

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2023. № 4. (121). С. 37-54.

Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2023. № 4. (121). P. 37-54.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ И ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Научная статья

УДК 556.3; 551.34

doi: 10.26110/ARCTIC.2023.121.4.003

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ТЕРРИТОРИИ Г. САЛЕХАРДА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2023 Г.

Валентина Анатольевна Паламарчук¹, Анна Александровна Башкова²

^{1, 2}Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

¹Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН, Москва, Россия

¹Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия

¹*vpalamarchuk@yanao.ru*

²*aabashkova@yanao.ru*

Аннотация. В статье представлены результаты проведения гидрологических исследований в летний период 2023 г. для целей организации гидрогеологического мониторинга на территории г. Салехарда. Охарактеризованы температура, удельная электропроводность и водородный показатель вод р. Васьёгана, Преображенки и руч. Наледного. Выделены особенности макро- и микрокомпонентного составов поверхностных и подземных вод. Проведение гидрометрических работ позволило выявить особенности летнего режима поверхностных водотоков, а также установить участие подземных вод в формировании их стока.

Ключевые слова: гидрогеологический мониторинг, поверхностные и подземные воды криолитозоны, гидрометрические работы, геохимическое опробование.

Цитирование: Паламарчук В.А., Башкова А.А. Первые результа-

ты организации гидрогеологического мониторинга на территории г. Салехарда в летний период 2023 г. // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2023. (121). № 4. С. 37–54. Doi: 10.26110/ARCTIC.2023.121.4.003.

Original article

THE FIRST RESULTS OF THE ORGANIZATION OF HYDROGEOLOGICAL MONITORING ON THE TERRITORY OF SALEKHARD IN THE SUMMER OF 2023

Valentina A. Palamarchuk¹, Anna A. Bashkova²

^{1,2}*Arctic Research Center, Salekhard, Russia*

¹*Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS, Moscow*

¹*ECI Tyumen Scientific Centre SB RAS., Tyumen*

¹*vapalamarchuk@yanao.ru*

²*aabashkova@yanao.ru*

Abstract. The article presents the results of hydrological research in the summer of 2023 for organizing hydrogeological monitoring on the territory of Salekhard. The temperature, electrical conductivity and hydrogen index of the waters of the Vasyegan, Preobrazhenka and Naledny streams are characterized. The features of the macro- and micro-component composition of surface and underground waters are highlighted. The hydrometric work allowed to identify the features of the summer regime of surface watercourses, as well as to establish the participation of groundwater in the formation of their flow.

Keywords: hydrogeological monitoring, surface and underground waters of the cryolithozone, hydrometric works, geochemical sampling.

Citation: V.A. Palamarchuk, A. A. Bashkova Results of hydrogeological monitoring on the territory of Salekhard in the summer period of 2023 // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2023. (121). № 4. P. 37–54. doi: 10.26110/ARCTIC.2023.121.4.003.

Введение

Проведение гидрогеологических исследований входит в перечень видов инженерных изысканий, которые выполняют для целей строительства [1]. Наличие грунтовых вод, а также их режим влияют на принятие проектных решений по обеспечению устойчивости объектов инфраструктуры. Неучет гидрогеологических условий может спровоцировать ряд проблем, связанных с подземными водами, таких как подтопление зданий и сооружений из-за увеличения количества осадков или из-за преграждения подземным сооружением части водоносного горизонта («барражный эффект»); размывание грунтов основания; растепление грунтов основания, представленных многолетнемерзлыми породами; коррозионное воздействие подземных вод на фундаменты. Организация и ведение постоянного мониторинга за подземными водами позволит предотвратить развитие данных процессов. Также изучение режима и баланса подземных вод позволит количественно охарактеризовать процесс их формирования и дать прогноз изменений гидрогеологических условий в естественных и антропогенных ландшафтах.

С 1976-го по 1990 г. в Салехарде велись стационарные режимные наблюдения на Салехардской комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической станции. Целью наблюдений был оперативный и долгосрочный прогноз основных климатических, гидрологических, гидрогеологических и геокриологических параметров путем обобщения и анализа многолетних наблюдений [2]. Основным объектом исследований являлись подземные воды четвертичных отложений в естественных и нарушенных условиях режима. По этому виду наблюдений был накоплен значительный фактический материал. Однако ввиду того, что не все скважины наблюдательной сети имели одинаковую продолжительность наблюдений, а также из-за отсутствия надежной измерительной аппаратуры, которой можно было проводить измерения в условиях развития многолетнемерзлых пород, режим подземных вод был охарактеризован недостаточно полно.

С 2023 г. сотрудники Научного центра изучения Арктики приступили к возобновлению гидрогеологических исследований на территории г. Салехарда. Возобновление данных работ позволит оценить динамику изменений состояния подземных вод в условиях меняющегося климата и, соответственно, на фоне деградации многолетнемерзлых пород. В антропогенных ландшафтах наблюдения за уровнем, температурой и химическим составом подземных вод позволят предотвратить возможность подтопления зданий и сооружений при повышении уровня грунтовых вод и разработать комплекс мероприятий, направленных на регулирование подземного и поверхностного стока в условиях городской застройки.

