

ГИДРОЛОГИЯ СУШИ И ГИДРОХИМИЯ
HYDROLOGY OF LAND AND HYDROCHEMISTRY

<https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-1-72-90>

УДК 556.16 (282.256.21+282.256.28)



ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ORIGINAL ARTICLE

К вопросу современной изученности водного стока малых рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы

*Е.В. Румянцева**, *О.В. Муждаба*, *И.И. Василевич*, *А.А. Пискун*, *М.В. Третьяков*
ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия

*rev@aari.ru

Резюме

Актуальность исследования связана с возможностью использования водных ресурсов малых рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы, для обеспечения пресной водой населения и газонефтедобывающей промышленности ЯНАО. Цель работы — обобщить данные исследований стока малых рек и рассчитать площади водосборов малых рек с помощью ГИС-технологий. Объектами исследования являются более 200 малых рек водосбора Обской и Тазовской губ. Установлено, что стационарные наблюдения за стоком воды на них не проводились. Обобщены фондовые экспедиционные наблюдения ААНИИ по измеренным расходам воды. Современные данные по стоку воды от водопользователей, помещенные в АИС ГМВО, являются спорными и нуждаются в критическом анализе. В едином виде представлены ранее изданные карты годового слоя стока Ямало-Гыданского региона, отмечено схожее широтное распределение изолиний стока. Надежность оценки речного стока по картам в значительной степени определяется точностью вычисления площади водосбора. ГИС-расчеты водосборных площадей рек были выполнены двумя методами. Автоматизированная оцифровка по ЦМР ASTER показала некорректный результат. Ручная оцифровка водосборов трудоемка, но получены надежные результаты для равнинного рельефа Ямало-Гыданского региона. Впервые с помощью ГИС были получены линии водоразделов и значения площадей водосборов малых рек. При идентификации конкретных рек возникают трудности, обусловленные разночтениями их наименований в разных источниках. Необходима организация государственного мониторинга на малых реках, включая обязательные измерения расходов воды, в первую очередь на реках Сабетта-Яха, Се-Яха, Мессо-Яха, обеспечивающих пресной водой хозяйственные объекты. Перспективными направлениями оценки стока являются моделирование формирования стока и использование данных спутниковых снимков.

Ключевые слова: Арктика, водный сток, ГИС, Гыданский полуостров, карта стока, малая река, площадь водосбора, полуостров Ямал, Тазовский полуостров, устьевая область.

Для цитирования: *Румянцева Е.В., Муждаба О.В., Василевич И.И., Пискун А.А., Третьяков М.В.* К вопросу современной изученности водного стока малых рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы // Проблемы Арктики и Антарктики. 2023. Т. 69. № 1. С. 72–90. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-1-72-90>.

Поступила 07.11.2022

После переработки 27.01.2023

Принята 07.02.2023

Water runoff of small rivers flowing into the Gulf of Ob' and Taz Bay: current state of research

Elena V. Rumiantseva, Olga V. Muzhdaba, Igor I. Vasilevich, Aleksandr A. Piskun, Mikhail V. Tretiakov*

State Scientific Center of the Russian Federation Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

**rev@aari.ru*

Summary

Fresh water supply is a basic need of the gas and oil industry of the Yamal-Gydan region. Small rivers flowing into the Ob' and Taz Bay could be used for solving this problem. The purpose of the study is to summarise the available research data on the runoff of small rivers and to calculate the catchment areas using GIS technologies. The study covers more than 200 small rivers in the catchment area of the Ob' and Taz Bay. It is established that there have been no stationary observations of the water runoff on them. Expedition observations of water discharges of small rivers are summarized. More than 40 small rivers are involved in water consumption. The runoff data from water users in the State Water Registry are questionable and need to be critically analyzed. Published annual runoff maps of the Yamal-Gydan region are presented in a unified form. Consolidation of the annual runoff maps showed an overall latitudinal distribution of the runoff isolines. The reliability of river runoff estimates from maps is largely determined by the accuracy of the catchment area calculations. GIS calculation of the river catchment areas has been done using two methods. Automated digitization by DEM has given incorrect results, which need to be verified. Manual digitization of catchments is labour-intensive, but gives reliable results for the lowland relief of the Yamal-Gydan region. For the first time, small rivers' catchment areas obtained by GIS have been calculated. Difficulties arise in using the names of small rivers, which are different from one source to another. It is necessary to organize government monitoring on small rivers including obligatory measurements of water discharge, first of all on the Sabetta-Yakha, Se-Yakha and Messo-Yakha rivers, which provide fresh water to economic facilities. The modeling of runoff formation and the use of satellite image data are promising directions of runoff assessment.

Keywords: Arctic, catchment area, estuary, GIS, Gyda Peninsula, river runoff, runoff map, small river, Tazovsky Peninsula, Yamal Peninsula.

For Citation: Rumiantseva E.V., Muzhdaba O.V., Vasilevich I.I., Piskun A.A., Tretiakov M.V. Water runoff of small rivers flowing into the Ob' and Taz Bay: current state of research. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Arctic and Antarctic Research. 2023, 69 (1): 72–90. [In Russian]. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-1-72-90>.

Received 07.11.2022

Revised 27.01.2023

Accepted 07.02.2023

ВВЕДЕНИЕ

При освоении углеводородных ресурсов Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) одной из приоритетных задач является обеспечение пресной водой хозяйственной инфраструктуры, расположенной на побережье Обской и Тазовской губ и на территории их водосбора. Особенно эта проблема актуальна в северной части Обской губы — ведь, несмотря на огромные запасы пресной воды в акватории из-за сезонной миграции галоклина [1, 2], доступность ее не гарантирована. Альтернативным решением могли бы служить водные ресурсы малых рек территории. Перед проектировщиками и изыскателями ставятся задачи по расчету характеристик гидрологического режима, а из всего спектра гидрологической информации одной из наиболее востребованных является информация о речном стоке. Однако реки

водосбора Обской и Тазовской губ практически не изучены, опубликованных данных экспедиционных наблюдений крайне мало.

Цель работы — обобщить имеющиеся сведения о наблюдениях за стоком воды на малых реках, впадающих в Обскую и Тазовскую губы, определить площади их водосборов с помощью ГИС-технологий. Названия рек приводятся в соответствии со справочником [3]. Отметим, что многотомный справочник изученности рек СССР положен в основу информационной системы Государственного водного реестра России (ГВР) Федерального агентства водных ресурсов (Росводресурсы), которая используется водопользователями.

МАТЕРИАЛЫ

Материалами к работе послужили издания Водного кадастра (справочники, гидрологические ежегодники), легшие в основу базы данных [4], а также актуальная информация состояния гидрологической сети Росгидромета, ежегодно поступающая в Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ) из УГМС. Кроме того, использованы фондовые материалы ААНИИ по экспедициям в районе исследования. Современные сведения водопользователей из автоматизированной информационной системы «Государственный мониторинг водных объектов» (АИС ГМВО) Росводресурсы [5] были оценены для возможности их применения. Определение линий водоразделов и расчет площадей водосборов рек проводились в геоинформационной системе QGIS на основе цифровой модели рельефа (ЦМР) ASTER [6] и топографических карт масштаба 1:50000 и 1:200000 [7, 8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обзор исследований водного стока малых рек

Реки, впадающие в Обскую и Тазовскую губы, протекают на полуостровах Ямал, Гыданский и Тазовский (см. рисунок на вклейке). В Обскую губу впадает 149 рек длиной более 10 км, а в Тазовскую — 52, которые можно определить как притоки первого порядка в трактовке, принятой в [9], т. е. это реки, непосредственно впадающие в губы. На рисунке изображена схема расположения рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы, без обозначения их притоков; нанесены реки, относящиеся к притокам устьевому участку Оби. На схеме не подписаны реки, поименованные в справочнике [3] как «без названия». Для рек протяженностью более 100 км приведено значение их длины в км. Среди малых рек полуострова Ямал наиболее длинными являются Яда-Яходы-Яха, Вэнуй-Еуо, Тамбей, Сабетта-Яха, Ляккато-Сё, Сё-Яха; Гыданского полуострова — Мессо-Яха, Тота-Яха, Анти-Паюта-Яха; Тазовского полуострова — Адер-Паюта, Пойлово-Яха. Отметим, что данная схема расположения рек представляет практический интерес для пользователей, поскольку в справочнике [3] гидрографическая схема для Ямало-Гыданского региона отсутствует.

