

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. Пушистым 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.

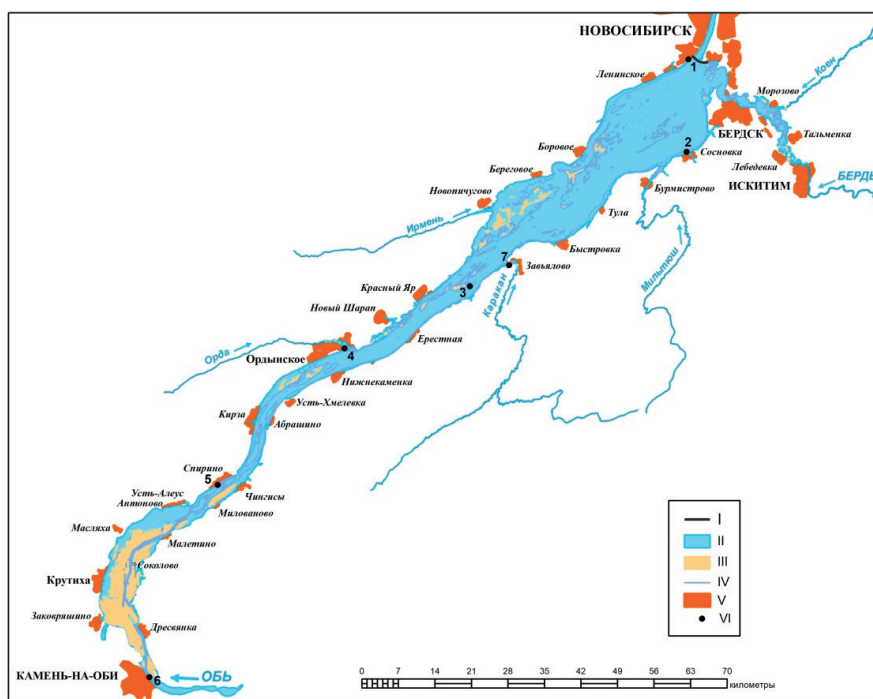


Рис. 1. Новосибирское водохранилище.

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 verxniy 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).

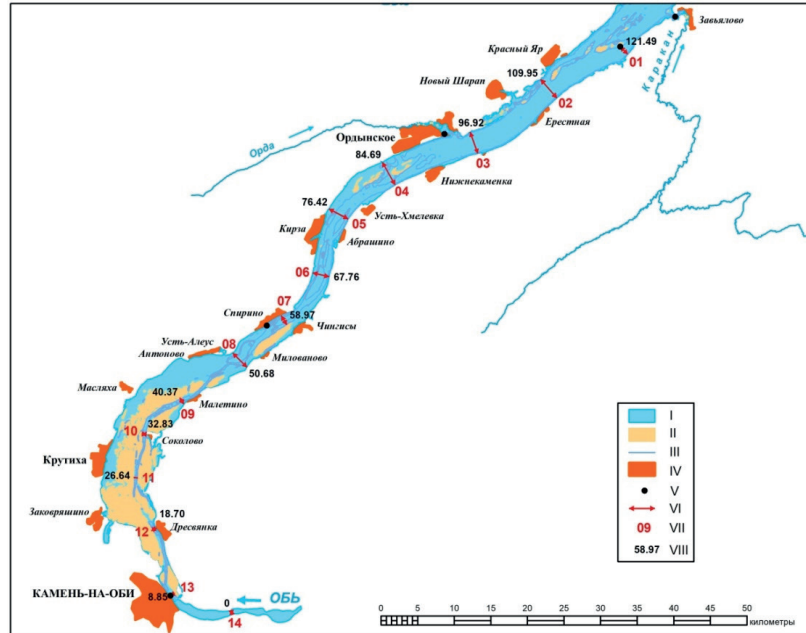


Рис. 2. Местоположение створов измерений 2024 г.

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.