Основной целью нашего исследования является восстановление и расширение мониторинговой сети, включающей в себя гидрогеологические и геотермические скважины, гидрометрические посты и закрепленные на местности пункты геохимического опробования.

В данной работе представлены результаты проведения гидрологических работ в составе гидрогеологической съемки на территории г. Салехарда в летний период 2023 г.

Материалы и методы

В состав маршрутных наблюдений при проведении гидрогеологических исследований входит проведение гидрологических работ. Задачи гидрологических работ: 1) изучение взаимосвязи подземных и поверхностных вод; 2) измерение расходов поверхностных вод, 3) выяснение физических свойств и химического состава поверхностных вод. Эти данные используются для ориентировочной оценки естественных ресурсов подземных вод и характеристики условий их питания и разгрузки [3]. Гидрологические наблюдения проводят на реках и ручьях, где часто проявляется естественное дренирование водоносных горизонтов. По результатам рекогносцировочных работ нами были выбраны 3 водотока: р. Преображенка, р. Васьёган и руч. Наледный (рис. 1).

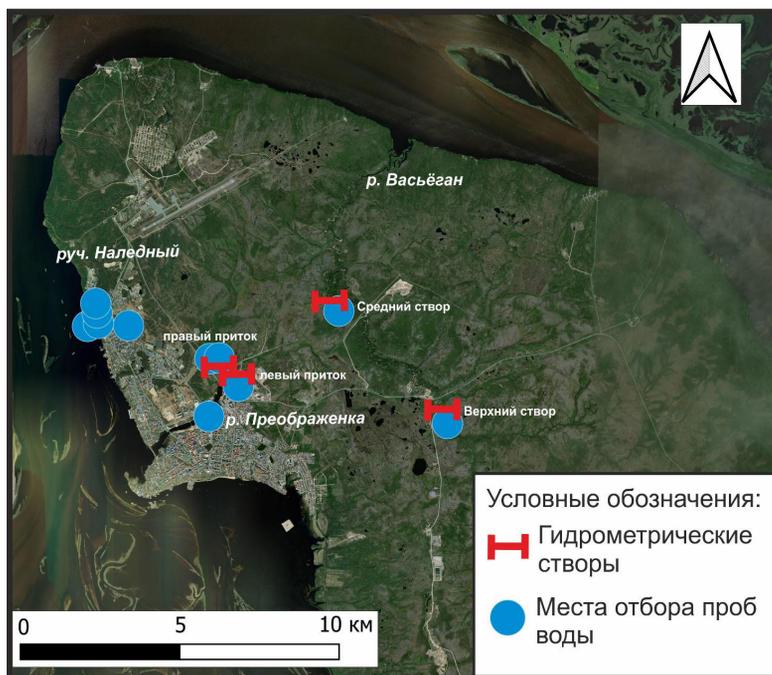


Рис. 1. Территория исследований

В ходе полевых работ были выполнены измерения температуры (t , °C), удельной электропроводности (ЕС, мкСм/см) и водородного показателя (рН) поверхностных вод с использованием мультимонитора НМ Digital Hydromaster НМ-200.

Отобрано 20 водных проб для характеристики их макрокомпонентного состава и 27 водных проб для изучения микрокомпонентного состава. При статистической обработке результатов химических анализов поверхностных вод также привлечены фондовые материалы [2, 4]. Аналитические исследования состава воды выполнены в химико-аналитической лаборатории ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (г. Надым) методами фотометрии, гравиметрии и титриметрии, а также в Аналитическом сертификационном испытательном центре Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (г. Черноголовка) масс-спектральным (ICP-MS) и атомно-эмиссионным (ICP-AES) методами анализа с индуктивно связанной плазмой. Пробы воды были отобраны в соответствии с ГОСТ Р 59024-2020 [5].

С июня по октябрь проводились регулярные замеры расходов воды на четырех гидрометрических створах методом площадь-скорость. Измерения скоростей течения производились гидрометрической вертушкой ИСВП-ГР-21М с ИСО-1, вычисления велись аналитическим способом. Для анализа полученных результатов также были привлечены фондовые данные [2, 4].

Объект исследований

Салехард расположен в северо-западной части Западно-Сибирской низменности. Исследуемая площадь представляет собой сравнительно высоко приподнятую над уровнем моря равнину Обско-Полуйского водораздела. Наиболее высокие абсолютные отметки водораздела колеблются от 60 до 93 м (Ангальский мыс), минимальные отметки составляют 2,0 м (отметка р. Оби) [4].