Реки района типично равнинные, сравнительно короткие и маловодные, берущие начало на слабо выраженных водоразделах тундры. Меандрируя, они медленно текут в широких заболоченных долинах. Большинство рек характеризуется сильной извилистостью. Величина уклонов обычно незначительная. Речной сток зачастую зарегулирован озерами и болотами, что при малых уклонах поверхности способствует задерживанию выпавших осадков [10–12]. Основные фазы водного режима рек — весеннее половодье, летне-осенняя и зимняя межени. Объем стока весеннего половодья составляет 70–78 % от годового. После спада половодья наступает летне-осенняя межень (20–30 % от годо-

**Действующие гидрологические посты на малых реках водосбора
Обской и Тазовской губ**

Table 1

**Active hydrological observation stations on small rivers in the catchment area
of the Ob' and Taz Bay**

Название гидрологического поста	Периоды наблюдений за основными элементами гидрологического режима				
	уровень воды		температура воды	состояние водного объекта (ледовые явления)	толщины льда и высота снега на льду
	период	дискретность			
р. Сеяха — пос. Сеяха	1967–1994	4 срока и ежечасные	2000–наст. вр.	2000–наст. вр.	2006–наст. вр.
	2000–наст. вр.	2 срока			
р. Анти-Паюта-Яха — пос. Антипаюта	1965–1988	4 срока и ежечасные	1988–наст. вр.	1988–наст. вр.	1988–наст. вр.
	1988–наст. вр.	2 срока			
р. Ныда — с. Ныда	1962–наст. вр.	2 срока	1962–наст. вр.	1962–наст. вр.	1962–наст. вр.

вого стока), на которую накладываются дождевые паводки. На зимнюю межень после октября и до начала июня приходится 2–3 % годового стока [12, 13]. Характерная гидрологическая особенность малых рек — преобладание поверхностного стока, который в отдельные годы приближается к суммарному [14]. В устьях малые реки подвержены влиянию сгонно-нагонных и приливно-отливных явлений со стороны акватории Обской и Тазовской губ, здесь могут наблюдаться так называемые обратные течения.

По состоянию на 2022 г. *стационарные наблюдения* проводятся на гидрологических постах трех малых рек: Сё-Яха (Сеяха), Анти-Паюта-Яха, Ныда (табл. 1). В стандартную программу входят двухсрочные наблюдения за уровнем и температурой воды, состоянием водного объекта (ледовыми явлениями), за толщиной льда и высотой снега на льду. Наблюдения за водным стоком отсутствуют, измерения расходов воды не проводятся. Все посты находятся в зоне влияния сгонно-нагонных и приливно-отливных явлений Обской и Тазовской губ. В условиях резкого изменения уровней воды под влиянием этих явлений двухсрочные наблюдения не отражают особенности уровня режима, вследствие чего такие данные непригодны для оценки экстремальных характеристик уровня [1]. Поэтому четырехсрочные и ежечасные наблюдения являются необходимыми наблюдениями в зоне устьевых процессов.

В 1973–1989 гг. на притоке устьевого участка Оби, реке Кутоп-Юган, работал гидрологический пост в пос. Кутопьюган. Измерения расходов воды на нем не проводились.

Для определения основных расчетных гидрологических характеристик реки при отсутствии данных о стоке возможно использование данных реки-аналога [15]. В качестве такой реки в некоторых случаях, из-за отсутствия более подходящих вариантов, используется р. Щучья, на которой расположен гидрологический пост в пос. Щучье. Река впадает в протоку Малая Обь и является притоком устьевого участка реки Оби. Ряд наблюдений за стоком воды (1955–1967, 1985–1990 гг.) составляет 19 полных лет и в соответствии с нормативным документом [15] достаточен для определения статистических характеристик стока воды р. Щучья. В 2013 г. пост возобновил работу, но, по сведениям Обь-Иртышского УГМС, качество измерений низкое, имеются длительные пропуски и достоверность данных составляет 50 %.

В отдельные годы ниже и выше поста русло реки промерзает и сток учитывается не полностью. С 2022 г. из программы наблюдений на посту исключены измерения расходов воды. Подчеркнем, что использование данного поста в качестве аналога при гидрологических расчетах для других малых рек Ямала недопустимо, поскольку сток реки формируется в горной области Полярного Урала и водный режим отличается от типично равнинных ямальских рек. В качестве рек-аналогов для определения основных гидрологических характеристик рекомендуется использовать реки западного склона полуострова Ямал, впадающие в Байдарацкую губу. Натурные данные по некоторым из них были получены экспедициями ГГИ [11, 16] для обеспечения проектирования и строительства мостовых переходов железной дороги.

Началом *экспедиционных гидрологических исследований* Ямала принято считать экспедицию Б.М. Житкова в 1908 г. [17]. С целью составления физико-географической характеристики Ямало-Гыданской области были проведены комплексные исследования ААНИИ 1970–1972 гг., в том числе гидрологические работы на р. Нурма-Яха (Нурмаяха) [12]. В 70-е и 80-е гг. XX в. работали экспедиции ААНИИ и Амдерминского УГМС (АУГМС) в Обско-Тазовской устьевой области, в ходе которых были обследованы отдельные участки рек Нурма-Яха, Сабетта-Яха, Юрибече-Яха, Тадибе-Яха, Нгарка-Тетнеда-Яха. В 1980-х гг. на территории ЯНАО работала Западно-Сибирская экспедиция ГГИ, в том числе была исследована река Пя-Сядэй-Яха, впадающая в Обскую губу [11, 18]. В 2012–2013 гг. были проведены две экспедиции ААНИИ в исследуемом районе. Экспедиция на р. Сабетта-Яха выполняла гидрологические наблюдения и работы для оценки гидрологического режима. Комплексная экспедиция ААНИИ «Ямал-Арктика» проводила гидрологические наблюдения в устьях рек Сабетта-Яха, Сё-Яха, Пя-Сядэй-Яха, Хэвы-Сё, включая измерения расходов воды и гидрохимические исследования [19, 20]. Для обеспечения проектирования и строительства инфраструктуры добывающей отрасли в ЯНАО работали экспедиции многих других организаций, но в большинстве случаев результаты наблюдений остаются неопубликованными.