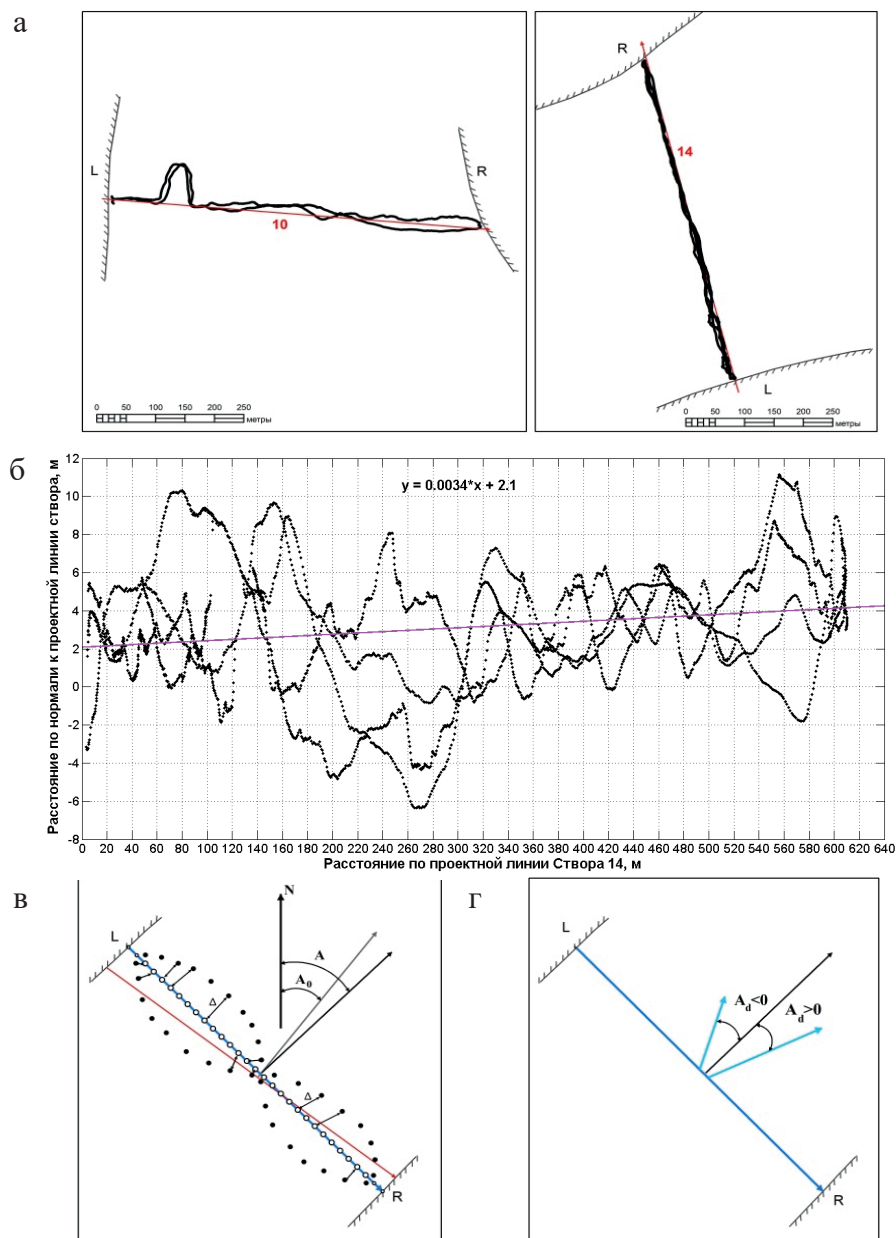


Рис. 4. Иллюстрация процедуры обработки данных измерений.

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, м³/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, м³/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.

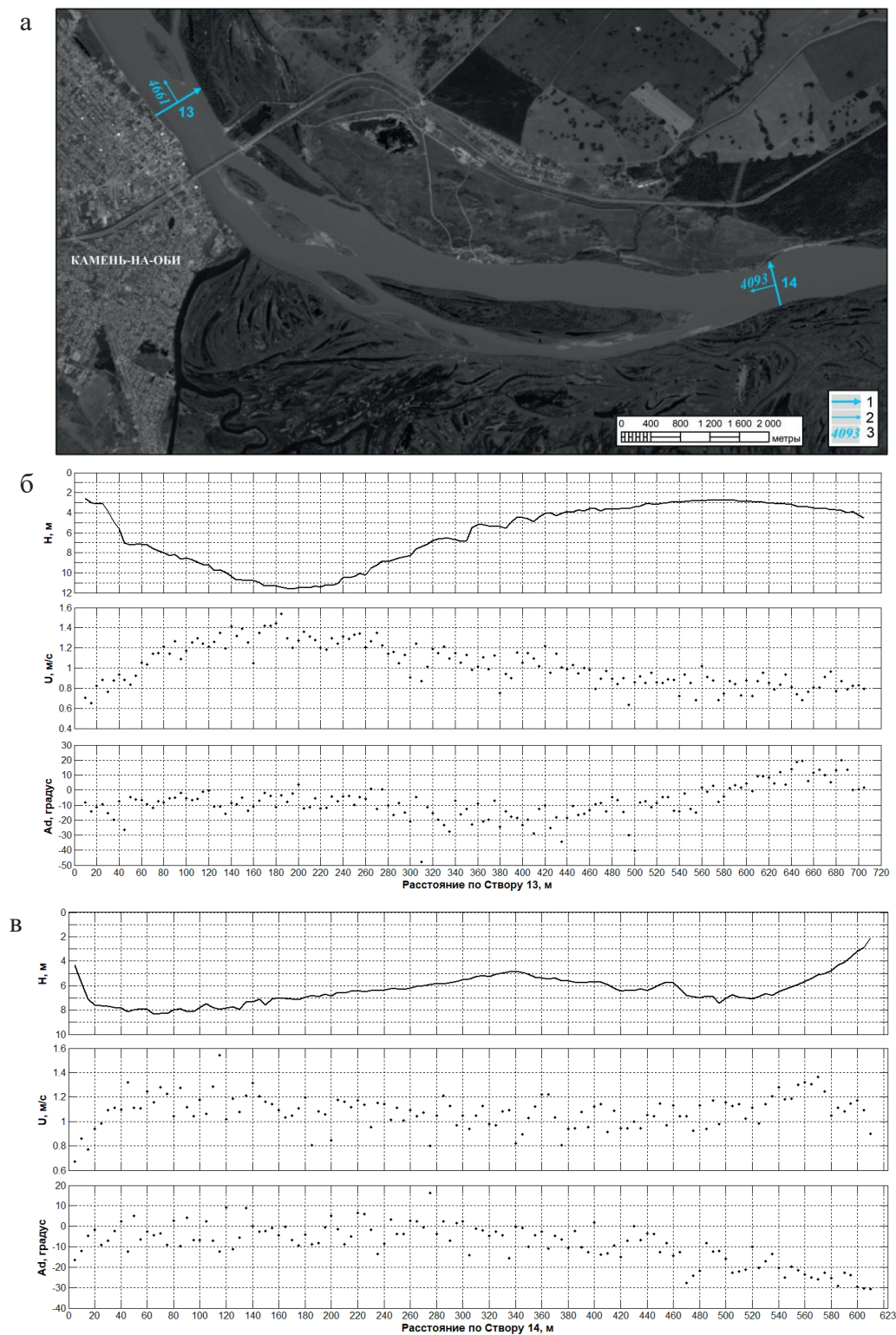


Рис. 5. Результаты измерений 2024 г. Створы 13, 14.