Для территории исследования характерен резко континентальный тип климата. Среднегодовая температура воздуха в г. Салехарде за период 1882-1980 составляла минус 7,0 °C, среднегодовое количество осадков – 411 мм [6]. В последние десятилетия наблюдается повышение среднегодовых значений температуры воздуха и количества осадков (рис. 2). Так, в г. Салехарде среднегодовая температура воздуха за последние 50 лет составляет минус 5,7 °C, а среднегодовое количество осадков – 455 мм [7].

Главной водной артерией и базисом эрозии для всей гидрографической сети является р. Обь. Река имеет широкую пойму, которая расчленена протоками. Ширина русла в пределах района исследований колеблется от 1,4 до 2,9 км. Глубина реки 10-19 м. Дно реки песчано-илистое. Ско-

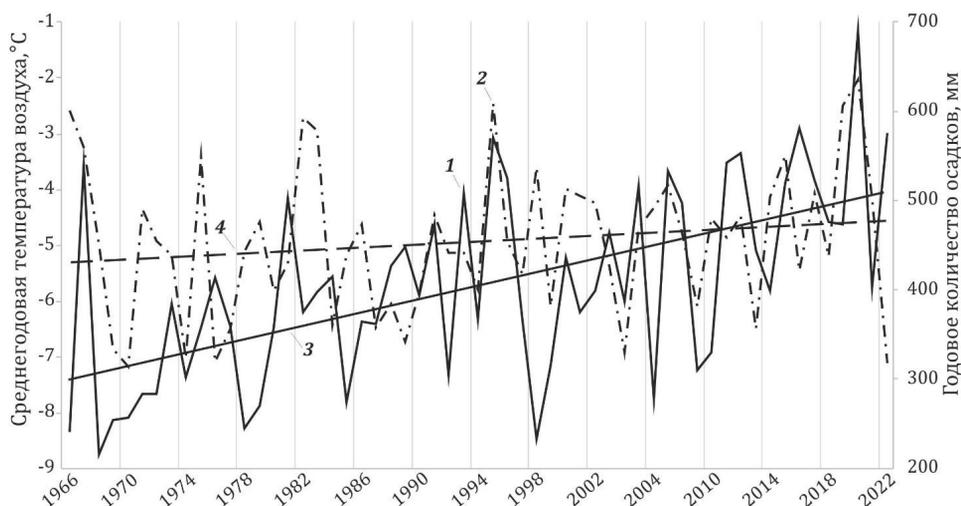


Рис. 2. График многолетней изменчивости (1966–2022 гг.) среднегодовой температуры воздуха и годового количества осадков по данным метеостанции Салехард [7]: 1 – среднегодовая температура воздуха, °С; 2 – среднегодовое количество осадков, мм; 3, 4 – линейные тренды наблюдаемых параметров (температуры и осадков соответственно)

рость течения воды в межень 0,6-0,8 м/с, а в весеннее половодье –1,2 м/с. Крупный правый приток р. Оби – р. Полуй. Река имеет протяженность около 200 км. Ширина русла 250-300 м. Скорость течения водотока колеблется от 0,6 до 0,8 м/с. Вдоль южной окраины г. Салехарда протекает р. Полябта. Долина реки сильно заболочена, покрыта карликовой березкой и мхом. В верхнем течении ширина русла составляет 1 м, а глубина 0,25 м. В среднем течении река имеет долину шириной 20-30 м, берега пологие, дно песчаное, ширина русла равна 3 м, в нижнем течении ширина долины достигает 100 м. Вдоль восточной границы исследуемой территории протекает р. Васьёган. Длина реки 20 км, площадь водосбора 88 км². Она имеет хорошо разработанную долину, с четко выраженной поймой и характеризуется крутым уклоном русла. В меженный период скорость течения и расход воды реки составляют 0,4-0,5 м/с и 400 л/с. Ширина русла до 12 м. глубина составляет 0,3-0,6 м. В пределах городской черты протекает р. Преображенка. Длина реки 9 км, площадь водосбора составляет 31 км². Долина реки в верховьях сильно заболочена и имеет ширину до 8-12 м. Ширина русла от 1 до 3,8 м, глубина от 0,2 до 0,7 м [4]. В северной части города в районе Ангальского мыса протекает руч. Наледный. Длина ручья около 4 км, с притоком около 7 км. Площадь водосбора порядка 10 км². Русло ручья сильноизвилистое и залесенное. В среднем течении ручья наблюдаются высачивания подземных вод, вследствие чего проис-

ходит оползание и обрушение берега. Основными источниками питания поверхностных водотоков являются атмосферные осадки, поэтому режим их неустойчив. Замерзают реки в октябре, а вскрываются в конце мая – начале июня, ледоход сравнительно непродолжителен [4].

