасли. Наличие количественных данных позволяет продолжить изучение вклада рекреационных комплексов в общее антропогенное загрязнение регионов.

Исследование прямого водопотребления поддерживает тенденции современных научных поисков в области рекреационного водопользования. Оно служит развитию идей оптимизации ресурсопотребления и взаимовлияний в рекреационном и общем природопользовании в направлении разработки (уточнения) математического аппарата их расчета и оценки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН («Изучение механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири с использованием гидрологических моделей и информационных технологий»).

Список литературы

Андреева И.В. Опасности и риски рекреационного водопользования: векторы международных исследований. Качество рекреационных сред // Водные ресурсы. 2021. Т. 48, №3. С. 280–289. doi: 10.31857/S0321059621030032

Андреева И.В. Опасности и риски рекреационного водопользования: векторы международных исследований. Воздействия природных сил на рекреационные пляжи и здоровье человека // Водные ресурсы. 2023. Т. 50, №3. С. 344–352. doi: 10.31857/S0321059623030033

Андреева И.В., Архипова И.В., Циликина С.В. Рекреационное водопотребление в туристских дестинациях Алтайского края и Новосибирской области: расчет и пространственный анализ // Гидрометеорология и экология. 2024. № 74. С. 120–134. doi: 10.33933/2713-3001-2024-74-120-134

Андреева И.В., Головин А.В., Рыбкина И.Д., Циликина С.В. Оценочные исследования рекреационного комплекса озера Телецкое в целях совершенствования политики сохранения экосистемы водоема // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 4. С. 20–27. doi: 10.24852/2411-7374.2022.4.20.27

Архипова И.В., Андреева И.В., Циликина С.В. Оценка водопотребления и рекреационной нагрузки водозависимых рекреационных практик на Телецком озере // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2021. №3 (62). С. 5–19. doi: 10.24412/2410-1192-2021-16201

Григорьева И.Л., Чекмарева Е.А. Влияние рекреационного водопользования на качество воды Иваньковского водохранилища // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 3. С. 63–70.

Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2023 году [Электронный ресурс]. URL: https://kuzbasseco.ru/wp-content/uploads/2024/04/Doklad_zh_2023.pdf (дата обращения 20.10.2024).

Доклад об экологической ситуации в Томской области в 2022 году [Электронный ресурс]. URL: <https://ogbu.green.tsu.ru/wp-content/uploads/2023/07/Госдоклад-за-2022-web.pdf?ysclid=m2siajjypx113588412> (дата обращения 20.10.2024).

Ланцова И.В. Рекреационное водопользование как фактор формирования качества воды // Вода: Химия и экология. 2009. № 2. С. 2–7.

Население в каждом городе Кузбасса стало меньше за год [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mk-kuzbass.ru/social/2024/04/02/naselenie-v-kazhdom-gorode-kuzbassa-stalo-menshe-za-god.html> (дата обращения 20.10.2024).

Непомнящий В.В., Макеева Е.Г. Особенности рекреационных воздействий на аквальные комплексы: методические аспекты // Известия Алтайского отделения русского

географического общества. 2020. №4 (59). С. 5–12. doi: 10.24411/2410-1192-2020-15901

Распоряжение Правительства РФ от 20 сентября 2019 г. № 2129-р «О Стратегии развития туризма в РФ на период до 2035 г.».

Соловьева Т.А. Купание как причина загрязнения воды // Гигиена и санитария. 1953. № 3. С. 55–58.

СП 30.13330.2016 «Внутренний водопровод и канализация зданий». М., 2016. 77 с.

Томской области 80 лет: история, население и экономика [Электронный ресурс]. URL: <https://www.riat omsk.ru/article/20240813/tomskoj-oblasti-80-let-istoriya-naselenie-i-ekonomika/?ysclid=m2o9d3866554475417> (дата обращения 20.10.2024).

Чекмарева Е.А. Купание как вид рекреационного водопользования водоемов ЦФО России // Успехи современного естествознания. 2019. № 4. С. 87–92.

Arias M.C. Determinacion de capacidat de carga turistica en areas protegidas. CATIE, Turrialba, 1992. 134 p.

Ceballos-Lascurain H. Tourism, ecotourism and protected areas. IUCN, 1996. 248 p.

References

Andreeva I.V. Opasnosti i riski rekreacionnogo vodopol'zovaniya: vektory mezhdunarodnyh issledovaniy. Kachestvo rekreacionnyh sred [Hazards and Risks of Recreation Water Use: Vectors of International Studies. The Quality of Recreation Environments] // Water Resoures. 2021. Vol. 48, no. 3. P. 280–289. doi: 10.31857/S0321059621030032. (in Russian).

Andreeva I.V. Opasnosti i riski rekreacionnogo vodopol'zovaniya: vektory mezhdunarodnyh issledovaniy. Vozdejstviya prirodnyh sil na rekreacionnye plyazhi i zdorov'e cheloveka [Hazards and Risks of Recreation Water Use: Vectors of International Studies. Effects of natural forces on recreational beaches and human health] // Water Resoures. 2023. Vol. 50, no. 3. P. 344–352. doi: 10.31857/S0321059623030033 (in Russian).

Andreeva I.V., Arhipova I.V., Cilikina S.V. Rekreacionnoe vodopotreblenie v turistских destinaciyah Altajskogo kraja i Novosibirskoj oblasti: raschet i prostranstvennyj analiz [Recreational water consumption in tourist destinations of Altai Krai and Novosibirsk Oblast: calculation and spatial analysis] // Journal of Hydrometeorology and ecology. 2024. № 74. P. 120–134. doi: 10.33933/2713-3001-2024-74-120-134 (in Russian).

Andreeva I.V., Golovin A.V., Rybkina I.D., Cilikina S.V. Ochenochnye issledovaniya rekreacionnogo kompleksa ozera Teleckoe v celyah sovershenstvovaniya politiki sohraneniya ekosistemy vodoema [Evaluation studies of the recreational complex of Lake Teletskoye in order to improve the policy of preserving the ecosystem of the reservoir] // Russian Journal of Applied Ecology. 2022. № 4. P. 20–27. doi: 10.24852/2411-7374.2022.4.20.27 (in Russian).

Arhipova I.V., Andreeva I.V., Cilikina S.V. Ocenka vodopotrebleniya i rekreacionnoj nagruzki vodozavisimyh rekreacionnyh praktik na Teleckom ozere [Assessment of water consumption and recreational load of water-dependent recreational practices on Lake Teletskoye] // Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society. 2021. №3. P. 5–19. doi: 10.24412/2410-1192-2021-16201 (in Russian).

Grigor'eva I.L., Chekmareva E.A. Vliyanie rekreacionnogo vodopol'zovaniya na kachest-

vo vody Ivan'kovskogo vodohranilishcha [Impact of recreational water use on the water quality of the Ivankovskoye reservoir] // *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*. 2013. № 3. P. 63–70. (in Russian).

Doklad o sostoyanii i ohrane okruzhayushchej sredy Kemerovskoj oblasti – Kuzbassa v 2023 godu [Report on the state and protection of the environment of the Kemerovo region - Kuzbass in 2023]. URL: https://kuzbasseco.ru/wp-content/uploads/2024/04/Doklad_za_2023.pdf (accessed: 20.10.2024). (in Russian).

Doklad ob ekologicheskoy situacii v Tomskoj oblasti v 2022 godu [Report on the environmental situation in the Tomsk region in 2022]. URL: <https://ogbu.green.tsu.ru/wp-content/uploads/2023/07/Gosdoklad-za-2022-web.pdf?ysclid=m2siajjypx113588412> (accessed: 20.10.2024). (in Russian).

Lancova I.V. Rekreativnoe vodopol'zovanie kak faktor formirovaniya kachestva vody [Recreational water use as a factor of water quality formation] // *Water: Chemistry and Ecology*. 2009. № 2. P. 2–7. (in Russian).

Naselenie v kazhdom gorode Kuzbassa stalo men'she za god [Population in each city of Kuzbass became less for a year]. URL: <https://www.mk-kuzbass.ru/social/2024/04/02/naselenie-v-kazhdom-gorode-kuzbassa-stalo-menshe-za-god.html> (accessed: 20.10.2024). (in Russian).

Nepomnyashchij V.V., Makeeva E.G. Osobennosti rekreativnykh vozdeystvij na akval'nye komplekсы: metodicheskie aspekty [Features of recreational impacts on aquatic complexes: methodological aspects] // *Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society*. 2020. №4 (59). P. 5–12. doi: 10.24411/2410-1192-2020-15901 (in Russian).

Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 20 sentyabrya 2019 g. № 2129-r «O Strategii razvitiya turizma v RF na period do 2035 g.» [Order of the Government of the Russian Federation of 20 September 2019 № 2129-r «On the Strategy for the development of tourism in the Russian Federation for the period up to 2035»]. (in Russian).

Solov'eva T.A. Kupanie kak prichina zagryazneniya vody [Bathing as a cause of water pollution] // *Hygiene and sanitation*. 1953. № 3. P. 55–58. (in Russian).

SP 30.13330.2016 «Vnutrennij vodoprovod i kanalizaciya zdaniy» [SP 30.13330.2016 «Internal water supply and sewerage of buildings»]. (in Russian).

Tomskoj oblasti 80 let: istoriya, naselenie i ekonomika [Tomsk region 80 years: history, population and economy]. URL: <https://www.riatomsk.ru/article/20240813/tomskoj-oblasti-80-let-istoriya-naselenie-i-ekonomika/?ysclid=m2o9d3866554475417> (accessed: 20.10.2024). (in Russian).

Chekmareva E.A. Kupanie kak vid rekreativnogo vodopol'zovaniya vodoemov CFO Rossii [Bathing as a type of recreational water use of water bodies of the Central Federal District of Russia] // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2019. № 4. P. 87–92. (in Russian).

Arias M.C. Determinacion de capacitat de carga turistica en areas protegidas. CATIE, Turrialba, 1992. 134 p.

Ceballos-Lascurain H. Tourism, ecotourism and protected areas. IUCN, 1996. 248 p.

RECREATIONAL WATER USE IN TOURIST DESTINATIONS OF KEMEROVO AND TOMSK REGIONS

I.V. Andreeva, S.V. Tsilikina

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,

E-mail: direction-altai@yandex.ru

The results of the inventory and analysis of information on water-consuming recreational practices in the Kemerovo and Tomsk regions are presented. Based on an original approach for calculating the water consumption of a recreational complex, the maximum possible annual water consumption for the operation of hospitality facilities has been determined. It is established that the annual attendance of four destinations in the Kemerovo region can exceed 396.000 people-day. Their maintenance requires about 62.000 m³ of water. The corresponding figures for the two destinations of the Tomsk region are more than 208.000 people-day and about 32.000 m³ of water. Using generally accepted data on the intake of chemical and microbiological pollutants into recreational waters from swimmers, the amount of pollutants and microorganisms entering wastewater and then the environment is calculated. Measures to monitor recreational water consumption are recommended. The possibilities of developing evaluation approaches for the management and monitoring of water-consuming activities of the recreational complex are shown.

Keywords: tourist destination; recreational water use; recreational water consumption; recreational load; calculation method.

Received November 7, 2024. Accepted: December 16, 2024

Сведения об авторах

Андреева Ирина Владимировна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0003-4010-0826. E-mail: direction-altai@yandex.ru.

Циликина Светлана Владимировна – технолог Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. E-mail: sv.cilikina@mail.ru.

Information about authors

Andreeva Irina Vladimirovna – PhD in Geography, senior researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodezhnaya St., 656038, Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-4010-0826. E-mail: direction-altai@yandex.ru.

Tsilikina Svetlana Vladimirovna – of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodezhnaya St., 656038, Barnaul, Russia. E-mail: sv.cilikina@mail.ru.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ ВОДНОСТИ РЕКИ ОБИ У ГОРОДА БАРНАУЛА ЗА 1922–2022 ГГ.

Считается, что они обусловлены влиянием временных (космофизических) факторов, либо автоколебательными процессами в системе атмосфера-гидросфера Земли, либо естественными свойствами любой случайной последовательности [Логинов, Волчек, 2006]. В связи с этим, границы фаз водности, их длительность и амплитуда часто определяются неоднозначно. Более мелкие циклы «накладываются» на более крупные. Например, солнечная активность, которая, в свою очередь, должна определять циркуляцию атмосферы, изменяется с периодичностью, в среднем, 12 лет. Это, скорее всего, самый короткий цикл. Более длительные циклы имеют периоды более сотни лет: например, Малый ледниковый период, начавшийся в 13 веке и пока не закончившийся [Ладюри, 1971].

Для исследования гидрологического цикла и долгосрочных прогнозов водности используются, как правило, статистические методы. Ни одна статистическая прогностическая модель не может гарантировать абсолютно точного результата прогноза. В представленной статье выполнен анализ многолетних колебаний расходов воды р. Оби в районе г. Барнаула с 1922 по 2022 гг., на основании которого разработан долгосрочный прогноз водности. Использовались три модели, наиболее популярные в гидрологических исследованиях: разностные интегральные кривые, спектральный анализ Фурье и ARIMA (модель авторегрессионного интегрированного скользящего среднего Auto Regressive Integrated Moving Average).

Исходными данными для оценки многолетних колебаний водности р. Оби

послужили среднегодовые расходы по данным гидропоста в г. Барнауле за период 1922–2022 гг. Использование длинного ряда (порядка 100 лет) дало возможность выделить различные по длительности периоды колебаний и выявить наиболее существенные из них.

Результаты и обсуждение

Как следует из анализа условий формирования поверхностного стока рек юга Западной Сибири [Ресурсы..., 1984] основной объем стока (до 75% годового) формируется в период половодья (весенний период). Поэтому объем стока должен зависеть от величины снегонакопления, интенсивности снеготаяния и осадков на спаде половодья (рис. 1).

Анализ многолетних колебаний стока методом разностной интегральной кривой. Наиболее известным и распространенным способом выделения гидрологических циклов являются разностные интегральные кривые (РИК), которые представляют собой нарастающую сумму отклонений модульных коэффициентов от среднего многолетнего значения временного ряда на конец каждого года. Анализ многолетних колебаний стока крупнейших сибирских рек, выполненный с использованием РИК [Георгиади, Кашутина, 2016], показал, что с начала XX века четко выделяются две долговременные фазы изменения стока. Фаза снижения началась в 1930–40-х гг. и закончилась с началом глобального потепления в 1970–80-х гг. Фаза повышения продолжается до сих пор. На реках бассейна Верхней Оби отчетливо выделяется начало новой многоводной фазы с 2012 года [Самойлова и др., 2024a].

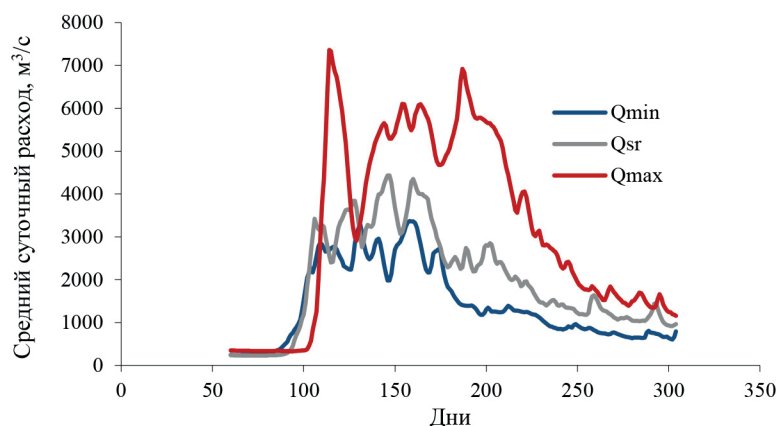


Рис.1. Хронологический ход стока реки Оби у города Барнаула в различные по водности годы: максимальный – 1952 г., средний – 1972 г., минимальный – 1968 г.

Fig. 1. Chronological variation of the Ob River flow near Barnaul in the years with different water content: maximum – 1952, average – 1972, minimum – 1968

По результатам анализа РИК, в верхнем течении р. Оби (рис. 2), выделяются длинные циклы, границы которых не противоречат полученным в работе [Георгиади, Кашутин, 2016]. Начало крупной многоводной фазы соответствует 1982 г. Внутри длинных циклов выделяются более короткие (табл. 1), длительностью примерно 12 лет (разброс от 8 до 14 лет).

Последний полный цикл водности (согласно таблице 1) наблюдался с 1998 по 2012 гг. Новый цикл начался в 2012 году. Его многоводная фаза продолжалась с 2012 до 2017 г., далее, до 2022 г. наблюдалось снижение водности.

Анализ многолетних колебаний стока и их прогноз с помощью спектрального анализа Фурье. Недостатком метода РИК считается тот факт, что при последовательном интегрировании данных влияние случайных составляющих не гасится, а, напротив, усиливается пропорционально $\sqrt{n}$, где n – порядковый номер члена в данном ряду. Накопление случайных погрешностей может перекрыть влияние реальных циклических колебаний и создать ложное впечатление о наличии длинных циклов, которых в действительности не существует. Здесь более эффективны другие методы, например, Фурье-анализ.

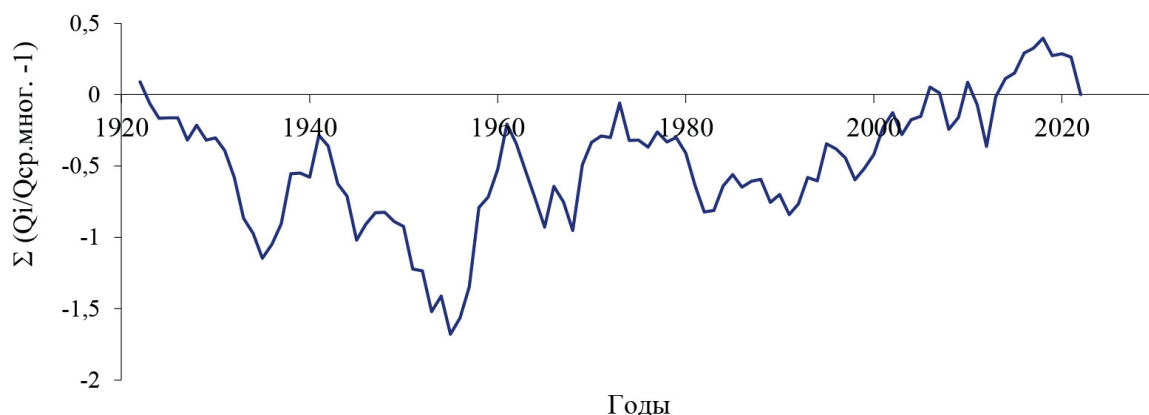


Рис. 2. Разностная интегральная кривая реки Оби у г. Барнаула
Fig. 2. The difference integral curve of the Ob River near Barnaul

Таблица 1

Продолжительность циклов водности реки Оби у г. Барнаула

Table 1

Duration of water content cycles of the Ob River near Barnaul

Период	Продолжительность
1927–1936	10
1936–1945	11
1945–1955	11
1955–1968	14
1968–1982	14
1982–1991	10
1991–1998	8
1998–2012	14
2012–2022	11

Методы взаимно дополняют друг друга и помогают избежать ошибок в выявлении ложных периодичностей [Бубин, Рассказова, 2013]. В работе [Бубин, Рассказова, 2013] отмечается, что «...Фурье-анализ устраняет неправильное представление или ложные теории о наличии тех или иных ритмически изменяющихся причин, их эффективности и взаимосвязи... Основное достоинство Фурье-анализа в том, что при его применении к исходным рядам наблюдений информация, содержащаяся в этих рядах, не теряется». В связи с этим метод успешно используется для долгосрочного прогнозирования речного стока [Добровольский, 2002; Исмайылова и др., 2022].

Для проведения спектрального анализа Фурье, в соответствии со стандартными рекомендациями, входной ряд среднегодовых расходов воды (1923–2022 гг., используется четное количество членов ряда) подвергнут предварительной обработке с исключением среднего значения и линейного тренда. По результатам спектрального анализа Фурье (10 наибольших членов

периодограммы, см. табл. 2 и рис. 3), выделены частоты, вносящие наибольший вклад в периодическое поведение всего ряда. В анализируемом временном интервале к этим частотам относятся гармоники с периодом 11.1 (9.0; 10.0; 14.29) лет, близкие к периодам солнечной активности, а также короткопериодные гармоники от 2 до 5 лет. Прогнозная кривая, рассчитанная по выбранным гармоникам, показана на рисунке 4.

На графике (рис. 4) результаты Фурье-анализа сопоставлены с данными по гидропосту (г/п) р. Обь – г. Барнаул за период 1923–2022 гг. Представленные графики на совпадающем временном интервале достаточно согласованы, что позволяет рассматривать экстраполяцию прогнозной кривой на будущее как один из возможных сценариев развития гидрологической ситуации. Увеличение водности по расчетам (см. рис. 4) ожидается, начиная с 2023 г., что отличается от данных таблицы 1 (последний цикл, выделенный по разностной интегральной кривой, наблюдался в 2012–2022 гг., 2022 год можно рассматривать как начало следующего цикла).

Таблица 2

Результаты спектрального анализа временного ряда среднегодовых расходов воды
(р. Обь – г. Барнаул)

Table 2

Results of spectral analysis of time series of average annual flow rates
(the Ob River – the city of Barnaul)

Частота (гармоники)	Период	Периодограмма	Спектральная плотность
0.09	11.1	738956.0	447973.3
0.1	10.0	394827.3	421835.2
0.25	4.0	388714.9	206666.3
0.27	3.7	360538.0	210981.7
0.07	14.29	305507.1	203851.8
0.35	2.86	290560.1	193401.7
0.11	9.09	272085.4	257647.0
0.49	2.04	234029.2	163307.8
0.39	2.56	215385.2	118809.6
0.19	5.26	191419.5	105264.8

Использование модели ARIMA для прогнозирования годовых расходов воды. Модель ARIMA (Модель авторегрессионного интегрированного скользящего среднего Auto Regressive Integrated Moving Average) для прогнозирования временных рядов, в том числе гидрологических, использует свойства автокорреляционных функций

[Хайндман, Атанасопулос, 2023]. Наличие внутрирядной связи годового стока отмечено в работах отечественных гидрологов, начиная с 30-х годов прошлого века [Рождественский, Чеботарев, 1974]. Однако, там же [Рождественский, Чеботарев, 1974] указывается, что автокорреляционные функции неустойчивы во времени, и их поведение существенно зависит от длины ряда.

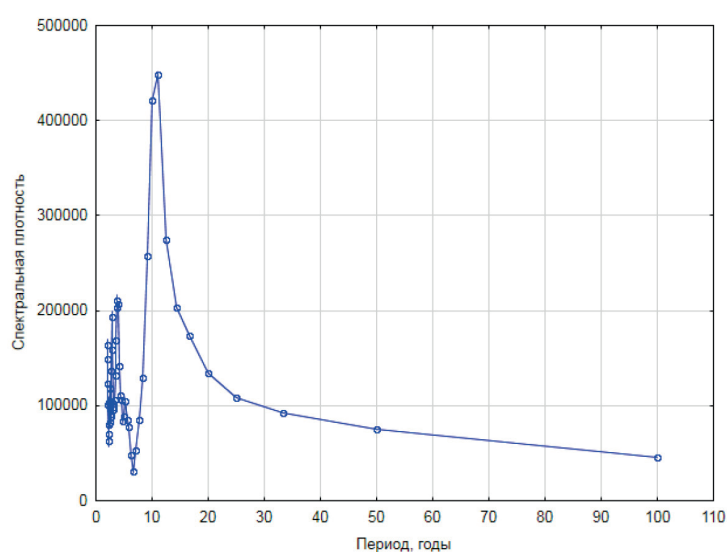


Рис. 3. Результаты спектрального анализа временного ряда среднегодовых расходов воды
(р. Обь – г. Барнаул)

Fig. 3. Results of spectral analysis of time series of average annual flow rates
(the Ob River – the city of Barnaul)

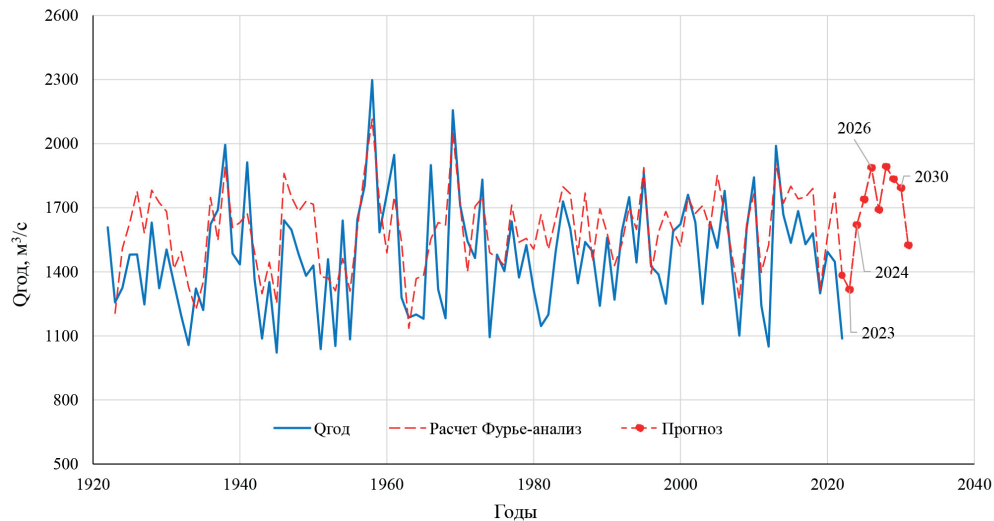


Рис. 4. Прогнозная кривая, рассчитанная по 10 выбранным гармоникам Фурье-анализа
(р. Обь – г. Барнаул)

Fig. 4. The forecast curve calculated from 10 selected harmonics (Fourier analysis)
(the Ob River – the city of Barnaul)

В современных исследованиях [Волчек и др., 2021] используется модель Бокса-Дженкинса [Бокс, Дженкинс, 1974], которая, наряду с авторегрессионными функциями, использует модель скользящего среднего и учитывает возможную нестационарность временного ряда.

Процесс авторегрессии полагает, что временной ряд содержит элементы, которые последовательно зависят от предшествующих членов ряда.

Такая зависимость может быть выражена уравнением (1):

$$y_t = \xi + \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \varepsilon, \quad (1)$$

где ξ – константа (свободный член), $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$ – параметры авторегрессии, p – порядок авторегрессии, ε – случайная компонента.

В отличие от процесса авторегрессии, в процессе скользящего среднего каждый элемент ряда подвержен воздействию предыдущей ошибки. В общем виде это можно записать следующим образом (2):

$$y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}, \quad (2)$$

где μ – константа, $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ – пара-

метры модели скользящего среднего, q – порядок скользящего среднего.

Таким образом, каждое наблюдение ряда представляет собой сумму случайной компоненты в момент времени t и линейной комбинации случайных воздействий в предыдущие моменты времени.

В общем виде модель ARIMA включает три параметра (p, d, q), значения которых определяются на этапе идентификации порядка модели, где:

p – количество членов авторегрессии (порядок авторегрессии),

d – количество несезонных различий (параметр интегрирования или количество разностей, необходимых для того, чтобы временной ряд стал стационарным),

q – количество членов для скользящего среднего (порядок скользящего среднего).

Не существует формализованных алгоритмов, позволяющих однозначно определить количество параметров модели. Поэтому процесс идентификации порядка модели выполняется многократно в соответствии с требованиями эффективности

и экономности, где под эффективностью понимается наилучшее соответствие (по некоторому критерию) рассчитанных по модели и входных (исходных) данных. Экономность модели означает, что в ней имеется наименьшее число параметров и наибольшее число степеней свободы среди всех моделей, которые подгоняются к данным. В качестве критерия эффективности использовано значение RMSE (Root Mean Squared Error) – корень из среднеквадратической ошибки модели. Параметры модели, минимизирующие RMSE, определялись методом максимального правдоподобия.

В процессе рассмотрения различных вариантов p , d и q однозначно определены значения $d=1$ и $q=1$. Значения p задавались на интервале $[0, 10]$ и $[0, 20]$. На первом интервале минимальное значение $RMSE=245.6$ получено при $p=9$. На втором при $p=15$ критерий $RMSE=241.8$. Другие варианты p приводили к худшим результатам подгонки или к нестационарности вычислений. Для визуального контроля на рисунке 5 приведены прогнозные кривые для моделей $ARIMA(9, 1, 1)$ и $ARIMA(15, 1, 1)$.

Как следует из рисунка 5, графики, построенные по моделям $ARIMA(9, 1, 1)$ и $ARIMA(15, 1, 1)$, практически идентичны. В соответствии с требованием экономности возможно использование модели $ARIMA(9, 1, 1)$. Дальнейшее уменьшение параметра p приводит к неэффективным моделям, графики которых существенно отличаются от приведенных на рисунке 5. Прогнозные графики в большинстве временных периодов изменяются синхронно с хронологическим рядом среднегодовых расходов, построенном по данным г/п

р. Обь – г. Барнаул, но отличаются по амплитуде. Увеличение водности аналогично расчетам Фурье-анализа (см. рис. 4) ожидается, начиная с 2023 г. После 2025 г. возможны колебания относительно среднемноголетнего расхода.

Материалы наблюдений за уровнем воды в период половодья 2023 и 2024 года показали, что максимальные уровни воды были вызваны снеготаянием в горной части бассейна. Уровень воды в 2023 г. был близок критическому и составил 559 см (при критической отметке 560 см), а в 2024 году превысил его (573 см) [Самойлова и др., 2024б]. Очевидно, водность реки Оби в 2023 и 2024 годах должна быть выше среднемноголетней, что в целом соответствует прогнозу. По данным РИК, последний цикл начался в 2012 г. с многоводной фазы, а маловодная фаза этого цикла, очевидно, закончилась в 2022 г. Таким образом, продолжительность последнего цикла составила 11 лет, а с 2023 года началась многоводная фаза нового гидрологического цикла.

Выводы

Статистический анализ колебаний водности р. Обь у г. Барнаула с помощью разностных интегральных кривых выявил наиболее значимые периодические колебания водности с периодом 8–14 лет, в среднем – 12 лет. Последний полный цикл наблюдался в 2012–2022 г., его продолжительность составила 11 лет. Очевидно, с 2023 г. должен начаться новый цикл, и в ближайшие несколько лет (как минимум 4) сток должен быть близким к среднему многолетнему или, вероятней всего, превышать его.

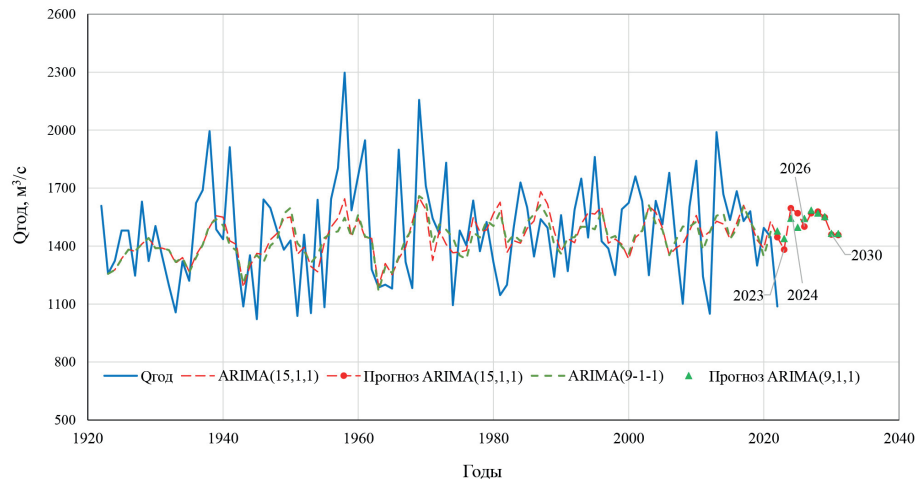


Рис. 5. Прогнозные кривые для моделей ARIMA(9, 1, 1) и ARIMA(15, 1, 1) (р. Обь – г. Барнаул)
 Fig. 5. Forecast curves for models ARIMA(9, 1, 1) and ARIMA(15, 1, 1) (the Ob River – the city of Barnaul)

По данным прогноза, выполненного с помощью спектрального анализа Фурье и модели авторегрессионного интегрированного скользящего среднего ARIMA, с 2023 г. должно наблюдаться увеличение водности. При этом, согласно Фурье-анализу, до 2030 г. включительно водность прогнозируется значительно выше среднемноголетней. По модели ARIMA после 2025 г. прогнозируются колебания годовых расходов около среднемноголетнего.

Материалы наблюдений показали, что водность реки Оби в 2023 и 2024 годах, вероятно, выше среднемноголетней, что полностью подтверждает выполненный прогноз.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект № 0306-2021-0002 «Изучение механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири с использованием гидрологических моделей и информационных технологий»).