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.

a) 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

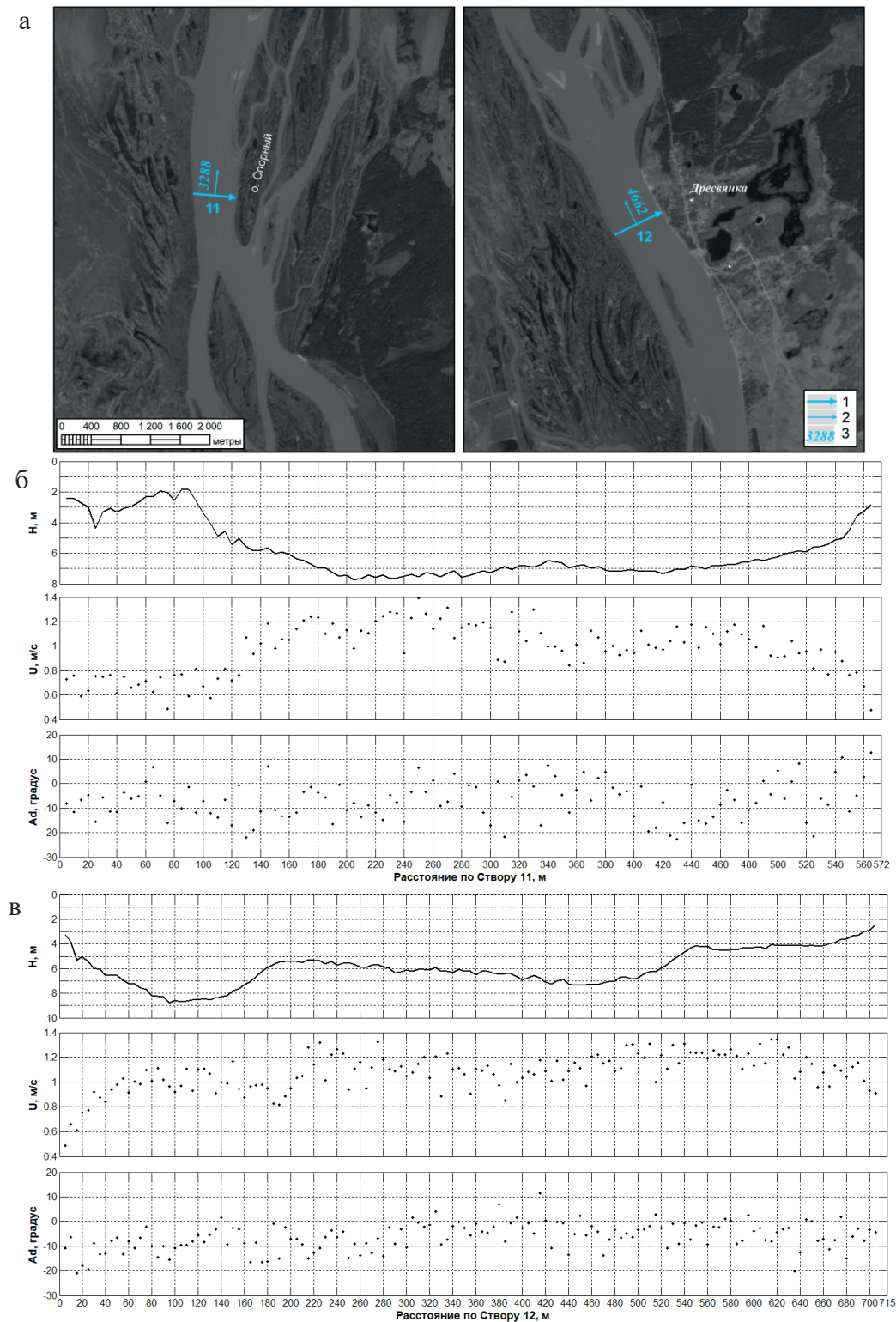


Рис. 6. Результаты измерений 2024 г. Створы 11, 12.

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, м/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