В региональном плане район исследования относится к зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП) с редкими островами талых зон. Талики здесь приурочены преимущественно к руслам рек и имеют как сквозной, так и несквозной характер. Мощность ММП в пределах рассматриваемой территории крайне изменчива и варьирует в зависимости от геоморфологических уровней от 10–20 до 150–200 м [8]. Также характерной особенностью является наличие однослойных и двухслойных ММП и заглубленное залегание мерзлых пород с 2–10 и более метров. Температурный режим пород характеризуется довольно мягкими значениями от минус 3 °С до 1,5 °С. Большая часть территории принадлежит участкам с температурами 0... минус 1 °С, что способствует быстрому переходу пород в талое состояние. Мощность СТС в зависимости от литологического состава варьирует от 0,5 м в торфяниках до 2,5 м в песчаных породах [4].

Территория исследования расположена в пределах северо-западного крыла Западно-Сибирского артезианского бассейна. По вертикальной гидродинамической зональности артезианского бассейна в районе исследования выделяется два гидрогеологических этажа, соответствующих криогенно-таликовому комплексу плиоцен-четвертичных отложений и таликовому комплексу мезозойских отложений. Мощность четвертичных отложений в районе исследований составляет 100–150 м. Они представлены чередованием водоупорных и водопроницаемых пород, не выдержанных по площади и разрезу [9]. По положению водовмещающих пород относительно многолетнемерзлых выделяются следующие типы подземных вод в четвертичных отложениях:

1. Подземные воды сквозных таликов (талые подрусловые отложения р. Оби и ее крупных притоков);
2. Надмерзлотные подземные воды несквозных таликов (мощность талых отложений более 50 м; талики прибрежной части р. Оби, подрусловые талики небольших рек, подозерные талики);
3. Надмерзлотные воды присклоновых таликов (мощность талых отложений от 2 до 50 м; талики распространены повсеместно небольшими по площади участками);
4. Межмерзлотные подземные воды (приурочены к талым отложениям различной мощности среди ММП слоистого строения);
5. Подмерзлотные воды (распространены практически повсеместно, за исключением криогенного водоупора и сквозных таликов) [4].

Результаты и обсуждение

Базовые физические и химические характеристики поверхностных и подземных вод г. Салехарда

Базовые физические и химические характеристики определялись на р. Васьёгане, Преображенке и руч. Наледном в течение летнего периода (с июня по октябрь). В период проведения работ с 20 июня по 24 октября 2023 года температура воздуха колебалась от минус 8,3 до 29 °С [7].

Температура. Термический режим рек определяется балансом тепла, поступающим в основном от солнечной радиации, а также размером реки и скоростью ее течения.

Температура воды в р. Васьёгане в летний период 2023 г. изменялась от 7 °С в начале лета, максимум температуры приходился на конец июля—начало августа и составлял 17–20 °С, с середины августа наблюдалось постепенное понижение температуры воды от 12–13 °С до 0 °С в конце октября (начало образования ледяного покрова). При этом отмечается повышение температуры воды вниз по течению за счет расширения русла реки и уменьшения ее глубины. Термический режим верхнего течения р. Преображенки охарактеризован по замерам на правом и левом ее притоках. Температура воды в реке изменялась от 6–8 °С в начале лета, в конце июля—начале августа температура была равной 18–20 °С, далее температура понижалась от 16 °С до 3,5 °С и к концу октября была равной 0 °С. Правый приток реки характеризуется низкими течениями воды (0,03–0,08 м/с), его режим близок к застойному, также в нижнем его течении на левом берегу наблюдаются выходы подземных вод, вероятно, из-за данных факторов температура воды здесь выше на 1–2 °С, чем в левом притоке. Замеры температуры воды в руч. Наледном производились в осенний период. С начала сентября она плавно понижалась от 6,0–6,5 °С до 1,5–2,4 °С в конце октября. Причем температура воды в среднем течении ручья до выхода подземных вод ниже, чем в месте их впадения. Вероятно, более теплые подземные воды влияют на термический режим ручья.

Электропроводность (ЕС) природной воды зависит, главным образом, от уровня растворенных в ней минеральных солей. Значения электропроводности позволяют судить об уровне ее минерализации. Средняя электропроводность р. Васьёгана в летний период 2023 г. составляла 61–63 мкСм/см. В середине—конце июня, когда питание реки происходило в основном за счет талой пресной воды, ЕС была равна 34 мкСм/см. При резком понижении уровня воды в реке в июле—начале августа, когда возрастает роль грунтового питания, наблюдались максимальные значения ЕС (75–76 мкСм/см). В августе–сентябре при периодических па-