Список литературы

Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Выпуск 1. М.: Мир, 1974. Т. 1. 406 с.

Бубин М.Н., Рассказова Н.С. Ритмичность многолетних колебаний стока рек как интегральный показатель изменчивости климата (на примере Урала). Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 279 с.

Волчек А.А., Парфомук С.И., Сидак С.В. Прогнозные оценки максимальных расходов воды реки Днепр в створе города Речицы // Вестник БрГТУ. 2021. №1 (124). С. 69–76. doi: 10.36773/1818-1212-2021-124-1-69-76

Гельфан А.Н., Фролова Н.Л., Магрицкий Д.В., Киреева М.Б., Григорьев В.Ю., Мотовилов Ю.Г., Гусев Е.М. Влияние изменения климата на годовой и максимальный сток

рек России: оценка и прогноз // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2021. Т. 7, №. 1. С. 36–79. doi: 10.21513/2410-8758-2021-1-36-79

Георгиади А.Г., Кашутина Е.А. Долговременные изменения стока крупнейших сибирских рек // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2016. № 5. С. 70–81. doi: 10.15356/0373-2444-2016-5-70-81

Добровольский С.Г. Климатические изменения в системе «Гидросфера-Атмосфера». М.: ГЕОС, 2002. 232 с.

Исмайлова И.Г., Исмайлов Г.Х., Муращенкова Н.В., Перминов А.В. Анализ и прогноз речных вод в зоне формирования стока реки Волги методом тенденций // *Природообустройство*. 2022. № 5. С. 74–82. doi: 10.26897/1997-6011-2022-2-69-78

Ладюри Э.Ле Руа. История климата с 1000 года. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 296 с.

Логинов В. Ф., Волчек А. А. Колебания годового стока воды р. Неман у г. Гродно // *Водные ресурсы*. 2006. Т. 33, №. 6. С. 655–663.

Ресурсы поверхностных вод. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ч. 1: Реки и каналы. Т. 1: РСФСР, Вып. 10: Бассейны Оби (без бассейна Иртыша), Надыма, Пура, Таза / под ред. Ж.С. Попова. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 542 с.

Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 424 с.

Самойлова С.Ю., Ловцкая О.В., Голубева А.Б. Оценка стационарности годового и сезонного стока рек бассейна Верхней Оби // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2024а. № 5. С. 21–38. doi: 10.35567/19994508-2024-5-21-38

Самойлова С.Ю., Мардасова Е.В., Казанцева В.А. Среднесрочный прогноз максимальных уровней воды в реке Обь у г. Барнаула в 2024 г. // *Известия Алтайского отделения Русского географического общества*. 2024б. № 3 (74). С. 41–49.

Хайндман Р., Атанасопулос Д. Прогнозирование: Принципы и практика. М.: ДМК Пресс, 2023. 458 с.

References

Box J., Jenkins G. Analiz vremennykh ryadov. Prognoz i upravlenie [Time Series Analysis. Forecast and Management]. Issue 1. Moscow: Mir, 1974. Vol. 1. 406 p. (in Russian).

Bubin M.N., Rasskazova N.S. Ritmichnost' mnogoletnih kolebanij stoka rek kak integral'nyj pokazatel' izmenchivosti klimata (na primere Urala) [Rhythmicality of long-term fluctuations in river runoff as an integral indicator of climate variability (using the Urals as an example)]. Tomsk: Publishing house of Tomsk Polytechnic University, 2013. 279 p. (in Russian).

Volchek A.A., Parfomuk S.I., Sidak S.V. Prognoznye ocenki maksimal'nyh raskhodov vody reki Dnepr v stvore goroda Rechicy [Forecast estimates of maximum water discharges of the Dnieper River at the Rechitsa city section] // *Bulletin of BrSTU*. 2021. No. 1 (124).

P. 69–76. doi: 10.36773/1818-1212-2021-124-1-69-76 (in Russian).

Gelfan A.N., Frolova N.L., Magritsky D.V., Kireeva M.B., Grigoriev V.Yu., Motovilov Yu.G., Gusev E.M. Vliyanie izmeneniya klimata na godovoj i maksimal'nyj stok rek Rossii: oценка i prognoz [The Impact of Climate Change on the Annual and Maximum Runoff of Russian Rivers: Assessment and Forecast] // *Fundamental and Applied Climatology*. 2021. Vol. 7, no. 1. P. 36–79. doi: 10.21513/2410-8758-2021-1-36-79 (in Russian).

Georgiadi A.G., Kashutina E.A. Dolgovremennye izmeneniya stoka krupnejshih sibirskih rek [Long-term Changes in the Runoff of the Largest Siberian Rivers] // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series*. 2016. No. 5. P. 70–81. doi: 10.15356/0373-2444-2016-5-70-81 (in Russian).

Dobrovolsky S.G. Klimaticheskie izmeneniya v sisteme «Gidrosfera-Atmosfera» [Climate Changes in the Hydrosphere-Atmosphere System]. Moscow: GEOS, 2002. 232 p. (in Russian).

Ismaylova I.G., Ismayilov G.Kh., Murashchenkova N.V., Perminov A.V. Analiz i prognoz rechnyh vod v zone formirovaniya stoka reki Volgi metodom tendencij [Analysis and Forecast of River Waters in the Volga River Runoff Formation Zone Using the Trends Method] // *Nature Management*. 2022. No. 5. P. 74–82. doi: 10.26897/1997-6011-2022-2-69-78 (in Russian).

Ladurie E. Le Roy. Istoriya klimata s 1000 goda. [History of climate since 1000]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1971. 296 p. (in Russian).

Loginov V.F. Volchek A.A. Variations in Neman River annual runoff near Grodno Town // *Water Resources*. 2006. Vol. 33, no. 6. P. 608–615. doi: 10.1134/S0097807806060029.

Resursy poverhnostnyh vod. Mnogoletnie dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod sushi. Ch. 1: Reki i kanaly. T. 1: RSFSR, Vyp. 10: Bassejny Obi (bez bassejna Irtysha), Nady-ma, Pura, Taza [Surface water resources. Long-term data on the regime and resources of surface waters of the land. Part 1: Rivers and canals. Vol. 1: RSFSR, Issue 10: Ob (excluding the Irtysh basin), Nadym, Pur, Taz basins] / Ed. Zh.S. Popov. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1984. 542 p. (in Russian).

Rozhdestvensky A.V., Chebotarev A.I. Statisticheskie metody v gidrologii [Statistical methods in hydrology]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974. 424 p. (in Russian).

Samoylova S.Yu., Lovtskaya O.V., Golubeva A.B. Ocenka stacionarnosti godovogo i sezonnogo stoka rek bassejna Verhnej Obi [Estimation of stationarity of annual and seasonal runoff of the rivers of the Upper Ob basin] // *Water management of Russia: problems, technologies, management*. 2024a. No. 5. P. 21–38. doi: 10.35567/19994508-2024-5-21-38 (in Russian).

Samoylova S.Yu., Mardasova E.V., Kazantseva V.A. Srednesrochnyj prognoz maksimal'nyh urovnej vody v reke Ob' u g. Barnaula v 2024 g. [Medium-term forecast of maximum water levels in the Ob River near Barnaul in 2024] // *Bulletin of the Russian Geographical Society*. 2024b. No. 3 (74), P. 41–49. (in Russian).

Hindman R., Athanasopoulos D. Prognozirovanie: Principy i praktika [Forecasting: Principles and Practice]. M.: DMK Press, 2023. 458 p. (in Russian).

STATISTICAL ANALYSIS OF WATER CONTENT FLUCTUATIONS IN THE OB RIVER NEAR THE CITY OF BARNAUL FOR 1922–2022

V.P. Galakhov, O.V. Lovtskaya, S.Y. Samoilova, A.V. Kudishin

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,

E-mail: galahov@iwep.ru, lov@iwep.ru, bastet@iwep.ru, avkudishin@yandex.ru

Cyclic fluctuations in water flow rates of the Ob River for 1922–2022 were analyzed using the classical statistical methods (difference integral curves, spectral Fourier transforms, and the Auto Regressive Integrated Moving Average Model ARIMA). The application of long series allowed to identify the fluctuation periods of different duration, including the most significant ones. A long-term forecast of the Ob water content near the city of Barnaul was made based on the established cycles. The flow was predicted to be close to the long-term average or higher for several years, starting from 2023. The forecast for 2023–2024 was justified.

Keywords: Ob River; flow rate; water content; hydrological cycle; difference integral curves; spectral Fourier transforms; ARIMA.

Received October 7, 2024. Accepted: November 17, 2024

Сведения об авторах

Галахов Владимир Прокопьевич – кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. E-mail: galahov@iwep.ru.

Ловцкая Ольга Вольфовна – старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0002-3942-1350. E-mail: lov@iwep.ru.

Самойлова Светлана Юрьевна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0002-3365-0048. E-mail: bastet@iwep.ru.

Кудишин Алексей Васильевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0002-5613-5778. E-mail: avkudishin@yandex.ru.

Information about authors

Galakhov Vladimir Prokop'evich – PhD in Geography, senior researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodezhnaya St., 656038, Barnaul, Russia. E-mail: galahov@iwep.ru.

Lovtskaya Olga Vol'fovna – senior researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodezhnaya St., 656038, Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0002-3942-1350. E-mail: lov@iwep.ru.

Samoilova Svetlana Yur'evna – PhD in Geography, senior researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodezhnaya St., 656038, Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0002-3365-0048. E-mail: bastet@iwep.ru.

Kudishin Alexey Vasil'evich – PhD in Physics and Mathematics, senior researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodezhnaya St., 656038, Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0002-5613-5778. E-mail: avkudishin@yandex.ru.

УДК 556.556.2(556.5.04)

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТОКОВОГО ТЕЧЕНИЯ В ЗОНЕ ПЕРЕМЕННОГО ПОДПОРА НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

К.В. Марусин, А.В. Дьяченко

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,

E-mail: kat@iwep.ru, dychenko@iwep.ru

Представлены результаты измерений скоростей и направлений стокового течения в зоне переменного подпора Новосибирского водохранилища на участке протяженностью 120 км в различных гидрологических условиях. Средство измерений – акустический доплеровский профилограф течения (ADCP) Sontek. Измерения проводились в 9-ти створах, рассредоточенных по длине участка. Верхний створ – 8 км выше г. Камень-на-Оби, нижний створ – район гидрологического поста Остров Дальний (8 км выше с. Завьялово). Выполнено две серии измерений на створах: в августе 2009 г. и в июне 2024 г. В 2024 г. работы проводились в условиях половодья на р. Обь и наполнения водохранилища; в 2009 г. – в летнюю межень и при нормальном подпорном уровне водохранилища. Полученные результаты показывают, что в условия половодья, при расходах воды 4500–5000 м³/с, стоковое течение четко проявляется по всей длине исследуемого участка. Его осредненная по глубине скорость составляет: у г. Камень-на-Оби – 1–1.2 м/с; у с. Спирино – 0.8 м/с, в нижнем створе – 0.2 м/с. При снижении расхода воды до 2000 м³/с скорость течения у г. Камень-на-Оби – 0.8 м/с, у с. Спирино – 0.3–0.4 м/с, в нижнем створе стоковое течение не регистрируется.

Ключевые слова: Новосибирское водохранилище; зона переменного подпора; стоковое течение; натурные данные; акустический доплеровский профилограф течения.

DOI: 10.24412/2410-1192-2024-17503

Дата поступления: 21.10.2024. Принята к печати: 20.11.2024

Стоковое течение является существенным фактором гидрологического режима крупного водохранилища сезонного регулирования. Особенно велика его роль в верхней части водоема, в так называемой зоне переменного подпора, где в процессе наполнения и сработки водохранилища, а также сезонных изменений стока речные условия сменяются озерными и обратно [Матарзин, 2003].

хранилищу на р. Обь – крупнейшему искусственному водоему Западной Сибири, имеющему протяженность 200 км и полный объем 8.8 км³ [Многолетняя динамика ..., 2014]. Зона переменного подпора водохранилища охватывает участок акватории вверх по течению от с. Завьялово [Гидрометеорологический режим..., 1979] (рис. 1).

Общая качественная и количественная

Всё вышесказанное в полной мере относится и к Новосибирскому водо-

характеристика стокового течения в Новосибирском водохранилище приведена

в [Оберемко, Подлипский, 1980; Блинов, Подлипский, 1985; Многолетняя динамика ..., 2014].

Эта характеристика базируется на натурных данных, полученных в 1973, 1975–77 гг. и представленных в [Гидрометеорологический режим..., 1979; Подлипский, 1981]. В зоне переменного подпора водохранилища измерения стоковых течений выполнялись в шести створах, по 3–4 вертикали на створ, т.е. максимум в двадцати четырех точках рассматриваемого района. Результаты этих измерений являются на сегодняшний день, по-видимому, единственным общедоступным набором данных о стоковых течениях в Новосибирском водохранилище. Проведенный авторами поиск более свежих сведений на платформе Научной электронной библиотеки ничего не дал [Научная электронная библиотека, 2024].

В настоящее время компьютерное моделирование гидродинамических и связанных с ними процессов в водохранилищах является действенным инструментом решения не только научных, но и практических водохозяйственных задач. Так для Новосибирского водохранилища разработаны плановые (2D) и трехмерные (3D) гидродинамические и гидротермические модели со сравнительно высоким разрешением пространственной расчетной сетки (десятки метров) [Многолетняя динамика ..., 2014; Kravtchenko et al, 2019; Зиновьев и др., 2020]. Для калибровки, верификации и дальнейшего совершенствования таких моделей желательно иметь более детальные и более точно пространственно-

привязанные наборы данных. Кроме того, в рельефе котловины водохранилища, особенно в его верхней части, за истекшие годы произошли значимые изменения [Многолетняя динамика ..., 2014; Федорова, 2016]. Таким образом, получение новых натурных данных о стоковых течениях является актуальной задачей.

Сравнительно малый объем имеющихся натурных данных о стоковых течениях на Новосибирском водохранилище во многом объясняется техническими сложностями и трудоемкостью выполнения соответствующих измерений на больших акваториях стандартными средствами, т.е. с использованием гидрометрических вертушек. Применение современного измерительного инструментария, а именно акустических доплеровских профилографов течения, позволяет существенно облегчить решение данной задачи. Следует отметить, что эти средства измерений не только давно и успешно применяются в научных исследованиях (например, [Дьяченко и др., 2017; Марусин и др., 2018]), но и вошли в практику работы Росгидромета [Руководящий документ..., 2012].

Первая попытка измерения скоростей стоковых течений на Новосибирском водохранилище акустическим доплеровским профилографом была предпринята авторами в июне и августе 2009 г. в рамках исследований, организованных П.Ю. Пушистовым и В.В. Кирилловым. Результаты июньских измерений, без отдельной публикации в силу незначительного объема полученных данных, были использованы В.А. Шлычковым для верификации разработанной им

плановой (2D) модели течений в водохранилище [Шлычков, 2011]. Результаты более масштабных работ, проведенных в августе 2009 г., остались неопубликованными.

В июне 2024 г. была выполнена новая серия измерений с учетом полученных ранее результатов, с применением более совершенной измерительной аппаратуры и накопленного опыта ее эксплуатации, а также в иных гидрологических условиях.

В данной статье будут рассмотрены результаты работ, выполненных как в 2024 г., так и в августе 2009 г.

По ходу изложения для характеристики гидрологических условий (уровней воды в водохранилище, расходов воды в р. Обь)

авторам придется обращаться к данным наблюдений Росгидромета. На акватории водохранилища и прилегающем к нему участке р. Обь эти наблюдения проводятся на семи гидрологических постах (см. рис. 1). Гидрологический пост (г/п) Камень-на-Оби является расходным постом, остальные посты – уровенные. Все посты, кроме поста Камень-на-Оби, имеют одинаковую отметку «нуля поста» в Балтийской системе высот. Эта отметка на 6 м ниже отметки нормального подпорного уровня (НПУ) водохранилища. Она будет принята за нуль условной системы высот, используемой в статье. Нуль поста Камень-на-Оби на 1.95 м выше этой отметки.

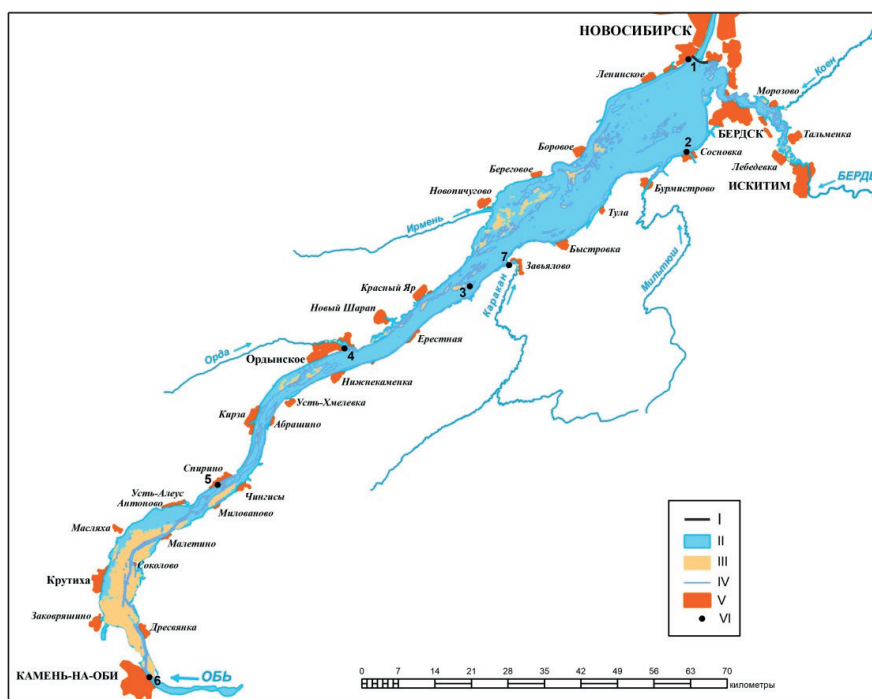


Рис. 1. Новосибирское водохранилище.

I – плотина Новосибирской ГЭС; II – акватория при нормальном подпорном уровне (НПУ); III – острова при НПУ; IV – береговая линия при уровне мертвого объема (УМО); V – территории населенных пунктов; VI – гидрологические посты Росгидромета. Гидрологические посты: 1 – Новосибирская ГЭС верхний бьеф; 2 – Сосновка; 3 – Остров Дальний; 4 – Ордынское; 5 – Спирино; 6 – Камень-на-Оби; 7 – Завьялово

Fig. 1. Novosibirsk Reservoir.

I – Novosibirsk power dam; II – the water area under the Normal Water Level conditions; III – the islands under the Normal Water Level conditions; IV – the coast line under the Low Water Level conditions; V – the settlement areas; VI – the Roshydromet hydrological stations. The hydrological stations: 1 – Novosibirskaya GES verxnij b'ef; 2 – Sosnovka; 3 – Ostrov Dal'nij; 4 – Ordyn'skoe; 5 – Spirino; 6 – Kamen'-na-Obi; 7 – Zav'yalovo

Материалы и методы

В 2024 г. для измерения скоростей и направлений стокового течения в зоне переменного подпора водохранилища на участке г. Камень-на-Оби – с. Завьялово протяженностью более 120 км было намечено 14 створов (рис. 2). На участке г. Камень-на-Оби – с. Малетино, где акватория водохранилища имеет вид речной дельты с множеством островов и протоков, створы (09–11) размещались в главном рукаве, там, где проложен судовой ход. Створ 13 располагался около гидрологического поста Камень-на-Оби, в том месте, где на топографической карте обозначен водомерный пост. Створы 02–06 и 08 полностью перекрывали акваторию водохранилища, практически то же самое можно сказать и о створе 07, поскольку

остров Миловановский соединен с правым берегом дамбой. Створ 01 между островом Каменный и правым берегом пересекает затопленное русло Оби с максимальными локальными глубинами. Створ 14, отнесенный вверх по течению на 9 км от створа 13, был призван характеризовать входящий речной поток.

Измерения проводились с 17 по 20 июня в условиях половодья на р. Обь и в процессе наполнения водохранилища, уровень воды в верхнем бьефе был на 20–25 см ниже НПУ (табл. 1).

Средство измерений – акустический доплеровский профилограф течения Sontek M9, оснащенный модулем спутникового позиционирования [М9..., 2024]. Прибор был установлен на моторной лодке, которая спускалась на воду с борта судна в районе намеченного створа (рис. 3).

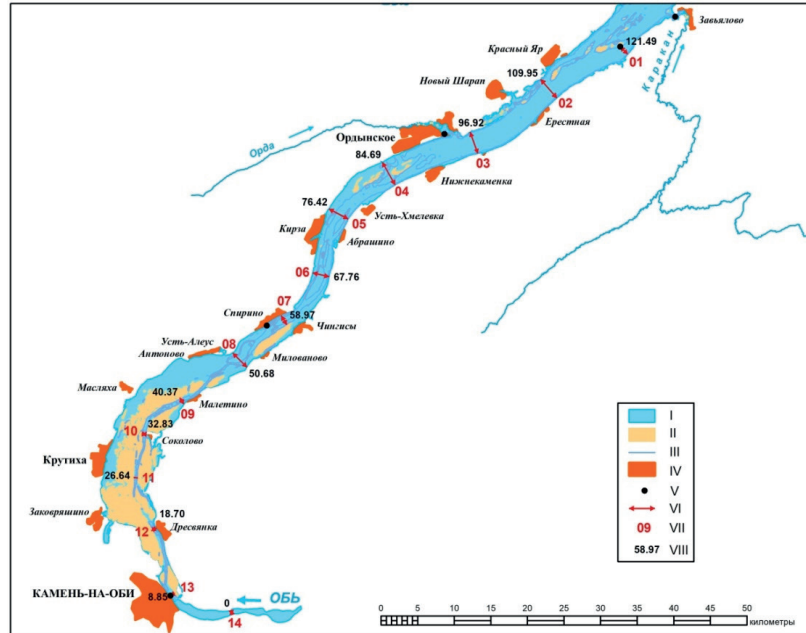


Рис. 2. Местоположение створов измерений 2024 г.

I – акватория при НПУ; II – острова при НПУ; III – береговая линия при УМО; IV – территории населенных пунктов; V – гидрологические посты Росгидромета; VI – створы измерений; VII – идентификатор створа; VIII – расстояние вниз по течению, км

Fig. 2. The location of the cross-section projected for the flow measurements in 2024.

I – the water area under the Normal Water Level conditions; II – the islands under the Normal Water Level conditions; III – the coast line under the Low Water Level conditions; IV – the settlement areas; V – the Roshydromet hydrological stations; VI – the cross-section line; VII – the cross-section identifier; VIII – the distance downstream, km

Таблица 1

Уровни воды по гидрологическим постам на Новосибирском водохранилище и р. Обь за 16–21 июня 2024 г. [Уровни и температура воды..., 2024]

Table 1

The water level values at the Roshydromet hydrological stations in Novosibirsk Reservoir and in Ob river. June 16–21, 2024 [Urovni i temperatura vody..., 2024]

Дата	Уровень воды, см условной системы высот				
	Камень-на-Оби	Спирино	Ордынское	Остров Дальний	Новосибирская ГЭС верхний бьеф
16.06	880	617	576	570	572
17.06	877	618	580	574	575
18.06	875	618	581	579	579
19.06	871	618	579	574	581
20.06	870	617	582	577	577
21.06	870	617	581	574	576

За четыре дня экспедиционных работ удалось в относительно стабильных гидрологических условиях (как по уровню водохранилища, так и по входному расходу реки) выполнить измерения скоростей и направлений стокового течения на 9-ти створах из 14-ти запланированных. На остальных створах измерения не проводились или были прерваны из-за существенного ветрового волнения на акватории водоема. Кроме того, в двух из девяти створах не удалось корректно определить значение расхода воды. Общие сведения

о выполненных измерениях (дата, время, протяженность створа, измеренный расход воды) приведены в табл. 2.

Каждый створ проходил, как минимум, дважды – с левого берега на правый берег, и, затем в обратном направлении. При движении по створу программное обеспечение измерительного комплекса записывает в специальный файл с частотой 1 раз в секунду данные о текущих географических координатах, глубине воды, величине и направлении (азимуте) осредненной по глубине скорости течения.

а



б



Рис. 3. Средства измерений

а) моторная лодка с установленным профилографом Sontek M9;

б) лодка – носитель профилографа на борту судна.

1 – основной измерительно-регистрирующий блок профилографа Sontek M9; 2 – антенна GPS

Fig. 3. The research instruments and facilities

а) ADCP Sontek M9 mounted on the boat; б) the ADCP carrier aboard the ship

1 – the main unit of the ADCP Sontek M9; 2 – the GPS- antenna

Таблица 2

Общие сведения об измерениях, выполненных в 2024 г.

Table 2

General description of the measurements conducted in 2024

Створ	Местоположение	Дата	Время местное	Длина створа, м	Расход воды, м ³ /с
14	7.8 км выше ж.д. моста в г. Камень-на-Оби	19.06	11:30 – 12:37	623	4093
13	г/п Камень-на-Оби	19.06	09:37 – 10:22	720	4661
12	основной рукав, с. Дресвянка	19.06	08:04 – 08:37	715	4662
11	основной рукав, о. Спорный	18.06	21:04 – 21:29	572	3288
10	основной рукав, с. Соколово	18.06	19:52 – 20:26	645	-
09	основной рукав, с. Малетино	18.06	17:58 – 18:23	1015	-
08	1 км ниже устья р. Алеус	18.06	14:13 – 15:02	2700 (2295) *	-
07	с. Спирино – с. Чингисы	18.06	11:24 – 12:43	1452	4974
03	п.г.т. Ордынское, 2.4 км ниже устья р. Орда	20.06	06:31 – 09:06	3055	4324
01	г/п Остров Дальний - правый берег вдхр.	17.06	20:45 – 21:46	1333	2271

Примечание: * – измерения прерваны; указана оценочная длина створа (в скобках – измеренная длина).

Эти файлы являются первичными данными, которые, однако, требуют дальнейшей обработки (рис. 4).

В реальных условиях удерживать строго прямолинейное направление практически невозможно, поэтому траектория движения лодки по створу представляет собой зигзагообразную линию, колеблющуюся вокруг намеченной линии створа. Кроме того, непредвиденные подводные и надводные препятствия также вынуждают отклоняться от намеченной линии движения и затем вновь возвращаться к ней. В результате на карте точки измерений образуют облако, вытянутое и рассеянное вокруг проектной (заранее намеченной) линии створа (рис. 4а).

Для того чтобы упорядочить и обобщить эти первичные результаты измерений был применен следующий подход.

Во-первых, из дальнейшего рассмотрения исключаются те сегменты

траектории движения лодки по створу, на которых она перемещалась явно поперек линии створа. Это относится, прежде всего, к прибрежным участкам створа (на протяжении 10–20 м), где происходили повороты и развороты лодки. Кроме того, удаляются также те участки, где лодка значительно (на десятки метров) отклонялась от намеченной линии.

Оставшееся после первичной фильтрации пространственное облако точек измерений аппроксимируется прямой линией методом наименьших квадратов (рис. 4б). Полученная таким образом «расчетная линия» створа в общем случае будет смещена и повернута на некоторый угол относительно проектной (заранее намеченной) линии.

На отрезок расчетной линии, образуемый пересечениями с линиями берегов, наносятся точки с шагом 5 м. Из них далее используются лишь те, что лежат внутри облака точек измерений.

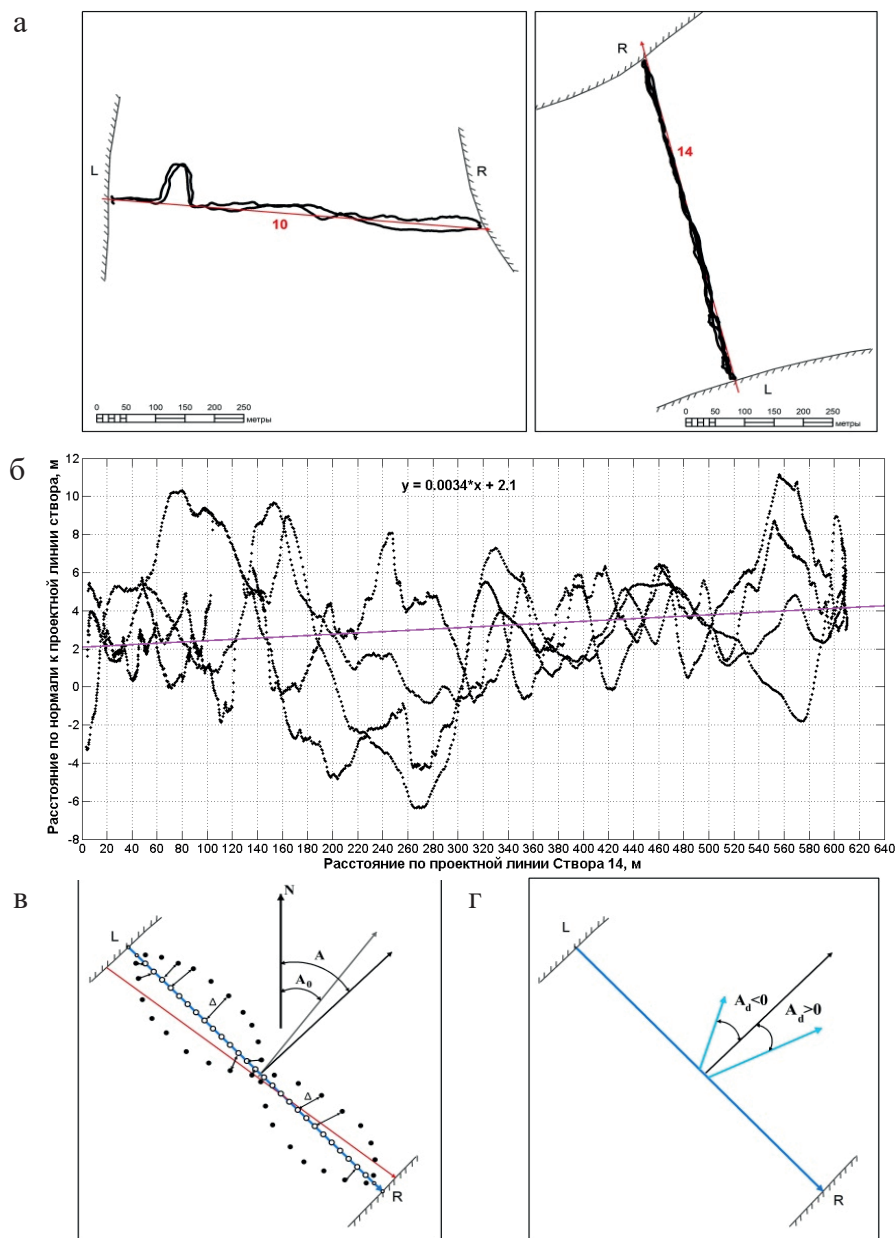


Рис. 4. Иллюстрация процедуры обработки данных измерений.

а) примеры пространственного облака точек измерений (створы 10, 14). б) линейная аппроксимация пространственного облака точек измерений (створ 14); в) отображение точек измерений на набор опорных точек; г) определение дирекционного угла вектора скорости течения.

1 – береговая линия, 2 – проектная линия створа; 3 – точки измерений; 4 – линейная аппроксимация облака точек измерений; 5 – расчетная линия створа; 6 – нормаль к проектной линии створа; 7 – нормаль к расчетной линии створа; 8 – опорные точки; 9 – смещение опорной точки; 10 – вектор скорости течения; L – левый берег; R – правый берег; A_0 – азимут нормали к проектной линии створа; A – азимут нормали к расчетной линии створа; A_d – дирекционный угол вектора скорости течения

Fig. 4. The illustration of the procedure for the measured data processing.

a) some examples of the spatial cloud of the measured points (Cross-sections 10, 14). б) the linear fit for the spatial cloud of the measured points (Cross-section 14); в) the sketch of mapping the measured points to the reference points; г) the definition of the flow velocity vector directional angle.

1 – the coast line, 2 – the projected cross-section line; 3 – the measured points; 4 – the linear fit for the spatial cloud of the measured points; 5 – the reference cross-section line; 6 – the normal to the projected cross-section line; 7 – the normal to the reference cross-section line; 8 – the reference points; 9 – the deviation of the reference point; 10 – the flow velocity vector; L – the left coast; R – the right coast; A_0 – the azimuth of the normal to the projected cross-section line; A – the azimuth of the normal to the reference cross-section line; A_d – the flow velocity vector directional angle

А именно, слева (для левого берега) или справа (для правого берега) от точки на расчетной линии в радиусе не более 10 м должна быть хотя бы одна точка измерений. Такие точки будем называть «опорными точками» (рис. 4в). Опорной точке присваиваются значения глубины воды, скорости и направления течения от ближайшей к ней точки измерений. Расстояние между опорной точкой и ближайшей к ней точкой измерений будем называть «смещением» опорной точки (Δ).