Таблица 2

Сведения об измеренных расходах воды на малых реках по экспедиционным данным

Table 2

Information about measured water discharge of small rivers according to expedition data

Река	Створ	Дата / период	Кол-во ИРВ	Расход / диапазон расходов, м ³ /с	Примечание
Сабетта-Яха	2 км от устья	12.09.1979	1	26,0	Экспедиция АУГМС
	0,5 км от устья	12.09.1980	1	9,25	То же
	9,5 км от устья	10.06.2012– 27.07.2012	19	13,7–76,6	Экспедиция ААНИИ на р. Сабетта-Яха
	17 км от устья	20.08.2012	1	49,9	Экспедиция ААНИИ «Ямал-Арктика»
	36 км от устья	15.06.2013– 29.09.2013	118	1,80–238	Экспедиция ААНИИ на р. Сабетта-Яха
	20 км от устья	13.09.2013	1	14,8	Экспедиция ААНИИ «Ямал-Арктика»
	5 км от устья	14.09.2013	1	44,1	То же

Река	Створ	Дата / период	Кол-во ИРВ	Расход / диапазон расходов, м ³ /с	Примечание
Сё-Яха (Зеленая)	40,3 км от устья	30.08.1987–10.09.1987	8	32,0–74,4	Экспедиция Гипроречтранса Экспедиция ААНИИ «Ямал-Арктика» То же “
	18,2 км от устья	21.08.2012	1	42,4	
	Сё-Яха (Зеленая)	21.08.2012	1	27,4	
	Юж. Сё-Яха	21.08.2012	1	11,8	
Юрибече-Яха	0,5 км от устья	24.09.1979	1	30,9	Экспедиция АУГМС То же
	То же	02.09.1980	1	22,9	
Нурма-Яха	1 км от устья	09.09.1979	1	13,5	“ “ “
	То же	01.08.1980	1	10,8	
	“	02.09.1981	1	7,21	
Хэвы-Сё	Устье	24.08.2012	1	0,95	Экспедиция ААНИИ «Ямал-Арктика»
Пя-Сядэй-Яха	То же	27.08.2012	1	1,00	То же
Сетная	“	19.06.1947	1	9,15	Северная проектно-изыскательская экспедиция
Хейм-Паюта	1 км от устья	17.09.1981 28.09.1981	2	6,41; 6,22	Экспедиция АУГМС
Тадибе-Яха	То же	15.09.1980	1	27,9	То же
Нгарка-Тетнеда-Яха	0,1 км от устья	06.09.1980	1	4,69	“

Примечание. ИРВ — измеренные расходы воды

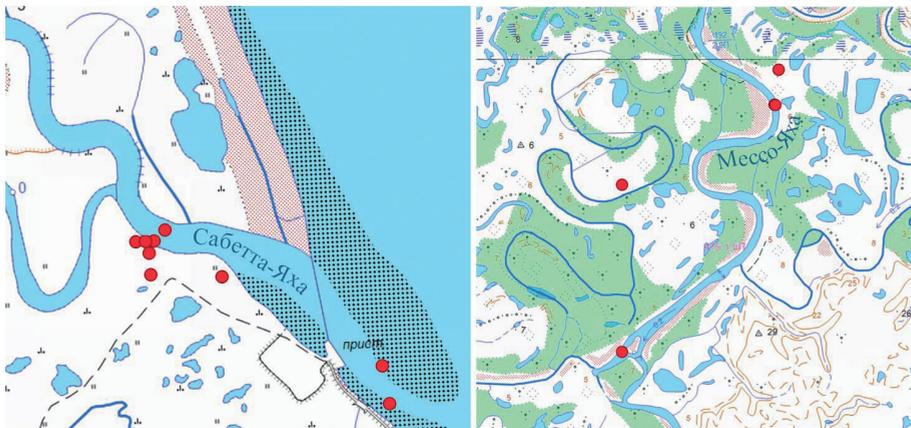


Рис. 1. Пример расположения гидрометрических створов р. Сабетта-Яха и р. Мессо-Яха по данным АИС ГМВО.

Красными точками отмечены створы измерений расходов воды

Fig. 1. An example of the Sabetta-Yakha and Messo-Yakha rivers discharge site location according to AIS SWBM.

The red dots mark the water discharge measurement sites

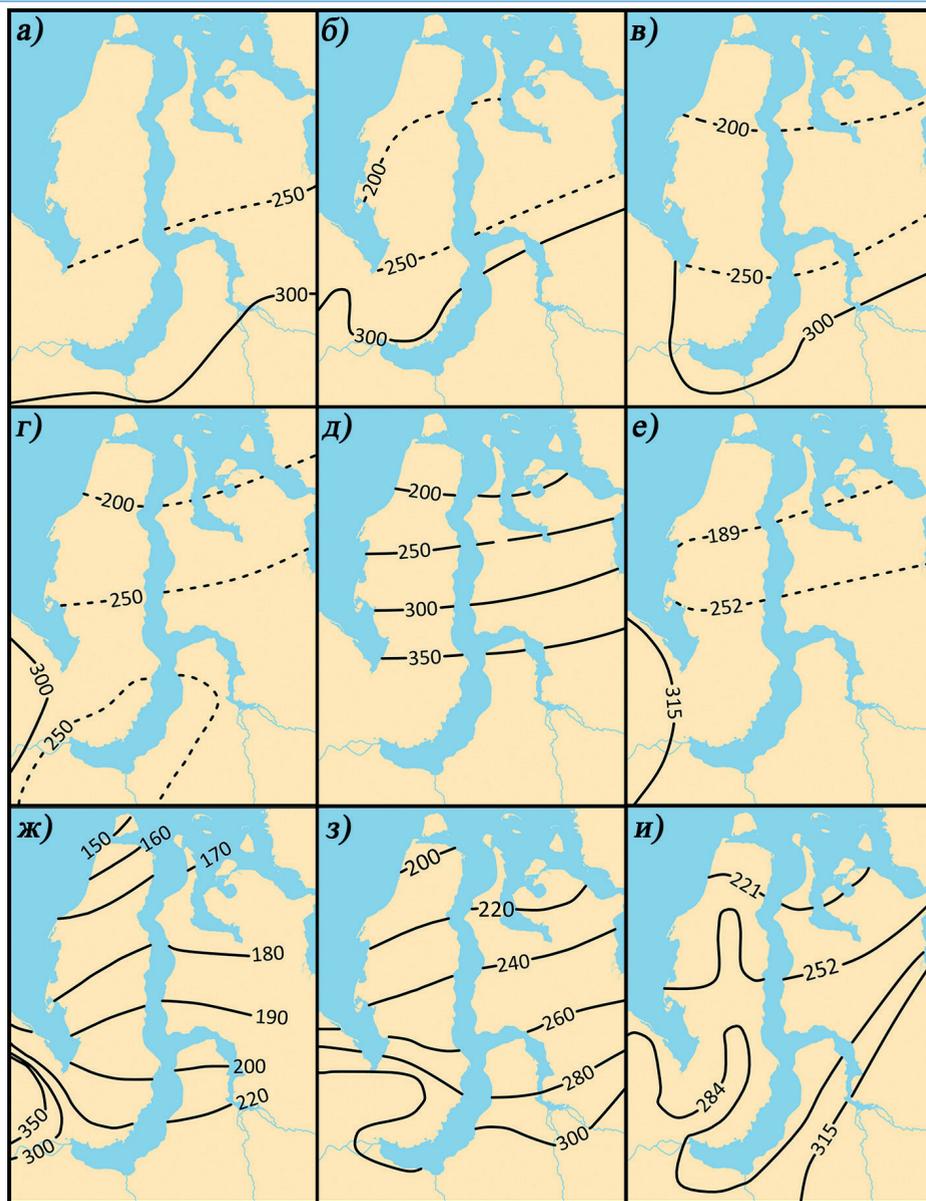


Рис. 2. Карты среднегодового слоя стока рек в мм по литературным источникам:

а) — монография «Западная Сибирь», 1963 [21]; *б)* — Куприянова Е.И., 1963 [22]; *в)* — Дрейер Н.Н., 1969 [23]; *г)* — Плиткин Г.А., 1976 [24]; *д)* — экспедиция ААНИИ, 1977 [12]; *е)* — атлас расчетных гидрологических карт, 1986 [25]; *ж)* — Гопченко и др., 1995 [26]; *з)* — атлас ЯНАО, 2004 [27]; *и)* — атлас «Российская Арктика», 2019 [28]. Пунктирными линиями показаны изолинии, не обеспеченные данными

Fig. 2. Maps of average annual river runoff layer in mm according to the literature:

a) — monograph “Western Siberia”, 1963 [21]; *б)* — Kupriianova E.I., 1963 [22]; *в)* — Dreier N.N., 1969 [23]; *г)* — Plitkin G.A., 1976 [24]; *д)* — the AARI expedition, 1977 [12]; *е)* — the atlas of calculated hydrological maps, 1986 [25]; *ж)* — Gopchenko et al., 1995 [26]; *з)* — the atlas of the YNAO, 2004 [27]; *и)* — the atlas “Russian Arctic”, 2019 [28]. Dashed lines show isolines for which no data is provided

Проведен поиск и обобщение сведений об измеренных расходах воды (ИРВ) на малых реках, которые содержатся в архивных материалах, хранящихся в ААНИИ (табл. 2).