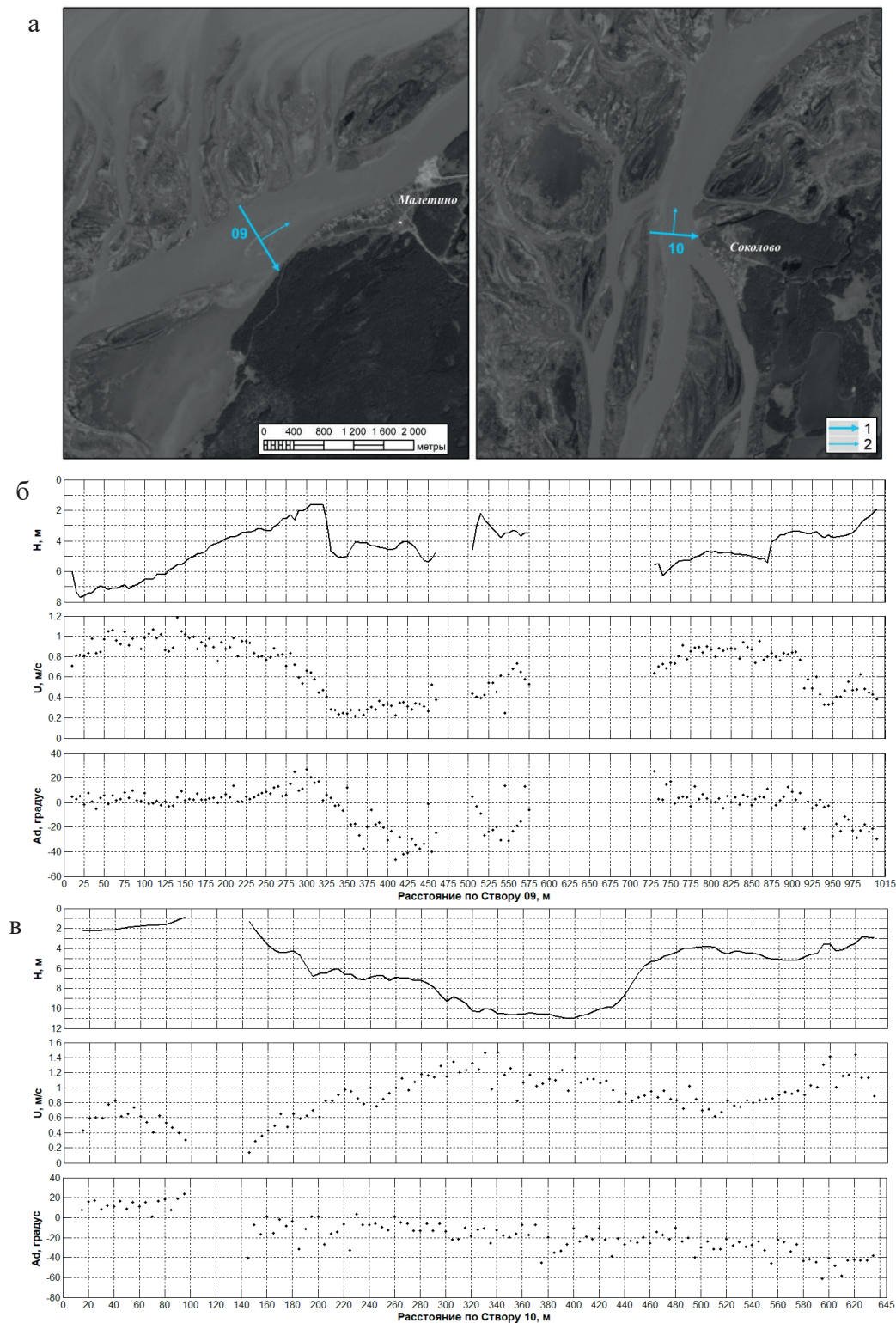


Рис. 7. Результаты измерений 2024 г. Створы 09, 10.