Наконец, направление течения было решено характеризовать не азимутом, а «дирекционным углом» (A_d), т.е. углом между вектором скорости и «внешней» нормалью к линии створа, направленной вниз по течению. Дирекционный угол считается положительным, если вектор скорости отклоняется от нормали к правому берегу, и отрицательным, если к левому (рис. 4г).

Описанный выше процесс «отображения» первичных данных на набор опорных точек характеризуется табл. 3.

Как видно из табл. 3, в процессе измерений удалось сохранить исходную ориентацию линий створов. Азимуты нормали к проектной и расчетной линии створа отличаются не более чем на 0.2 градуса. Поэтому далее будем использовать расчетную линию створа и нормаль к этой линии. Отметим также, что хотя максимальное значение смещения достигает значительной величины (до 12 м на тех створах, где измерения были закончены), в большинстве створов основной массив точек измерений располагается достаточно близко (5 м и менее) к опорным точкам.

В 2009 г. работы проводились 02–05 августа в условиях летней межени на р. Обь и при уровнях водохранилища близких к НПУ (табл. 4).

Таблица 3

Характеристики процедуры отображения точек измерений на опорные точки

Table 3

The parameters of the procedure of mapping the measured points onto the reference points

Створ	A_0	A	L	n	N	$\Delta_{\max}$	Процент опорных точек со смещением (Δ)			
	°	°	м	-	-	м	<2 м	<5 м	<8 м	<10 м
14	255.9	255.7	623	3385	122	3.00	94.26	100	-	-
13	328.7	328.8	720	1861	140	6.29	70	96.43	100	-
12	334.0	334.0	715	1812	141	4.82	78.01	100	-	-
11	5.6	5.5	572	1233	114	11.73	32.46	88.60	94.74	96.49
10	4.9	4.9	645	1640	117	11.93	39.32	70.94	87.18	94.97
09	58.5	58.6	1015	2294	161	5.63	48.45	97.52	100	-
08	44.9	44.9	2295*	2739	460	16.6	21.09	48.48	71.09	83.91
07	58.4	58.5	1452	4445	285	5.33	66.67	98.95	100	-
03	70.5	70.5	3055	8896	606	6.70	65.84	98.84	100	-
01	45.7	45.5	1333	3613	262	4.00	88.93	100	-	-

Примечания: * – измерения прерваны; указана измеренная длина створа; A_0 – азимут внешней (направленной вниз по течению) нормали к проектной линии створа; A – азимут внешней нормали к расчетной линии створа; L – длина створа по расчетной линии; n – количество точек измерений; N – количество опорных точек; $\Delta_{\max}$ – максимальная величина смещение по всем опорным точкам створа.

Таблица 4

Расход воды по гидрологическому посту Камень-на-Оби и уровни воды по гидрологическим постам на Новосибирском водохранилище за 01–06 августа 2009 г.
[Автоматизированная информационная система, 2023]

Table 4

The water discharge at Kamen'-na-Obi hydrological station and the water level at the hydrological stations in Novosibirsk Reservoir, August 01–06, 2009
[Avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema..., 2023]

Дата	Расход воды, м ³ /с	Уровень воды, см условной системы высот					
		Камень-на-Оби	Спирино	Ордынское	Остров Дальний	Сосновка	Новосибирская ГЭС верхний бьеф
01.08	2070	669	598	595	595	594	594
02.08	2020	665	597	595	595	593	592
03.08	1980	660	596	594	593	594	593
04.08	1930	658	595	593	593	595	595
05.08	1960	658	592	592	593	595	595
06.08	1980	661	594	591	593	594	595

Измерения выполнялись в девяти створах. Местоположение большинства из них практически совпадало с положением створов в измерениях 2024 г. Если быть точным, то это створы 2024 г. назначались в местах работ 2009 г.

Общие сведения о выполненных измерениях (дата, время, местоположение и протяженность створа, измеренный расход воды) приведены в табл. 5.

Для измерений использовалась более ранняя и менее совершенная модель профилографа – Sontek ADP-Mini RiverSurveyor [SonTek..., 2005].

Данный прибор был оснащен всего тремя излучателями (минимально необходимое количество), вместо девяти у Sontek M9, и не имел модуля спутникового позиционирования.

Таблица 5

Общие сведения об измерениях, выполненных в августе 2009 г.

Table 5

General description of the measurements conducted in August 2009

Створ	Местоположение	Дата	Время местное	Длина створа, м	А, °	Расход воды, м ³ /с
МК28	створ 14 (2024 г.)	02.08	16:50–17:02	653	265.1	1967
МК35	400 м выше г/п Камень-на-Оби	03.08	12:28–12:35	579	337.7	1952
МК36	створ 13 (2024 г.)	03.08	12:17–12:22	548	330.3	
NV01	створ 12 (2024 г.)	03.08	18:35–18:41	690	338.2	1676
NV02	створ 10 (2024 г.)	03.08	20:21–20:28	650	5.2	
NV03	створ 09 (2024 г.)	04.08	08:41–08:50	1052	60.2	
NV04	створ 07 (2024 г.)	04.08	11:06–11:22	1441	57.6	1883
NV05	п.г.т. Ордынское, 2 км выше устья р. Орда	04.08	15:06–15:49	3701	71.1	
NV06	1.3 км выше г/п Остров Дальний	05.08	06:59–08:00	5343	48.2	

Примечание: А – азимут направленной вниз по течению нормали к линии створа

Пространственное положение конкретной точки данных определяется лишь расстоянием по линии, соединяющей начальную и конечную точки измерений, т.е. по линии створа. Соответственно выходной файл данных, вместо географических координат точки, содержит значение этого расстояния. Следует отметить, что, как было показано выше, точка на линии створа суть проекция реальной точки измерений, которая в действительности может находиться на некотором расстоянии от этой линии (рис. 4а). Однако в данном случае как-то оценить это расстояние невозможно. Для обеспечения пространственной привязки измерений географические координаты начала и конца створа, а также некоторых характерных точек на нем определялись внешним, т.е. не включенным в конфигурацию прибора, GPS-приемником.

Необходимо особо отметить, что в ходе измерений выполнялся только один проход по створу.

Кроме того, в то время авторы практически не имели опыта эксплуатации подобной аппаратуры.

Указанные обстоятельства заставляют считать полученные данные менее надежными по сравнению с результатами работ 2024 г.

Результаты и обсуждение

Вначале будут приведены и рассмотрены результаты исследований 2024 г., как более свежие и, с точки зрения авторов, более надежные. Затем – результаты измерений, выполненных в августе 2009 г.

Результаты проведенных измерений

представлены на рис. 5–13 по единой схеме. На снимке спутника Landsat 8 за 06.07.2019 г. показывается положение линии створа и внешней нормали к этой линии. Приводятся графики глубины (H , м), величины осредненной по глубине скорости течения (U , м/с) и дирекционного угла вектора скорости (A_d , градусы) в точках створа. Расстояние по створу отсчитывается с левого берега на правый берег в пределах полной длины створа по расчетной линии, т.е. до правобережного уреза воды. При представлении результатов 2009 г. на географической подложке указываются также линии створов 2024 г.

На рис. 5 приведены результаты измерений 2024 г. по створам 14 и 13. Здесь следует отметить, что изменение дирекционного угла по линии створа хорошо согласуется с очертаниями русла в плане. Так в правобережной части створа 14 под влиянием вышележащего изгиба берега течение отклоняется влево. На створе 13 протока между нижележащим островом и правым берегом обуславливает отклонение течения вправо. Расход воды в этих створах измерялся в один день с небольшим интервалом во времени (см. табл. 2). Меньшее значение расхода воды в створе 14, вероятно, объясняется тем, что часть воды поступала в левобережные пойменные протоки.

На рис. 6 представлены результаты измерений 2024 г. на створах 12 и 11. Прежде всего, следует отметить хорошее согласие между значением расхода воды, измеренным в створе 12 и результатами, полученным на створе 13 (см. табл. 2, рис. 5). В створе 11 расход воды имеет ожидаемо меньшую величину, поскольку часть потока уходит в правый рукав.

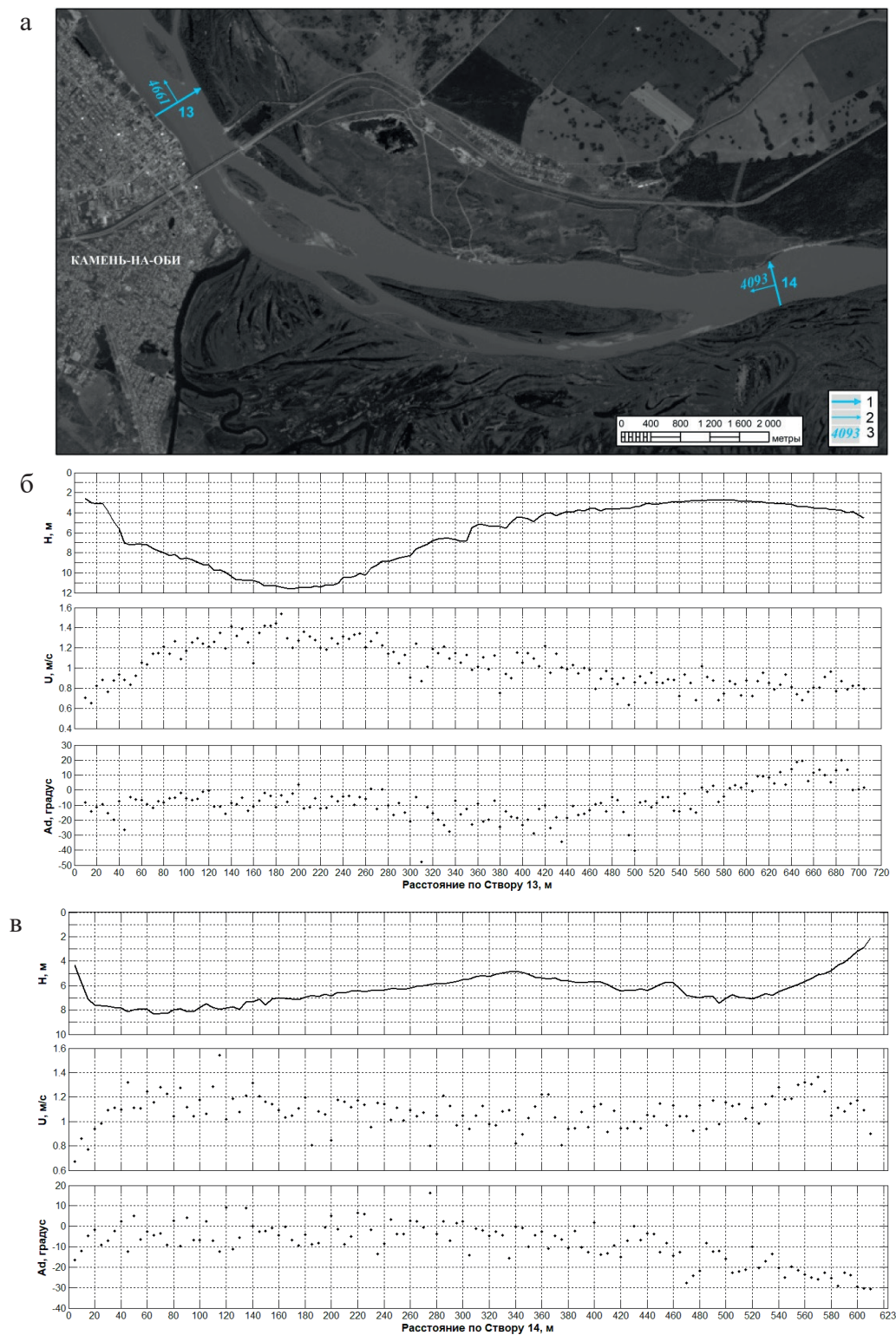


Рис. 5. Результаты измерений 2024 г. Створы 13, 14.

а) местоположение створов; б) результаты измерений по створу 13; в) результаты измерений по створу 14. 1 – линия створа; 2 – нормаль к линии створа; 3 – расход воды в створе, $\text{м}^3/\text{с}$; H – глубина водоема, м; U – осредненная по глубине скорость течения, $\text{м}/\text{с}$; A_d – угол отклонения вектора скорости течения от нормали к створу (положительный – вправо), градусы

Fig. 5. The results of measurements in 2024. Cross-sections 13, 14.

а) the cross-section locations; б) the results for Cross-section 13; в) the results for Cross-section 14. 1 – the cross-section line; 2 – the normal to the cross-section line; 3 – the water discharge, m^3/s ; H – the water depth, m; U – the depth averaged flow velocity, m/s ; A_d – the angle between the cross-section normal and the flow velocity vector (positive – to the right), deg

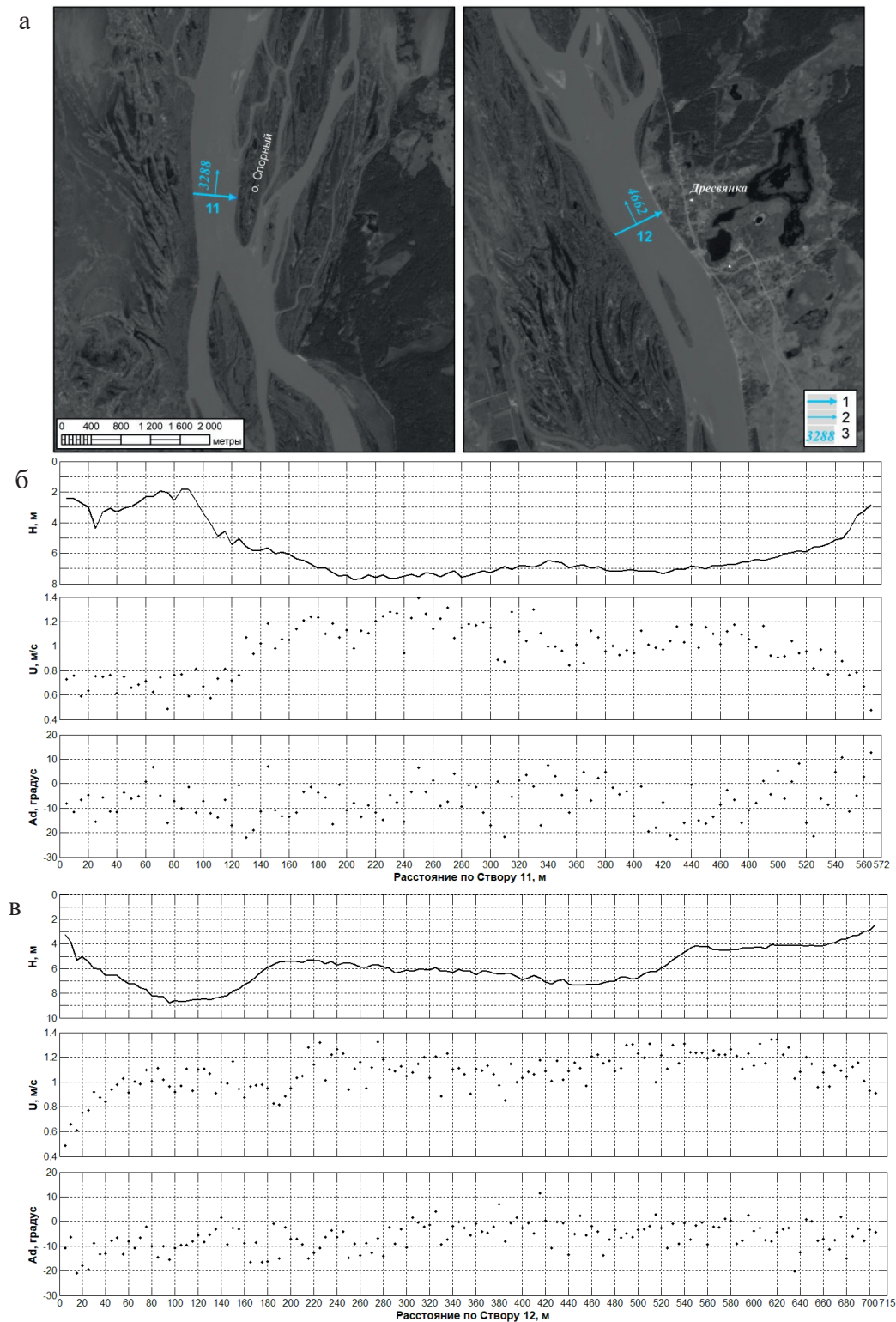


Рис. 6. Результаты измерений 2024 г. Створы 11, 12.

а) местоположение створов; б) результаты измерений по створу 11; в) результаты измерений по створу 12. 1 – линия створа; 2 – нормаль к линии створа; 3 – расход воды в створе, $\text{м}^3/\text{с}$; H – глубина водоема, м; U – осредненная по глубине скорость течения, $\text{м}/\text{с}$; A_d – угол отклонения вектора скорости течения от нормали к створу (положительный – вправо), градусы

Fig. 6. The results of measurements in 2024. Cross-sections 11, 12.

а) the cross-section locations; б) the results for Cross-section 11; в) the results for Cross-section 12. 1 – the cross-section line; 2 – the normal to the cross-section line; 3 – the water discharge, m^3/s ; H – the water depth, m; U – the depth averaged flow velocity, m/s ; A_d – the angle between the cross-section normal and the flow velocity vector (positive – to the right), deg

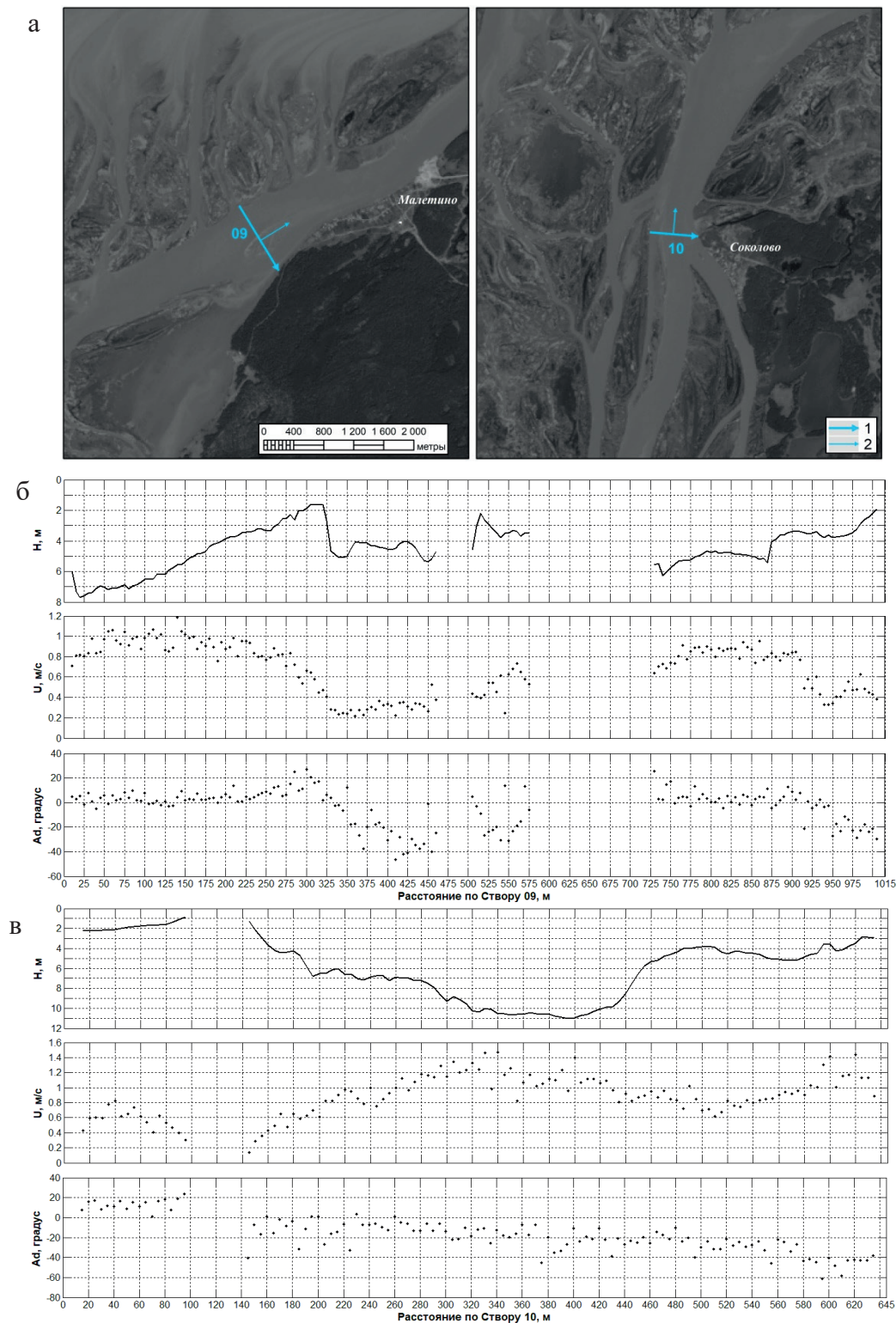


Рис. 7. Результаты измерений 2024 г. Створы 09, 10.

а) местоположение створов; б) результаты измерений по створу 09; в) результаты измерений по створу 10. 1 – линия створа; 2 – нормаль к линии створа; H – глубина водоема, м; U – осредненная по глубине скорость течения, м/с; A_d – угол отклонения вектора скорости течения от нормали к створу (положительный – вправо), градусы

Fig. 7. The results of measurements in 2024. Cross-sections 09, 10.

а) the cross-section locations; б) the results for Cross-section 09; в) the results for Cross-section 10. 1 – the cross-section line; 2 – the normal to the cross-section line; H – the water depth, m; U – the depth averaged flow velocity, m/s; A_d – the angle between the cross-section normal and the flow velocity vector (positive – to the right), deg

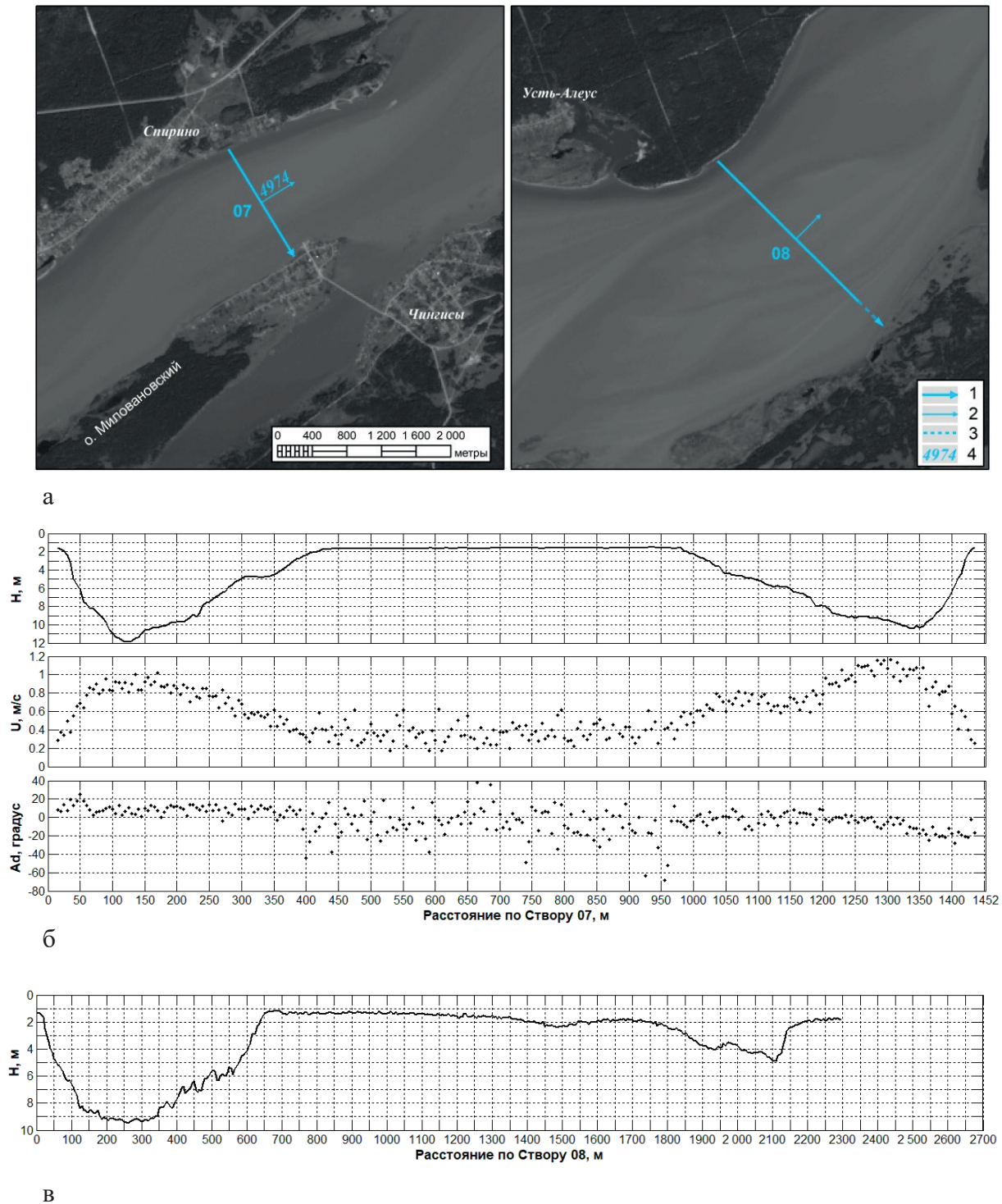


Рис. 8. Результаты измерений 2024 г. Створы 07, 08.

а) местоположение створов; б) результаты измерений по створу 07; в) результаты измерений по створу 08. 1 – линия створа; 2 – нормаль к линии створа; 3 – неизмеренная часть створа; 4 – расход воды в створе, $\text{м}^3/\text{с}$; H – глубина водоема, м; U – осредненная по глубине скорость течения, м/с; A_d – угол отклонения вектора скорости течения от нормали к створу (положительный – вправо), градусы

Fig. 8. The results of measurements in 2024. Cross-sections 07, 08.

а) the cross-section locations; б) the results for Cross-section 07; в) the results for Cross-section 08.

1 – the cross-section line; 2 – the normal to the cross-section line; 3 – the cross-section part not measured; 4 – the water discharge, m^3/s ; H – the water depth, m; U – the depth averaged flow velocity, m/s; A_d – the angle between the cross-section normal and the flow velocity vector (positive – to the right), deg

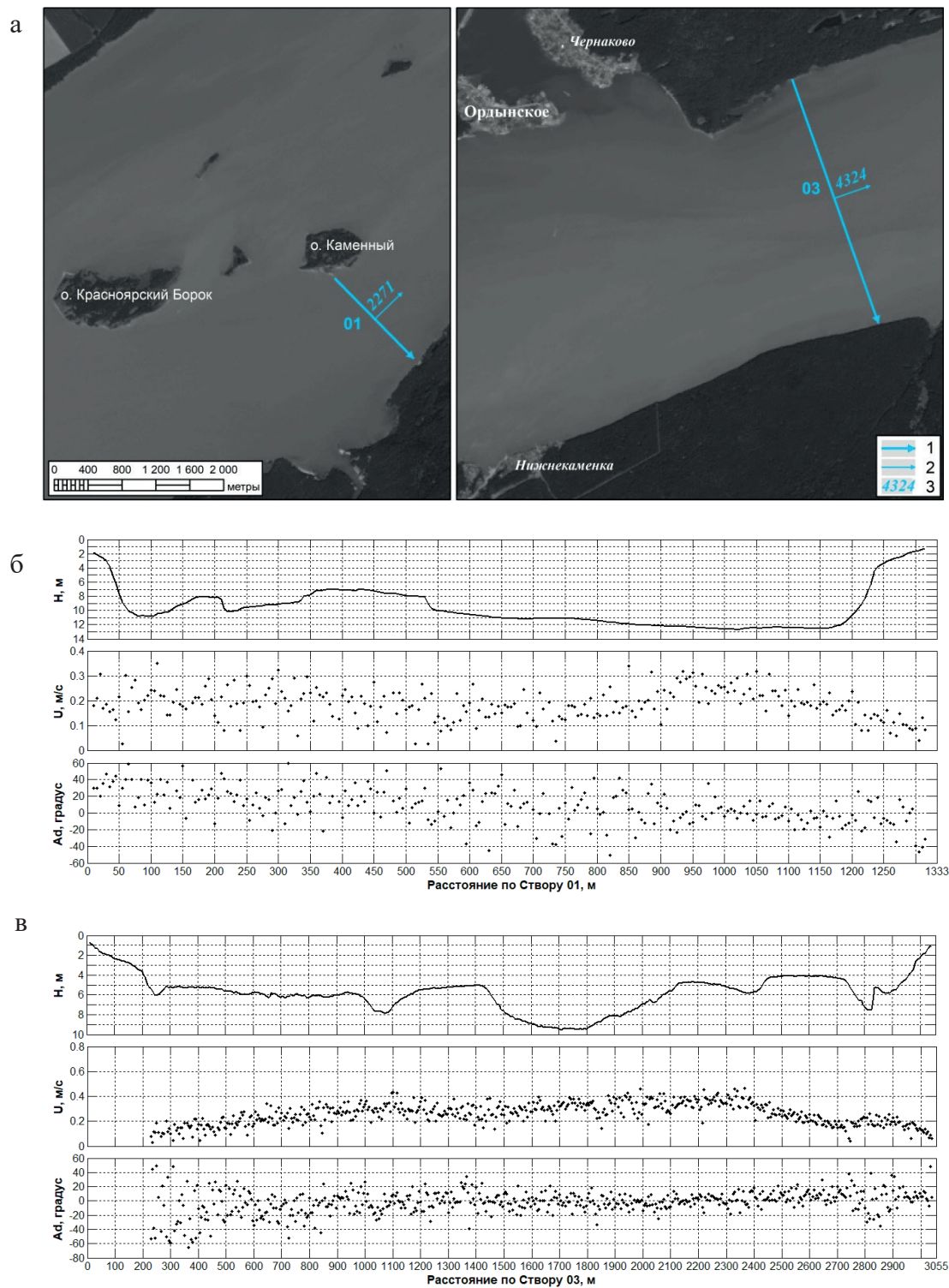


Рис. 9. Результаты измерений 2024 г. Створы 01, 03.

а) местоположение створов; б) результаты измерений по створу 01; в) результаты измерений по створу 03. 1 – линия створа; 2 – нормаль к линии створа; 3 – расход воды в створе, $\text{м}^3/\text{с}$; H – глубина водоема, м; U – осредненная по глубине скорость течения, $\text{м}/\text{с}$; A_d – угол отклонения вектора скорости течения от нормали к створу (положительный – вправо), градусы

Fig. 9. The results of measurements in 2024. Cross-sections 01, 03.