К разряду экспедиционных наблюдений можно отнести гидрологические работы, проводимые организациями-водопользователями. Водопользователи передают получаемые морфометрические данные водных объектов, измеренные скорости водного потока и расходы воды в АИС ГМВО Росводресурсов [5], которая содержит сведения начиная с 2008 г. и ежегодно пополняется. Однако качество передаваемой информации достаточно спорно. Анализ данных по измеренным расходам воды показал сильный разброс значений на одних и тех же реках и в один и тот же временной период, но полученных разными организациями. Координаты гидрологических створов зачастую ошибочны: положенные на карту точки оказываются на суше, иногда на значительном расстоянии от указанных водных объектов. На рис. 1 приведен пример расположения гидрометрических створов на реках Сабетта-Яха и Мессо-Яха, согласно информации АИС ГМВО.

Для оценки величины стока часто используют *карты стока*, выраженного в слое (мм) или модуле стока (л/с·км²). Авторами сопоставлены карты годового стока по данному региону, опубликованные в научной литературе. На рис. 2 представлены девять карт годового слоя стока территории водосборов малых рек Обской и Тазовской губ в хронологическом порядке их публикации.

Карты годового стока построены на основе уравнения водного баланса с использованием метеорологических данных. Отмечается, что изолинии карт северной и центральной части Ямало-Гыданского региона из более ранних источников [21–25] не обеспечены данными. Карта [12] построена с привлечением небольшого количества натуральных наблюдений экспедиций ААНИИ. Для создания карты годового стока [26] вместе с нормами осадков использовалась формула теплоэнергетического эквивалента. Основой для построения карты годового стока из Атласа ЯНАО [27] послужили расчеты по приведению рядов к многолетнему периоду, были использованы данные о стоке экспедиций ААНИИ и ГГИ, а также данные с близлежащих метеостанций. Наиболее современная карта годового стока [28], к сожалению, не содержит комментариев об использованных данных для ее создания.

Представленные на рис. 2 изолинии среднегодового стока в общих чертах демонстрируют качественное сходство в их широтной протяженности. Однако на вопрос, какому источнику отдать предпочтение при выборе конкретных значений стока, в настоящее время уверенно ответить невозможно. Причина состоит в отсутствии достаточного обоснования данными натуральных наблюдений для всех существующих схем изолиний. Ответ на данный вопрос можно получить лишь по мере появления необходимых данных наблюдений за стоком воды на малых реках местного водосбора. При этом при определении картируемых характеристик на основе измеренных расходов воды наряду с точностью наблюдений ключевую роль играет также точность определения площадей водосбора. А с этим вопросом, как показано далее, имеются определенные проблемы, требующие разрешения.

Методика и результаты расчета площадей водосборов малых рек

Площадь водосбора реки является важнейшей характеристикой, в значительной степени определяющей величину водного стока, и исходной величиной при определении других гидрографических характеристик, используемых в инженерных расчетах. Однако для более двухсот малых рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы, в справочнике [3] представлены значения площадей водосборов лишь 27 рек.

С помощью ГИС-технологий был проведен расчет площадей водосбора практически всех рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы. Картографические работы в ГИС проводились двумя способами: автоматизированным по ЦМР и оцифровкой «вручную».

Автоматизированный способ выделения водосборов был проведен на основе методики собственной разработки. В качестве ЦМР была выбрана модель ASTER [6] с горизонтальным разрешением 30 метров на один пиксель. Данная ЦМР представляет собой набор фрагментов размером $1 \times 1^\circ$. Построение водосборов выполнялось в программах QGIS и SAGA GIS следующим образом: соединение фрагментов ЦМР в единый слой, заполнение локальных понижений ЦМР (алгоритм Ванга–Лю), обрезка по береговой линии, применение готовой для работы ЦМР в алгоритме «Сеть водотоков и водоразделы» SAGA GIS. Данный алгоритм определяет линии тока (водотоки) и строит водосборы для водотоков заданного в настройках алгоритма порядка (чем выше порядок — тем крупнее водоток).

Ручной способ выделения водосборов ГИС предполагал оцифровку (нанесение) водораздельных линий по топографической карте. Картографические работы проводились в программе QGIS по растровой подложке топографических карт открытого пользования [7] масштаба 1:50000 и 1:200000 и размещенных в виде тайлов на картографическом сервисе [8].

Точность листов топографической карты масштаба 1:50000 составляет 5–10 м, масштаба 1:200000 — более 20 м [29]. Такая точность считается вполне приемлемой для определения основных морфометрических характеристик водосборов — площадей, средней высоты и др. [30]. Необходимая для проведения работы по определению границ водосборов береговая линия Обской и Тазовской губ была импортирована в векторном формате с геосервиса OpenStreetMap (OSM) [31]. Как показал сравнительный анализ, данный векторный слой OSM хорошо согласовывался с береговой линией на топографической карте. Аналогичная береговая линия, содержащаяся в векторных наборах цифровых карт [32, 33], существенно отклонялась от фактической береговой линии, и расхождения достигали 3,5 км.

При выполнении картографических работ по выделению водосборов анализировался рельеф местности, в том числе отметки высот и урезов воды, речная сеть и направления течения, а также косвенные признаки, способствующие более точному определению местоположения водораздельной линии, — тракторные дороги и зимники, малые формы рельефа, болота и др. При оцифровке создавались элементы полигонального слоя и обязательно соблюдались топологические правила, включая опции прилипания для полигонов, исключающие появление разрывов, перекрытий и самопересечений.

В результате измерений средствами системы QGIS в полигональном векторном слое водосборов были получены значения площадей водосборов для более 200 рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы, включая устьевой участок р. Оби от вершины дельты (м. Салемал) до Ямсальского бара (принятый устьевой створ Оби [3]). Кроме того, по топографическим картам [7] и Реестру государственного каталога географических названий (ГКГН) [34] уточнены названия малых рек, а также приводятся современные наименования рек, обозначенные в справочнике [3] как «без названия».

В соответствии с рекомендациями [35] для окончательного и официально-го принятия цифровых границ водоразделов и определенных значений площадей

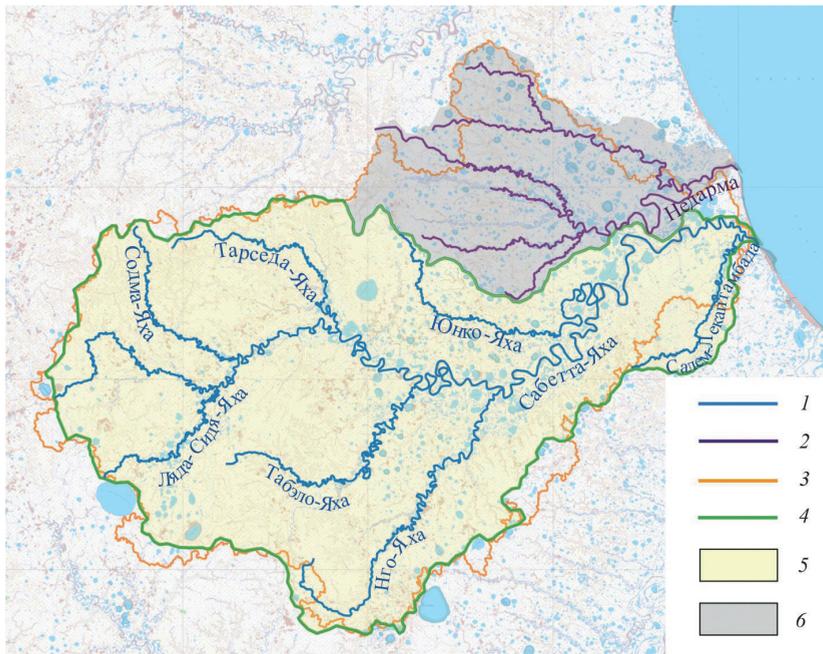


Рис. 3. Выделенные в ГИС водосборы реки Сабетта-Яха:

1 — река Сабетта-Яха с притоками; 2 — река Недарма с притоками; 3 — граница водосбора, выделенная автоматизированным способом; 4 — граница водосбора, выделенная «вручную»; 5 — водосбор р. Сабетта-Яха; 6 — водосбор р. Недарма

Fig. 3. Sabetta-Yakha river catchment areas identified in GIS:

1 — Sabetta-Yakha river with tributaries; 2 — Nedarma river with tributaries; 3 — catchment boundary, built using an automatic method; 4 — catchment boundary, built using a manual method; 5 — catchment area of the Sabetta-Yakha river; 6 — catchment area of the Nedarma river

водосборов следует выполнить повторные аналогичные картографические работы и измерения, а затем сравнить полученные результаты и устранить разночтения.

Сравнение результатов автоматизированного и ручного способа выделения водосборов малых рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы, показало значительные расхождения. В качестве примера на рис. 3 показан водосбор р. Сабетта-Яха, выделенный разными способами.

Очевидно, что в случае автоматизированного определения линии водораздела она во многих местах пересекает водотоки речной системы Сабетта-Яхи. Кроме того, в прибрежной зоне, в 7 км севернее от места впадения Сабетта-Яхи, в Обскую губу впадает соседняя река Недарма, однако алгоритм автоматизированного метода на основе ЦМР не распознает самостоятельный водосбор Недармы и относит его к водосбору Сабетта-Яхи.

Водосборный бассейн Обской и Тазовской губ характеризуется очень низменным рельефом, максимальные высоты на Ямале не превышают 80 м, на Гыданском полуострове — 170 м. Сложный рельеф территории, наличие множества мелких озер и малых водотоков является значительной проблемой для применения автоматических алгоритмов по построению линий водотоков и водосборов. В данном случае опыт использования ЦМР для выделения водосборов показал некорректный



Рис. 4. Водосборы малых рек Обской и Тазовской губ:

1 — водосборы малых рек; 2 — части водосборов Оби, Надыма, Пура и Таза

Fig. 4. Catchment areas of small rivers of the Ob' and Taz Bay:

1 — catchment areas of small rivers; 2 — parts of catchment areas of the Ob', Nadym, Pur and Taz

результат и свидетельствует о необходимости крайне осторожно применять алгоритмы выделения водосборов по ЦМР на слабо расчлененной местности ЯНАО. Для дальнейшего анализа авторы использовали линии водоразделов и значения площадей водосборов, полученные в результате ручной оцифровки.

Таким образом, получены значения площадей водосборов и цифровые границы водосборов рек, впадающих в Обскую и Тазовские губы (рис. 4).

Таблица 3

Сравнение площадей водосборов малых рек Обской и Тазовской губ

Table 3

Comparison of catchment areas of small rivers of the Ob and Taz Bay

Код водного объекта [3]	Река	Площадь водосбора по ГИС, км ²	Площадь водосбора по [3], км ²	Разница, %
Обская губа (левый берег)				
115304278	Хабей-Яха	1210	1230	-1,6
115304317	Нензога-Яха	969	983	-1,4
115304332	Тамбей	4140	4100	1,0
115304405	Сабетга-Яха	1690	1680	0,6
115304432	Вэнуй-Еуо	3740	3770	-0,8
115304500	Турма-Яха	1760	1730	1,7
115304514	Сё-Яха (Зелёная)	4060	4400	-7,7

Код водного объекта [3]	Река	Площадь водосбора по ГИС, км ²	Площадь водосбора по [3], км ²	Разница, %
115304556	Юрибейто-Яха	787	749	5,1
115304561	Ляккато-Сё	5810	5820	-0,2
115304619	Нурма-Яха	1230	1190	3,4
115304649	Сетная	576	588	-2,0
115304665	Паюта-Яха	865	944	-8,4
115304676	Салета	1230	1290	-4,7
115304696	Яда-Ягоды-Яха	3530	3850	-8,3
Устьевой участок р. Обь				
115303481	Хадьга-Яха	3590	3650	-1,6
115303408	Щучья	12300	12300	0,0
115303543	Кутоп-Юган	707	715	-1,1
115303550	Шуга	1560	1600	-2,5
Обская губа (правый берег)				
115305225	Сандиба	631	627	0,6
115305235	Ныда	7100	7110	-0,1
115307574	Тадибе-Яха	806	813	-0,9
115307622	Нгарка-Тетнеда-Яха	627	631	-0,6
Тазовская губа (левый берег)				
115305469	Манго-Юрибей	1110	1120	-0,9
115305417	Пойлово-Яха	4920	4800	2,5
115305390	Адер-Паюта	1730	1710	1,2
Тазовская губа (правый берег)				
115307523	Чугорь-Яха	2080	2080	0,0
115307507	Сыды-Яха	1180	1120	5,4
115307494	Нярово-Паюта-Яха	968	971	-0,3
115307473	Тота-Яха	2080	2130	-2,3
115307414	Анти-Паюта-Яха	6380	6640	-3,9
115307225	Мессо-Яха	26400	26000	1,5

В табл. 3 приведены полученные на основе ГИС значения площадей водосборов и справочные значения площадей водосборов [3], используемые в настоящее время в ГВР Росводресурсов.

Сравнение полученных значений площадей водосборов преобладающего большинства рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы, рассчитанные ранее по бумажной основе традиционным способом, показало малое расхождение до 5 %. Для рек Сё-Яха (Зелёная), Юрибейто-Яха, Паюта-Яха, Яда-Ягоды-Яха и Сыды-Яха «гисовские» значения площадей на 5–8 % расходятся с соответствующими справочными сведениями [3].

Отметим некоторые трудности картографической работы по установлению границ водосборов малых рек Ямала. Во многих случаях водораздельная линия на равнинной и низменной местности, часто сильно заболоченной, с большим количеством озёр, замкнутых впадин и урочищ, проводилась достаточно условно с допущениями до 2 км. Большинство таких территорий расположено в северной части Ямальского и Гыданского полуостровов, на западном побережье Тазовской губы. Именно этими допущениями можно объяснить расхождение в значениях площадей водосборов рек, указанных в табл. 3. При этом чем меньше по площади водосбор реки, тем выше требования к точности топографической карты и, следовательно, требуется более крупный масштаб, чем используемый. Для верного установления

местоположения водораздельной линии, необходимой, например, при проведении инженерных изысканий или строительных работ, рекомендуется привлекать аэрофотоматериалы, космические снимки высокого разрешения, но самым надежным способом уточнения водораздела на слабо расчлененной заболоченной местности остается полевое обследование.