водках наблюдалось уменьшение электропроводности до 54-62 мкСм/см. Уменьшение ЕС в конце октября в 1,5-2,0 раза (36-37 мкСм/см), вероятно, связано с большим количеством выпавших осадков (63 мм). Для притоков р. Преображенки характерен аналогичный режим изменения электропроводности. Средняя электропроводность правого притока река составляет 58 мкСм/см, левого притока – 71 мкСм/см. Большие значения ЕС на левом притоке реки, вероятнее всего, связаны со сбросом очистными сооружениями сточных вод. В июне ЕС притоков составляла 36-55 мкСм/см, в межень период она возрастала до 87-150 мкСм/см. В августе за счет выпадения дождевых осадков (48 мм) электропроводность понизилась до 42-107 мкСм/см, в сентябре наблюдалось повышение ЕС до 67-135 мкСм/см, а в октябре ее снижение до 42-58 мкСм/см. Воды ручья Наледного отличаются повышенной электропроводностью в сравнении с вышерассмотренными водотоками, также характерной особенностью является увеличение ЕС в сентябре-октябре от 141-155 до 184 мкСм/см. По всей вероятности, в питании этого водотока преобладает грунтовое питание, максимум которого в условиях развития многолетнемерзлых пород приходится на сентябрь–октябрь, что и обуславливает увеличение электропроводности в этот период.

Водородный показатель – это один из важнейших показателей качества воды, во многом определяющий характер химических и биологических процессов, происходящих в воде. В зависимости от величины рН может изменяться скорость протекания химических реакций, степень коррозионной агрессивности воды, токсичность загрязняющих веществ и т.д. Значения рН в исследуемых поверхностных водотоках близки. Отмечается единый режим изменения водородного показателя в летний период. В начале лета воды слабокислые и нейтральные (рН – 6,1-6,5), в июле–начале августа, когда наблюдается резкий спад уровня и повышение минерализации, воды кислые (рН – 4,1-4,4), с августа по октябрь воды изменяются от слабокислых и нейтральных (рН 6,3-7,5) до слабощелочных (рН 7,7-8,0).

Таким образом, в летний период 2023 г. поверхностные воды г. Салехарда по температуре были умеренно холодные, ближе к концу летнего периода (октябрь) – весьма холодные и исключительно холодные. По водородному показателю воды рек и ручьев с июня по октябрь изменялись от кислых, слабокислых и нейтральных до слабощелочных. Самая низкая электропроводность характерна для вод р. Васьёгана (34-79 мкСм/см). Электропроводность руч. Наледного, на режим которого, вероятно, в большей степени влияют подземные воды, отличается повышенными значениями (141-184 мкСм/см).

Химический состав поверхностных и подземных вод г. Салехарда

Химический состав поверхностных вод охарактеризован по пробам, отобранным в районе гидростворов в августе–начале сентября 2023 г.

На верхнем створе р. Васьегана воды имели гидрокарбонатный кальциево-натриево-магниевый состав (рис. 3). Вниз по течению в катионном составе вод наблюдалось повышение Mg^{2+} . В августе он был кальциево-магниевым-натриевый, к началу сентября он стал уже магниевым-кальциевым. Минерализация вод колебалась в пределах 66–69 мг/л. В 2002 г. воды имели гидрокарбонатно-магниевый состав [4].

В 2002 г. воды р. Преображенки были по составу гидрокарбонатные, реже сульфатные с минерализацией 85,4–380,7 мг/л [4]. В 2023 г. в среднем течении р. Преображенки (район автомобильного моста) воды имели гидрокарбонатный кальциево-магниевый состав и минерализацию 100–105 мг/л. Воды правого притока р. Преображенки в августе–сентябре были гидрокарбонатные кальциево-магниевыми. Минерализация в начале августа составляла 78 мг/л, к середине месяца наблюдалось ее повышение до 87 мг/л, а в начале сентября она уменьшилась до 62 мг/л, вероятно, за счет разбавления вод ручья дождевыми осадками и более пресными надмерзлотными водами (табл. 2). В сентябре надмерзлотные воды имели гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-натриево-магниевый состав и минерализацию 21 мг/л. Воды левого притока р. Преображенки в начале–середине августа имели гидрокарбонатный кальциево-магниевый состав и минерализацию 117 мг/л. К началу сентября наблюдалось понижение минерализации вод до 103 мг/л за счет уменьшения содержания Ca^{2+} с 18 до 6 мг/л, соответственно, катионный состав стал кальциево-магниевым-натриевым. Также в начале отмечались повышенные содержания сульфатов до 14 мг/л и аммония до 1,85 мг/л. По-видимому, это связано с периодическим сбросом сточных вод.

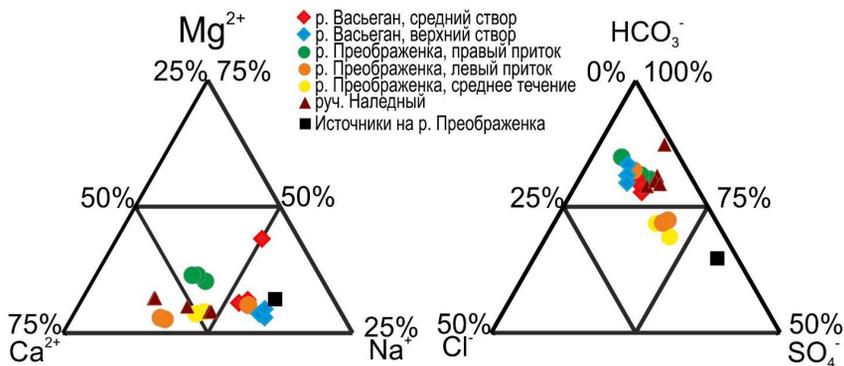


Рис. 3. Треугольные диаграммы Ферре катионного и анионного состава опробованных вод