а) the cross-section locations; б) the results for Cross-section 01; в) the results for Cross-section 03. 1 – the cross-section line; 2 – the normal to the cross-section line; 3 – the water discharge, m^3/s ; H – the water depth, m; U – the depth averaged flow velocity, m/s ; A_d – the angle between the cross-section normal and the flow velocity vector (positive – to the right), deg

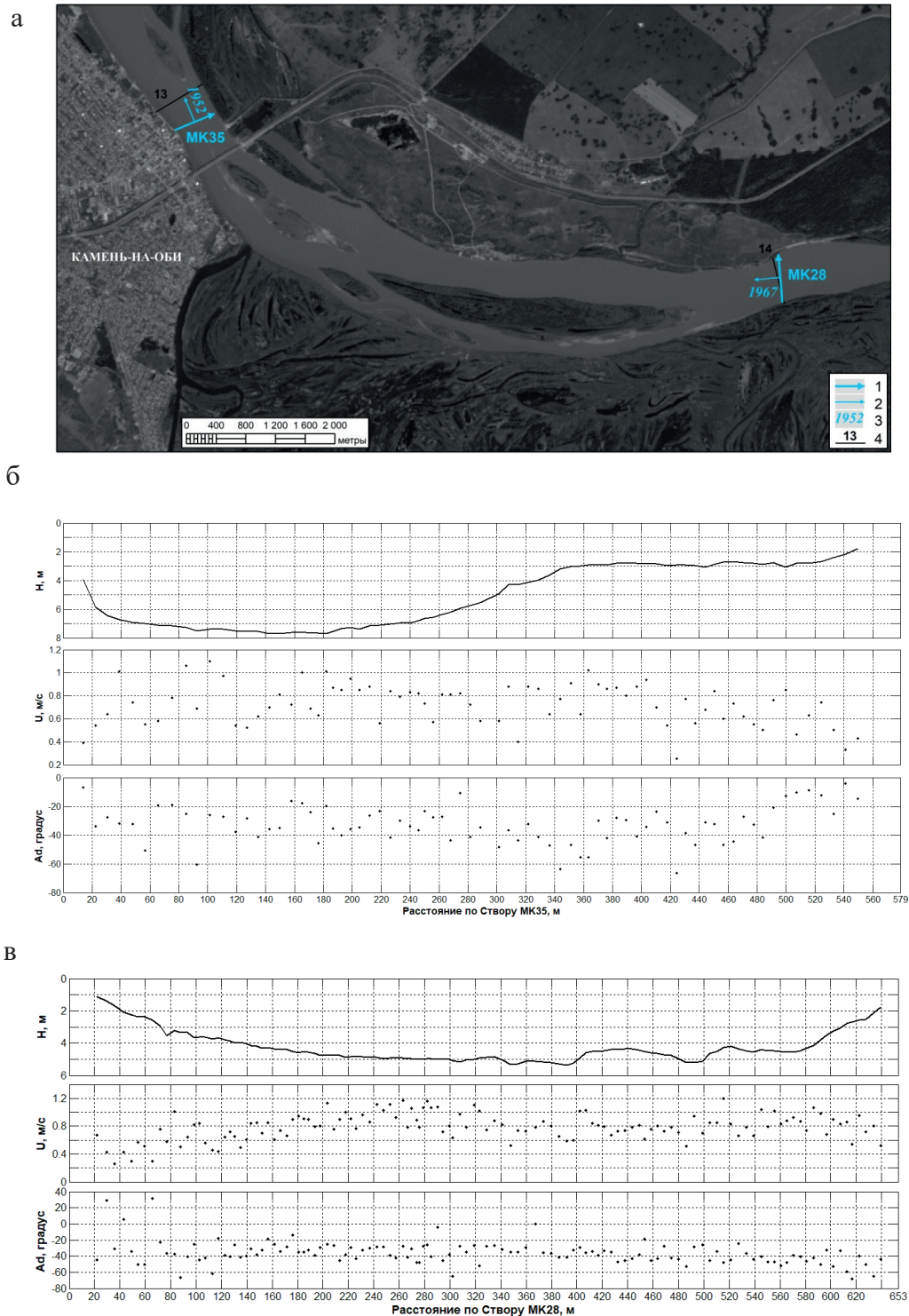


Рис. 10. Результаты измерений 2009 г. Створы МК28, МК35.

а) местоположение створов; б) результаты измерений по створу МК35; в) результаты измерений по створу МК28. 1 – линия створа; 2 – нормаль к линии створа; 3 – расход воды в створе, $\text{м}^3/\text{с}$; 4 – створ измерений 2024 г; H – глубина водоема, м; U – осредненная по глубине скорость течения, м/с; A_d – угол отклонения вектора скорости течения от нормали к створу (положительный – вправо), градусы

Fig. 10. The results of measurements in 2009. Cross-sections MK28, MK35.

а) the cross-section locations; б) the results for Cross-section MK35; в) the results for Cross-section MK28. 1 – the cross-section line; 2 – the normal to the cross-section line; 3 – the water discharge, m^3/s ; 4 – the cross-section of the measurements in 2024; H – the water depth, m; U – the depth averaged flow velocity, m/s; A_d – the angle between the cross-section normal and the flow velocity vector (positive – to the right), deg

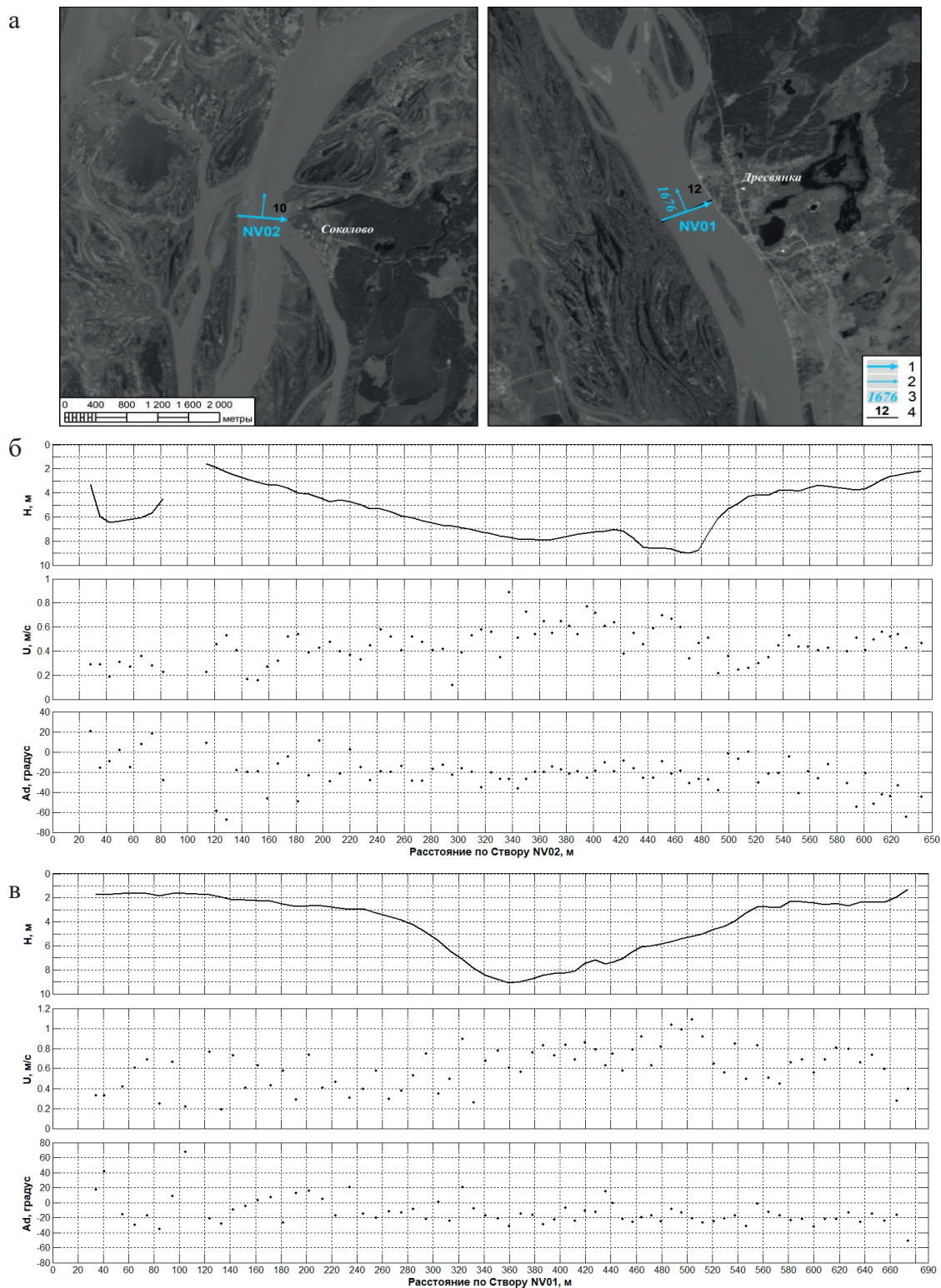


Рис. 11. Результаты измерений 2009 г. Створы NV01, NV02.

а) местоположение створов; б) результаты измерений по створу NV02; в) результаты измерений по створу NV01. 1 – линия створа; 2 – нормаль к линии створа; 3 – расход воды в створе, $\text{м}^3/\text{с}$; 4 – створ измерений 2024 г; H – глубина водоема, м; U – осредненная по глубине скорость течения, м/с; A_d – угол отклонения вектора скорости течения от нормали к створу (положительный – вправо), градусы

Fig. 10. The results of measurements in 2009. Cross-sections NV01, NV02.

а) the cross-section locations; б) the results for Cross-section NV02; в) the results for Cross-section NV01. 1 – the cross-section line; 2 – the normal to the cross-section line; 3 – the water discharge, m^3/s ; 4 – the cross-section of the measurements in 2024; H – the water depth, m; U – the depth averaged flow velocity, m/s; A_d – the angle between the cross-section normal and the flow velocity vector (positive – to the right), deg

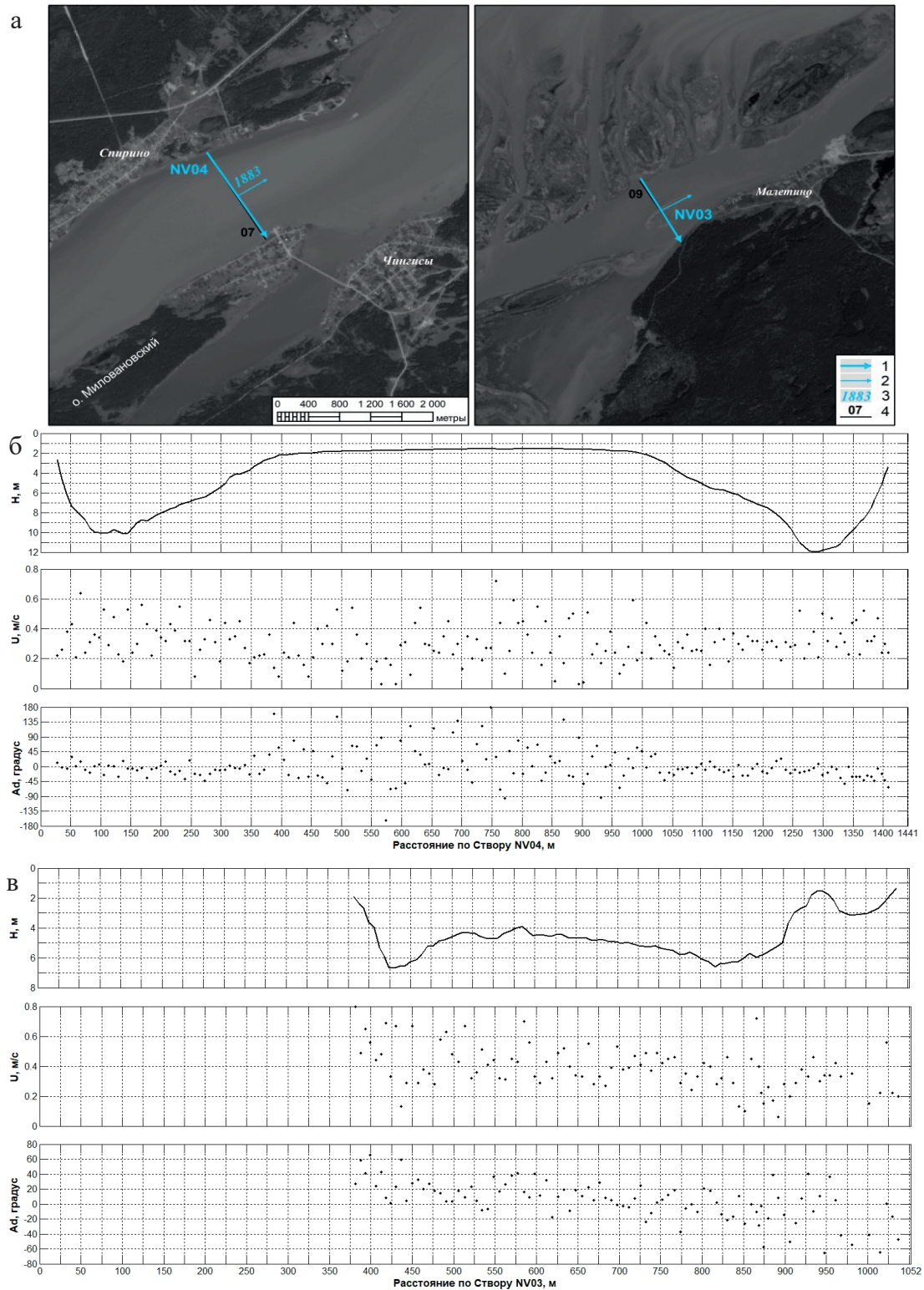


Рис. 12. Результаты измерений 2009 г. Створы NV03, NV04.

а) местоположение створов; б) результаты измерений по створу NV04; в) результаты измерений по створу NV03. 1 – линия створа; 2 – нормаль к линии створа; 3 – расход воды в створе, $\text{м}^3/\text{с}$; 4 – створ измерений 2024 г; H – глубина водоема, м; U – осредненная по глубине скорость течения, м/с; A_d – угол отклонения вектора скорости течения от нормали к створу (положительный – вправо), градусы

Fig. 12. The results of measurements in 2009. Cross-sections NV03, NV04.

а) the cross-section locations; б) the results for Cross-section NV04; в) the results for Cross-section NV03. 1 – the cross-section line; 2 – the normal to the cross-section line; 3 – the water discharge, m^3/s ; 4 – the cross-section of the measurements in 2024; H – the water depth, m; U – the depth averaged flow velocity, m/s; A_d – the angle between the cross-section normal and the flow velocity vector (positive – to the right), deg

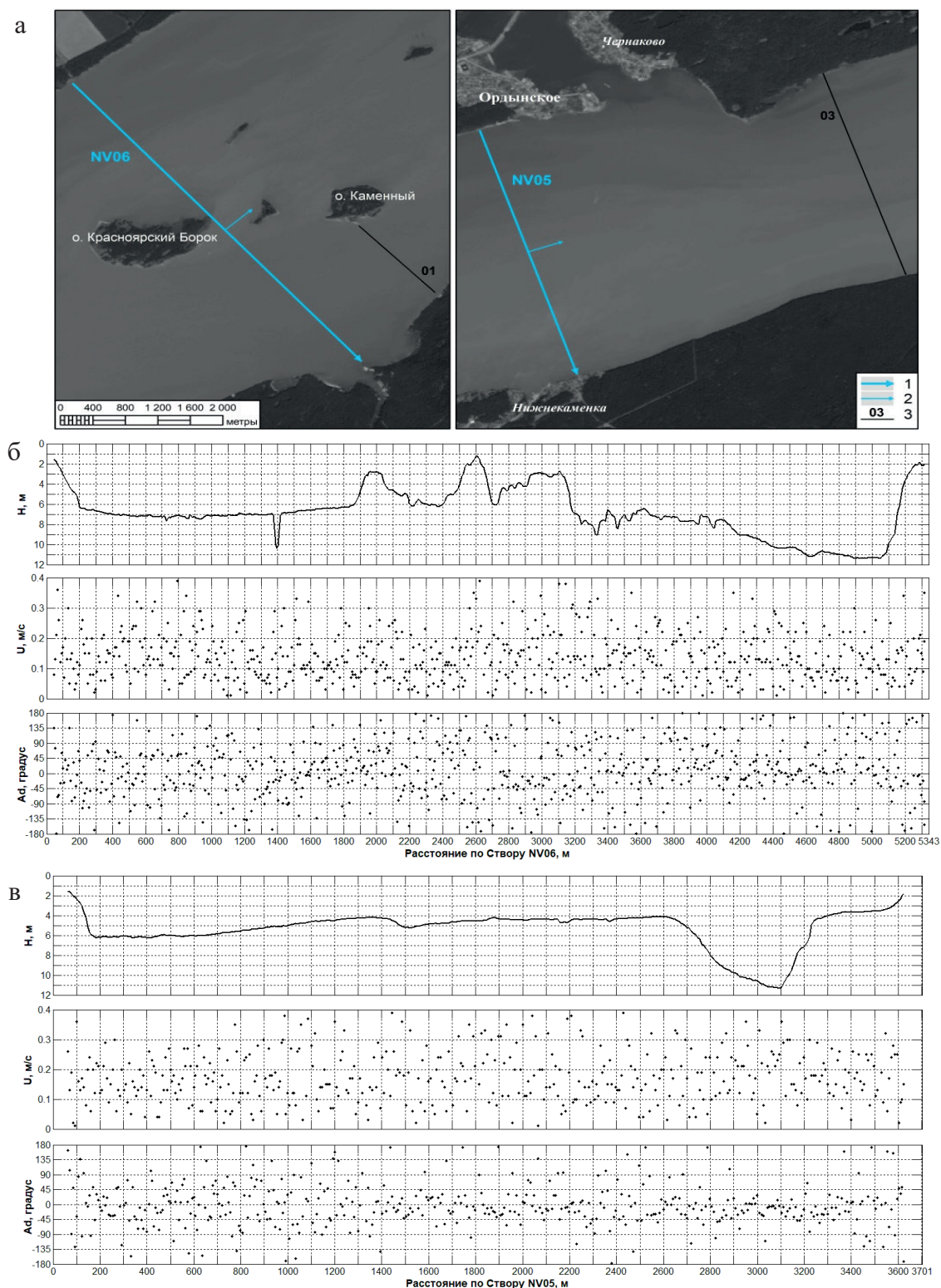


Рис. 13. Результаты измерений 2009 г. Створы NV05, NV06.

а) местоположение створов; б) результаты измерений по створу NV04; в) результаты измерений по створу NV05. 1 – линия створа; 2 – нормаль к линии створа; 3 – створ измерений 2024 г; H – глубина водоема, м; U – осредненная по глубине скорость течения, м/с; A_d – угол отклонения вектора скорости течения от нормали к створу (положительный – вправо), градусы

Fig. 13. The results of measurements in 2009. Cross-sections NV05, NV06.

а) the cross-section locations; б) the results for Cross-section NV06; в) the results for Cross-section NV05. 1 – the cross-section line; 2 – the normal to the cross-section line; 3 – the cross-section of the measurements in 2024; H – the water depth, m; U – the depth averaged flow velocity, m/s; A_d – the angle between the cross-section normal and the flow velocity vector (positive – to the right), deg

В створе 12 вышележащие острова, приуроченные к левому берегу, вынуждают поток смещаться вправо, поэтому в левобережной ложбине скорости течения несколько меньше, чем в остальной более мелководной части створа.

На рис. 7 приведены результаты измерений 2024 г. на створах 10 и 09. На этих створах мелководья и островки вынуждали лодку значительно отклоняться от намеченной линии движения. Этим обстоятельством объясняются имеющиеся на графиках разрывы. В данном случае авторы посчитали некорректным приводить значения измеренных расходов воды. Тем не менее, полученные данные вполне характеризуют скорости и направления течения в этих створах. Отметим, что в правобережной части створа 10 поток, выходящий из вышележащего рукава, отклонен влево. На створе 09 максимальные скорости течения имеют место на наиболее глубоководных участках створа, а направление течения на этих участках практически совпадает с направлением нормали к линии створа. Вместе с тем, у правого берега под влиянием конфигурации береговой линии течение отклоняется влево.

На рис. 8 представлены результаты измерений 2024 г. на створах 08 и 07. На створе 08 внезапно усилившийся ветер и вызванное им волнение заставили прервать измерения. Не удалось завершить даже одного прохода по створу. Приводить данные по скоростям течения авторы считают некорректным, поскольку эти данные испытывают сильное влияние волновых движений. Полная длина

створа (от берега до берега) оценивалась по спутниковому снимку. На створе 07 обращает на себя внимание протяженная отмель в центральной части створа. Также следует отметить четкую зависимость скорости течения от глубины, течение концентрируется в прибрежных ложбинах.

На рис. 9 приведены результаты измерений 2024 г. на створах 03 и 01. На прилегающем к левому берегу участке створа 03 направление течения изменялось от точки к точке хаотично в диапазоне от 0 до $\pm 180^\circ$, а величина скорости не превышала 0.2 м/с и изменялась также бессистемно, то есть течение, как устойчивое однонаправленное движение водных масс, не проявлялось. Чтобы не затенять общую картину данный участок был удален из итоговых графиков. Из этих графиков хорошо видно, как течение набирает силу в центральной части акватории и затем ослабевает у правого берега. На створе 01, несмотря на малые величины скоростей, течение обозначается вполне четко. Более того, его направление хорошо согласуется с конфигурацией береговой линии. В начале створа под влиянием острова поток отклоняется вправо от нормали, а затем постепенно поворачивает влево, параллельно линии правого берега.

На рис. 10 приведены результаты измерений 2009 г. на створах, расположенных в районе г. Камень-на-Оби (МК28, МК35). Из-за наличия препятствий для движения лодки провести работы непосредственно у гидрологического поста (створ 13, 2024 г.) не удалось, поэтому створ был отнесен на 400 м выше по течению.

Следует отметить хорошее согласие величины расхода воды, измеренного на створе МК35, с данными Росгидромета (табл. 4).

На рис. 11 представлены результаты измерений 2009 г. на створах NV01, NV02. Разрыв в графиках данных по створу NV02 объясняется наличием на линии створа островка и окружающего его мелководья. То же самое относится и к начальному участку створа NV01.

На рис. 12 приведены результаты измерений 2009 г. на створах NV03, NV04. Интересно отметить, что обширная отмель в центральной части створа NV04 (створ 07, 2024 г.) является устойчивым морфологическим элементом. Она существовала в 2009 г., существует и в 2024 г. примерно в тех же размерах. Чего нельзя сказать о створе NV03 (створ 09, 2024 г.). В 2009 г. протяженная левобережная отмель делала доступной для измерений лишь примерно две трети длины створа. В 2024 г. на этом месте располагается достаточно глубокая ложбина, а зона мелководья переместилась к центру створа.

На рис. 13 представлены результаты измерений 2009 г. на створах NV05, NV06. Следует отметить, что в 2009 г. створ, расположенный в районе поста Остров Дальний, (NV06) перекрывал всю акваторию водохранилища. В 2024 г. это было уже невозможно, поскольку пролив между островами существенно обмелел. Створ, находящийся у п.г.т. Ордынское, в 2024 г. был передвинут вниз по течению из-за помех, которые может создавать для измерений работающая паромная переправа Ордынское – Нижнекаменка.

На створе NV05 стоковое течение, пусть слабо, но проявляется, особенно в правобережной части створа. На створе NV06 говорить об этом, по-видимому, уже нельзя, поскольку разброс данных слишком велик. Полученная картина на этом створе совпадает с той, что наблюдалась на левобережном участке створа 03 в измерениях 2024 г., о чем уже говорилось выше.

Следует отметить, что результаты выполненных измерений вполне согласуются качественно и количественно с уже имеющимися данными о стоковых течениях в зоне переменного подпора Новосибирского водохранилища [Гидрометеорологический режим..., 1979; Подлипский, 1981].

Заключение

В результате натурных исследований, проведенных в 2009 и 2024 гг., с помощью акустического доплеровского профилографа течения (ADCP) получены новые данные о скоростях и направлениях стокового течения в зоне переменного подпора Новосибирского водохранилища на участке г. Камень-на-Оби – с. Завьялово в различных гидрологических условиях. Измерения стокового течения проводились в 9-ти створах, рассредоточенных по длине исследуемого участка. Верхний створ – 8 км выше г. Камень-на-Оби, нижний створ – район гидрологического поста Остров Дальний (8 км выше с. Завьялово).

Полученные результаты показывают, что в условия половодья, при расходах воды в р. Обь 4500–5000 м³/с, стоковое течение четко проявляется по всей длине исследуемого участка. Его осредненная по

глубине скорость составляет: у г. Камень-на-Оби – 1–1.2 м/с; у с. Спирино – 0.8 м/с, в нижнем створе – 0.2 м/с. При снижении расхода воды до 2000 м³/с скорость течения у г. Камень-на-Оби – 0.8 м/с, у с. Спирино – 0.3–0.4 м/с, в нижнем створе стоковое течение не регистрируется.

Новые данные качественно и количественно хорошо согласуются с результатами наблюдений прошлых лет (1970-х годов), имеющимися в литературе.

Вместе с тем, они имеют более точную пространственную привязку и значительно большее количество точек измерений на поперечном сечении акватории (створе).

Кроме того, в ходе работ разработана методика обработки и отображения выходной информации акустического профилографа, а также получены данные об изменениях рельефа котловины водохранилища в исследуемых створах за пятнадцатилетний период.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interests.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект № 0306-2021-0002 «Изучение механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири с использованием гидрологических моделей и информационных технологий»).

Список литературы

Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО). [Электронный ресурс]. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=1> (дата обращения: 17.02.2023).

Блинов Н.И., Подлипский Ю.И. Режим стокового течения в Новосибирском водохранилище и результаты его моделирования // Труды ЗапСибНИИ Госкомгидромета. 1985. Вып. 70. С. 126–132.

Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Новосибирское водохранилище и озера бассейна Средней Оби / Ред. В.А. Знаменского, М.Я. Кунявского. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 155 с.

Дьяченко А.В., Марусин К.В., Коломейцев А.А., Вагнер А.А. Натурные исследования пропускной способности рукавов русловых разветвлений и пойменных проток реки Обь на участке Барнаул – Камень-на-Оби // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2017. №3(46). С. 54–63.

Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Марусин К.В. Влияние Новосибирского водохранилища на уровни воды реки Обь в период весеннего половодья (территория города Камень-на-Оби) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2020. № 4. С. 6–18. doi: 10.35567/1999-4508-2020-4-1

Марусин К.В., Дьяченко А.В., Коломейцев А.А. Вагнер А.А. Натурные исследования поля скоростей течения в излучинах реки Обь на территории города Барнаула // Известия

Алтайского отделения Русского географического общества. 2018. № 2 (49). С. 58–66.

Матарзин Ю.М. Гидрология водохранилищ. Пермь: Изд-во ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2003. 296 с.

Многолетняя динамика водно-экологического режима Новосибирского водохранилища / В.М. Савкин и др.; отв. ред. О.Ф. Васильев; Рос. акад. наук, Сиб. отделение, Ин-т водн. и экол. проблем. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. 393 с.

Научная электронная библиотека. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 09.09.2024).

Оберемко Ф.А., Подлипский Ю.И. Гидрология, гидрохимия Новосибирского водохранилища и его охрана // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Сибири. Новосибирск: Наука, 1980. 136 с.

Подлипский Ю.И. О скоростях течения и времени добегания воды в Новосибирском водохранилище // Труды ЗапСибНИИ Госкомгидромета. 1981. Вып. 51. С. 47–57.

Руководящий документ. РД 52.08.767-2012. Расход воды на водотоках. Методика измерений акустическими доплеровскими профилографами «Stream Pro» и «Rio Grande». ФГБУ «ГТИ» Росгидромета. 2012. 79 с.

Уровни и температура воды в реках России. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fishingsib.ru/waterinfo/> (дата обращения: 04.07.2024).

Федорова Е.А. Особенности осадконакопления в котловинах водохранилищ равнинного и предгорного типа на примере Новосибирского и Красноярского водохранилищ: Дис. ... канд. географ. наук. Геленджик, 2016. 178 с.

Шлычков В.А. Плановая модель течений для Новосибирского водохранилища // Вычислительные технологии. Т. 16, № 6. 2011. С. 105–114.

Kravtchenko V.V., Golubeva E.N., Tskhai A.A., Tarhanova M.A., Krayneva M.V., Platov G.A. The Novosibirsk reservoir hydrothermal regime model // Bulletin of the Novosibirsk computer center, series: Numerical Modeling in Atmosphere, Ocean, and Environment Studies. 2019. No. 17. P. 31–49.

M9 Advanced River Discharge and Bathymetry Measurement Instrument. URL: <https://www.ysi.com/sontek-m9> (дата обращения: 14.10.2024).

SonTek. RiverSurveyor System Manual. Software Version 4.30. San Diego: SonTek/YSI, 2005. 176 p.

References

Avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema gosudarstvennogo monitoringa vodnykh ob"ektov (AIS GMVO) [The automated information data system of the state monitoring of the water bodies]. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=1> (accessed: 17.02.2023).

Blinov N.I., Podlipskii Yu.I. Rezhim stokovogo techeniya v Novosibirskom vodokhranilishche i rezul'taty ego modelirovaniya [The flow conditions in Novosibirsk Reservoir and the results of its mathematical modelling] // Trudy ZapSibNII Goskomgidrometa. [Proc. of

the Goskomgidromet West-Siberian Hydrometeorological Research Institute]. 1985. Is. 70. P. 126–132. (in Russian).

Gidrometeorologicheskii rezhim ozer i vodokhranilishch SSSR. Novosibirskoe vodokhranilishche i ozera basseina Srednei Obi [The hydrometeorological conditions of the lakes and reservoirs in USSR. Novosibirsk Reservoir and the lakes in the Middle Ob river basin] / Eds. V.A. Znamenskogo, M.Ya. Kunyavskogo. L.: Gidrometeoizdat, 1979. 155 p. (in Russian).

D'yachenko A.V., Marusin K.V., Kolomeitsev A.A., Vagner A.A. Naturnye issledovaniya propusknoi sposobnosti rukavov ruslovykh razvetvlenii i poimennykh protok reki Ob' na uchastke Barnaul – Kamen'-na-Obi [Field study of relative capacity of Ob river branches and flood plain streams between Barnaul and Kamen-na-Obi] // Izvestiya Altaiskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva [Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society]. 2017. No 3(46). P. 54–63. (in Russian).

Zinov'ev A.T., Koshelev K.B., Marusin K.V. Vliyanie Novosibirskogo vodokhranilishcha na urovni vody reki Ob' v period vesennego polovod'ya (territoriya goroda Kamen'-na-Obi) [The Novosibirsk Reservoir Influence on the Ob River Water Levels during Spring Flood Periods (Kamen-na-Obi as a case study)] // Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie [Water Sector of Russia: problems, technologies, management]. 2020. No 4. P. 6–18. doi: 10.35567/1999-4508-2020-4-1 (in Russian).

Marusin K.V., D'yachenko A.V., Kolomeitsev A.A., Vagner A.A. Naturnye issledovaniya polya skorostei techeniya v izluchinakh reki Ob' na territorii goroda Barnaula [Field study of the flow velocity pattern in Ob river meanders at Barnaul city] // Izvestiya Altaiskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva [Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society]. 2018. No 2 (49). P. 58–66. (in Russian).

Matarzin Yu.M. Gidrologiya vodokhranilishch [The hydrology of reservoirs]. Perm': Izd-vo PGU, PSI, PSSGK, 2003. 296 p. (in Russian).

Mnogoletnyaya dinamika vodno-ekologicheskogo rezhima Novosibirskogo vodokhranilishcha [Long-term dynamics of water and ecological regime of Novosibirsk Reservoir] / V.M. Savkin i dr.; otv. red. O.F. Vasil'ev; Ros. akad. nauk, Sib. otd-nie, In-t vodn. i ekol. problem. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2014. 393 p. (in Russian).

Nauchnaya elektronnyaya biblioteka [Electronic Scientific Library]. URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (accessed: 09.09.2024).

Oberemko F.A., Podlipskii Yu.I. Gidrologiya, gidrokhimiya Novosibirskogo vodokhranilishcha i ego okhrana [The hydrology, hydrochemistry and water conservation of Novosibirsk Reservoir] // Problemy ispol'zovaniya i okhrany prirodnkh resursov Sibiri [The problems of management and conservation of the natural resources in Siberia]. Novosibirsk: Nauka, 1980. 136 p. (in Russian).

Podlipskii Yu.I. O skorostyakh techeniya i vremeni dobeganiya vody v Novosibirskom vodokhranilishche [On the flow velocities and water lag time in Novosibirsk Reservoir] // Trudy ZapSibNII Goskomgidrometa [Proc. of the Goskomgidromet West-Siberian Hydrometeorolog-

ical Reseach Institute]. 1981. Is. 51. P. 47–57. (in Russian).

Rukovodyashchii dokument. RD 52.08.767-2012. Raskhod vody na vodotokakh. Metodika izmerenii akusticheskimi doplerovskimi profilografami «Stream Pro» i «Rio Grande» [Guidance Document of Rosgidromet. Manual for the water discharge measurements by «Stream Pro» and «Rio Grande» Acoustic Doppler Current Profilers]. FGBU «GGI» Rosgidrometa. 2012. 79 p. (in Russian).

Urovni i temperatura vody v rekakh Rossii [Water level and water temperature values in Russian rivers]. URL: <https://www.fishingsib.ru/waterinfo/> (accessed: 04.07.2024).

Fedorova E.A. Osobennosti osadkonakopleniya v kotlovinakh vodokhranilishch ravninogo i predgornogo tipa na primere Novosibirskogo i Krasnoyarskogo vodokhranilishch [The characteristics of sediment deposition processes in peneplain and submontane reservoirs (Novosibirsk Reservoir and Krasnoyarsk Reservoir as a cases study)]: PhD (Cand. of Geogr.) thesis. Gelendzhik, 2016. 178 p. (in Russian).

Shlychkov V.A. Planovaya model' techenii dlya Novosibirskogo vodokhranilishcha [Two-dimensional depth-averaged mathematical model for the flow in Novosibirsk Reservoir] // Vychislitel'nye tekhnologii [Journal of Computational Technologies]. Vol. 16. No 6. 2011. P. 105–114. (in Russian).