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

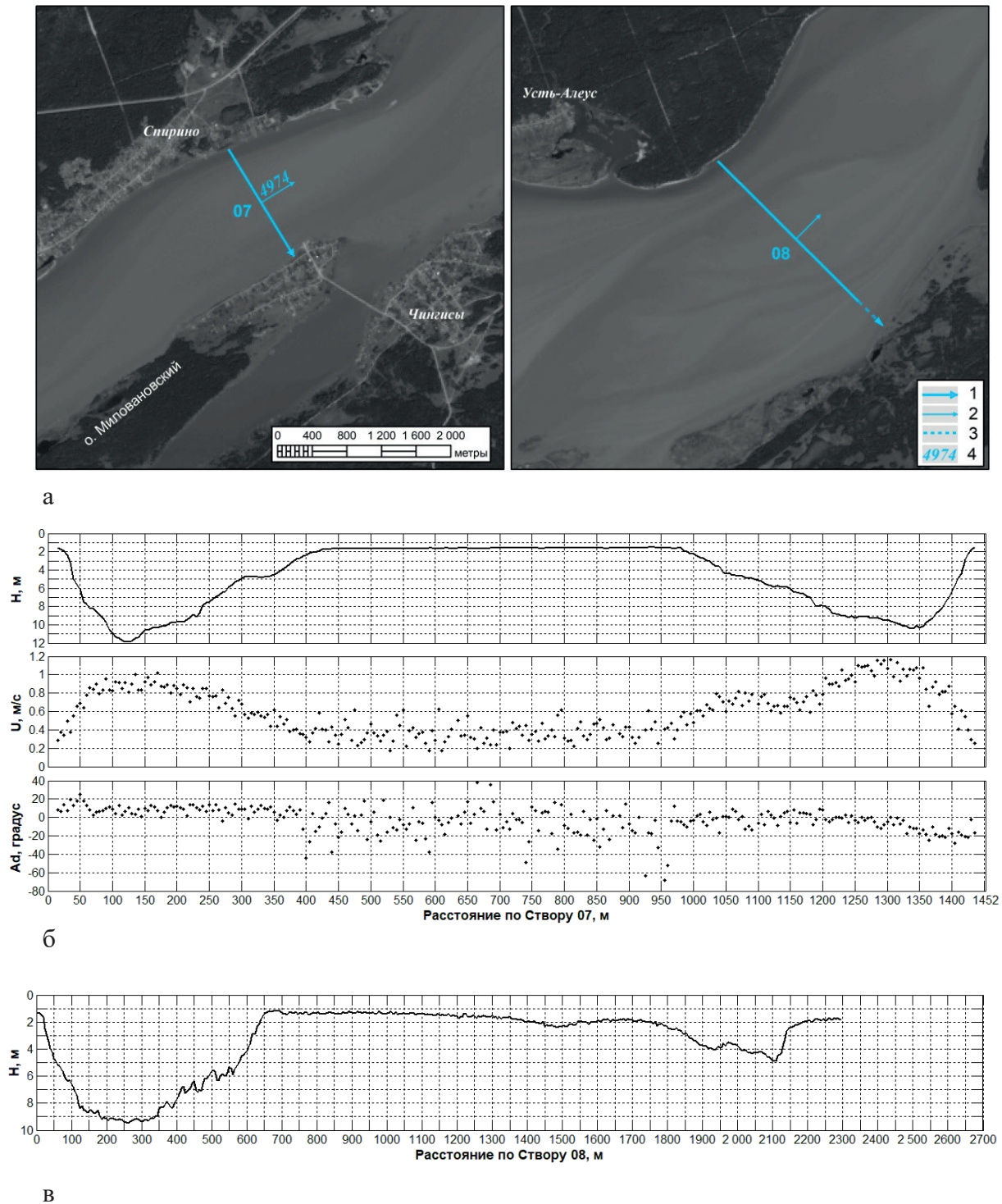


Рис. 8. Результаты измерений 2024 г. Створы 07, 08.

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, $\text{м}/\text{с}$; 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

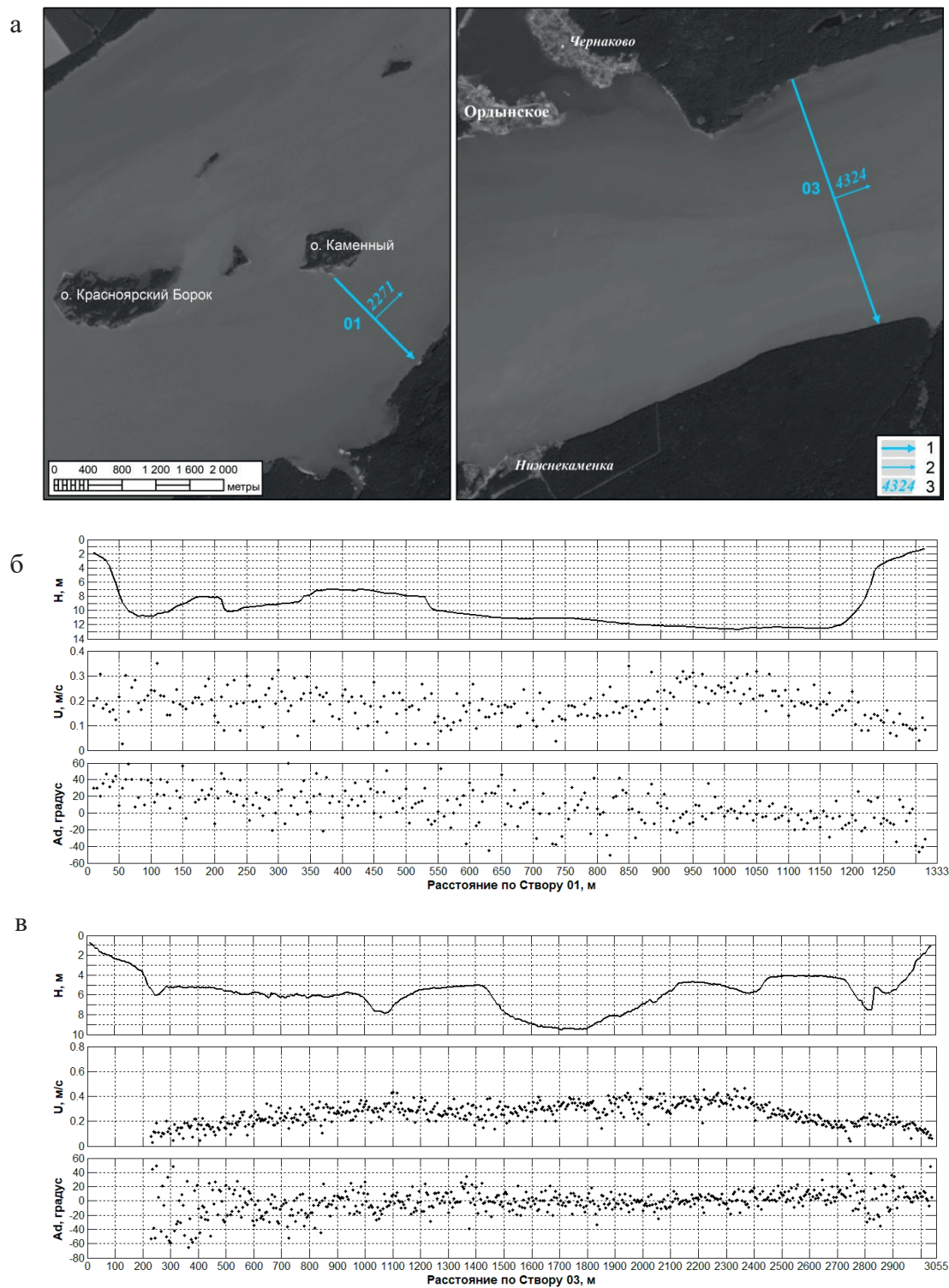


Рис. 9. Результаты измерений 2024 г. Створы 01, 03.