В ручье Наледном пробы отобраны в сентябре в среднем его течении, в месте разгрузки в ручей подземных вод, в нижнем и среднем течении правого притока и в месте его впадения. Воды ручья Наледного и его притока по составу гидрокарбонатные кальциево-магниевого. По основному руслу ручья вниз по течению отмечается увеличение минерализации вод от 184 до 192 мг/л, вероятно, за счет более минерализованных подземных вод. В левом притоке также наблюдается повышение минерализации от 169 до 181 мг/л.

Важной составляющей комплексных исследований процессов формирования химического состава природных вод является определение содержания микрокомпонентов, что в целом позволяет получить общее представление о поведении элементов и особенностях их накопления в водах [10]. Основными естественными источниками появления микрокомпонентов в природных водах являются горные породы, техногенными – автотранспорт, нефтеперерабатывающая промышленность, металлургия, сельское хозяйство [11].

В 2023 г. было выполнено определение 53 элементов в 24 пробах поверхностных вод и 3 пробах подземных вод. В 2002 г. были определены содержания 18 элементов [4]. Средние концентрации основных микрокомпонентов в опробованных природных водах представлены в табл. 1.

В 2002 г. в водах р. Васьёгана и Преображенки наблюдалось превышение предельно-допустимой концентрации (ПДК) алюминия в 1,2-4,7 раза. В настоящее время превышений данного элемента в поверхностных водах не отмечается.

В общей сложности в 2023 г. в природных водах г. Салехарда отмечается превышение ПДК 11 элементов:

1. Марганец – 1,3-5,5 ПДК (р. Преображенка, руч. Наледный и разгружающиеся в него подземные воды (ПВ2));
2. Железо – 3,5-16,5 ПДК (во всех отобранных пробах);
3. Алюминий – 1,2 ПДК в подземных водах (ПВ2);
4. Молибден – 5 ПДК в подземных водах (ПВ2);
5. Кадмий превышает в десятки и сотни раз ПДК (р. Васьёган, Преображенка, подземные воды (ПВ2));
6. Ниобий – 1,3-2,1 ПДК в верхнем течении р. Васьёган, левом притоке р. Преображенки, подземных водах (ПВ2);
7. Литий – 42,5-903 ПДК во всех водотоках, при этом наибольшие превышения наблюдаются в руч. Наледном и в подземных водах (ПВ2);
8. Бериллий – 34-282 ПДК в поверхностных водах (р. Васьёган, Преображенка, в правом притоке руч. Наледного) и в подземных водах (ПВ2);
9. Рубидий – превышение 3,4-10 ПДК во всех опробованных водах;
10. Сурьма – 1,2-5,6 ПДК (р. Васьёган, Преображенка и подземные воды (ПВ2));

11. Талий – 12-55 ПДК (р. Васьёган, Преображенка, подземные воды (ПВ2)).

Так, в опробованных природных водах наблюдаются превышения 2 элементов I класса опасности (Be, Tl), 5 элементов II класса опасности (Mo, Cd, Nb, Li, Sb) и 3 элементов III класса опасности (Mn, Fe, Al) [12].

Среди опробованных поверхностных водотоков наиболее высокие превышения ПДК микроэлементов отмечены в верхнем течении р. Васьёгана и р. Преображенки за счет сброса в них сточных вод с очистных сооружений. Также подземные воды в северной части города (Ангальский мыс), вероятно, испытывают интенсивное техногенное воздействие, т.к. в данных пробах обнаружены максимальные концентрации многих элементов.

Для природных вод Ямало-Ненецкого автономного округа характерны повышенные содержания железа и марганца, что напрямую связано с влиянием органических веществ. Геохимический облик таких вод определяется высокими концентрациями фульвокислот и гуминовых кислот, с которыми Fe^{2+} и особенно Fe^{3+} образуют устойчивые комплексные соединения. Природные воды с высокими концентрациями органических веществ гумусового ряда имеют низкие концентрации карбонатов и характеризуются высокими потенциальными возможностями накопления марганца [13].

Для более полного понимания особенностей формирования микрокомпонентного состава природных вод необходимо расширить площадь исследований, а также опробовать воды в комплексе с другими компонентами естественных и антропогенных ландшафтов (атмосферные осадки, почвы и др.). Данная задача требует отдельных исследований.

Таким образом, опробованные природные воды ультрапресные и пресные, по анионному составу – гидрокарбонатные, смешанные по катионному составу. Анализ микрокомпонентного состава показал, что в опробованных поверхностных и подземных водах в летний период 2023 г. наблюдались превышения ПДК 11 элементов I, II и III класса опасности, что требует организации систематических наблюдений.