Kravtchenko V.V., Golubeva E.N., Tskhai A.A., Tarhanova M.A., Krayneva M.V., Platov G.A. The Novosibirsk reservoir hydrothermal regime model // Bulletin of the Novosibirsk computer center, series: Numerical Modeling in Atmosphere, Ocean, and Environment Studies. 2019. No. 17. P. 31–49.

M9 Advanced River Discharge and Bathymetry Measurement Instrument. URL: <https://www.ysi.com/sontek-m9> (accessed: 14.10.2024).

SonTek. RiverSurveyor System Manual. Software Version 4.30. San Diego: SonTek/YSI, 2005. 176 p.

FIELD STUDIES OF THE FLOW IN THE DAM VARYING BACKWATER ZONE OF NOVOSIBIRSK RESERVOIR

K.V. Marusin, A.V. Dyachenko

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,

E-mail: kat@iwep.ru, dychenko@iwep.ru

The paper presents the results of the flow velocity and direction measurements over the 120 km long reach in the dam varying backwater zone of the Novosibirsk Reservoir under various hydrological conditions. A Sontek Acoustic Doppler Current Profiler was used for the measurements. The measurements were carried out at 9 cross-sections distributed along the length of the reach. The upper cross-section was located 8 km upstream of Kamen-na-Obi city, the lower cross-section was nearby Ostrov Dal'nij hydrological station (8 km upstream of Zavyalovo village). Two series of the measurements were conducted at the cross-sections: in August 2009 and in June 2024. In 2024, the work was carried out under the Ob River flood conditions and

in time of the reservoir filling process. In 2009, that was done during the Ob river summer low-water period and under the reservoir normal water level conditions. It is shown that during flood conditions, with the water discharge values of 4500-5000 m³/s, the flow is clearly sensed along the entire length of the studied reach. The depth-averaged flow velocity is: at Kamen-na-Obi city – 1-1.2 m/s; at Spirino village – 0.8 m/s, at the lower cross-section – 0.2 m/s. When the water flow discharge decreases to 2000 m³/s, the flow velocity at Kamen-na-Obi city is 0.8 m/s, at Spirino village – 0.3-0.4 m/s, at the lower cross-section the flow is not sensed at all.

Key words: Novosibirsk Reservoir; dam varying backwater zone; water flow; field data; Acoustic Doppler Current Profiler.

Received October 21, 2024. Accepted: November 20, 2024

Сведения об авторах

Марусин Константин Валерьевич – научный сотрудник лаборатории гидрологии и геоинформатики Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия. 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0003-1565-8326. E-mail: kat@iwep.ru.

Дьяченко Александр Владимирович – научный сотрудник лаборатории гидрологии и геоинформатики Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия. 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0003-4178-8415. E-mail: dychenko@iwep.ru.

Information about the authors

Marusin Konstantin Valerievich – a researcher at the Laboratory of Hydrology and Geoinformatics of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-1565-8326. E-mail: kat@iwep.ru.

Dyachenko Alexander Vladimirovich – a researcher at the Laboratory of Hydrology and Geoinformatics of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-4178-8415. E-mail: dychenko@iwep.ru.

УДК 551.578.46:504.064 (571.150-25)

ПОСЛОЙНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ Г. БАРНАУЛА И ПОТОКИ ЕЕ ПОСТУПЛЕНИЯ

С.С. Эйрих, А.С. Губкина

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул,

E-mail: steyrikh@gmail.com, gubkinaalina036@gmail.com

Оценка уровня загрязнения ртутью г. Барнаула в холодный период 2022–2023 гг. выполнена на основе анализа послойных и интегральных проб снежного покрова, отобранных на территории ИВЭП СО РАН. Средневзвешенная концентрация Hg составила 9.8 нг/л, а диапазон ее варьирования в слоях снежного покрова 4.2–30.4 нг/л. Результаты показали, что расчетная средневзвешенная концентрация ртути, учитывающая вклад каждого слоя, практически совпадает с концентрацией ртути в интегральной пробе снега. Общий поток выпадения ртути на изучаемую территорию за зимний период составил 1.15 мкг/м². Различия интегральных концентраций ртути в снежном покрове в течение последних 4 лет не превышали 25%, тогда как годовые потоки ее осаждения отличались в 1.5–2 раза, прежде всего, вследствие существенной разницы в количестве осадков, выпавших за зимний период. Это подтверждает высокий коэффициент корреляции между потоками ртути и соответствующим количеством осадков (0.92).

Ключевые слова: ртуть; снежный покров; интегральная проба; средневзвешенная концентрация; потоки осаждения; городская территория.

DOI: 10.24412/2410-1192-2024-17504

Дата поступления: 17.10.2024. Принята к печати: 7.11.2024

Ртуть – это высокотоксичный металл, который может оказывать серьезное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Опасность ртути обусловлена несколькими факторами, включая ее высокую летучесть, устойчивость во внешней среде, способность к накоплению в биологических системах и дальнейшей биомагнификации по пищевой цепи [UNEP ..., 2013]. В атмосферу ртуть поступает в различных формах, каждая из которых имеет уникальные характеристики, влияющие на её поведение в атмосфере, дальность переноса и возможности осаждения на подстилающую поверхность. Элементарная ртуть (Hg⁰) является наиболее распространенной

(>98%) и стабильной формой ртути в атмосфере, время жизни которой достигает одного года и более [Streets et al., 2017]. Благодаря своей устойчивости, она способна транспортироваться на значительные расстояния, что приводит к глобальному распространению загрязнения ртутью [AMAP/UN Environment, 2019]. Реактивная газообразная форма ртути (RGM) и ртуть, сорбированная на твердых частицах (Hg_p) обычно образуются вблизи источников выбросов, они менее устойчивы в атмосфере (от нескольких часов до нескольких дней) и воздействуют на окружающую среду на региональном и локальном уровнях [Holmes et al., 2010; Driscoll et al., 2013]. Поступле-

ние ртути из атмосферы на подстилающую поверхность происходит вследствие сухого и влажного осаждения. Снег, являясь концентратом загрязняющих веществ, позволяет оценить атмосферное загрязнение в течение зимнего периода – от момента образования устойчивого снежного покрова до начала периода таяния.

Материалы и методы

Город Барнаул, административный центр Алтайского края, расположен на южном берегу р. Обь на Западной Сибирской равнине. Для города характерен умеренно-континентальный климат с морозной, умеренно-суровой среднеснежной зимой и достаточно теплым летом [Харламова, 2013]. Холодный период года имеет значительную продолжительность – около 5 месяцев с ноября по март, в течение которых средняя месячная температура воздуха не превышает 0°C . В изученный период образование устойчивого снежного

покрова отмечалось 16 ноября 2022 г. Максимальный снегозапас установился в конце февраля 2023 г., пробы снежного покрова были отобраны 28 февраля 2023 г. на территории ИВЭП СО РАН (рис. 1).

Эта стационарная мониторинговая точка отбора находится в черте города Барнаула и характеризуется смешанным типом загрязнения – как от транспорта, так и от частного сектора.

Отбор снежного покрова был выполнен сотрудниками ХАЦ ИВЭП СО РАН с использованием модернизированного снегоотборника, изготовленного на основе послыного снегоотборника с прямоугольным сечением Тентюкова М.П. [Тентюков, 2014] (рис. 2). Параллельно были отобраны интегральная проба на всю глубину снегозалегания и керн снега для послыного анализа и для оценки изменчивости загрязнения ртутью в течение холодного периода 2022–2023 гг.



Рис. 1. Местоположение отбора проб
Fig. 1. Location of sampling point



Рис. 2. Отбор проб снежного покрова
Fig. 2. Sampling of snow cover

На месте отбора проб была измерена толщина снежного покрова и определены другие физические параметры.

Пробоподготовка включала в себя таяние снега в пластиковых контейнерах с соблюдением чистых условий и консервацию проб раствором монохлорида брома (BrCl). Определение ртути в пробах снежного покрова проводили в «чистой комнате» с использованием специально очищенных реактивов. Концентрации общей ртути в нефилтрованных пробах талой воды определяли методом атомной флуоресценции с использованием анализатора «Mercur DUO Plus» (Analytik Jena, Германия). Определение ртути и контроль качества осуществляли в соответствии с методом US EPA 1631e [US EPA Method., 2002]. Для градуировки использовали Государственные стандартные образцы (ГСО) состава водных растворов ионов ртути (II). Лабораторный предел обнаружения составлял 1 нг/л.

Результаты и обсуждение

На основе визуального изучения снега, было выделено пять слоев, физические характеристики которых приведены в таблице.

Концентрации ртути были определены как в интегральной пробе, так и в каждом визуально выделенном слое снега. Диапазон варьирования концентраций ртути в слоях снега – от 4.2 до 30.4 нг/л. Вертикальное распределение концентраций ртути в толще снежного покрова представлено на рисунке 3а. Анализ вертикального градиента содержания ртути в снежном покрове показал, что наиболее высокие концентрации обнаружены в верхних слоях. Первый сверху слой снежного покрова отличался максимальными концентрациями ртути (30.4 нг/л), что объясняется ее высоким содержанием в атмосферных осадках, выпавших с 23 по 27 февраля 2023 г. (37.6 нг/л).

Таблица

Физические характеристики снежного покрова

Table

Physical characteristics of snow cover

Характеристики № слоя	Высота, см	Масса, г	Объем, мл	Плотность, г/см ³	Количество осадков, мм в.э.	Структура снега
1	1	525	510	0.44	4	ледяная корка, сверху свежавывающий снег
2	6	575	560	0.24	14	рыхлый, мелко-кристаллический с ледяными вкраплениями
3	10	1165	1130	0.29	29	крупнокристаллический, с ледяной коркой
4	15	1550	1530	0.26	39	рыхлый, средне-кристаллический
5	13	930	910	0.18	23	рассыпчатый, крупно-кристаллический
интегральная проба	48	4540	3110	0.24	113.5	рыхлый, с крупными ледяными корками

В период выпадения смешанных осадков наблюдались положительные температуры, которые сменились отрицательными, за счет чего образовалась ледяная корка, законсервировавшая ртуть, выше которой выпал метелевый слой. Отбор снежного покрова проводился 28.02.23 при отрицательной температуре и низком УФ-индексе, следовательно, реэмиссия ртути в атмосферу либо ее перераспределение между слоями были минимальными. Второй сверху слой снежного покрова с концентрацией ртути 14.3 нг/л находился между двумя ледяными корками, блокировавшими реэмиссию ртути в атмосферу. Наличие ледяной корки и слоев льда является диффузионным барьером и может препятствовать ее дальнейшему перераспределению.

В нижележащих слоях снежного покрова концентрации ртути меньше, поскольку они образованы большим количеством выпавших осадков. При долго идущих снегопадах содержание Нг в атмосфере умень-

шается, благодаря ее активной сорбции на снежинках. Наименьшая концентрация ртути (4.2 нг/л) выявлена в четвертом слое, содержащем треть от общего количества осадков, выпавших в течение зимнего периода. Ледяных корок между слоями не наблюдалось, т.е. не было препятствий для реэмиссии ртути из снега в атмосферу, что также способствовало снижению концентраций в нижележащих слоях. На рис 3а также приведены концентрация ртути в интегральной пробе снежного покрова и расчетная средневзвешенная концентрация, учитывающая вклад каждого слоя в общее содержание ртути в снежном покрове в зависимости от количества выпавших осадков.

Средневзвешенную концентрацию ртути (VWC) рассчитывали по формуле (1):

$$C_{VWC} = \frac{\sum_{(i=1)}^n (C_i \times q_{(i)})}{\sum_{(i=1)}^n q_i}, \quad (1)$$

где C_{VWC} – средневзвешенная концентрация ртути в снежном покрове,

нг/л; C_i – концентрация ртути в i -й пробе (нг/л); q_i – количество осадков в i -й пробе снежного покрова (мм в. э.); n – количество i -тых проб снежного покрова.

Концентрация ртути в интегральной пробе снега составила 10.1 ± 1.2 нг/л, а рассчитанная средневзвешенная концентрация ртути – 9.8 нг/л, что показало хорошую сопоставимость результатов даже с учетом некоторой неравномерности распределения снежного покрова. Таким образом, результаты показали, что в случае низких концентраций и незначительного их варьирования в течение зимнего периода расчетная средневзвешенная величина практически совпадает с интегральной концентрацией (рис. 3а).

Для оценки поступления загрязняющих веществ на подстилающую поверхность рассчитывают их потоки осаждения. Потоки осаждения ртути были рассчитаны по формуле (2) для каждого слоя:

$$F_i = C_i \times q_i, \quad (2)$$

где F_i – поток осаждения для i -го слоя (мкг/м²); C_i – концентрация ртути в i -й пробе (мкг/л); q_i – количество осадков в i -м слое снежного покрова (мм в. э.)

Анализ вертикального распределения потоков ртути в слоях снега (рис. 3б) показал, что поток ртути, выпавший с первым слоем, несмотря на высокие концентрации ртути в нем, минимален, так как вклад данного слоя в общее выпадение по количеству осадков составлял всего 3.5%.

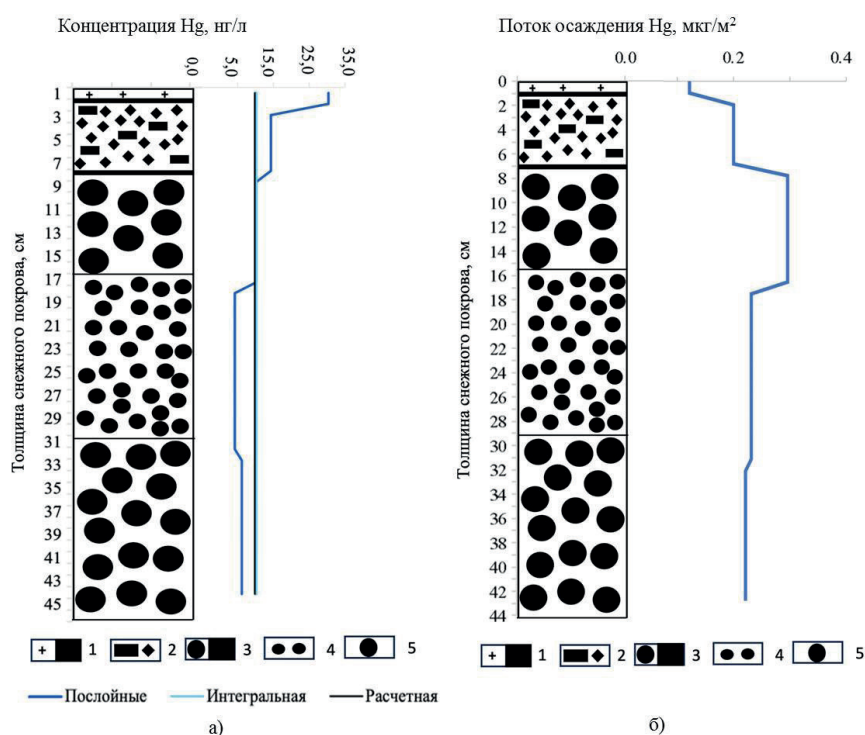


Рис. 3. Вертикальное распределение концентраций (3а) и потоков (3б) ртути в толще снежного покрова, сформированного на подстилающей поверхности почвы

(1 – свежесыпавший снег с ледяной коркой, 2 – мелкозернистый снег с ледяными включениями, 3 – крупнозернистый снег с ледяной коркой, 4 – среднезернистый снег, 5 – крупнозернистый снег)

Fig. 3. Vertical distribution of Hg concentrations (3a) and fluxes (3b) in the snow cover formed on the underlying soil surface

(1 – freshly fallen snow with an ice crust, 2 – fine-grained snow with ice inclusions, 3 – coarse-grained snow with an ice crust, 4 – medium-grained snow, 5 – coarse-grained snow)

Наибольшим потоком выпадения ртути характеризовался третий слой, концентрация ртути в котором была на уровне концентрации Hg в интегральной пробе снега, при этом вклад данного слоя по количеству осадков составил четверть от общего количества, за счет чего поток ртути, относящийся к этому слою, наибольший. Потоки ртути, выпавшие с остальными слоями, примерно одинаковы (около 0.2 мкг/м²). Содержание ртути во втором слое выше, чем в четвертом и пятом, но при этом он характеризовался меньшим количеством выпавших осадков, тогда как в четвертом и пятом слоях концентрации ртути были ниже при большем объеме выпавших осадков. Таким образом, высокие концентрации ртути в отдельных слоях не оказывают значительного влияния при их малом вкладе в общее количество осадков, а осадки с низкими концентрациями могут вносить существенный вклад за счет большого объема выпадения. Общий поток выпадения ртути за зимний период 2022–2023 гг., рассчитанный как сумма по-

токов ртути, поступивших с каждым слоем, составил 1.07 мкг/м². Тогда как общий поток выпадения ртути за зимний период 2022–2023 гг., рассчитанный на основе ее концентрации в интегральной пробе снежного покрова, и общего количества осадков, выпавших за исследуемый период, составил 1.15 мкг/м².

Сравнение концентраций ртути в интегральных пробах снежного покрова, отобранных в мониторинговой точке наблюдения на территории ИВЭП СО РАН в течение последних 4 лет, показало, что межгодовые различия концентраций ртути не превышают 25% (рис 4).

Сравнение потоков ртути, поступивших на изучаемую территорию в течение холодных периодов последних 4 лет, демонстрирует существенные межгодовые различия (рис. 5), которые определяются, прежде всего, разницей в количестве осадков, выпавших за зимний период. Коэффициент корреляции между потоками ртути и количеством выпавших осадков составил 0.92.

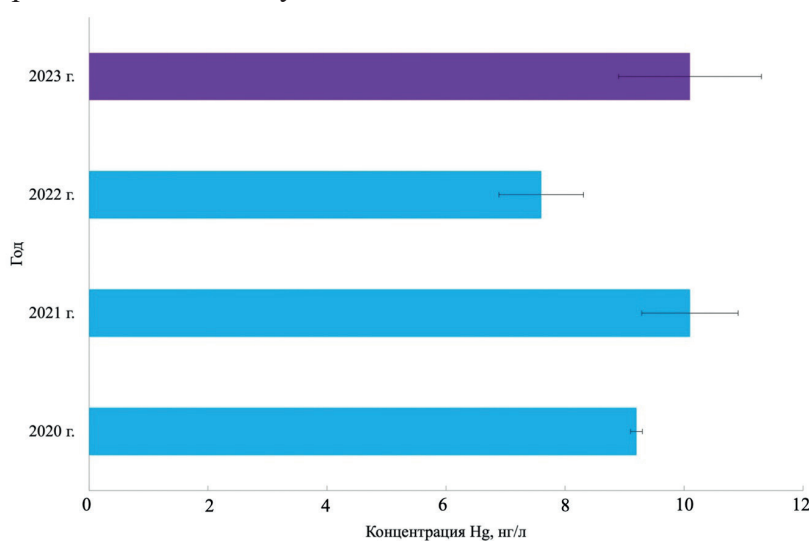


Рис. 4. Сравнение концентраций ртути в интегральных пробах снежного покрова, отобранных на территории ИВЭП СО РАН в 2020–2023 гг.

Fig. 4. Comparison of mercury concentrations in integral snow samples collected on the territory of IWEP SB RAS in 2020–2023

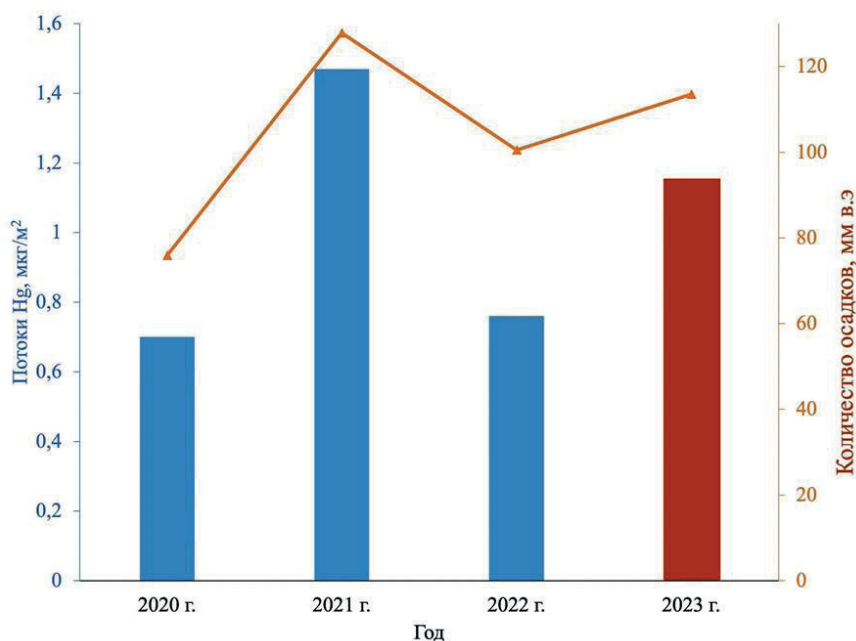


Рис. 5. Сравнение потоков осаждения ртути и соответствующего количества атмосферных осадков, выпавших на территорию ИВЭП СО РАН за зимние периоды 2020–2023 гг.

Fig. 5. Comparison of mercury fluxes and corresponding amounts of atmospheric precipitation deposited on the territory of the IWEP SB RAS during cold periods 2020–2023

Заклучение

Концентрации ртути в слоях снежного покрова, сформированных за зимний период 2022–23 гг., изменялись от 4.2 до 30.4 нг/л, при этом средневзвешенная концентрация Hg составила 9.8 нг/л. Анализ послойных и интегральных проб снежного покрова выявил, что в случае низких концентраций ртути и незначительного их варьирования в течение зимнего периода, расчетная средневзвешенная концентрация ртути, учитывающая вклад каждого слоя, практически совпадает с интегральной концентрацией. Общий поток выпадения

ртути на изучаемую территорию за зимний период 2022–2023 гг. составил 1.15 $\mu\text{g}/\text{m}^2$. Сравнение уровней содержания и потоков ртути за последние 4 года показало, что межгодовые различия концентраций ртути в снежном покрове не превышали 25%, тогда как годовые потоки ее осаждения отличались в 1.5–2 раза. Значительные межгодовые различия обусловлены, прежде всего, разницей в количестве осадков, выпавших за зимний период, что подтверждается высоким коэффициентом корреляции (0.92) между потоками ртути и соответствующим количеством осадков.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект «Оценка сезонных особенностей атмосферного поступления и последующего распределения загрязняющих веществ на водосборной площади ключевых участков бассейна Оби в зависимости от природно-климатических условий»).

Список литературы

Тентюков М.П. Послойный снегоотборник с прямоугольным сечением // Лед и снег. 2014. Т. 54, № 1. С. 81–85. doi:10.15356/2076-6734-2014-1-81-84

Харламова Н.Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула: монография. Барнаул: Изд-во АлтГУ. 2013. 132 с. URL: <http://elibrary.asu.ru/handle/asu/153>. (дата обращения: 05.06.2024).

AMAP/UN Environment. Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2018. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, Norway/UN Environment Programme, Chemicals and Health Branch, Geneva, Switzerland. 2019. 426 p. URL: <https://www.unep.org/globalmercurypartnership/resources/report/technical-background-report-global-mercury-assessment-2018> (accessed: 06.08.2024).

Driscoll C.T., Mason R.P., Chan H.M., Jacob D.J., Pirrone N. Mercury as a global pollutant: sources, pathways, and effects // Environ. Sci. Technol. 2013. Vol. 47(10). P. 4967–4983. doi: 10.1021/es305071v

Holmes C.D., Jacob D.J., Corbitt E.S., Mao J., Yang X., Talbot R., Slemr F. Global atmospheric model for mercury including oxidation by bromine atoms // Atmospheric Chemistry and Physics. 2010. Vol. 10(24). P. 12037–12057. doi: 10.5194/acp-10-12037-2010

Streets D.G., Horowitz H.M., Jacob D.J., Lu Z., Levin L., Ter Schure A.F.H., Sunderland E.M. Global and regional trends in mercury emissions and concentrations // Atmospheric Environment. 2017. Vol. 201. P. 417–427. doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.12.031

UNEP Minamata Convention on Mercury: text and annexes. UNEP. 2013. 67 p. URL: <https://digitallibrary.un.org/record/758711/files/MinamataConventiontextEn.pdf> (accessed: 03.05.2024).

US EPA Method 1631, Revision E: Mercury in Water by Oxidation, Purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry // U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Science and Technology, Engineering and Analysis Division. Washington, 2002. 46 p. URL: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockkey=P1008IW8.txt> (accessed: 15.05.2024).

References

Tentyukov M.P. Poslojnyj snegootbornik s pryamougol'nyy secheniem [Device with rectangular section for layer-by-layer snow sampling] // Led i снег [Ice and snow]. 2014. 54 (1). P. 81–85. doi: 10.15356/2076-6734-2014-1-81-84

Kharlamova N.F. Klimat i sezonnaya ritmika prirody Barnaula: monografiya [Climate and seasonal rhythms of Barnaul nature: monograph]. Barnaul: Altai State University Publishing House. 2013. 132 p. URL: <http://elibrary.asu.ru/handle/asu/153> (accessed: 05.06.2024).

AMAP/UN Environment. Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2018. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, Norway/UN Environment Programme, Chemicals and Health Branch, Geneva, Switzerland. 2019. 426 p. URL: <https://www.unep.org/globalmercurypartnership/resources/report/technical-background-report-global-mercury-assessment-2018>

www.unep.org/globalmercurypartnership/resources/report/technical-background-report-global-mercury-assessment-2018 (accessed: 06.08.2024).

Driscoll C.T., Mason R.P., Chan H.M., Jacob D.J., Pirrone N. Mercury as a global pollutant: sources, pathways, and effects // Environ. Sci. Technol. 2013. Vol. 47(10). P. 4967–4983. doi: 10.1021/es305071v

Holmes C.D., Jacob D.J., Corbitt E.S., Mao J., Yang X., Talbot R., Slemr F. Global atmospheric model for mercury including oxidation by bromine atoms // Atmospheric Chemistry and Physics. 2010. Vol. 10(24). P. 12037–12057. doi: 10.5194/acp-10-12037-2010

Streets D.G., Horowitz H.M., Jacob D.J., Lu Z., Levin L., Ter Schure A.F.H., Sunderland E.M. Global and regional trends in mercury emissions and concentrations // Atmospheric Environment. 2017. Vol. 201. P. 417–427. doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.12.031

UNEP Minamata Convention on Mercury: text and annexes. UNEP. 2013. 67 p. URL: <https://digitallibrary.un.org/record/758711/files/MinamataConventiontextEn.pdf> (accessed: 03.05.2024).

US EPA Method 1631, Revision E: Mercury in Water by Oxidation, Purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry // U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Science and Technology, Engineering and Analysis Division. Washington, 2002. 46 p. URL: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P1008IW8.txt> (accessed: 15.05.2024).

MERCURY DISTRIBUTION IN THE LAYERS OF SNOW COVER AND FLUXES DEPOSITED IN THE TERRITORY OF BARNaul

S.S. Eyrikh, A.S. Gubkina

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,

E-mail: steyrikh@gmail.com, gubkinaalina036@gmail.com

The assessment of the mercury pollution level in Barnaul during the cold period of 2022–2023 was carried out based on the analysis of snow layers and integral snow samples, collected on the territory of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. The volume-weighted total mercury concentration (VWC) was 9.8 ng/l, and the range of its variation in the layers of the snow cover was 4.2–30.4 ng/l. The results showed that the calculated VWC, taking into account the contribution of each snow layer, coincides with the Hg concentration in the integral snow sample. The Hg flux deposited on the studied territory during the winter period was 1.15 µg/m². The differences between the integral mercury concentrations in the snow cover over the past 4 years did not exceed 25%, while the annual Hg fluxes differed by 1.5–2 times, primarily due to a significant differences in the amount of precipitation in winter. This is confirmed by the high correlation coefficient between mercury fluxes and the corresponding amount of precipitation (0.92).

Keywords: mercury; snow cover; integral sample; volume-weighted concentration; deposition fluxes; urban area.

Received October 17, 2024. Accepted: November 8, 2024

Сведения об авторах

Эйрих Стелла Сергеевна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0001-9346-2068. E-mail: steyrikh@gmail.com.

Губкина Алина Сергеевна – лаборант Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0009-0002-9288-0596. E-mail: gubkinaalina036@gmail.com.

Information about the authors

Eyrikh Stella Sergeevna – PhD in Chemistry, senior researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodezhnaya St., 656038, Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0001-9346-2068. E-mail: steyrikh@gmail.com.

Gubkina Alina Sergeevna – laboratory assistant of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodezhnaya St., 656038, Barnaul, Russia. ORCID: 0009-0002-9288-0596. E-mail: gubkinaalina036@gmail.com.

Раздел 3

Section 3

УДК 383.483

ТУРИЗМ. СЕРВИС

TOURISM. SERVICE

**ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СТЕПНЫХ
МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

А.А. Корецкая

Алтайский государственный университет, Барнаул,

E-mail: alesja-koreckaja@rambler.ru

В статье представлена методика балльной оценки туристско-рекреационного потенциала, которая была апробирована на территории муниципальных районов Алтайского края, расположенных в пределах Кулундинской равнины. Для выявления точек роста нереализованного туристско-рекреационного потенциала на основании полученных данных проведен анализ его текущего использования в исследуемых районах, построены карты-схемы. Проведено сопоставление полученных результатов с актуальными статистическими данными. Определены наиболее развитые и перспективные виды туризма на территории, а также выявлены муниципальные районы с высоким туристско-рекреационным потенциалом.

Ключевые слова: туризм; туристско-рекреационный потенциал; степные зоны; Алтайский край; балльная оценка территорий.

DOI: 10.24412/2410-1192-2024-17505

Дата поступления: 30.09.2024. Принята к печати: 16.12.2024

Ввиду современной тенденции существенного повышения спроса на внутренний туризм в России, можно отметить, что существующий рынок не способен своевременно адаптироваться и обеспечить соответствующий объем и качество предложений, рост предложения на рынке не успевает за спросом. [Сарбитова, Чистик, 2017; Туризм, 2024]. Возможности развития рынка внутреннего туризма, в свою очередь, определяются туристско-рекреационным потенциалом территории.

В рамках данного исследования под туристско-рекреационным потенциалом понимается совокупность соответствующих ресурсов и возможностей их использования для осуществления и развития туризма

на той или иной территории [Кузнецова, Сеницына, 2016].

Одним из активно растущих центров внутреннего туризма является Алтайский край [Черданцева, 2024], на территории которого в связи с наличием уникальных природных ландшафтов (солёных озёр, живописных горных ландшафтов и др.) [Алексеева, Егорова, 2016] в течение длительного времени развивается туристический кластер.

Туристско-рекреационный потенциал территории Алтайского края рассматривался ранее в работах таких исследователей, как С.В. Харламов и Н.Ф. Харламова [Туристическое..., 2017], А.Ю. Репницына [2020], В.В. Скоринова, С.А. Саакян [Реп-

ницына, Саакян, 2020], Ю.Н. Ложкова и Е.С. Знаменская [Ложкова и др., 2017], В.В. Скоринова [2017] и др.

Среди популярных туристических направлений в Алтайском крае, имеющих значительный потенциал к развитию, стоит отметить муниципальные районы Алтайского края, расположенные в пределах Кулундинской равнины, в которых находится большое количество уникальных соленых и пресных степных озер.

Туристско-рекреационный потенциал территорий Кулундинской равнины ранее оценивался Д.А. Дириным, Е.П. Крупочкиным, Е.В. Рыгаловым [Дирин и др., 2017], Е.В. Мардасовой, Ю.В. Козыревой [Мардасова, Козырева, 2018] и др.

При этом, туристический поток в данных районах неравномерен, а проводимые ранее оценки в некоторой степени утратили свою актуальность в текущих социально-экономических и политических условиях. В связи с этим, для выявления точек роста нереализованного туристско-рекреационного потенциала необходимо проведение комплексной оценки территории.

В данном исследовании рассматриваются муниципальные районы Алтайского края, расположенные в пределах Кулундинской равнины, обладающие высокой аттрактивностью уникальных природных объектов [Козырева, 2018], а именно большим количеством уникальных соленых и пресных степных озер. Таким образом, была проведена оценка таких муниципальных районов как: Благовещенский, Бурлинский, Завьяловский, Ключевский, Кулундинский, Немецкий национальный район, Родинский, Романовский, Табунский, Хабарский, муниципальный округ Славгород [Борзилов, 2014]. Выбор ад-

министративных границ для проведения оценки обусловлен, прежде всего, тем, что муниципальные районы являются основными структурными единицами управления землепользованием.