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, m^3/s ; 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. 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

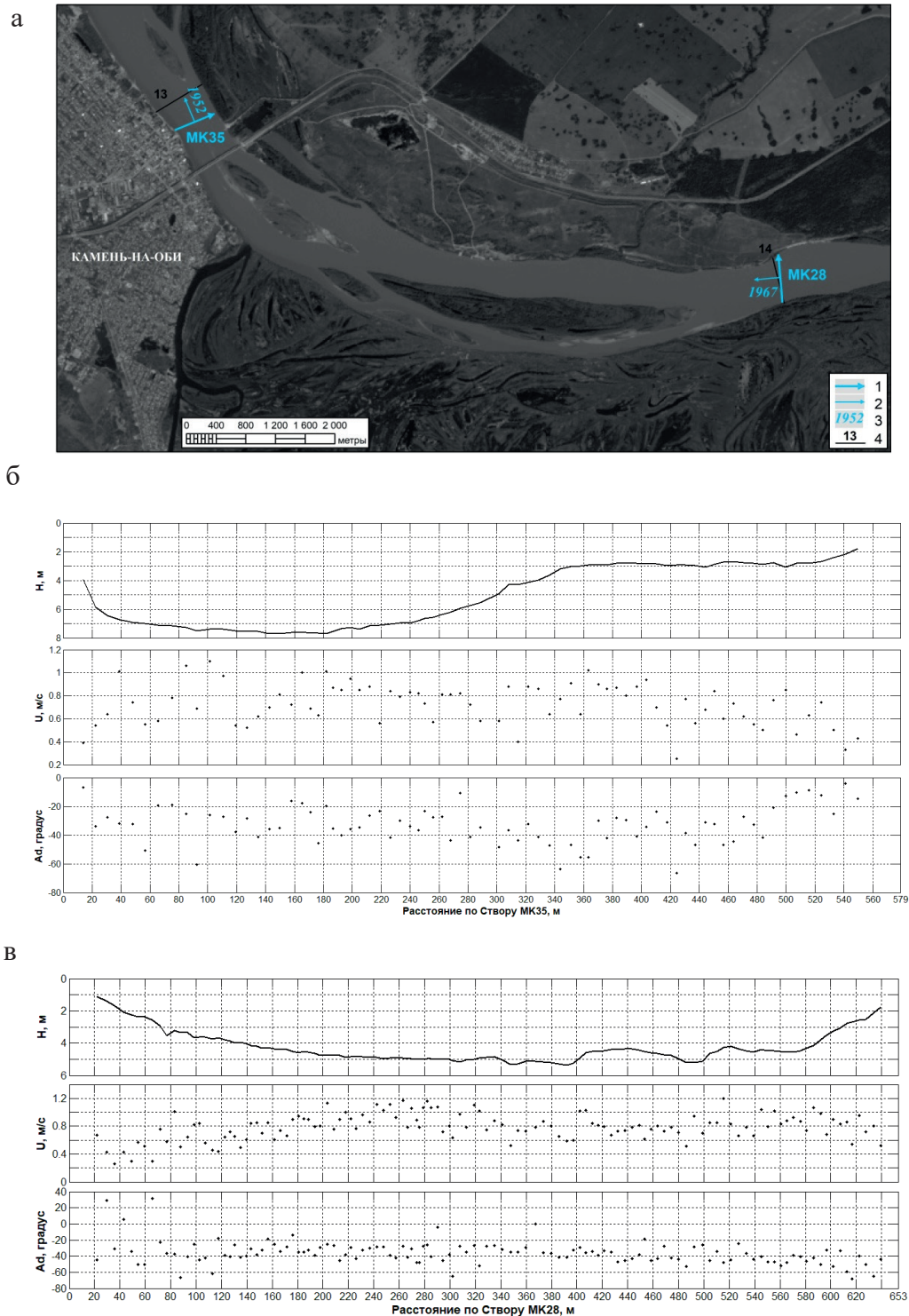


Рис. 10. Результаты измерений 2009 г. Створы МК28, МК35.

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, $\text{м}/\text{с}$; 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