Таблица 1. Содержание микрокомпонентов (мкг/л) в поверхностных и подземных водах г. Салехарда в летний период 2002-го и 2023 гг.

Микрокомпоненты	ПДК [12]	Р. Васьёган			Р. Преображенка				
		ср. створ	ср. теч. 2002 г.	верх. створ	ср. теч.	ср. теч. 2002 г.	лев. приток	лев. приток 2002 г.	прав. приток
Br	200	< ПО	<50	< ПО	< ПО	80	< ПО	6	< ПО
B	500	17,5	50	17,4	20,1	51	16,2	53	13,6
As	10	2,0	<1	2,1	3,2	<1	1,8	<1	2,7
Cu	1000	0,8	2	1,2	1,6	4	1,4	3	2,6
Zn	5000	2,3	120	2,3	7,5	78	5,1	34	3,1

Продолжение таблицы 1

Микро-компоненты	ПДК [12]	Руч. Наледный					Подземные воды	
		верх. теч.	ср. теч. 2002 г.	пр. приток ниж. теч.	пр. приток, ср. теч.	устье притока	р. Преображенка (ПВ1)	руч. Наледный (ПВ2)
Sr	7000	113	116	117	105	117	6,9	334,8
Nb	10	-	-	-	-	-	-	16
Li	30	3076	3219	2511	2489	2816	1977	27116
Be	0,2	-	-	6,8	-	-	39,6	56,3
Rb	100	405	456	773	744	674	192	1019,1
Sb	50	23,7	23,9	20,5	25,3	24	35,1	283,2
Pl	0,1	-	-	-	-	-	1,4	5,5
U	-	26,9	29,7	13,4	11,7	20,8	5,9	17589

Примечание: жирным шрифтом выделены превышения ПДК.

Расходы воды на гидрометрических постах

По результатам полевых работ выбраны 4 гидрометрических створа на 2 водотоках (р. Васьюган и р. Преображенка) (рис. 1, 4). На створах были установлены реперы и выполнена их геодезическая привязка. С 20 июня начаты работы по замерам расходов воды на створах.



Рис. 4. Гидрометрические створы: а – среднее течение р. Васьюгана; б – верхнее течение р. Васьюгана; в – правый приток р. Преображенки; г – левый приток р. Преображенки

Специальных гидрометрических работ на мелких водотоках г. Салехарда до 2023 г. не проводилось. Имеются лишь данные разовых замеров. Так, в августе 1977 г. расходы воды на оконтуривающих створах р. Васьёгана и р. Преображенка составляли 1500 и 230 л/с соответственно [2]. В конце июля—начале августа 2002 г. расход воды в среднем течении р. Васьёгана был равен 430 л/с [4]. Стоит отметить, что измерения в 2002 г. проводились с помощью поплавков. Данный метод имеет существенно более низкую точность, чем измерения с помощью гидрометрических вертушек.

Период половодья на изучаемых реках приходится на июнь. В это время наблюдаются максимальные значения расходов воды. Так, расход воды в верхнем течении р. Васьёгана в конце июня составлял 275 л/с. Затем наблюдался резкий спад уровня воды в меженный период и, соответственно, уменьшение ее расхода. Минимальные значения расхода воды в среднем и верхнем течении реки составляли порядка 161-164 и 60-62 л/с соответственно. Периодические повышения расхода воды связаны с летними паводками, вызванными увеличением количества осадков (табл. 2). На конец летнего периода приходятся также высокие расходы воды (140-253 л/с), связанные и с увеличением атмосферного (дождевого) питания и с максимумом грунтового питания. На р. Васьёгане боковая приточность между верхним и средним створом составляет порядка 102-133 л/с и формируется за счет впадающих водотоков. Как видно из таблицы 2, расход воды в среднем течении р. Васьёгана в начале августа 2023 г. меньше значений 2002 г. (192 и 430 л/с соответственно). Данная разница отчасти объясняется разными методиками измерений, также это может быть связано как с межгодовой изменчивостью факторов формирования поверхностного стока, так и с их направленными изменениями, что требует дальнейших исследований.

Таблица 2. Расходы воды на гидрометрических створах в летний период 2023 г.

№№ п/п	Год	Период наблюдений	Осадки, мм	Васьеган, средний створ	Васьеган, верхний створ	Преображенка, правый приток	Преображенка, левый приток
1	2023	01.06.-20.06.	80	-	275	49	148
2		20.06.-19.07.	12,7	218	85	-	20
3		19.07.-03.08.	13,1	192	76	21	18
4		03.08.-10.08.	0,4	164	62	18	17
5		10.08.-28.08.	47,6	223	106	45	28
6		28.08.-06.09.	0	171	61	28	20
7		06.09.-14.09.	0	161	60	24	17
8		14.09.-29.09.	31,6	253	140	46	37

Расход на левом притоке р. Преображенки в конце июня был равен 148 л/с, в июле уровень воды понизился в более чем два раза, и расход колебался в пределах 17-28 л/с, в конце сентября наблюдалось небольшое его увеличение до 37 л/с. Режим правого притока р. Преображенки, вероятно, «зарегулирован» подземными водами. Колебания уровня и расхода в течение летнего периода незначительны и составляют 0,3-0,5 м и 18-49 л/с соответственно. Суммарный расход воды в верхнем течении р. Преображенки в конце летнего периода 2023 г. составлял порядка 83 л/с.