Цель текущего исследования – проведение оценки туристско-рекреационного потенциала исследуемой территории и определение ограничений использования туристско-рекреационного потенциала муниципальных районов Алтайского края, расположенных в пределах Кулундинской равнины.

Материалы и методы

Разработанная и адаптированная к степной зоне методика настоящего исследования основана на методических подходах, предложенных Ю.А. Худеньких [Худеньких, 2006] (шкала баллов), также исследователями Алтайского государственного университета Д.А. Дириным [Дирин и др., 2014], Е.П. Крупочкиным, Е.В. Рыгаловым и др. [Дирин и др., 2017].

При выборе методики автор ориентировался на социально-экологическую специфику выбранной территории исследования.

Система показателей оценки основывается на методике, представленной в исследовании Д.А. Дирина, Е.П. Крупочкина и Е.И. Голядкиной [Дирин и др., 2014]. Данная методика также применялась в других регионах России при оценке туристско-рекреационного потенциала муниципальных районов [Комплексная оценка, 2024].

Показатели и критерии оценки туристско-рекреационного потенциала рассматриваемых районов представлены в таблице [Дирин и др., 2017].

Таблица

Методика оценки туристско-рекреационного потенциала муниципальных районов

Table

Methodology for assessing the tourist and recreational potential of municipal districts

Название блока	Шкала оценки в баллах		
	0 (низкий)	1 (средний)	2 (повышенный)
<i>Физико-географический</i>			
Продолжительность солнечного сияния (часов в год)	Менее 1700	1700-1800	1900 и более
Средняя температура января, °С	-25 и ниже	-19... -24	-9 ...-18
Средняя температура июля, °С	11–15	16–19	20–25
Кол-во водных объектов, пригодных для купания, ед.	1	2	>3
Продолжительность купального сезона со средней температурой воды $\geq 18^{\circ}\text{C}$, (кол-во дней)	30	30–40	> 40
<i>Экономико-инфраструктурный</i>			
Кол-во объектов размещения, ед.	1	2–5	> 5
Наличие объектов лечебно-оздоровительного туризма (медицинские центры и др.), ед.	Отсутств.	Вместимостью до 20 чел.	Вместимость > 20 чел.
Кол-во объектов спортивного туризма и досуга (ед.)	Отсутств.	Более 1	> 2
Обеспеченность предприятиями питания (кол-во, ед.)	1	Более 5	> 10
Удалённость от краевой столицы (г. Барнаула), км	300–400 и более	200-300	Менее 200
Преобладание типа транспортной сети	Проселочная или грунтовая дорога	Дорога с тверд. покрытием; грунтовая дорога	Железная дорога; автодорога федерального значения
Железнодорожные и автовокзалы	Отсутств.	1	>1
Оборудованные маршруты туристских походов	Отсутств.	1–2	> 2
Кол-во пунктов торговли, ед.	1–2	Более 2	Наличие магазина торговой сети
Среднесписочная численность работников в сфере услуг, чел.	1–100	100–200	> 200
Кол-во объектов розничной торговли, ед.	1–20	20–100	> 100
<i>Социокультурный</i>			
Наличие памятников истории и археологии, объектов культурного наследия	Отсутств.	Местного значения	Регионального и федерального значения
Количество памятников архитектуры и градостроительных памятников	Отсутств.	Местного значения	Регионального и федерального значения
Количество объектов культурного и развлекательного досуга (музеи, театры, концертные залы и др.)	Отсутств.	1	>1
Количество центров традиционной национальной культуры, ед.	Отсутств.	1	> 1
<i>Эколого-ландшафтный</i>			
Частота встречаемости минеральных источников (в каждом районе), ед.	Отсутств.	1	>1
ООПТ (заказники, заповедники) в пределах района (площадь покрытия, %)	Отсутств.	До 10%	>10%
Опасные для туристов виды фаунистических ресурсов (мошка, комары, змеи и др.), кол-во видов.	Более 3	1–2	1
Видовое ландшафтное разнообразие района (провинции), ед.	1	2	> 2
Количество источников грязелечения, ед.	Отсутств.	1	> 1
Количество видов животных, занесенных в Красную книгу Алтайского края и России, ед.	Отсутств.	1	> 1
Количество памятников природы, уникальных природных объектов, ед.	Отсутств.	1	>1
Количество охотничьих и промысловых видов животных, ед.	Отсутств.	1	>1
Индекс загрязненности атмосферного воздуха (ИЗА)	Высокий и очень высокий	Повышенный	Низкий
Стадии рекреационной дигрессии приравненных зон	IV–V	II–III	I

Максимально возможный балл – 50, минимальный – 0.

Исходные данные для исследования включают в себя информацию Росстата, результаты исследований С.В. Харламова [Харламов, 2017], О.С. Борзилова [Борзилов, 2014] и др.

Методика балльной оценки применена для вышеперечисленных районов с целью оценки туристско-рекреационного потенциала исследуемой территории, как суммы баллов выбранных показателей оценки туристско-рекреационного потенциала.

Полученные результаты были использованы для создания карт-схем туристско-рекреационного потенциала территории. Карты-схемы построены с использованием программного пакета ArcGIS 10. Для построения карт полученные данные были классифицированы методом естественных границ.

Результаты и обсуждение

В результате проведения оценки было выявлено, что на исследуемой территории

наибольшим туристско-рекреационным потенциалом обладают такие муниципальные районы как Славгородский ГО, Благовещенский, Романовский, Завьяловский.

Кроме того, показатель числа ночевок в коллективных средствах размещения был сравнен с суммарными значениями проведенной оценки. Сравнение проведено с целью выявления тех районов, в которых был выявлен высокий туристско-рекреационный потенциал, но в настоящее время он не используется (рис. 1).

Как видно на диаграмме, не во всех исследуемых районах туристско-рекреационный потенциал используется в полной мере: при наличии значительного потенциала, по результатам проведенной оценки, фактическое количество ночевок в коллективных средствах размещения за год может не отражать полученные результаты. При этом, существенно реализуется туристско-рекреационный потенциал в Славгородском ГО, Романовском и Завьяловском районах.



Рис. 1. Соотношение туристско-рекреационного потенциала и показателя числа ночевок в коллективных средствах размещения по муниципальным районам
 Fig. 1. The ratio of tourist and recreational potential and the indicator of the number of overnight stays in collective accommodation facilities in municipal districts

Физико-географический блок оценки туристско-рекреационного потенциала представлен на рис. 2.

Относительно высокий показатель отмечается в Хабаровском муниципальном районе. Также стоит отметить, что физико-географические показатели на всей территории Кулундинской равнины имеют относительно высокие значения, кроме Родинского и Немецкого Национального муниципальных районов.

Негативным фактором, снижающим туристско-рекреационный потенциал территории Кулундинской равнины, является низкая средняя температура воздуха в зимний период, что обусловлено резко-континентальным климатом с широкой годовой

амплитудой температуры.

Экономико-инфраструктурный блок оценки туристско-рекреационного потенциала представлен на рис. 3.

Высокие показатели экономики и инфраструктуры отмечаются в Благовещенском и Завьяловском муниципальных районах, Славгородском ГО. Благовещенский район, несмотря на удаленность от краевого центра, имеет значительное количество объектов оздоровительного и спортивного туризма. На территории района реализуется существенное количество инвестиционных проектов в сфере туризма, направленных преимущественно на создание инфраструктуры оздоровительного туризма и мест размещения.

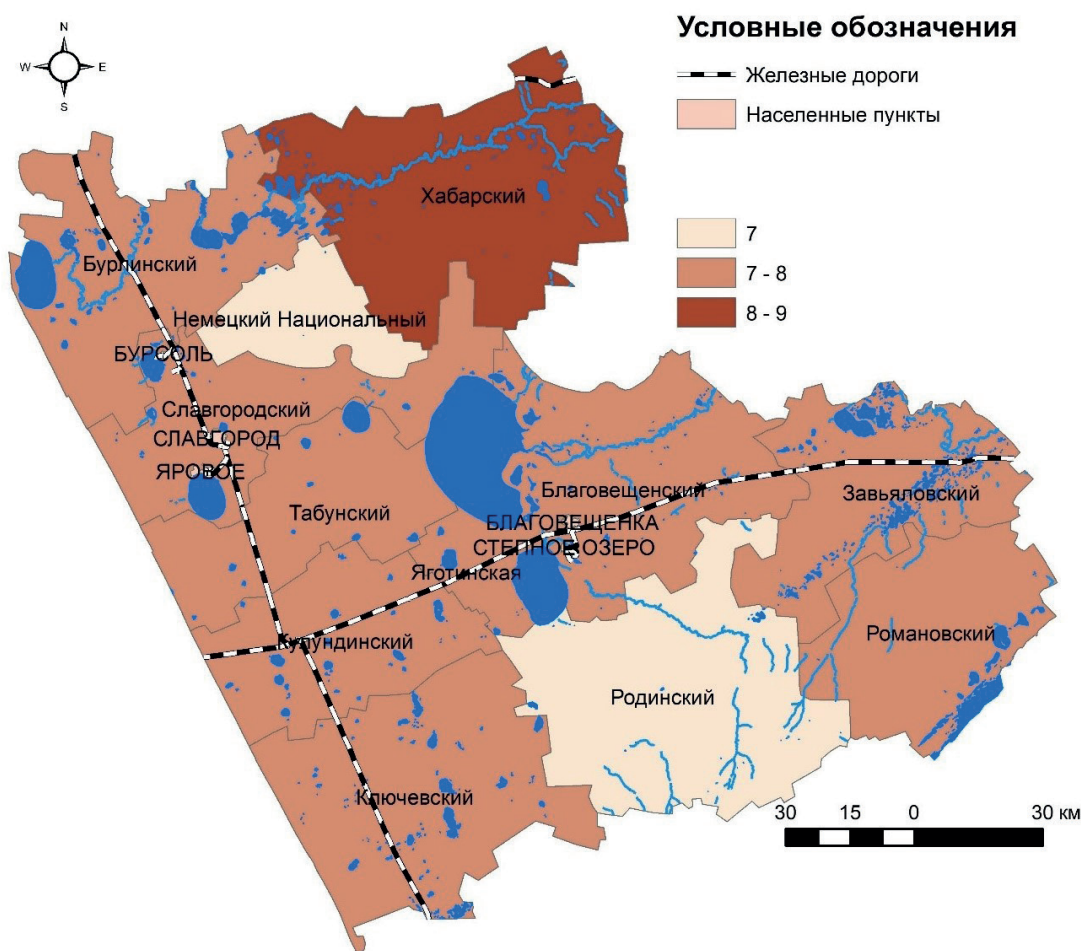


Рис. 2. Карта-схема результатов оценки физико-географических показателей, баллы
Fig. 2. Map-scheme of the results of the assessment of physical and geographical indicators, points

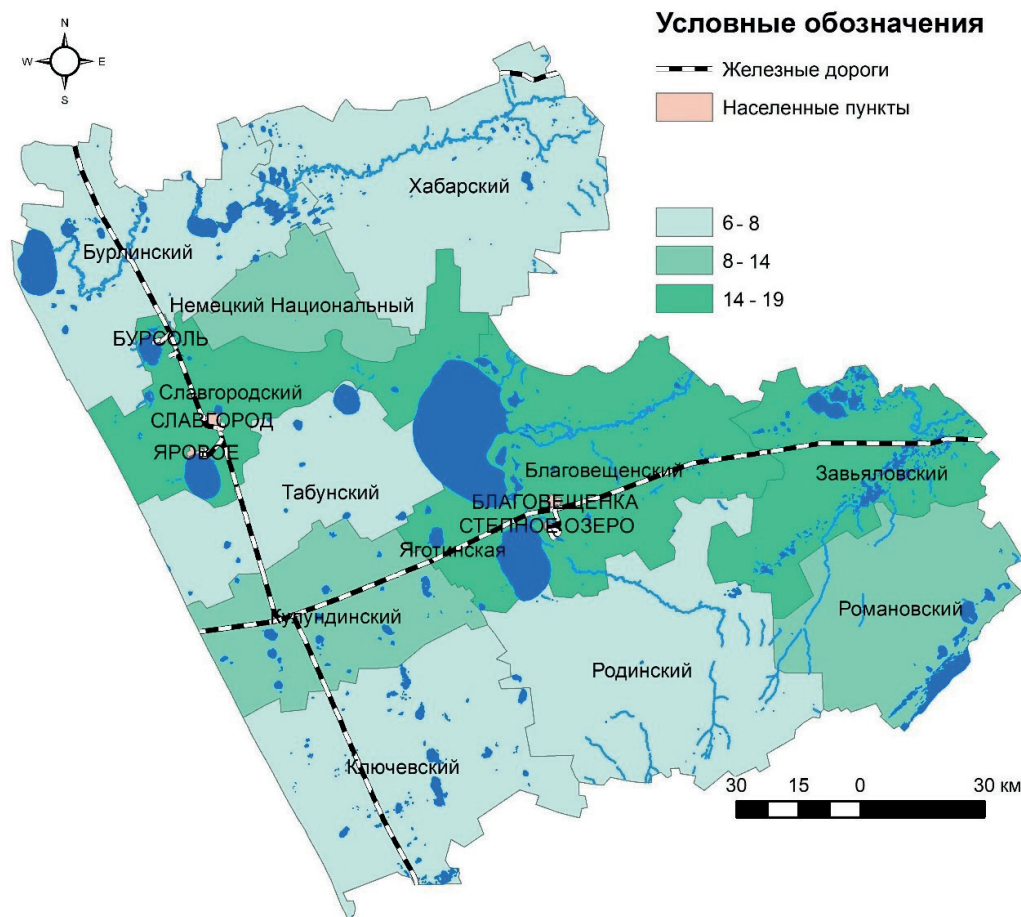


Рис. 3. Карта-схема результатов оценки экономико-инфраструктурных показателей, баллы
Fig. 3. Map-scheme of the results of the assessment of economic and infrastructure indicators, points

Центром туристическо-рекреационной деятельности городского округа Славгород является оз. Яровое, в окрестностях которого организована значительная инфраструктура, включая развлекательные и оздоровительные комплексы, оборудованные пляжи, пешеходные улицы, места питания и размещения. Помимо оз. Яровое в районе имеется оз. Бурлинское, также являющееся соленым и имеющим отличный розовый цвет воды [Стоящева и др., 2020].

Завьяловский район также обладает инфраструктурой вокруг соленых озер и источников минеральных вод, организованы места рыболовного туризма, грязелечения, ежегодно проводится значительное количество событийных мероприятий (фе-

стивалей) краевого значения.

Социокультурный блок оценки туристско-рекреационного потенциала муниципальных районов Кулундинской равнины представлен на рис. 4.

Наиболее высокие социокультурные показатели отмечаются в ГО Славгороде, Немском Национальном и Благовещенском районах, что связано с наличием и разнообразием в данных районах центров национальной культуры и др. Низкий потенциал по социокультурным показателям отмечается в Кулундинском и Ключевском районах.

Эколого-ландшафтный блок туристско-рекреационного потенциала представлен на рис. 5.

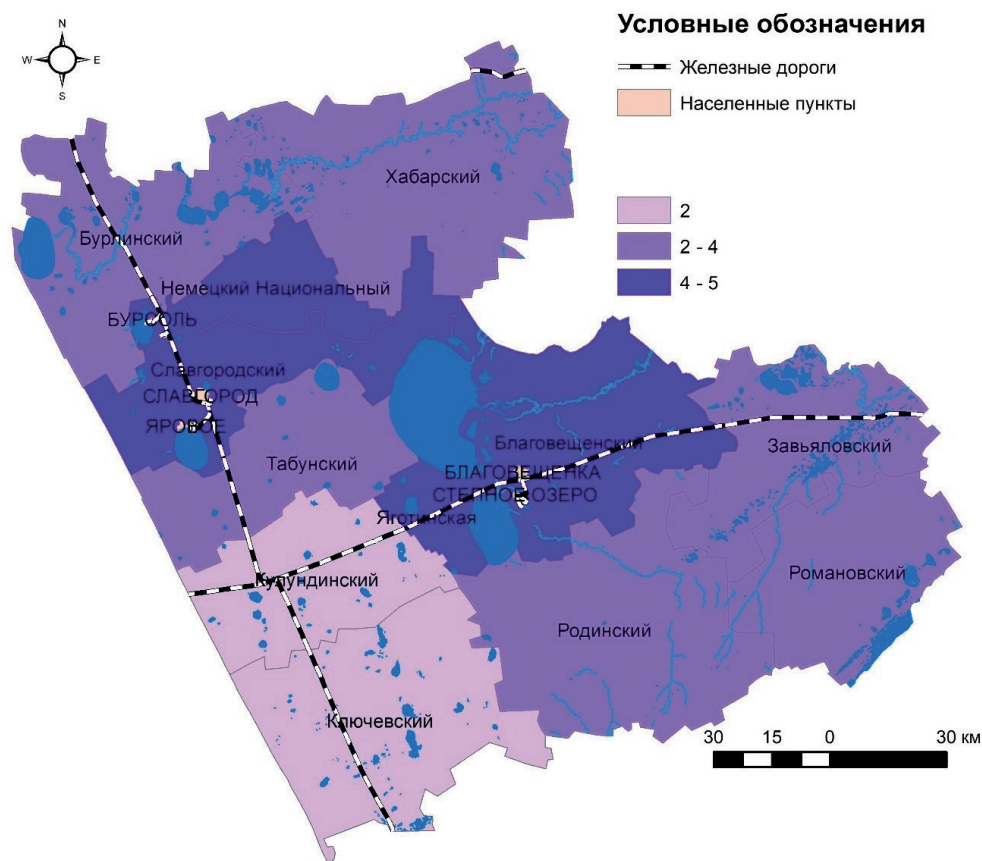


Рис. 4. Карта-схема результатов оценки социокультурных показателей, баллы
Fig. 4. Map-scheme of the results of the assessment of socio-cultural indicators, points

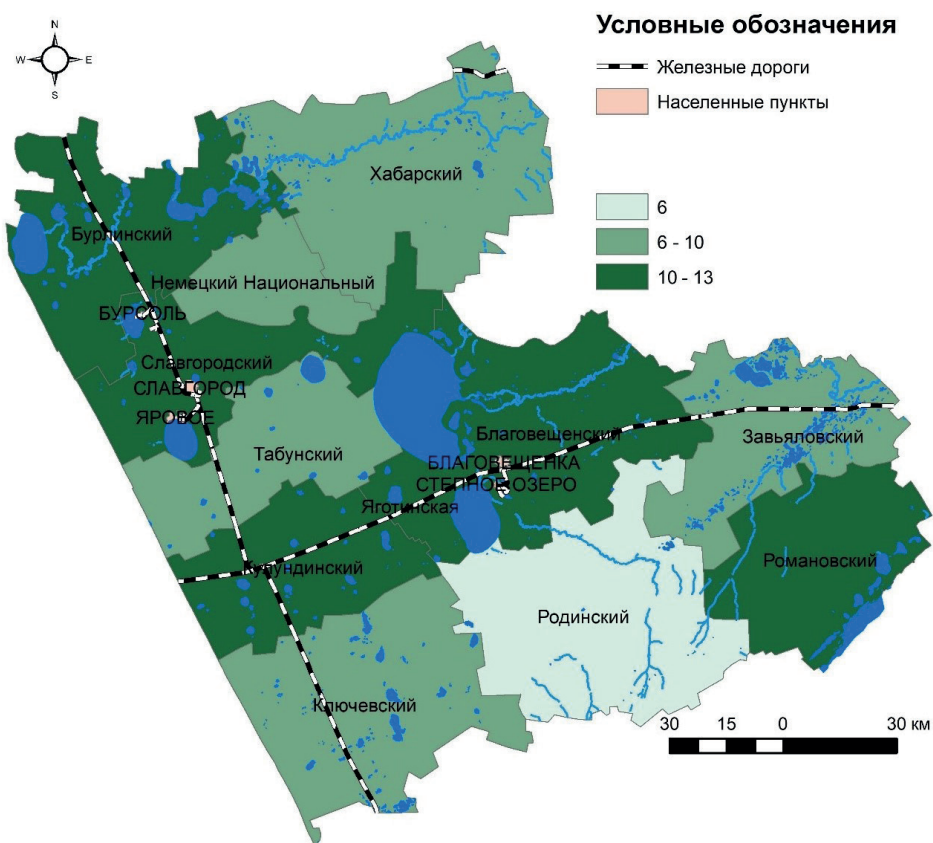


Рис. 5. Карта-схема результатов оценки эколого-ландшафтных показателей, баллы
Fig. 5. Map-scheme of the results of the assessment of ecological and landscape indicators, points

Наиболее высокие эколого-ландшафтные значения показателей отмечаются в таких муниципальных районах как: Благовещенский, Бурлинский, Романовский, Кулундинский, ГО Славгород.

Карта-схема совокупных результатов оценки туристско-рекреационного потенциала муниципальных районов Алтайского края, расположенных в пределах Кулундинской Равнины представлена на рис. 6.

По совокупным результатам оценки можно отметить, что все рассматриваемые районы имеют не менее 25 баллов из 50 возможных, что указывает на высокий туристско-рекреационный потенциал территории Кулундинской равнины в целом.

Нереализованный туристско-рекреационный потенциал можно отметить в Благовещенском районе, что обусловлено развитыми химической промышленностью и сельским хозяйством, а также удаленностью района от краевого центра. Кроме того, близкое расположение развитых туристических зон краевого значения также влияет на возможности обеспечения туристического потока ввиду естественной конкуренции (ГО Славгород, Завьяловский район).

Основообразующим фактором формирования туристического потока в исследуемых районах являются соленые озера, вокруг которых построена туристическая инфраструктура.

При этом, не везде организована соответствующая инфраструктура, как на оз. Яровое. Ярким примером является оз. Большое Топольное, однако, проблема реализации его туристско-рекреационного потенциала заключается в том, что уровень воды непостоянен и в отдельные годы

озеро может полностью пересыхать, также из-за стока р. Бурлы, озеро является сравнительно менее соленым. Еще одним фактором, снижающим рекреационную привлекательность данного водного объекта, являются его обрывистые берега.

Также в качестве одной из проблем реализации туристско-рекреационного потенциала данных районов следует отметить, что вокруг большинства водных объектов Кулундинской равнины отмечается высокая доля пахотных земель в структуре землепользования, что объясняется основным направлением экономической деятельности районов – животноводство и растениеводство.

Заключение

Результаты оценки позволяют сделать вывод о том, что наиболее развитое направление туристско-рекреационной деятельности в районе исследования связано с использованием водных объектов и прибрежных территорий.

Наиболее перспективными видами туризма в муниципальных районах Алтайского края, расположенных в пределах Кулундинской равнины с относительно высоким туристско-рекреационным потенциалом, выступают организованные охота и рыбалка, пляжный отдых.

Наибольшим туристско-рекреационным потенциалом на территории Кулундинской равнины Алтайского обла­да­ют такие муниципальные районы как: Славгород, Благовещенский, Романовский, Завьяловский. Потенциал в большей степени реализован только в Славгороде.

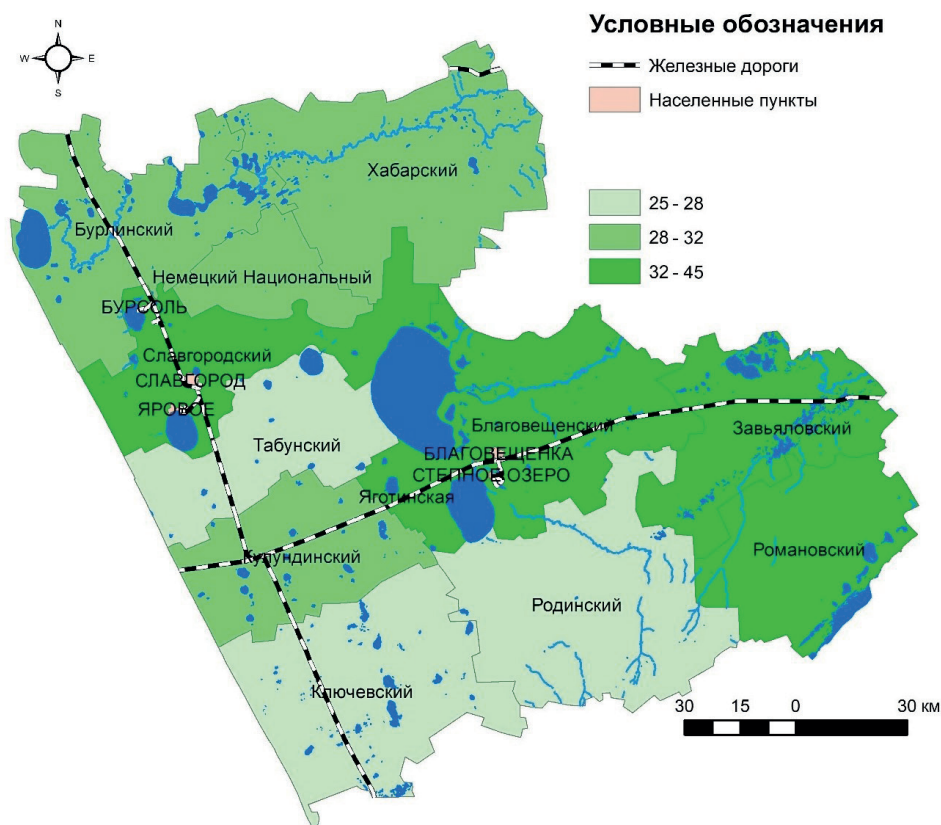


Рис. 6. Карта-схема результатов оценки туристско-рекреационного потенциала муниципальных районов, баллы

Fig. 6. Map-scheme of the results of the assessment of the tourist and recreational potential of the municipal districts, points

Выявлено, что не во всех районах данный потенциал используется в полной мере, в частности в Благовещенском районе. Нереализованный туристско-рекреационный потенциал территории Кулундинской равнины сдерживает экономическое, инфраструктурное, культурное и демографическое развитие муниципальных районов.

Для реализации потенциала ряда районов требуются существенные инвестиции в транспортную инфраструктуру, объекты общественного питания, благоустройство пляжного отдыха, мест размещения туристов, мест для кемпинга, рыбалки и др.

Ряд районов имеет сниженный туристско-рекреационный потенциал ввиду сравнительно невысоких значений физико-географических и эколого-ландшафтных

показателей в сравнении с близлежащими районами Кулундинской равнины, что снижает инвестиционную привлекательность территории.

Следует отметить, что ранее проводился ряд оценок туристско-рекреационного потенциала Кулундинской равнины в другом масштабе и с использованием несколько отличающегося набора показателей [Дирин и др., 2014; Дирин и др., 2017]. В предыдущем исследовании были получены выводы, схожие с теми, что получены автором в настоящей статье (наибольший туристско-рекреационный потенциал был также отмечен на участках территории Славгородского ГО, Благовещенского, За-

вьяловского, Романовского и Бурлинского районов).

Достоинством данного исследования является актуализация и обобщение информации по открытым источникам, определение

точек роста нереализованного на данный момент туристско-рекреационного потенциала, что позволяет использовать результаты для принятия управленческих решений в сфере развития внутреннего туризма.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interests.

Список литературы

Алексеева И.С., Егорова Е.А. Развитие экологического туризма в Алтайском крае // Проблемы и перспективы развития науки в России и мире: Сб. статей межд. научно-практической конференции (01 декабря 2016 г, Россия). Уфа, 2016. С. 203–204.

Борзилов О.С. Оценка ресурсов подземных вод для целей аграрно-индустриального развития Кулунды: Автореф дис... канд. с.-х. наук. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2014. 16 с.

Дирин Д.А., Крупочкин Е.П., Голядкина Е.И. Методика комплексной оценки туристско-рекреационного потенциала региона // География и природопользование Сибири. 2014. № 18. С. 64–78.

Дирин Д.А., Крупочкин Е.П., Рыгалов Е.В. Оценка туристско-рекреационного потенциала Кулундинской степи и подходы к территориальному планированию туризма // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2017. №. 1 (44). С. 5–14.

Козырева И.В. Физико-географические особенности Алтайского края как условие формирования объектов туристской инфраструктуры // Наука и туризм: стратегии взаимодействия. 2018. №. 9. С. 72–80.

Комплексная оценка туристско-рекреационных ресурсов Тюменской области и территориальное планирование индустрии туризма. Программа исследования. ТюмГУ / Тюменский государственный университет [Электронный ресурс]. URL: <https://www.utmn.ru/rffi-20-45-720014/research-program/research-methodology/?ysclid=m2zw6ja0ax634287625> (дата обращения: 30.10.2024).

Кузнецова Е.Г., Синицына А.Е. Туристско-рекреационный потенциал региона: сущность понятия и структура // Инновационные технологии в кооперативном образовательном процессе: Матер. межд. заочной научно-практической конференции (19 октября 2016 г., Россия). Саранск, 2016. С. 134–137.

Ложкова Ю.Н., Знаменская Е.С. Туристско-рекреационный потенциал Алтайского края // Экономика. Сервис. Туризм. Культура (ЭСТК-2017): Матер. XIX Международная научно-практическая конференция (3 июня 2017 г., Россия). Барнаул: АлтГТУ, 2017. С. 34.

Мардасова Е.В., Козырева Ю.В. Географический анализ туристско-рекреационного потенциала территории Бурлинского района Алтайского края // Современные тенденции пространственного развития и приоритеты общественной географии: Матер. Межд. на-

учной конференции в рамках IX Ежегодной научной ассамблеи Ассоциации российских географов-обществоведов (12–19 сентября 2018 г., Россия). Барнаул, 2018. С. 109–117.

Репницына А.Ю. Туристско-рекреационный потенциал Алтайского края // Азиатско-Тихоокеанский регион: история и современность-ХIII: Матер. Межд. научно-практической конференции молодых ученых (20 мая 2020 г., Россия). Улан-Удэ, 2020. С. 320–323.

Репницына А.Ю., Саакян С.А. Туристско-рекреационный потенциал Алтайского края и перспективы развития до 2035 года // Перспективы развития студенческого туризма: Сб. матер. V всероссийского студенческого туристского форума (23 октября 2020 г., Россия). Елец, 2020. С. 151–157.

Сарбитова И.Л., Чистик О.Ф. Туристско-рекреационный потенциал Российской Федерации: региональный аспект // Региональное развитие: электронный научно-практический журнал. 2017. №. 2 (20). URL: <https://regrazvitie.ru/turistsko-rekreatsionnyj-potentsial-rossijskoj-federatsii-regionalnyj-aspekt/>

Скоринова В.В. Туристско-рекреационный потенциал алтайского края как фактор устойчивого развития территории // Современные проблемы географии и геологии: к 100-летию открытия естественного отделения в ТГУ: Матер. IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (16–19 октября 2017 г., Россия). Томск, 2017. С. 185.

Стоящева Н.В., Головин А.В. Оценка рекреационного потенциала водных объектов на территории бассейна реки Бурла // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2020. №. 2. С. 14–21. doi: 10.17308/geo.2020.2/2880

Туризм / Росстат [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 20.09.2024).

Туристское регионоведение: районы Алтайского края / Ред. С.В. Харламов, Н.Ф. Харламова. Барнаул: АГИК, 2017. 195 с.

Худеньких Ю.А. Подходы к оценке туристского потенциала территории на примере районов Пермского края // География и туризм. 2006. С. 217–230.

Черданцева Е.В. К вопросу о туризме на охраняемых природных территориях // Актуальные исследования. 2024. №. 2 (184). С. 6–9. URL: <https://apni.ru/article/8067-k-voprosu-o-turizme-na-okhranyaemikh-prirodn>

References

Alekseeva I.S., Egorova E.A. Razvitie ekologicheskogo turizma v Altaiskom krae [Development of ecological tourism in the Altai region] // Problemy i perspektivy razvitiya nauki v Rossii i mire: Sb. statej mezhd. nauchno-prakticheskoy konferencii (01 dekabrya 2016 g, Rossiya) [Problems and prospects of development of science in Russia and the world: Proceed. of the Interdepartmental Scientific and Practical Conference (Dec. 01, 2016)]. Ufa, 2016. P. 203–204. (in Russian).

Borzilov O.S. Otsenka resursov podzemnykh vod dlya tselei agrarno-industrial'nogo razvi-

tiya Kulundy [Assessment of groundwater resources for the purposes of agro-industrial development of Kulunda]: Summary of PhD (Cand. of Agricultural Sciences.) thesis. Barnaul, 2014. 16 p. (in Russian).

Dirin D.A., Krupochkin E.P., Golyadkina E.I. Metodika kompleksnoi otsenki turistsko-rekreatsionnogo potentsiala regiona [Methodology for a comprehensive assessment of the tourist and recreational potential of a region] *Geografiya i prirodopol'zovanie Sibiri* [Geography and nature management of Siberia]. 2014. Vol. 18. P. 64–78. (in Russian).