В настоящее время в водохозяйственной деятельности задействованы более 40 малых рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы, их водные ресурсы используются, и сведения о них включаются в АИС ГМВО. Следует отметить, что выборка водных объектов в данной системе производится по водохозяйственным участкам и в соответствии с водохозяйственным районированием [36] к побережью Обской и Тазовской губ выходят семь водохозяйственных участков. В табл. 4 представлены

Таблица 4

Площади водосборов малых рек, информация о которых содержится в АИС ГМВО

Table 4

Catchment areas of small rivers that are available in AIS SWBM

Код водного объекта [3]	Река (название по АИС ГМВО [5])	Река (название по [3])	Река (название по Реестру ГКГН [34])	Площадь водосбора по ГИС, км ²
Водохозяйственный участок 15.02.03.003				
115304311	Надояха	Няду-Яха	Надояха	48,2
115304312	Саболяха	Саболе-Яха	Саболяха	207
115304389	Нганорахаяха	Нганораха-Яха	Нганорахаяха	110
115304392	Няхарвангатаояха	Няхар-Вангута-Яха	Няхарвангатаояха	78,4
115304394	Недармаяха (Недарма)	Недарма	Недармаяха	477
115304430	Няруйяха (Няруй)	Няруй-Яха	Няруйяха	125
115304482	Юн-Яха	Юн-Яха	Юньяха	695
115304638	Мяоловаяха	Мяолова-Яха	Мяоловаяха	214
115304641	Тарнгынясё	Тар-Нгыня-Сё	Тарнгынясё	200
115304648	Лымбанаяха	Лымбака-Яха	Лымбанаяха	321
115304656	Пясядайяха	Пя-Сядэй-Яха	Пясядайяха	213
115304660	Нго-Яха	Нго-Яха	Нгояха	451
Водохозяйственный участок 15.04.00.002				
115305325	Верх. Паё-Яха	Верх. Паё-Яха	Верхняя Паёяха	61,5
115305341	Нюдя-Монготоёпоко	Нюды-Монгото-Ёпоко	Нюдя-Монготоёпоко	132
	Нюдя-Адлюдръёпоко	Нюды-Адлюдр-Ёпоко		
115305343	Нюдя-Адлюдръёпоко	Нюды-Адлюдр-Ёпоко	Нюдя-Адлюдръёпоко	206
115305456	Поерянг	Поерянг	Поерянг	745
115305477	Юрхарово	Юрхарово	Юрхарово	270
115305480	Хэйбидяпаёта	Хэйбидэ-Паюта	Хэбидяпаёта	70,6
Водохозяйственный участок 15.04.00.001				
115306324	Салякаптан	Сале-Каптан	Салякаптан	414
Водохозяйственный участок 15.05.00.002				
115307221	Паётаяха	Паюта-Яха	Паётаяха	81,2
115307593	Парэйлага-Яха	Парэйлага-Яха	Парэйлакьяха	64,8
115307594	Нядай-Пынче	Нядай-Пынче	Нядайпынчэ	65,4
115307595	Халцанаяха	Халцыней-Яха	Халцанаяха	208
115307617	Нярсу-яха	Нярсу-Яха	Нярсёяха	32,3

реки, упоминаемые в АИС ГМВО с учетом их расположения по водохозяйственным участкам, и вычисленные площади водосборов. Как указывалось выше, для этих рек значения площадей водосборов до сих пор не были установлены.

Дополнительные трудности при анализе гидрологической информации о малых реках создают разночтения в названиях рек, приводимых на картах, употребляемых в справочниках, литературе и информационных источниках, что определяется особенностями топонимики ЯНАО. Как видно из табл. 4, названия рек, информация по морфометрическим характеристикам которых помещается водопользователями в АИС ГМВО, зачастую расходятся с названиями рек в Гидрологической изученности [3] и в Реестре ГКГН [34]. Поэтому в АИС ГМВО для гидронимов необходимо проводить критический анализ информации водопользователей. Крайне важно на межведомственном уровне определить названия рек по Реестру ГКГН и привести названия рек в АИС ГМВО в соответствие с Реестром ГКГН.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлена ретроспектива наблюдений за водным стоком малых рек, впадающих в Обскую и Тазовскую губы. Стационарные наблюдения за стоком на исследуемых реках не проводятся. Обобщена информация об измеренных расходах воды по фондовым экспедиционным материалам ААНИИ, впервые представлены сведения об экспедиционных наблюдениях ААНИИ 2012–2013 гг., в том числе на р. Сабетга-Яха. В современный процесс водопользования включены более 40 малых рек. Данные наблюдений водопользователей, размещенных в АИС ГМВО Росводресурсов, являются спорными и требуют критического анализа и проверки на достоверность.

Получены линии водоразделов малых рек с помощью ГИС, определены площади их водосборов. Автоматизированная оцифровка по ЦМР показала некорректный результат, который нуждается в проверке. Оцифровка водосборов «вручную», несмотря на свою трудоемкость, эффективна при определении границ водосборов для низменного рельефа Ямало-Гыданского региона и дает достаточно надежные результаты при расчете значений площадей.

Особые сложности возникают в употреблении названий малых рек, которые различаются в разных источниках. Необходимо согласование для единого и однозначного использования названий рек в ГВР и Реестре ГКГН.

Реки, впадающие в Обскую и Тазовскую губы, практически не изучены, но находятся под значительным антропогенным воздействием. Поэтому в современных условиях необходима организация государственного мониторинга на малых реках с обязательным измерением расходов воды, в первую очередь на реках, обеспечивающих хозяйственные объекты пресной водой, Сабетга-Яха, Сё-Яха, Мессо-Яха.

Кроме непосредственных наблюдений за водным стоком, которые являются основой рационального и экологически ориентированного водопользования, перспективны методы оценки стока с помощью математического моделирования и дистанционного зондирования Земли. Примером моделирования формирования стока местного водосбора Обской и Тазовской губ может служить работа [37], в которой для задания граничных условий гидродинамической модели Обской губы сток 196 рек, непосредственно впадающих в губу, рассчитан с использованием гидрологической воднобалансовой модели WBM (Water Balance Model), разработанной в Университете Нью-Гэмпшира [38]. Однако данные моделирования все же должны подтверждаться данными натурных наблюдений.

Спутниковая информация позволяет отслеживать характеристики снежного покрова, включая толщину снега и запас воды в нем. Эти данные необходимы для определения объемов стока талых вод с водосборов неизученных рек, величин максимальных расходов воды, сезонной изменчивости границ и площади снежного покрова и т. п. Ключевым моментом при использовании спутниковой информации, определяющим точность получаемых результатов, является наличие расчетной зависимости, обеспечивающей пересчет соответствующей спутниковой информации в значения характеристик гидрологического режима. Эта проблема решается путем организации подспутниковых наблюдений. Собранные экспедиционные материалы могут быть использованы для верификации спутниковых данных. Важно отметить, что исследуемый район — северная часть ЯНАО — располагается в равнинной тундровой зоне. Это существенно повышает надежность получаемых данных в отличие от лесной зоны и гористых районов, для которых требуется дополнительная калибровка спутниковых данных по наземным наблюдениям [39].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках темы 2.2 Плана НИТР Росгидромета на 2022 г.

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

Funding. The research was funded within project 2.2 of Roshydromet Plan NITR 2022.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Войнов Г.Н., Налимов Ю.В., Пискун А.А., Становой А.А., Усанкина Г.Е. Основные черты гидрологического режима Обской и Тазовской губ (лед, уровни, структура воды) / Под ред. д-ра геогр. наук Г.Н. Войнова. СПб.: Нестор-История, 2017. 192 с.
2. Третьяков М.В. Климатические и антропогенные изменения запасов пресных вод в устьевых областях крупных рек бассейна Карского моря // Вопросы географии. № 145. Гидрологические изменения. М.: Издательский дом «Кодекс», 2018. С. 252–264.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь. Л.: Гидрометеоздат, 1964. 434 с.
4. Муждаба О.В., Трунин А.А. База данных «Состояние гидрометеорологической сети за период инструментальных наблюдений в Арктической зоне РФ (версия 1.0)». Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019620824. 22.05.2019. // Бюл. Роспатента «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топология интегральных микросхем». 2019. № 6.
5. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов. URL: <https://gmvo.skniivh.ru> (дата обращения: 05.02.2022).
6. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER). URL: <https://asterweb.jpl.nasa.gov/data.asp> (дата обращения: 14.08.2022).
7. Федеральный портал пространственных данных. URL: <https://portal.fppd.cgkipd.ru/main> (дата обращения: 09.02.2022).
8. Картографический сервис растровых тайлов. URL: <https://tiles.nakarte.me> (дата обращения: 09.02.2022).
9. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 308 с.
10. Доронина Н.А. Влияние физико-географических факторов на формирование гидрографической сети Обского Севера // Труды ААНИИ. 1972. Т. 297. С. 75–85.

11. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири / Под ред. С.М. Новикова. СПб.: ВВМ, 2009. 536 с.
12. Ямало-Гыданская область (физико-географическая характеристика) / Под ред. канд. геогр. наук Р.К. Сиско. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 308 с.
13. *Стеженская И.Н.* Сезонный сток рек Западно-Сибирской равнины. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 68 с.
14. Природа Ямала. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1995. 495 с.
15. СП 33-101-2003. Свод правил. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М., 2004. 73 с.
16. *Воскресенский О.Б.* Формирование максимального стока рек и малых водотоков полуострова Ямал // Geoinfo.ru. URL: <https://www.geoinfo.ru/products-pdf/formirovanie-maksimalnogo-stoka-tek-i-malyh-vodotokov-poluostrova-yamal.pdf> (дата обращения: 14.08.2022).
17. *Житков Б.М.* Полуостров Ямал // Записки Императорского Русского географического общества. Т. 49. СПб., 1913. 349 с.
18. *Бородулин В.В., Грязева Л.И.* Результаты гидрологических исследований на реках полуострова Ямал по материалам дистанционных наблюдений // Метеорология и гидрология. 1991. № 3. С. 86–94.
19. *Оношко В.А.* Комплексная арктическая экспедиция морского базирования «Ямал-Арктика 2012»: общие сведения // Российские полярные исследования. 2012. № 4 (10). С. 26–31.
20. *Федорова И.В., Скороспехова Т.В., Оношко В.А.* Гидроэкологические исследования водоемов полуострова Ямал в рамках экспедиции «Ямал-Арктика 2012» // Российские полярные исследования. 2012. № 4 (10). С. 41–43.
21. Западная Сибирь / Отв. ред. Г.Д. Рихтер. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 488 с.
22. *Куприянова Е.И.* Водный баланс районов Западной Сибири и его изменения в связи с хозяйственным освоением территории // Проблемы Севера. 1963. Вып. 7. С. 162–171.
23. *Дрейер Н.Н.* Карта полного речного стока с территории Советского Союза // Известия Академии наук СССР. Сер. географическая. 1969. № 6. С. 69–73.
24. *Плиткин Г.А.* Водный баланс Западной Сибири // Труды Государственного гидрологического института. 1976. Вып. 228. 247 с.
25. Атлас расчетных гидрологических карт и номограмм (Приложение 1 к «Пособию по определению расчетных гидрологических характеристик»). Л.: Гидрометеиздат, 1986. 25 л.
26. *Гопченко Е.Д., Лобода Н.С., Яготинцева Т.В.* Расчет характеристик годового стока рек полуострова Ямал // Проблемы Арктики и Антарктики. 1995. Вып. 69. С. 108–115.
27. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. Омск: Омская картографическая фабрика, 2004. 303 с.
28. Российская Арктика. Пространство, время, ресурсы: атлас / ПАО «НК «Роснефть»». М.: Фонд «НИР», ООО «Феория», 2019. 796 с.
29. СТО ГГИ 52.08.48-2020. Выбор цифровой картографической основы для определения гидрографических характеристик. СПб.: ГГИ, 2020. 79 с.
30. СТО ГГИ 52.08.40-2017. Определение морфометрических характеристик водных объектов суши и их водосборов с использованием технологии географических информационных систем по цифровым картам Российской Федерации и спутниковым снимкам. СПб.: ГГИ, 2017. 140 с.
31. OpenStreetMap (OSM). URL: <https://www.openstreetmap.org/copyright> (дата обращения: 09.02.2022).
32. Цифровая картографическая основа Digital Chart of the World (VMap0). ESRI. URL: <https://gis-lab.info/qa/vmap0-code.html> (дата обращения: 09.02.2022).

33. Общая цифровая картографическая основа для применения в информационных системах и комплексах Росгидромета (ЦКО Росгидромета). Версия 1.0. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ–МЦД», 2014. 34 с.
34. Государственный каталог географических названий. Реестр зарегистрированных в АГКГН географических названий объектов на 21.06.2022. Ямало-Ненецкий автономный округ. URL: <https://cgkipd.ru/science/names/reestry-gkgn.php> (дата обращения: 14.08.2022).
35. Р 52.08.874–2018. Определение гидрографических характеристик картографическим способом. СПб.: ГГИ, 2017. 172 с.
36. Водохозяйственное районирование территории Российской Федерации: Нижнеобский бассейновый округ. М.: НИИ–Природа, 2008. 28 с.
37. Третьяков М.В., Шикломанов А.И. Оценка влияния на гидрологические процессы в Обской губе климатических и антропогенных изменений на ее водосборе // Водные ресурсы. 2022. Т. 49. № 5. С. 608–624. doi: 10.31857/S0321059622050169.
38. Wissler D., Fekete B.M., Vörösmarty C.J., Schumann A.H. Reconstructing 20th century global hydrography: a contribution to the Global Terrestrial Network — Hydrology (GTN-H) // Hydrology and Earth System Sciences. 2010. V. 14. P. 1–24. doi: 10.5194/hessd-6-2679-2009.
39. Armstrong R.L., Brodzik M.J. Recent northern hemisphere snow extent: A comparison of data derived from visible and microwave satellite sensors // Geophysical Research Letters. 2001. V. 28. No. 19. P. 3673–3676. doi: org/10.1029/2000GL012556.

REFERENCES

1. Voinov G.N., Nalimov Iu.V., Piskun A.A., Stanovoi A.A., Usankina G.E. *Osnovnye cherty gidrologicheskogo rezhima Obskoi i Tazovskoi gub (led, urovni, struktura vody)*. Main features of hydrological regime of the Ob' and Taz Bay (ice, levels, water structure). Edited by Dr. G.N. Voinov. St. Petersburg: Nestor-Istoriia, 2017: 192 p. [In Russian].
2. Третьяков М.В. Climatic and anthropogenic changes in freshwater reserves in the estuaries of major rivers in the Kara Sea basin. *Voprosy geografii. № 145. Gidrologicheskie izmeneniia*. Geography Matters. № 145. Hydrological changes. Moscow: Publ. house “Codex”, 2018: 252–264. [In Russian].
3. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Gidrologicheskaiia izuchennost'.* T/ 15. *Altai i Zapadnaia Sibir'.* Вып/ 3. *Nizhnii Irtysh i Nizhniaia Ob'.* Surface water resources of the USSR. Hydrological knowledge. V. 15. Altai and Western Siberia. Iss. 3. Lower Irtysh and Lower Ob. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1964: 434 p. [In Russian].
4. Muzhdaba O.V., Trunin A.A. *Baza dannykh “Sostoianie gidrometeorologicheskoi seti za period instrumental'nykh nabliudeniĭ v Arkticheskoi zone RF (versiia 1.0)”* Database “State of hydrometeorological network for the instrumental observations period in the Arctic zone of the Russian Federation (version 1.0)”. Patent RF, no. RU 2019620824. 2019.
5. *Avtomatizirovannaia informatsionnaia sistema gosudarstvennogo monitoringa vodnykh ob'ektov*. Automated information system for state water body monitoring. Available at: <https://gmvo.skniivh.ru> (accessed 05.02.2022).
6. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER). Available at: <https://asterweb.jpl.nasa.gov/data.asp> (accessed 14.08.2022).
7. *Federal'nyi portal prostranstvennykh dannykh*. The federal spatial data portal. Available at: <https://portal.fppd.cgkipd.ru/main> (accessed 09.02.2022).
8. *Kartograficheskii servis rastrovnykh tailov*. A map service of raster tiles. Available at: <https://tiles.nakarte.me> (accessed 09.02.2022).
9. Chebotarev A.I. *Gidrologicheskii slovar'.* Hydrological Dictionary. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1978: 308 p. [In Russian].