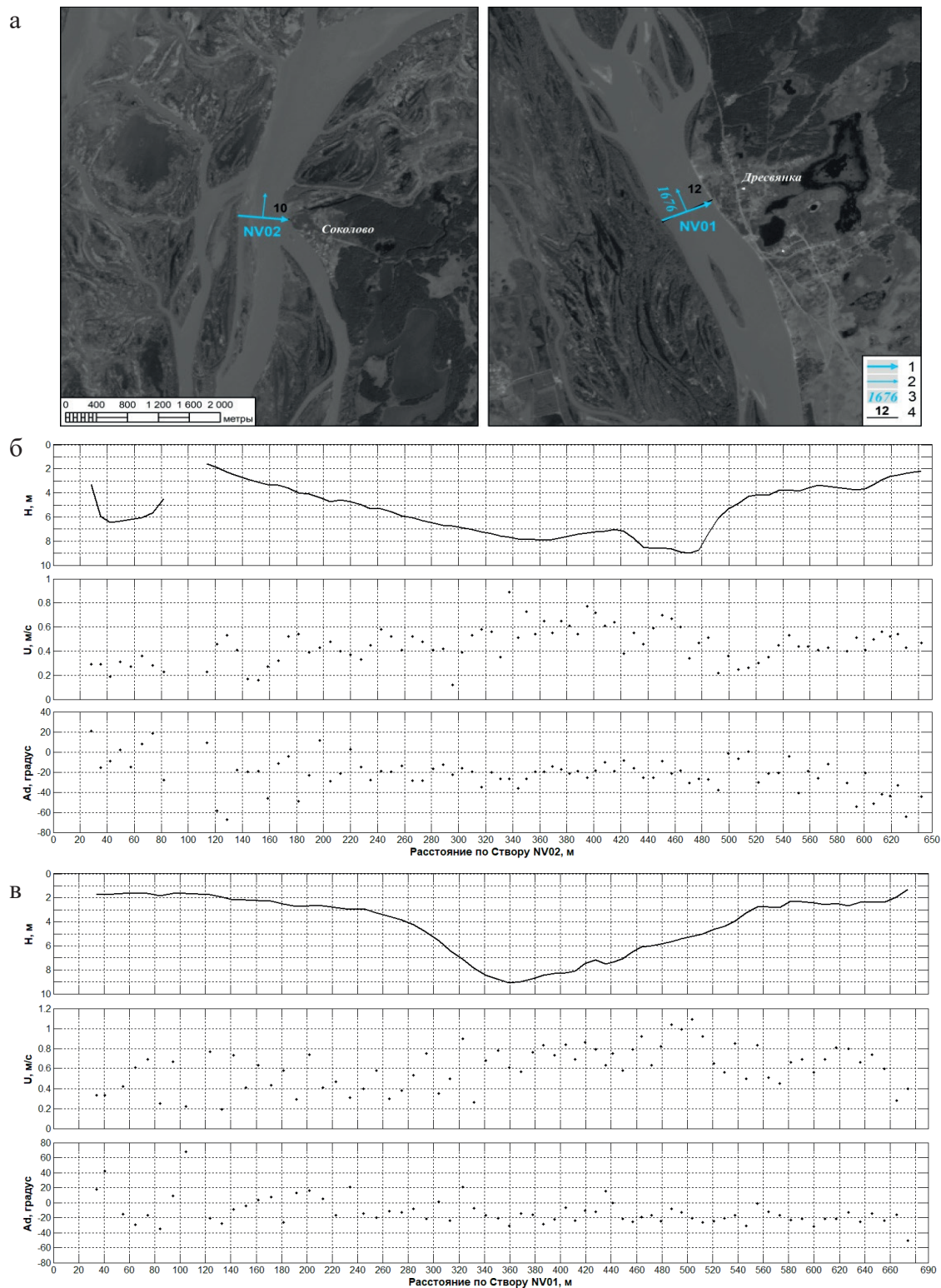


Рис. 11. Результаты измерений 2009 г. Створы NV01, NV02.