Dirin D.A., Krupochkin E.P., Rygalov E.V. Otsenka turistsko-rekreatsionnogo potentsiala Kulundinskoi stepi i podkhody k territorial'nomu planirovaniyu turizma [Assessment of the tourism and recreational potential of the Kulunda steppe and approaches to territorial tourism planning] *Izvestiya Altaiskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva* [Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society]. 2017. Vol. 1 (44). P. 5–14. (in Russian).

Kozyreva I.V. Fiziko-geograficheskie osobennosti Altaiskogo kraia kak uslovie formirovaniya ob'ektov turistskoi infrastruktury [Physical and geographical features of the Altai Territory as a condition for the formation of tourist infrastructure facilities] // *Nauka i turizm: strategii vzaimodeistviya* [Science and tourism: interaction strategies]. 2018. No. 9. P. 72–80. (in Russian).

Kompleksnaya otsenka turistsko-rekreatsionnykh resursov Tyumenskoj oblasti i territorial'noe planirovanie industrii turizma». Programma issledovaniya. TyumGU [Comprehensive assessment of tourism and recreational resources of the Tyumen region and territorial planning of the tourism industry. Research program. Tyumen State University] / Tyumenskij gosudarstvennyj universitet [Tyumen State University]. URL: <https://www.utmn.ru/rffi-20-45-720014/research-program/research-methodology/?ysclid=m2zw6ja0ax634287625> (accessed: 30.10.2024). (in Russian).

Kuznetsova E.G., Sinitsyna A.E. Turistsko-rekreatsionnyi potentsial regiona: sushchnost' ponyatiya i struktura [Tourist and recreational potential of the region: the essence of the concept and structure]. *Innovatsionnye tekhnologii v kooperativnom obrazovatel'nom protsesse: Mater. mezhd. zaochnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (19 oktyabrya 2016 g., Rossiya)* [Innovative technologies in the cooperative educational process: Proceed. international extramural scientific-practical conference (Oct. 19, 2016)]. Saransk, 2016. P. 134–137. (in Russian).

Lozhkova Y.N., Znamenskaya E.S. Turistsko-rekreatsionnyi potentsial Altaiskogo kraia [Tourism and recreational potential of the Altai Territory] // *Ekonomika. Servis. Turizm. Kul'tura (ESTK-2017): Mater. XIX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya (3 iyunya 2017 g., Rossiya)* [Economy. Service. Tourism. Culture (ESTK-2017): Proceed. XIX International scientific and practical conference (July 3, 2017)]. Barnaul, 2017. P. 34. (in Russian).

Mardasova E.V., Kozyreva Y.V. Geograficheskii analiz turistsko-rekreatsionnogo potentsiala territorii Burlinskogo raiona Altaiskogo kraia [Geographical analysis of the tourist and recreational potential of the territory of the Burlin region of the Altai Territory] // *Sovremennye tendentsii prostranstvennogo razvitiya i priority obshchestvennoi geografii: Mater. Me-*

zhd. nauchnoj konferencii v ramkah IX Ezhegodnoj nauchnoj assamblei Associacii rossijskih geografov-obshchestvovedov (12–19 sentyabrya 2018 g., Rossiya) [Modern tendencies of transnational development and priorities of public geography: Proceed. Inter. scientific conference in the framework of the IX Annual Scientific Assembly of the Association of Russian Geographers-Social Sciences (Sept. 12–19, 2018)]. 2018. P. 109–117. (in Russian).

Repnitsyna A.Yu. Turistsko-rekreatsionnyi potentsial Altaiskogo kraya [Tourism and recreational potential of the Altai Territory] // Aziatsko-Tikhookeanskii region: istoriya i sovremennost'-XIII: Mater. Mezhd. nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenykh (20 maya 2020 g., Rossiya) [Asia-Pacific region: history and modernity-XIII: Proceed. International Scientific and Practical Conference of Young Scientists (May 20, 2020)]. Ulan-Ude, 2020. P. 320–323. (in Russian).

Repnitsyna A.Y., Saakyan S.A. Turistsko-rekreatsionnyi potentsial Altaiskogo kraya i perspektivy razvitiya do 2035 goda [Tourism and recreational potential of the Altai Territory and development prospects until 2035] // Perspektivy razvitiya studencheskogo turizma: Sb. mater. vserossijskogo studencheskogo turistskogo foruma (23 oktyabrya 2020 g., Rossiya) [Prospects for the development of student tourism: Proceed. maters. V All-Russian Student Tourism Forum (Oct. 23, 2020)]. Elec, 2020. P. 151–157. (in Russian).

Sarbitova I.L., Chistik O.F. Turistsko-rekreatsionnyi potentsial Rossiiskoi Federatsii: regional'nyi aspekt [Tourism and recreational potential of the Russian Federation: regional aspect]. Regional'noe razvitie: ehlektronnyi nauchno-prakticheskii zhurnal [Regional development: electronic scientific and practical journal]. 2017. no 2 (20). URL: <https://regrazvitie.ru/turistsko-rekreatsionnyj-potentsial-rossijskoj-federatsii-regionalnyj-aspekt/> (in Russian).

Skorinova V.V. Turistsko-rekreatsionnyi potentsial altaiskogo kraya kak faktor ustoichivogo razvitiya territorii [Tourism and recreational potential of the Altai Territory as a factor in sustainable development of the territory] // Sovremennye problemy geografii i geologii: k 100-letiyu otkrytiya estestvennogo otdeleniya v TGU: Mater. IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem (16–19 oktyabrya 2017 g., Rossiya) [Modern problems of geography and geology: to the 100th anniversary of the opening of the natural sciences department at TSU: Proceed. IV All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation (October 16–19, 2017)]. 2017. P. 185. (in Russian).

Stoyashcheva N.V., Golovin A.V. Otsenka rekreatsionnogo potentsiala vodnykh ob'ektov na territorii basseina reki Burla [Assessment of the recreational potential of water bodies in the territory of the Burla River basin] // Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya [Vestnik of VSU. Series: Geography. Geoecology]. 2020. no. 2. P. 14–21. doi: 10.17308/geo.2020.2/2880 (in Russian).

Turizm [Tourism] / Rosstat [Russian Federal State Statistics Service]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (accessed: 20.09.2024). (in Russian).

Turistskoe regionovedenie: raiony Altaiskogo kraya [Tourist regional studies: districts of Altai Krai: study guide] / Eds. S.V. Kharlamov, N.F. Kharlamova. Barnaul: AGIK, 2017. 195 p.

(in Russian).

Khuden'kikh Y.A. Podkhody k otsenke turistskogo potentsiala territorii na primere raionov Permskogo kraya [Approaches to assessing the tourist potential of a territory using the example of districts of the Perm region]. Geografiya i turizm [Geography and tourism]. 2006. P. 217–230. (in Russian).

Cherdantseva E.V. K voprosu o turizme na okhranyaemykh prirodnykh territoriyakh [On the issue of tourism in protected natural areas]//Aktual'nye issledovaniya [Current research]. 2024. no. 2 (184). P. 6–9. URL: <https://apni.ru/article/8067-k-voprosu-o-turizme-na-okhrany-aemikh-prirodn> (in Russian).

TOURIST AND RECREATIONAL POTENTIAL OF STEPPE MUNICIPAL AREAS OF ALTAI KRAI

A.A. Koretskaya

Altai State University, Barnaul,

E-mail: alesja-koreckaja@rambler.ru

The article presents a methodology for scoring the tourism and recreational potential, which was tested on the territory of municipal districts of the Altai Krai located within the Kulunda Plain. To identify growth points of unrealized tourism and recreational potential, based on the data obtained, an analysis of its current use in the studied areas was carried out, and maps and diagrams were constructed. A comparison of the obtained results with current statistical data was carried out. The most developed and promising types of tourism in the territory were determined, and municipal districts with high tourism and recreational potential were identified.

Keywords: tourism; tourism and recreational potential; steppe zones; Altai Krai; scoring of territories.

Received September 30, 2024. Accepted: December 16, 2024

Сведения об авторе

Корецкая Алеся Андреевна – доцент кафедры рекреационной географии, сервиса, туризма и гостеприимства Института географии ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет». Россия, 656049, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 61. ORCID: 0000-0001-8171-7756. E-mail: alesja-koreckaja@rambler.ru.

Information about the author

Koretskaya Alesya Andreevna – Associate Professor of the Department of Recreational Geography, Service, Tourism and Hospitality of the Institute of Geography of Altai State University. 61, Lenin Avenue, 656049, Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0001-8171-7756. E-mail: alesja-koreckaja@rambler.ru.

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ♦ PAGES OF HISTORY

УДК 323.329; 591; 595.733; 929

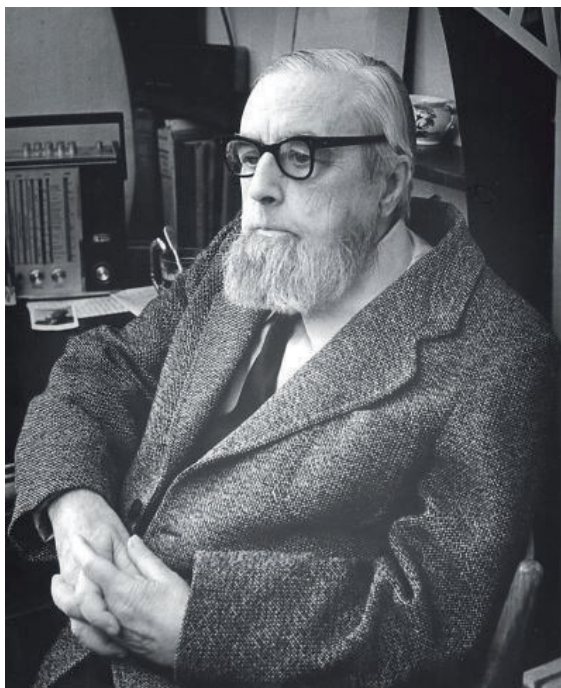
РОССИЙСКИЙ ОДОНАТОЛОГ Б.Ф. БЕЛЫШЕВ И ЕГО НАСЛЕДИЕ В КАНУН 115-ЛЕТИЯ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

О.Н. Попова

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск,

E-mail: popova-2012@yandex.ru

*В декабре 2025 г. исполняется 115 лет со дня рождения Бориса Фёдоровича Бельшева (13.12.1910–19.04.1993), удивительного человека, ученого с мировым именем, доктора биологических наук, зоолога, орнитолога, энтомолога-одонато-
га. Учился на биологических факультетах Томского (1927–1930) и Ленинградского (1930–1932) университетов. Был репрессирован по ложным доносам и получил 10 лет Воркутлага (1936–1946), в 1953 г. реабилитирован. Всю жизнь жил и работал в Сибири: с 1946 г. – на Алтайской противотуляремийной станции в Бийске, с 1953 г. – в Бийском краеведческом музее и Бийском педагогическом институте, с 1959 г. – в Восточно-Сибирском биологическом институте СО АН СССР в Иркутске, с 1967 и до 1992 г. – в Биологическом институте СО АН СССР в Новосибирске.*



Почётный член Алтайского отдела Географического общества СССР. Внёс выдающийся вклад в развитие одонтологии и основал российскую школу одонтологии с центром в Сибири, г. Новосибирске. Автор более 178 научных публикаций по стрекозам. Описал около 40 новых для науки видов и подвидов стрекоз. Собрал уникальную коллекцию стрекоз, насчитывающую 30 тысяч экземпляров.

*Ключевые слова: Б.Ф. Бельшев; биография; Сибирь; стрекозы; Алтай-
ское отделение Русского географического общества; российская одонтология.*

Фото 1. Борис Фёдорович Бельшев, декабрь 1992 г.

Фото А.Ю. Харитонova

Photo 1. Boris Fedorovich Belyshev, December 1992.

Photo by A.Yu. Haritonov

DOI:10.24412/2410-1192-2024-17506

Дата поступления: 18.10.2024

Принята к печати: 18.11.2024

История российской одонтологии XX века связана, прежде всего, с именами двух выдающихся ученых – Александра Николаевича Бартенева (1882–1946) и Бориса Фёдоровича Бельшева (1910–1993) (фото 1). Деятельность А.Н. Бартенева протекала в первой половине XX века, вторая половина столетия стала «бельшевским» периодом в России [Харитонов и др., 2007].

Борис Фёдорович Бельшев родился 13 декабря 1910 г. в Томске в интеллигентной и образованной семье. Отец, Фёдор Александрович Бельшев, был крупным ученым в области металлографии, преподавал в Томском технологическом институте. Дед, Александр Фёдорович Бельшев, служил чиновником особых поручений при уфимском губернаторе. Некоторые источники [Цехановская, 2006; Горизонтова, 2010], ссылающиеся на архив Бийского краеведческого музея, называют А.Ф. Бельшева внебрачным сыном одного из графов Шуваловых и крепостной девушки – красавицы Ульяны. Граф выстроил для нее в Уфе большой дом с усадьбой и, как было принято, выдал замуж за своего же крепостного Фёдора Бельшева, который усыновил маленького незаконнорожденного Александра. Граф Шувалов дал Ульяне и Бельшеву вольную. Повзрослев, Александр Фёдорович женился на дочери уфимского губернатора Надежде Степановне. От этого брака родился сын Фёдор Александрович, который и стал впоследствии отцом Бориса Фёдоровича.

Фёдор Александрович Бельшев был энциклопедически образованным человеком и с детских лет пробудил интерес к науке у своего сына. С 13 лет Борис слу-

шал институтский курс неорганической химии, экспериментировал в химической лаборатории отца, с увлечением занимался ботаникой, а затем орнитологией. В 16 лет, будучи еще школьником, опубликовал первую научную статью с описанием поведения ушастых сов в неволе.

В 1927 г. Борис Бельшев (фото 2) поступает в Томский университет, где продолжает изучать птиц. Начинаящий зоолог всё свободное время проводил в лесах в окрестностях Томска, что позволило ему собрать оригинальный материал и опубликовать серию статей по биологии кедровки, сарыча, глухой кукушки [Харитонов, 2010]. Будучи студентом 2-го курса Томского университета, стал настолько известен специалистам, что был избран председателем Сибирского Орнитологического Общества и соредактором местного научного журнала «Uragus» (uragus – латинское название длиннохвостого снегиря, обитающего только в Сибири), посвящённого вопросам сибирской орнитологии.



Фото 2. Б.Ф. Бельшев студент.
 Фото из альбома Бельшевых
 Photo 2. B.F. Belyshev is a student.
 Photo from Belyshevs album

Вторым соредактором был маститый ученый-орнитолог профессор Г.Э. Иоганзен [Кадиков, Цехановская, 2015]. Журнал рассылался не только по всей стране, но и за рубежом. Участь в университете, Бельшев успел поучаствовать в экспедициях СОО в Нарым и Васюган для изучения птиц в 1927 и 1928 гг., соответственно.

О периоде студенческой жизни Б.Ф. Бельшева поделился в своих воспоминаниях учёный-орнитолог, заведующий кафедрой зоологии и зоологическим музеем Томского ГУ Сергей Степанович Москвитин (1936–2020), лично его знавший (из [Масютенко, 2010]). В 1929 году, после НЭПа (новой экономической политики), закрыли почти все общества, в том числе и орнитологическое. Сменился контингент студентов. В университет пришла молодежь из рабочих и крестьян. Университет начали покидать многие лучшие учёные, на которых устроили гонение. Бельшев выделялся интеллигентностью и самодостаточностью, что раздражало некоторых сокурсников и они «стучали» на него. В один из дней Бельшева пригласили в НКВД по поводу орнитологического общества и спросили: почему в нём состоят такие, как Башутин, бывший белый офицер (перешёл на сторону Красной армии). В то время всё было очень строго, спрашивали и за пропуск занятий, а за время допроса студент Бельшев пропустил лекцию проф. Ревердатто, и тот подал докладную на его отчисление. Так как ректор был знаком с отцом Бельшева, то посоветовал ему забрать сына из университета. К тому времени друзья Бельшева, коллеги по обществу, переехали в Ленинград. В 1930 году двад-

цатилетний Бельшев тоже переехал в Ленинград, где продолжил учёбу на биофаке Ленинградского университета. Однажды, во время работы в зоологическом музее Ленинграда, он случайно встречается с томским преподавателем Садовым, который не преминул зайти к директору музея и спросить: «Что тут у вас делает этот недобиток?». Вскоре после возвращения Садового в Томск, против Бельшева возбудили уголовное дело. Его обвинили в том, что он присвоил себе всю коллекцию орнитологического общества. На самом деле, эта коллекция представляла собой чучела и тушки птиц, которые делал сам Бельшев. Чтобы коллекция не пропала, перед отъездом в Ленинград он передал её томскому краеведческому музею. Документально оформить передачу не успел, но опись коллекции сделал. Документ сохранила мать Бельшева – это его и спасло от ареста.

В Ленинградском университете царил та же атмосфера неприятия интеллигентности и всего с ней связанного. В 1932 г. студент Бельшев был отчислен из университета из-за конфликта с комсомольцами-активистами рабфаковского набора [Кадиков, Цехановская, 2015]. В том же 1932 г. году его арестовали по обвинению в сочувствии к буржуазной идеологии и в поддержании научных связей с зарубежными коллегами-орнитологами: он получил посылку с книгой из Германии от коллег-учёных, чьи фамилии носили приставку «фон», что вызвало подозрения, так как она указывала на дворянское происхождение [Масютенко, 2010]. Вскоре, за неимением доказательств контрреволюционной деятельности, он был освобожден и сослан

на вольное поселение в Сибирь, где работал охотоведом с 1932 по 1935 гг. Бельшев и здесь подходил к делу, прежде всего, как ученый: из-под его пера вышла серия публикаций по биологии косули, лося, волка, описанию региональных особенностей охотничьего промысла [Харитонов, 2010].

Жизнь Б.Ф. Бельшева складывалась довольно драматично. В 1935 г. едучи в поезде, он поспорил с попутчиками. Один из них сообщил на ближайшую станцию о том, что в поезде едет «контрик», одетый как английский колонизатор. Борис Федорович в это время носил пробковый шлем, зеленый френч, галифе, на ногах краги и желтые ботинки. Его сняли с поезда, арестовали с формулировкой «за контрреволюционную деятельность». Вскоре последовал приговор: 10 лет лишения свободы с отбыванием в Воркутлаге в приуральском Заполярье [Горизонтова, 2010].

В январе 1936 года он прибывает в Воркутлаг. Пережить пришлось многое, это был лагерь особого режима, память о котором у Бельшева осталась на всю жизнь: непрерывные допросы с применением физического насилия, общество «зеков», тюремная камера, ужасные жизненные условия... Но он старался сохранить в себе человека, не опускаясь до уровня уголовников. Каждое утро, выходя из барака катать тачки из штрека шахты, он был выбрит и всегда в белой, хотя и не накрахмаленной, рубашке и при галстуке. Уголовников это бесило, они несколько раз предпринимали попытки его избить или даже убить, но он давал им отпор: Бельшев был большим, сильным и смелым мужчиной. Он держался с достоинством, право на которое за ним постепенно

признали даже уголовники, прозававшие его «лошадью в галстуке». Начальство Воркутлага стало выделять Бельшева за его образованность и независимость и поставило во главе геологической партии для поиска угля [Масютенко, 2010; А.Ю. Харитонов, устное сообщение]. Его тяга к науке не ослабевала даже в лагере – вел записи фенологических явлениях в северной природе и наблюдений за птицами [Харитонов, 2010].

В начале сороковых годов лагерь был заменён ссылкой в Томскую область, в которой ему была поручена работа зоолога в отряде санэпидслужбы по борьбе с особо опасными инфекциями. Шла война, и рекруты с зоологическими знаниями требовались и на этот «фронт». Помимо исполнения прямых служебных обязанностей, Б.Ф. Бельшев продолжал научно-исследовательскую деятельность, в результате чего была опубликована серия работ по биологии грызунов – переносчиков возбудителей инфекций, но излюбленным объектом по-прежнему оставались птицы, а также здесь он впервые обратил внимание на стрекоз, в которых видел много сходного с птицами [Харитонов, 2010]. Из воспоминаний С.С. Москвитина [2010]: «В одном из своих писем Б.Ф. Бельшев писал, что в 1943 г. в Томской области он впервые пригляделся к стрекозам и почувствовал в них божественную природу. Стрекозы заинтересовали Бориса Фёдоровича ещё и потому, что ими в Сибири ещё никто не занимался досконально».

В 1946 г. заканчивается 10-летний срок заключения, и его переводят на поселение в город Бийск на Алтайскую противотуляремийную станцию. У него уже есть семья:

жена Зоя Васильевна Елькина и дочь Калерия. Бельшеву, как репрессированному, запрещено проживать в крупных городах, и он постоянно находится под надзором. Станция обслуживала не только Алтайский край, но и Новосибирскую, Томскую области, поэтому жизнь Бориса Фёдоровича с 1946 по 1952 гг. проходила в постоянных разъездах (фото 3). Именно в эти годы он начал собирать интересные данные по фауне стрекоз Алтая и Верхнего Приобья. «И как велись эти работы! Они велись в ущерб сну и отдыху, на чистом энтузиазме, поскольку были лишь дополнением к моим служебным делам», – вспоминал о себе Борис Федорович. Он много ходил пешком, наблюдая за стрекозами. Местное население удивлялось, видя его в шляпе, в шортах, с сачком в руках.

В 1951 г. вышла в свет его первая одонтологическая работа «К биологии и систематике *Epithea bimaculata* Charp. (Odonata) в Кулундинской степи» в научном журнале «Энтомологическое обозре-

ние», и с этого времени его ум и сердце целиком были отданы стрекозам. До этого сведения о стрекозах Сибири были очень фрагментарны и в большинстве своем получены попутно при общеэнтомологических и паразитологических исследованиях. Он стал первым специалистом, который начал целенаправленно изучать фауну, распространение и экологию стрекоз Сибири [Харитонов, 2010].

В 1953 г. Б.Ф. Бельшев был реабилитирован. Он устраивается на работу в отдел природы Бийского краеведческого музея. Публикует научные статьи, в том числе описания открытых им новых видов стрекоз, в изданиях Бийского пединститута и «Известиях Алтайского отдела географического общества СССР». В 1954 г. специальным решением Высшей аттестационной комиссии за вклад в советскую науку Б.Ф. Бельшева приравнивали к окончившим высшее учебное заведение, что давало ему возможность подготовить и защитить в перспективе кандидатскую диссертацию.



Фото 3. Б.Ф. Бельшев в рабочей экспедиции, 1950 г. Фото из альбома Бельшевых
Photo 3. B.F. Belyshev in a working expedition, 1950. Photo from Belyshevs album

В 1955 г. он становится заведующим отдела природы Бийского краеведческого музея, в том же году (по совместительству) – преподавателем географии растений и животных в Бийском педагогическом институте (с 2001 г. – Бийский педагогический государственный университет им. В.М. Шукшина, с 2024 г. – Бийский филиал им. В. М. Шукшина Алтайского государственного педагогического университета). Его уважают и любят студенты, он возит их на полевую практику, в частности, на Байкал. В Бийске у Б.Ф. Бельшева завязалась большая дружба с учредителями Алтайского отдела Географического общества СССР (с 1992 г. – Алтайское отделение Русского географического общества) – геологом М.Ф. Розеном, географом Я.К. Башлаковым и зоологом Г.Д. Дулькейтом [Горизонтова, 2010; Харитонов, 2010]. Он был среди первых членов Алтайского отдела ГО СССР, входил в состав его Ученого совета и редакционной коллегии первых выпусков «Известий АО ГО СССР» [Кадиков, Цехановская, 2015]. Связь с АО ГО не прерывалась до конца его жизни.

Б.Ф. Бельшев (фото 4) прожил в Бийске в общей сложности 12 лет и заслужил уважение коллег и всех, кто его знал. О нём отзывались, как о человеке спокойном, уравновешенном, скромном, непротивительном при всей аристократичности своей натуры, архитрудолобивом, умном и начитанном. И даже спустя годы после его смерти о нём продолжают с гордостью вспоминать алтайские земляки и бийские краеведы [Кадиков, 2000, 2004; Строкова, 2009; Цехановская, 2009; Шипилов, 2009].



Фото 4. Б.Ф. Бельшев, Бийский период, 1957 г.

Фото из [Горизонтова, 2010]

Photo 4. B.F. Belyshev, Biysk period, 1957.

Photo from [Gorizontova, 2010]

В 1958 г. в Томске блестяще прошла защита кандидатской диссертации по стрекозам Верхнего Приобья [Бельшев, 1958]. Вскоре после защиты в 1959 г. Бориса Федоровича пригласили на работу в Академию наук СССР – в Восточно-Сибирский биологический институт в Иркутске (с 1966 г. – Сибирский институт физиологии и биохимии растений), где он получил должность научного сотрудника. В течение шести лет своего пребывания в Иркутске Б.Ф. Бельшев организовал несколько экспедиций по изучению одонатофауны Северной Евразии (Забайкалья, Приморья и низовий р. Лены), что позволило ему написать докторскую диссертацию по стрекозам Сибири [Бельшев, 1963], которую он защитил в 1964 г. в Алма-Ате. В 1967 он переводится на работу в Новосибирск в Биологический институт СО АН СССР (с 1993 г. – Институт систематики и экологии животных СО РАН), где продолжил изучение отряда Odonata и собрал одну из крупнейших

в мире коллекций стрекоз, насчитывающую около 30 тысяч экземпляров, в дальнейшем пополняемую другими одонатологами и по сей день хранящуюся в Сибирском зоологическом музее ИСиЭЖ СО РАН (Новосибирск). Бельшев добился включения одонатологических исследований в постоянную тематику института и с начала 70-х годов начал подготовку своих учеников. Вскоре два его аспиранта защитили кандидатские диссертации – А.Ю. Харитонов [1975] по фауне и экологии стрекоз Урала и В.В. Заика [1982] по южной части Западно-Сибирской равнины. А у них, в свою очередь, тоже стали появляться ученики и защищать уже свои диссертации. Борис Фёдорович сделал Новосибирск центром одонатологических исследований в стране.

60–70-е годы стали периодом его творческого расцвета (фото 5). За эти два десятилетия им опубликовано более 120 работ, в том числе трехтомная монография «Стрекозы Сибири» [Бельшев, 1973, 1974]. Он регулярно и по многу часов работал в библиотеке, знакомясь с отечественной и зарубежной литературой, переписывая от руки множество работ по географии, гидрохимии, биологии и одонатологии, поскольку копировальной техники в те годы еще не было. Почерк у него был ровный и аккуратный (фото 6). В науке, как и в жизни, он был внимателен и терпелив.

Б.Ф. Бельшев вывел советскую одонтологию на передовые рубежи мировой науки. Его научные труды получили мировое признание. За советами и консультациями к нему обращались коллеги из десятков стран [Харитонов, 1985]. В начале 70-х годов он был одним из инициаторов

создания Международного одонатологического общества (The Societas Internationalis Odonatologica – SIO). В Европе у истоков SIO стояли известные к тому времени одонтологи, организаторы науки – Бастиаан Миланович Киаута (Bastiaan Milanovich Kiauta, 1937–2022), родом из Словении, и профессор Утрехтского университета в Нидерландах Дженни М. Ван Бринк (Janny M. Van Brink, 1923–1993). В 1971 году состоялся первый симпозиум SIO в Генте (Бельгия), на котором Бориса Фёдоровича избрали Почётным членом общества, пригласили в состав редакционной коллегии журнала «Odonatologica» и избрали референтом журнала от СССР. Б.М. Киаута (фото 7) и Б.Ф. Бельшев на протяжении 30 лет активно и тепло переписывались друг с другом по стрекозам, но никогда не виделись. Два столпа одонатологической науки были удивительно похожи – и по внешнему облику, и по характеру. Оба дожили до глубокой старости.



Фото 5. Б.Ф. Бельшев, д.б.н.,
ведущий научный сотрудник ИСиЭЖ, 1973 г.
Photo 5. B.F. Belyshev, Dr Sc. of Biology, leading
researcher at ISEA, 1973

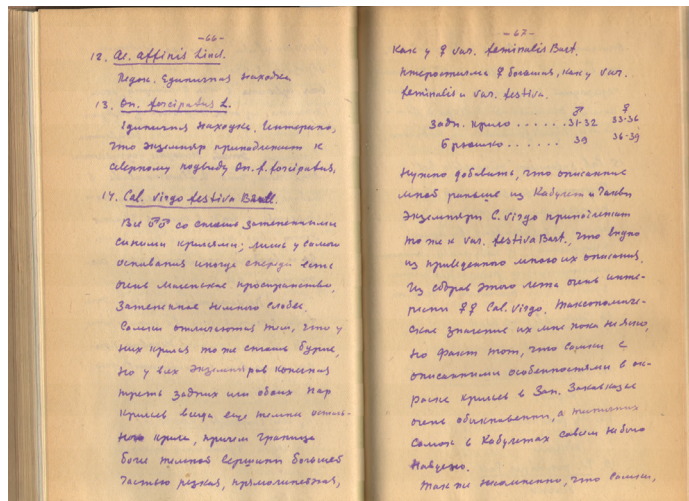


Фото 6. Фрагмент научной статьи, переписанной от руки Б.Ф. Бельшевым из журнала, (слева) и его подпись (справа). Фото О.Н. Поповой

Photo 6. Fragment of a scientific article handwritten by B.F. Belyshev from a journal (left) and his signature (right). Photo by O.N. Popova

В 1978 г. Советский Союз посетила проф. Д.М. Ван Бринк. После дел в Москве она полетела в Новосибирск с одной единственной целью — познакомиться с Борисом Фёдоровичем Бельшевым. В Биологическом институте ей оказали тёплый и дружественный приём (фото 8).

В 1977 г. Б.Ф. Бельшев и А.Ю. Харитонов опубликовали «Определитель стрекоз по крыльям» [1977], куда вошло более 75% мировой фауны стрекоз. Определитель содержал 327 рисунков с 1400(!) крыльями стрекоз, которые скрупулёзно

на протяжении трёх лет рисовал Анатолий Юрьевич; как он сам впоследствии делился — это была адская работа, но результат стоил вложенного труда. Борис Фёдорович всегда много работал (фото 9) и такой же отдачи ожидал от своих учеников. В 1981 и 1983 гг. этими же авторами были изданы два тома «Географии стрекоз», первый из которых посвящен Бореальному фаунистическому царству (соответствует Северному полушарию) [1981], а второй — Меридианальному фаунистическому царству (Южному полушарию) [1983].



Фото 7. Словенский одонатолог Б.М. Киаута. Фото Марии Яворжек
Photo 7. Slovenian odonatologist B.M. Kiauta. Photo by Marija Javoršek



Фото 8. Одонатологи у здания Биологического института, Новосибирск, сентябрь 1978 г.:
к.б.н. А.Ю. Харитонов, проф. Дженни М. Ван Бринк (Нидерланды) и д.б.н. Б.Ф. Бельшев
Photo 8. Odonatologists at the building of the Biological Institute, Novosibirsk, September 1978:
PhD A.Yu. Haritonov, Prof. Janny M. Van Brink (Netherlands) and Dr. B.F. Belyshev

В общей сложности около 17% «стрекозых» публикаций Б.Ф. Бельшева были результатом их совместного творчества.

При участии Бориса Фёдоровича и его учеников в 1986 г. в Новосибирске был проведён первый всесоюзный симпозиум одонатологов, по материалам которого была издана коллективная монография «Фауна и экология стрекоз» [Бельшев и др., 1989]. Этой книгой и двумя монографиями по географическому распространению стрекоз мира в определенной мере был подведен итог «бельшевскому» периоду в истории российской одонатологии. В 1991 г. международный научный журнал «Odonatologica» посвятил его 80-летию отдельный номер [Haritonov, Kiauta, 1991]. Из 235 научных публикаций Б.Ф. Бельшева 178 относятся к области одонатологии, в том числе 7 книг (фото 10).

А.Ю. Харитонов [2010] выделял три крупных вклада Б.Ф. Бельшева в изучение стрекоз:

1. Изучение состава фауны стрекоз Сибири и российского Дальнего Востока, которую Б.Ф. Бельшев буквально открыл для мировой научной общественности. К настоящему времени благодаря его исследованиям, продолженным учениками, примерно для половины территории этого огромного региона относительно неплохо изучен состав одонатофауны, насчитывающий около 150 видов, что равно видовому богатству фауны Европы с ее более благоприятным для стрекоз климатом.