10. Doronina N.A. Influence of physiographic factors on the formation of the hydrographic network of the Ob' North. *Trudy Arkticheskogo i antarkticheskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta*. Proc. of AARI. 1972, 297: 75–85. [In Russian].
11. *Gidrologiia zabolochennykh territorii zony mnogoletnei merzloty Zapadnoi Sibiri*. Hydrology of wetland areas in the permafrost zone of Western Siberia. Edited by S.M. Novikov. St. Petersburg: VVM, 2009: 536 p. [In Russian].
12. *Iamalo-Gydanskaia oblast' (fiziko-geograficheskaiia kharakteristika)*. Yamal-Gydan region (physiographic characteristics). Edited by R.K. Sisko. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1977: 308 p. [In Russian].
13. *Stezhenskaia I.N. Sezonnii stok rek Zapadno-Sibirskoi ravniny*. Seasonal river runoff of the West Siberian Plain. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1971: 68 p. [In Russian].
14. *Priroda Iamala*. Yamal Nature. Yekaterinburg: UIF "Nauka", 1995: 495 p. [In Russian].
15. SP 33-101-2003. Code of Practice. Determination of basic calculated hydrological characteristics. Moscow, 2004: 73 p. [In Russian].
16. *Voskresenskii O.B. Formirovanie maksimal'nogo stoka rek i malykh vodotokov poluostrova Iamal*. The maximum runoff formation of rivers and small streams of the Yamal Peninsula. Geoinfo.ru. Available at: <https://www.geoinfo.ru/products-pdf/formirovanie-maksimalnogo-stoka-rek-i-malyh-vodotokov-poluostrova-yamal.pdf> (accessed 14.08.2022). [In Russian].
17. *Zhitkov B.M. Yamal Peninsula. Zapiski Imperatorskogo Russkogo geograficheskogo obshchestva*. Notes of the Imperial Russian Geographical Society. V. 49. St. Petersburg, 1913: 349 p. [In Russian].
18. *Borodulin V.V., Griazeva L.I.* Results of hydrological studies on the rivers of the Yamal Peninsula based on the remote observations materials. *Meteorologiia i gidrologiia*. Meteorology and Hydrology. 1991, 3: 86–94. [In Russian].
19. *Onoshko V.A.* Complex Arctic Sea-Based Expedition "Yamal-Arctic 2012": Overview. *Rossiiskie poliarnye issledovaniia*. Russian Polar Investigations. 2012, 4 (10): 26–31. [In Russian].
20. *Fedorova I.V., Skorospekhova T.V., Onoshko V.A.* Hydro-ecological studies of water bodies on the Yamal Peninsula as part of the Expedition "Yamal-Arctic 2012". *Rossiiskie poliarnye issledovaniia*. Russian Polar Investigations. 2012, 4 (10): 41–43. [In Russian].
21. *Zapadnaia Sibir'*. Western Siberia. Edited by G.D. Richter. Moscow: Publ. of USSR Academy of Sciences, 1963: 488 p. [In Russian].
22. *Kupriianova E.I.* Water balance of Western Siberia and its changes due to economic development of the territory. *Problemy Severa*. Problems of the North. 1963, 7: 162–171. [In Russian].
23. *Dreier N.N.* Map of total river runoff from the Soviet Union territory. *Izvestiia Akademii nauk SSSR. Ser. geograficheskaiia*. Proc. of the USSR Academy of Sciences. Geographic Series. 1969, 6: 69–73. [In Russian].
24. *Plitkin G.A.* Water balance of Western Siberia. *Trudy Gosudarstvennogo gidrologicheskogo instituta*. Proc. of the State Hydrological Institute. 1976, 228: 247 p. [In Russian].
25. *Atlas raschetnykh gidrologicheskikh kart i nomogramm (Prilozhenie I k "Posobiuu po opredeleniiu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik")*. Atlas of Calculated Hydrological Maps and Nomograms (Annex 1 to the "Manual for Determining Calculated Hydrological Characteristics"). Leningrad: Hydrometeoizdat, 1986: 25 p. [In Russian].
26. *Gopchenko E.D., Loboda N.S., Iagotintseva T.V.* Estimation of the annual runoff characteristics of the Yamal Peninsula rivers. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Problems of Arctic and Antarctic. 1995, 69: 108–115. [In Russian].
27. *Atlas Iamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga*. Atlas of Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. Omsk: Omsk Cartographic Factory, 2004: 303 p. [In Russian].

28. *Rossiiskaia Arktika. Prostranstvo, vremia, resursy: atlas*. Russian Arctic. Space, time, resources: atlas. Rosneft. Moscow: NIR Foundation, Theoria LLC, 2019: 796 p. [In Russian].
29. STO GGI 52.08.48-2020. Selection of a digital mapping framework for hydrographic characteristics. St. Petersburg: SHI, 2020: 79 p. [In Russian].
30. STO GGI 52.08.40-2017. Determination of morphometric characteristics of surface water bodies and their catchments using geographic information system technology from digital maps of the Russian Federation and satellite images. St. Petersburg: SHI, 2017: 140 p. [In Russian].
31. OpenStreetMap (OSM). Available at: <https://www.openstreetmap.org/copyright> (accessed 09.02.2022).
32. Digital Chart of the World (VMap0) digital mapping framework. ESRI. Available at: <https://gis-lab.info/qa/vmap0-code.html> (accessed 09.02.2022).
33. *Obshchaia tsifrovaia kartograficheskaia osnova dlia primeneniia v informatsionnykh sistemakh i kompleksakh Rosgidrometa (TsKO Rosgidrometa). Versiia 1.0*. A common digital mapping base for use in Roshydromet information systems and complexes (Roshydromet DMC). Version 1.0. Obninsk: FGBU VNIIGMI-MDC, 2014: 34 p. [In Russian].
34. *Gosudarstvennyi katalog geograficheskikh nazvanii. Reestr zaregistrirovannykh v AGKGN geograficheskikh nazvanii ob'ektov na 21.06.2022. Yamalo-Nenetskiy avtonomnyi okrug*. State Catalogue of Geographical Names. The register of geographical names of the objects registered in the State Catalogue of Geographical Names as of 21.06.2022. Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. Available at: <https://cgkipd.ru/science/names/reestr-gkgn.php> (accessed 14.08.2022).
35. R 52.08.874-2018. Determination of hydrographic characteristics by cartographic method. St. Petersburg: SHI, 2017: 172 p. [In Russian].
36. *Vodokhoziaistvennoe raionirovanie territorii Rossiiskoi Federatsii: Nizhneobskii basseinovyi okrug*. Water Zoning of the Russian Federation Territory: Nizhneobskiy Basin Region. Moscow: NIA–Priroda, 2008: 28 p. [In Russian].
37. *Tret'iakov M.V., Shiklomanov A.I.* Assessment of the influence of climatic and anthropogenic changes on hydrological processes in the catchment area in the Gulf of Ob. *Vodnye resursy*. Water Resources. 2022, 49 (5): 608–624. doi: 10.31857/S0321059622050169. [In Russian].
38. *Wisser D., Fekete B.M., Vörösmarty C.J., Schumann A.H.* Reconstructing 20th century global hydrography: a contribution to the Global Terrestrial Network — Hydrology (GTN-H). *Hydrology and Earth System Sciences*. 2010, 14: 1–24. doi:10.5194/hessd-6-2679-2009.
39. *Armstrong R.L., Brodzik M.J.* Recent northern hemisphere snow extent: A comparison of data derived from visible and microwave satellite sensors. *Geophysical Research Letters*. 2001, 28 (19): 3673–3676. doi: org/10.1029/2000GL012556.