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

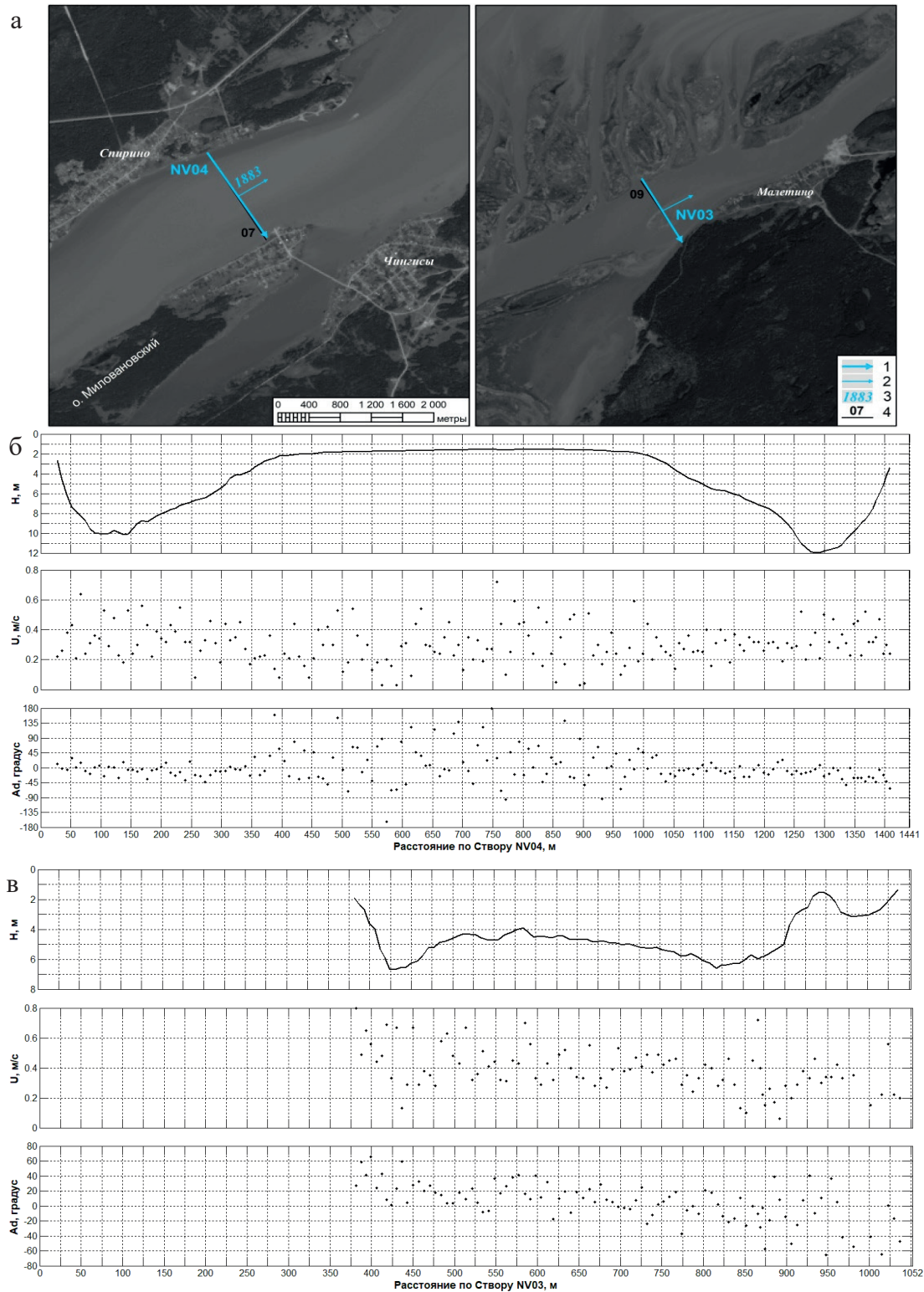


Рис. 12. Результаты измерений 2009 г. Створы NV03, NV04.

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

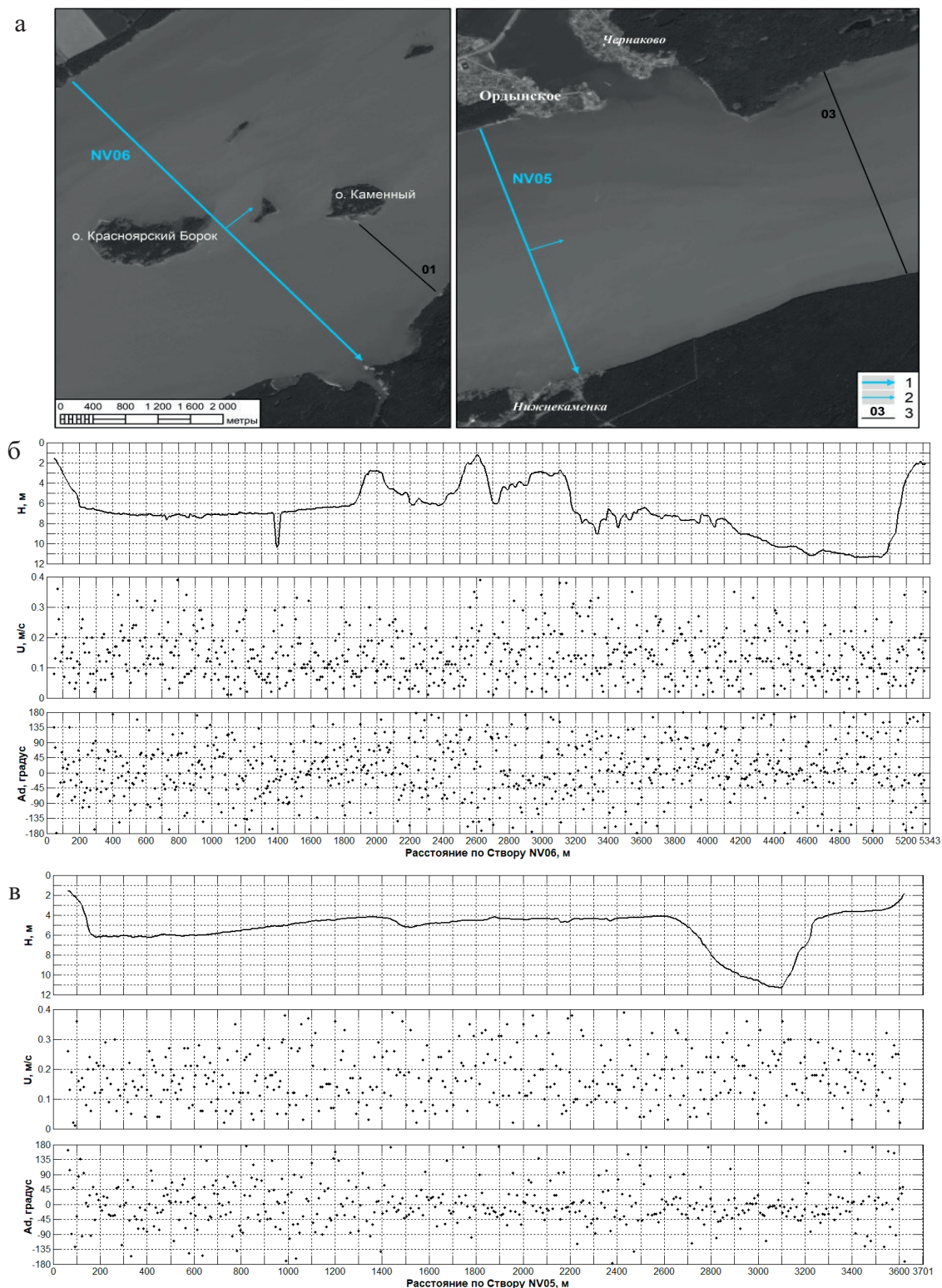


Рис. 13. Результаты измерений 2009 г. Створы NV05, NV06.

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 протоков 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.