2. Анализ географического распространения стрекоз мировой фауны. Им впервые обоснована оригинальная схема районирования суши на основании распространения стрекоз, существенно отличающаяся от многих других зоогеографических построений. Специфика географии стрекоз связана с тем, что в своем распространении эти насекомые практически не лимитированы трофическими ресурсами. Гибкие жизненные циклы и высокая мигра-

ционная активность позволяют им преодолевать многие барьеры, связанные с климатом. Верно подметив все эти особенности, Б.Ф. Бельшев тем не менее переоценивал влияние палеоисторических факторов на современное распространение стрекоз. Его апелляции к теории дрейфа континентов А. Вегенера конструктивны в приложении к объяснению распространения высокоранговых таксонов стрекоз и крупных фаун, но для объяснения ареалов отдельных современных видов и состава региональных фаун вряд ли целесообразны. Но даже эта явная переоценка влияния на стрекоз палеогеографических условий послужила стимулом для его учеников в поиске более убедительных объяснений и привела к обоснованию важной роли конкуренции и других межвидовых взаимодействий в формировании видовых ареалов и локальных и региональных фаун (например, [Харитонов, 1991]).

3. Пионерные исследования экологии стрекоз. Им разработана типизация водоемов как биотопическая основа пространственного распределения стрекоз, выявлены региональные особенности их фенологии, инструментально оценены пороговые значения ряда погодных и климатических факторов, определяющих суточную активность имаго, проведены эксперименты по элективности питания личинок стрекоз. Во многих публикациях, и особенно в монографии «Стрекозы Сибири», приведены многочисленные данные по аутэкологии стрекоз, в том числе некоторых ранее не изученных видов. Много внимания Б.Ф. Бельшевым было уделено проблеме миграций стрекоз.

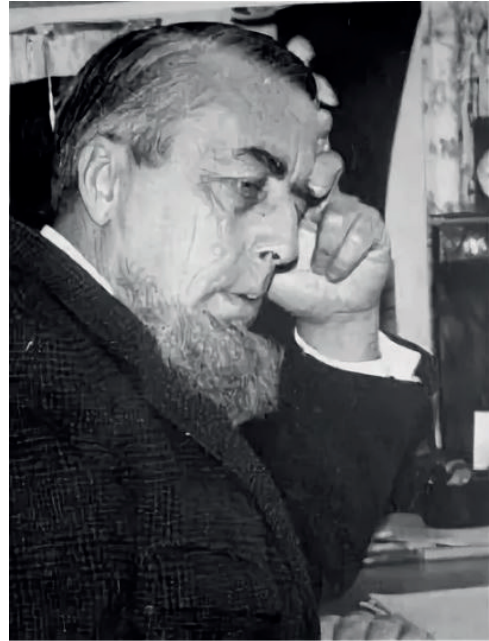


Фото 9. Б.Ф. Бельшев за рабочим столом, 1985 г.

Photo 9. B.F. Belyshev at his desk, 1985



Фото 10. Книги Б.Ф. Бельшева.

Фото О.Н. Поповой

Photo 10. Books written by B.F. Belyshev.

Photo by O.N. Popova

После ухода Б.Ф. Бельшева изучение стрекоз продолжили ученики и последователи его школы. В конце 90-х годов, используя опыт национальных отделений SIO, они решили организовать российское отделение Международного одонатологического общества (РОМОО). В феврале

1998 г. на учредительном собрании в Институте систематики и экологии животных (ИСиЭЖ, Новосибирск) группа одонатологов и примкнувшим к ним генетикам и паразитологам, в исследования которых входила одонато-тематика, (фото 11) организовала Российское отделение SIO, председателем которого был избран А.Ю. Харитонов, заместителями председателя – С.Н. Борисов и О.Э. Костерин. Отделение наметило ряд задач на ближайшие годы, среди которых первоочередными стали две: 1) организация издания печатного органа Общества – журнала «Belyshevia»; 2) организация проведения в России XV международного симпозиума SIO, приуроченного к 90-летию юбилею Б.Ф. Бельшева.

Первый номер журнала вышел в июне 2001 г. [Журнал..., 2001] (фото 12). А.Ю. Харитонов писал во введении к журналу: «Belyshevia – не только маленький журнал коллег-одонатологов, но и увековечивание нашей большой любви и уважения к нашему Учителю – Борису Фёдоровичу Бельшеву».

Благодаря дружной работе коллектива 9–19 июля 2001 г. в Новосибирске состоялся XV международный симпозиум одонатологов на базе Института систематики и экологии животных СО РАН, где более 20 лет проработал Борис Фёдорович (фото 13). На «стрекозий» Симпозиум «слетелось» около 50 одонатологов из 10 стран мира; самыми большими (до 8 человек) были делегации из Германии и Японии.



Фото 11. Участники учредительного собрания Российского отделения SIO, Новосибирск, 11.02.1998 г.
Стоят, слева направо: С.Н. Борисов, Е.А. Перепелов, О.Э. Костерин, А.Г. Бугров, Е.А. Сербина,
В.Д. Гуляев, О.Н. Попова. Сидят: Г.А. Сухачева, А.Ю. Харитонов, М.В. Дронзикова.

Фото И.Л. Волошина

Photo 11. Participants of Constitutional Assembly of the Russian Section of the SIO in Novosibirsk, in February 11, 1998. Standing, from left to right: S.N. Borisov, E.A. Perepelov, O.E. Kosterin, A.G. Bugrov, E.A. Serbina, V.D. Gulyaev, O.N. Popova. Sitting: G.A. Sukhacheva, A.Yu. Haritonov, M.V. Dronzikova.

Photo by I.L. Voloshin

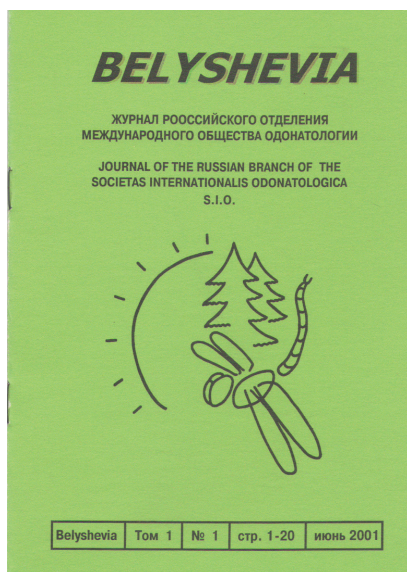


Фото 12. Первый номер журнала «Belyshevia»
Photo 12. The first issue of “Belyshevia” journal

Открывался Симпозиум минутой молчания в память о Б.Ф. Бельшеве и докладами А.Ю. Харитоновой и Б.М. Киауты о его жизни и творчестве, в которых была отмечена его выдающаяся роль в создании и разви-

тии российской одонтологии и завоевании ею международного признания.

В 2010 г. одонтологи мира отмечали 100-летний юбилей Б.Ф. Бельшева. К этому большому событию были приурочены две знаковые статьи, показывающие положительную динамику развития одонтологии в России. Одна статья опубликована в российском журнале «Евразийский энтомологический журнал» [Харитонов, 2010], в ней освещено развитие одонтологии в Сибири и приводится список всех одонтологических публикаций Б.Ф. Бельшева; другая – в журнале «Odonatologica» [Haritonov, Kiauta, 2010], в ней приводится список 200 научных одонтологических статей 20 авторов, учеников школы Бельшева, за период с 2000 по 2010 гг.



Фото 13. Участники (не все) XV симпозиум Международного одонтологического общества, Новосибирск, ИСиЭЖ СО РАН, июль 2001
Photo 13. Participants (not all) of the XV Symposium of The Societas Internationalis Odonatologica, Novosibirsk, ISEA SB RAS, July 2001

Начиная с защиты Б.Ф. Бельшева и по настоящее время, известны 32 диссертации по стрекозам – 5 докторских [Бельшев, 1963; Харитонов, 1991; Рязанова, 1998; Кетенчиев, 2002; Борисов, 2007] и 27 кандидатских. Анализу современных одонатологических исследований в России посвящена отдельная обзорная статья [Харитонов и др., 2007]. Каждый год в России выходит 10–15 одонатологических публикаций. Из крупных исследований по фауне и экологии стрекоз можно отметить следующие: статью по фауне стрекоз Российской Федерации, где приводится 152 вида [Malikova, Kosterin, 2019], проиллюстрированный атлас-определитель стрекоз России с 156 видами [Онишко, Костерин, 2021], статьи по миграциям стрекоз с применением изотопного анализа [Borisov, 2020 a, b], статьи по выносу вещества стрекозами и их важной роли в биоценозах [Pороva et al., 2017; Попова, 2019]. Помимо одонатологических публикаций есть немало работ по гидробиологии, где обычно упоминаются и стрекозы как часть сообществ водных беспозвоночных; в частности в работах алтайских учёных – земляков Б.Ф. Бельшева [Безматерных, 2005; Вдовина, 2013; Безматерных, Крылова, 2014; Вдовина, Безматерных, 2019; и др.]. Все перечисленные выше работы, так или иначе, базируются на общем фундаменте – научно-организационном наследии Бориса Фёдоровича Бельшева. Об этом лучше всего сказал А.Ю. Харитонов [Журнал ..., 2001]: «Б.Ф. Бельшев не просто отдал стрекозам своё сердце и жизнь, он премного заботился о популяризации одонатологии, сплочении единомышленников, подготовке уче-

ников». Эти же слова в полной мере можно отнести и к самому Анатолию Юрьевичу Харитонову (21.09.1949–04.04.2013), который воспитал более 10 учеников, в том числе и меня, автора статьи.

Все, кто знал Бориса Фёдоровича, вспоминают его как высоконравственного, отзывчивого, доброй души человека. Мне, тогдашней аспирантке Оле Поповой, тоже посчастливилось познакомиться и пообщаться с Борисом Фёдоровичем уже на закате его жизни. Александра Денисовна, его (вторая) жена, гостеприимно принимала меня у них дома на улице Восход недалеко от ГПНТБ (его любимой библиотеки). Борис Фёдорович подарил мне свою книгу «География стрекоз» и подписал её (фото 13). Учёный с мировым именем был в общении простым и улыбчивым. Участило интересовался темой и ходом моего научного исследования. Его бесценные советы и сейчас помогают мне в работе.

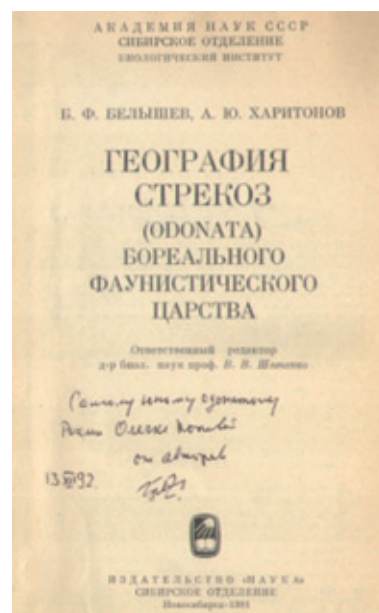


Фото 14. Дарственная надпись Б.Ф. Бельшева на титульном листе книги
Photo 14. B.F. Belyshev's inscription on the title page of the book

Но, может быть, наиболее важным для меня осталось осознание прикосновения к этому святому человеку, пережившему столько страданий и при этом не озлобившемуся на людей и жизнь, а, наоборот, нёсшему свет и знание.

В честь Б.Ф. Бельшева в Бийске установлена Памятная доска на здании Бийского педагогического государственного университета имени В.М. Шукшина по улице

Советской 11, где он работал. На естественно-географическом факультете БГПУ, где он преподавал, учреждена именная стипендия Б.Ф. Бельшева под названием «Рыцарь науки» [Кадиков, Цехановская, 2015].

Все ушедшие остаются с нами, пока жива память о них. Все продолжающие жить должны помнить на чьих плечах они стоят. Вечная память нашим Учителям!

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interests.

Список литературы

Безматерных Д.М. Состав, структура и количественная характеристика зообентоса озера Чаны в 2001 году // Сиб. экол. журн. 2005. № 2. С. 249–254.

Безматерных Д.М., Крылова Е.Н. Макрозообентос водохранилища на реке Черновой урп (Кемеровская область) // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2014. Вып. 35. С. 63–68.

Бельшев Б.Ф. Стрекозы Верхнего Приобья: Автореф. дисс... канд. биол. наук. Томск, 1958. 11 с.

Бельшев Б.Ф. Одонатологическая фауна Сибири: Автореф. дисс... докт. биол. наук. Иркутск, 1963. 34 с.

Бельшев Б.Ф. Стрекозы Сибири. Т. I. Части 1, 2. Новосибирск: Наука, 1973. 620 с.

Бельшев Б.Ф. Стрекозы Сибири. Т. II. Часть 3. Новосибирск: Наука, 1974. 352 с.

Бельшев Б.Ф., Харитонов А.Ю. Определитель стрекоз по крыльям: роды Бореального фаунистического царства и сопредельных земель, виды фауны СССР / Ред. Н.А. Виолович. Новосибирск: Наука, 1977. 397 с.

Бельшев Б.Ф., Харитонов А.Ю. География стрекоз (Odonata) Бореального фаунистического царства / Ред. В.В. Шевченко. Новосибирск: Наука, 1981. 280 с.

Бельшев Б.Ф., Харитонов А.Ю. География стрекоз (Odonata) Меридионального фаунистического царства / Ред. Г.С. Золотаренко. Новосибирск: Наука, 1983. 152 с.

Бельшев Б.Ф., Харитонов, А.Ю., Борисов С.Н. и др. Фауна и экология стрекоз / Ред. В.Г. Мордкович. Новосибирск: Наука, 1989. 207 с.

Борисов С.Н. Стрекозы (Insecta, Odonata) Средней Азии и их адаптивные стратегии: Дис. ... докт. биол. наук. Новосибирск, 2007. 374 с.

Вдовина О.Н. Зообентос озер юга Обь-Иртышского междуречья: Автореф. дисс... канд. наук. Новосибирск, 2013. 21 с.

Вдовина О.Н., Безматерных Д.М. Макрозообентос озер подтаежной подзоны Западной Сибири // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2019. № 1 (52). С. 54–65.

Горизонтова Л.Ю. 100 лет со дня рождения одонатолога, доктора биологических наук Б.Ф. Бельшева (1910–1993) // Алтайский край. Календарь знаменательных и памятных дат. 2010. С. 117–120.

Журнал российского отделения Международного общества одонтологии «Belyshevia» / Гл. ред. А.Ю. Харитонов. Новосибирск: ИСЭЖ СО РАН, самиздат, 2001. Т. 1, № 1. 22 с.

Заика В.В. Стрекозы южной части Западно-Сибирской равнины: Автореф. дис... канд. биол. наук. Новосибирск, 1982. 19 с.

Кадиков Б.Х. Бельшев Борис Федорович (1910–1993 гг.) // Галерея выдающихся людей города Бийска. Бийск, 2000. Вып. 2. С. 10–11.

Кадиков Б.Х. Стрекозы и плитотектоника: очерк о жизни Б.Ф. Бельшева // Бийский вестник. 2004. № 4. С. 106–109.

Кадиков Б.Х., Цехановская Н.А. Бельшев Борис Федорович (1910–1993) // в кн.: Алтайскому отделу Русского географического общества в городе Бийске 60 лет. Барнаул, 2015. С. 51–53.

Кетенчиев Х.А. Стрекозы Средиземноморья (Состав, распределение и генезис фауны): Дис... докт. биол. наук. Махачкала, 2002. 340 с.

Масютенко А. Рыцарь науки // Союз охраны птиц [Электронный ресурс]. URL: <https://rbcu.ru/information/272/14802>. (дата обращения: 22.10.2024).

Попова О.Н. Стрекозы – мост между водными и наземными экосистемами. К 70-летию со дня рождения А.Ю. Харитонova // Природа. 2019. № 8. С. 30–43. doi: 10.7868/S0032874X19080040

Рязанова Г.И. Внутривидовая территориальная конкуренция у личинок стрекоз: Автореф. дис... докт. биол. наук. Москва, 1998. 36 с.

Онишко В.В., Костерин О.Э. Стрекозы России: Иллюстрированный атлас-определитель. М.: Фитон XXI, 2021. 480 с.

Строкова Т.А. Неизвестный Бельшев. Биографический очерк о Б.Ф. Бельшове // Бийский рабочий. 2009. С. 5.

Харитонов А.Ю. Стрекозы Урала и Зауралья (фауна, экология, зоогеография): Автореф. дис... канд. биол. наук. Новосибирск, 1975. 25 с.

Харитонов А.Ю. Старейшина сибирских энтомологов. К 75-летию Б.Ф. Бельшева // Наука в Сибири. 1985. № 49. С. 7.

Харитонов А.Ю. Бореальная одонатофауна и экологические факторы географического распространения стрекоз: Автореф. дис... докт. биол. наук. Москва, 1991. 34 с.

Харитонов А.Ю. К 100-летию Бориса Федоровича Бельшева: ретроспектива и перспективы одонатологии в Сибири // Евразийский энтомолог. журн. 2010. Т. 9. Вып. 2. С. 223–230.

Харитонов А.Ю., Борисов С.Н., Попова О.Н. Одонатологические исследования в России // Евразийский энтомолог. журн. 2007. Т.6. Вып.2. С.143–156.

Цехановская Н.А. 95-летию Б.Ф. Бельшева посвящается // Бийский вестник. 2006. № 1/2. С. 157–159.

Цехановская Н.А. Жизнь в мире стрекоз // Это мой мир. 2009. № 5. С. 3.

Шипилов В. Право на достоинство. Об ученом одонатологе Б.Ф. Бельшеве // Это мой мир. 2009. № 5. С. 4.

Borisov S.N., Iakovlev I.K., Borisov A.S., Zuev A.G., Tiunov A.V. Isotope evidence for latitudinal migrations of the dragonfly *Sympetrum fonscolombii* (Odonata: Libellulidae) in Middle Asia // Ecological Entomology. 2020 a. Vol. 45. P. 1445–1456. doi: 10.1111/een.12930

Borisov S.N., Iakovlev I.K., Borisov A.S., Ganin M.Yu., Tiunov A.V. Seasonal migrations of *Pantala flavescens* (Odonata: Libellulidae) in Middle Asia and understanding of the migration model in the Afro-Asian region using stable isotopes of hydrogen // Insects. 2020 b. Vol. 11, no. 12. P. 890. doi: 10.3390/insects11120890

Haritonov A.Yu., Kiauta B. To Dr Boris Feodorovich Belyshev on his 80th birthday // Odonatologica. 1991. Vol. 20. No. 1. P. 3–8.

Haritonov A.Yu., Kiauta B. At the centenary of Dr B.F. Belyshev's birth: the impact of his work on Siberian odonatology // Odonatologica. 2010. Vol. 39, No. 4. P. 305–318.

Malikova E.I., Kosterin O.E. Check-list of Odonata of the Russian Federation // Odonatologica. 2019. Vol. 48. No. 1/2. P. 49–78. doi: 10.52.81/zenodo.2677689

Popova O.N., Haritonov A.Y., Sushchik N.N., Makhutova O.N., Kalachova G.S., Kolmakova A.A., Gladyshev M.I. Export of aquatic productivity, including highly unsaturated fatty acids, to terrestrial ecosystems via Odonata // Science of the Total Environment. 2017. No. 581–582. P. 40–48. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.017

References

Bezmaternykh D.M. Sostav, struktura i kolichestvennaya harakteristika zoobentosa ozera Chany v 2001 godu [Composition, structure and quantitative characteristics of zoobenthos of Lake Chany in 2001] // Contemporary Problems of Ecology. 2005. No. 2. P. 249–254. (in Russian).

Bezmaternykh D.M., Krylova E.N. Makrozoobentos vodohranilishcha na reke Chernovoj urop (Kemerovskaya oblast') [Macrozoobenthos in reservoirs on Chernovoy Urop River (Kemerovo region)] // Izvestiya Altajskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva [Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society]. 2014. No. 35. P. 63–68.

(in Russian).

Belyshev B.F. Strekozy Verkhnego Priob'ya [Odonata of the Upper Ob region]: Summary of PhD (Cand. of Biol.) thesis. Tomsk, 1958. 11 p. (in Russian).

Belyshev B.F. Odonatologicheskaya fauna Sibiri [Odonatological fauna of Siberia]: Summary of DSc (Dr. of Biol.) thesis. Irkutsk, 1963. 34 p. (in Russian).

Belyshev B.F. Strekozy Sibiri [The dragonflies of Siberia]. Vol. I. Ch. 1, 2. Novosibirsk: Nauka, 1973. 620 p. (in Russian).

Belyshev B.F. Strekozy Sibiri [The dragonflies of Siberia]. Vol. II. Ch. 3. Novosibirsk: Nauka, 1974. 352 p. (in Russian).

Belyshev B.F., Haritonov A.Yu. Opredelitel' strekoz po kryl'yam: rody Boreal'nogo faunisticheskogo carstva i sopredel'nyh zemel', vidy fauny SSSR [Determiner of dragonflies by wings: genera of Boreal faunistical kingdom and some contiguous territories, species of the USSR fauna] / Ed. N.A. Violovich. Novosibirsk: Nauka, 1977. 397 p. (in Russian).

Belyshev B.F., Haritonov A.Yu. Geografiya strekoz (Odonata) Boreal'nogo faunisticheskogo tsarstva [Geography of Odonata of the Boreal Faunal Kingdom] / Ed. V.V. Shevchenko. Novosibirsk: Nauka, 1981. 280 p. (in Russian).

Belyshev B.F., Haritonov A.Yu. Geografiya strekoz (Odonata) Meridional'nogo faunisticheskogo tsarstva [Geography of Odonata of the Meridional Faunal Kingdom] / Ed. G.S. Zolotarev. Novosibirsk: Nauka, 1983. 152 p. (in Russian).

Belyshev B.F., Haritonov A.Yu., Borisov S.N. et al. Fauna i ehkologiya strekoz [Fauna and ecology of odonates] / Ed. V.G. Mordkovich. Novosibirsk: Nauka, 1989. 207 p. (in Russian).

Borisov S.N. Strekozy (Insecta, Odonata) Srednei Azii i ikh adaptivnye strategii [Odonata (Insecta) of Central Asia and their adaptive strategies]: DSc (Dr. of Biol.) thesis. Novosibirsk, 2007. 374 p. (in Russian).

Vdovina O.N. Zoobentos ozer Ob'-Irtyskogo mezhdurechiya [Macrozoobenthos in lakes of the Southern Ob-Irtysh Interfluve]: Summary of PhD (Cand. of Biol.) thesis. Novosibirsk, 2013. 21 p. (in Russian).

Vdovina O.N., Bezmaternykh D.M. Makrozoobentos ozer podtaezhnoj podzony Zapadnoj Sibiri [Macrozoobenthos in lakes of a subtaiga subzone of West Siberia] // Izvestiya Altajskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva [Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society]. 2019. No. 1 (52). P. 54–65. (in Russian).

Horizontova L.Y. 100 let so dnya rozhdeniya odonatologa, doktora biologicheskikh nauk B.F. Belysheva (1910–1993) [100 years since the birth of odonatologist, Doctor of Biological Sciences B.F. Belyshev (1910–1993)] // Altai Territory. Calendar of significant and memorable dates. 2010. P. 117–120. (in Russian).

Zhurnal rossiiskogo otdeleniya Mezhdunarodnogo obshchestva odonatologii «Belyshevia» [Journal of the Russian branch of the Societas Internationalis of Odonatologica “Belyshevia”]

/ Ed. A.Yu. Haritonov. Novosibirsk: ISEA SB RAS, samizdat [self-publishing], 2001. Vol. 1, no. 1. 22 p.

Zaika V.V. Strekozy yuzhnoi chasti Zapadno-Sibirskoi ravniny [Dragonflies of the southern part of the West Siberian Plain]: Summary of PhD (Cand. of Biol.) thesis. Novosibirsk, 1982. 19 p. (in Russian).

Kadikov B.Kh. Belyshev Boris Fedorovich (1910–1993) // Galereya vydayushchikhsya lyudei goroda Biiska [Gallery of outstanding people of the city of Biysk]. Biysk, 2000. No. 2. P. 10–11. (in Russian).

Kadikov B.Kh. Strekozy i plitotektonika: ocherk o zhizni B.F. Belysheva [Dragonflies and plitotectonics: an essay on the life of B.F. Belyshev] // Biiskii vestnik [Biysk Bull.]. 2004. No. 4. P. 106–109. (in Russian).

Kadikov B.Kh., Tsekhanovskaya N.A. Belyshev Boris Fedorovich (1910–1993) // in book: Altaiskomu otделу Russkogo geograficheskogo obshchestva v gorode Biiske 60 let [Altai branch of the Russian Geographical Society in the city of Biysk is 60 years old]. Barnaul, 2015. P. 51–53. (in Russian).

Ketenchiev Kh.A. Strekozy Sredizemnomor'ya (Sostav, raspredelenie i genezis fauny) [Dragonflies of the Mediterranean (Composition, distribution and genesis of the fauna)]: DSc (Dr. of Biol.) thesis. Makhachkala, 2002. 340 p. (in Russian).

Masyutenko A. Rytsar' nauki [Knight of Science] // Soyuz okhrany ptits [Bird Conservation Union]. URL: <https://rbcu.ru/information/272/14802> (accessed: 22.10.2024).

Popova O.N. Strekozy – most mezhdru vodnymi i nazemnymi ekosistemami. K 70-letiyu so dnya rozhdeniya A.Yu. Haritonova [Odonates are a bridge between aquatic and terrestrial ecosystems. On the 70th Anniversary of A.Yu. Haritonov] // Priroda [Nature]. Moscow: Nauka RAS, 2019. No. 8. P. 30–43. doi: 10.7868/S0032874X19080040. (in Russian).

Ryazanova G.I. Vnutrividovaya territorial'naya konkurentsia u lichinok strekoz [Intraspecific territorial competition in odonate larvae]: Summary of DSc (Dr. of Biol.) thesis. Moscow, 1998. 36 p. (in Russian).

Onishko V.V., Kosterin O.E. Strekozy Rossii: Illyustrirovannyi atlas-opredelitel' [Dragonflies of Russia. Illustrated Photo Guide]. Moscow: Fiton XXI [Phyton XXI], 2021. 480 p. (in Russian).

Stroкова T.A. Neizvestnyi Belyshev. Biograficheskii ocherk o B.F. Belysheve [Unknown Belyshev. Biographical essay on B.F. Belyshev] // Biiskii rabochii [Biysk worker]. 2009. P. 5. (in Russian).

Haritonov A.Yu. Strekozy Urala i Zaural'ya (fauna, ehkologiya, zoogeografiya) [Odonates of the Urals and Trans-Urals (fauna, ecology, zoogeography)]: Summary of PhD (Cand. of Biol.) thesis. Novosibirsk, 1975. 25 p. (in Russian).

Haritonov A.Yu. Stareishina sibirskikh ehntomologov. K 75-letiyu B.F. Belysheva

[Elder of Siberian entomologists. To the 75th anniversary of B.F. Belyshev] // Nauka v Sibiri [Science in Siberia]. 1985. No. 49. P. 7. (in Russian).

Haritonov A.Yu. Boreal'naya odonatofauna i ehkologicheskie faktory geograficheskogo rasprostraneniya strekoz [Boreal odonatofauna and ecological factors of geographical distribution of odonates]: Summary of DSc (Dr. of Biol.) thesis. Moscow, 1991. 34 p. (in Russian).

Haritonov A.Yu. K 100–letiyu Borisa Fedorovicha Belysheva: retrospektiva i perspektivy odonatologii v Sibiri [A dedication to Dr Boris Feodorovich Belyshev on his 100th birthday: retrospective and perspectives of odonatology in Siberia] // Euroasian Entomol. J. 2010. Vol. 9, no. 2. P. 223–230. (in Russian).

Haritonov A.Yu., Borisov S.N., Popova O.N. Odonatologicheskie issledovaniya v Rossii [Odonatological researches in Russia] // Euroasian Entomol. J. 2007. Vol. 6, no. 2. P. 143–156. (in Russian).

Tsekhanovskaya N.A. 95–letiyu B.F. Belysheva posvyashchaetsya [Dedicated to the 95th anniversary of B.F. Belyshev] // Biiskii vestnik [Biysk Bull]. 2006. No. 1/2. P. 157–159. (in Russian).

Tsekhanovskaya N.A. Zhizn' v mire strekoz [Life in the world of dragonflies] // Eto moi mir [This is my world]. Barnaul, 2009. No. 5. P. 3. (in Russian).

Shipilov V. Pravo na dostoinstvo. Ob uchenom odanatologe B.F. Belysheve [Right to dignity. About the scientist odnatologist B.F. Belyshev] // Eto moi mir [This is my world]. Barnaul, 2009. No. 5. P. 4. (in Russian).

Borisov S.N., Iakovlev I.K., Borisov A.S., Zuev A.G., Tiunov A.V. Isotope evidence for latitudinal migrations of the dragonfly *Sympetrum fonscolombii* (Odonata: Libellulidae) in Middle Asia // Ecological Entomology. 2020 a. Vol. 45. P. 1445–1456. doi: 10.1111/een.12930

Borisov S.N., Iakovlev I.K., Borisov A.S., Ganin M.Yu., Tiunov A.V. Seasonal migrations of *Pantala flavescens* (Odonata: Libellulidae) in Middle Asia and understanding of the migration model in the Afro-Asian region using stable isotopes of hydrogen // Insects. 2020 b. Vol. 11, no. 12. P. 890. doi: 10.3390/insects11120890

Haritonov A.Yu., Kiauta B. To Dr Boris Feodorovich Belyshev on his 80th birthday // Odonatologica. 1991. Vol. 20. No. 1. P. 3–8.

Haritonov A.Yu., Kiauta B. At the centenary of Dr B.F. Belyshev's birth: the impact of his work on Siberian odonatology // Odonatologica. 2010. Vol. 39, No. 4. P. 305–318.

Malikova E.I., Kosterin O.E. Check-list of Odonata of the Russian Federation // Odonatologica. 2019. Vol. 48. No. 1/2. P. 49–78. doi: 10.52.81/zenodo.2677689

Popova O.N., Haritonov A.Y., Sushchik N.N., Makhutova O.N., Kalachova G.S., Kolmakova A.A., Gladyshev M.I. Export of aquatic productivity, including highly unsaturated fatty acids, to terrestrial ecosystems via Odonata // Science of the Total Environment. 2017. No. 581–582. P. 40–48. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.017

RUSSIAN ODONATOLOGIST B.F. BELYSHEV AND HIS LEGACY ON THE EVE OF THE 115TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH

O.N. Popova

Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS, Novosibirsk,

E-mail: popova-2012@yandex.ru

December 2025 marks the 115th anniversary of the birth of Boris Fedorovich Belyshev (12.13.1910–04.19.1993), an amazing man, a world-renowned scientist, doctor of biological Sciences, zoologist, ornithologist, entomologist-odonatologist. He studied at the biological faculties of Tomsk (1927–1930) and Leningrad (1930–1932) universities. He was repressed on false denunciations and received 10 years in a prison camp (1936–1946), in 1953 he was rehabilitated. All his life he lived and worked in Siberia: from 1946 – at the Altai anti-tularemia station in Biysk, from 1953 – at the Biysk Local History Museum and the Biysk Pedagogical Institute, from 1959 – at the East Siberian Biological Institute of the SB Academy of Sciences of the USSR in Irkutsk, from 1967 to 1992 – at the Biological Institute SB AS USSR in Novosibirsk. Honorary member of the Altai Branch of the Geographical Society of the USSR. He made an outstanding contribution to the development of odontology and founded the Russian School of Odontology with a center in Siberia, Novosibirsk. Author of more than 178 scientific publications on odonates. He described about 40 species and subspecies of odonates new to science. He has collected a unique collection of odonates, numbering 30 thousand specimens.

Keywords: B.F. Belyshev; biography; Siberia; Odonata; the Altai Branch of the Russian Geographical Society; Russian odontology.

Received October 18, 2024. Accepted: November 18, 2024

Сведения об авторе

Попова Ольга Николаевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института систематики и экологии животных СО РАН. Россия, 630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, д. 11. ORCID: 0000-0002-2855-0536. E-mail: popova-2012@yandex.ru.

Information about the author

Popova Olga Nikolaevna – PhD in Biology, Senior Researcher of the Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS (ISEA SB RAS). 11, Frunze St., 630091 Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0002-2855-0536. E-mail: popova-2012@yandex.ru.

Журнал
Известия Алтайского отделения
Русского географического общества

№ 4 (75) 2024

Регистрационный номер СМИ от 31.08.2021

ПИ № ТУ22-00790

Зарегистрирован Управлением Федеральной службы по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
по Алтайскому краю и Республике Алтай

Подписано в печать 27.12.2024. Дата выхода в свет 29.12.2024.

Формат 60x84 1/8. Печать – цифровая. П.л. 12.75

Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии ООО «Пять плюс»
656049, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Крупской, 97,
Тел.: +7(385-2) 62-32-07,
e-mail: fiveplus07@mail.ru
www.five-plus.ru

Цена свободная

Возрастная категория – 12+