Таким образом, проведение гидрометрических работ позволило выявить особенности летнего режима поверхностных водотоков г. Салехарда, а также установить участие подземных вод в формировании их стока.

Заключение

В летний период 2023 г. в г. Салехарде были проведены гидрологические исследования для ориентировочной оценки естественных ресурсов подземных вод и характеристики условий их питания и разгрузки.

Поверхностные воды с июня по октябрь по температуре были умеренно холодные, весьма холодные и исключительно холодные. По водородному показателю воды рек и ручьев изменялись от кислых, слабокислых и нейтральных до слабощелочных. Электропроводность водотоков изменяется от 34-79 мкСм/см (р. Васьюган) до 141-184 мкСм/см (руч. Наледный).

По химическому составу опробованные воды гидрокарбонатные, смешанные по катионному составу с минерализацией 66-192 мг/л (ультрапресные и пресные). Анализ микрокомпонентного состава показал, что в опробованных поверхностных и подземных водах наблюдались превышения ПДК 11 элементов: Mn, Fe, Al, Mo, Cd, Nb, Li, Be, Rb, Sb, Tl, что связано как с естественными факторами (повышенные содержания железа и марганца), так и с техногенными воздействиями, что требует организации систематических наблюдений.

Расходы воды на конец летнего периода составляли 140-253 л/с (верхнее и среднее течение р. Васьюгана) и 83 л/с (суммарный расход левого и правого притоков р. Преображенки).

По берегам р. Преображенки и руч. Наледного были обнаружены выходы подземных вод. Анализ температурного режима, химического состава и расходов воды подтвердил участие подземных вод в формировании стока этих водотоков, поэтому данные участки являются перспективными для организации мониторинговых гидрогеологических пунктов.

Список источников

1. СП 446.1325800.2019. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ.
2. Шастин А.М. и др. Отчет Салехардского гидрогеологического отряда ПКГРЭ о результатах стационарных режимных наблюдений на Салехардской комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической станции за период с 1976-1990 гг. – Лабытнанги, 1991. – 590 с.
3. Максимов В.М. Справочное руководство гидрогеолога. Т. 2/ В.М. Максимов и др. – М.: Недра, 1979. – 295 с.
4. Отчёт по комплексной гидрогеологической, инженерно-геологической и геоэкологической съёмке. М. 1:50 000 листа Q-42-50-A (Салехард). – Екатеринбург, 2004. – 204 с.
5. ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб». – Москва: Стройиздат, 2020. – 36 с.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуск 17. Тюменская и Омская области. – Л.: Гидрометеиздат, 1998. – 703 с.
7. <https://meteo.ru/>
8. Геокриология СССР. Западная Сибирь / под ред. Э.Д. Ершова – М.: Недра, 1989. – 454 с.
9. Гидрогеология СССР/ред. В.А. Нуднер. Т. XVI. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области). – М., Недра, 1970. – 368 с.
10. Мониторинг качества подземных вод в поселке Листвянка (юго-западное побережье озера Байкал) / Л.П. Алексеева, С.В. Алексеев, П.А. Шолохов, А.М. Кононов // Геодинамика и тектонофизика. – 2023. – Т. 14. – № 2.
11. Алексеев А.И. Химия воды (теория, свойства, применение) / А.И. Алексеев, М.В. Серeda, С. Юзвяк. – СПб: СЗТУ, 2001. – 180 с.
12. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы.
13. Бешенцев В.А., Иванов Ю.К., Бешенцева О.Г. Экология подземных вод Ямало-Ненецкого автономного округа/Институт геологии и геохимии УрО РАН. – Екатеринбург, 2005. – 165 с.

Сведения об авторах

Паламарчук Валентина Анатольевна, 1997 г.р., окончила Тюменский индустриальный университет по специальности «геология» в 2022 году. С 2022 года в ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (г. Салехард, Россия), младший научный сотрудник. Область научных

интересов: мерзлотоведение, талики, подземные воды криолитозоны, песчаные массивы криолитозоны.

Башкова Анна Александровна, 1974 г.р., окончила Ангарскую государственную техническую академию по специальности «химическая переработка топлива и углеродосодержащих материалов», квалификация «инженер». С 2022 года в ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (г. Салехард, Россия), научный сотрудник. Область научных интересов: Арктика, мерзлотоведение, гидрогеология, строительство.

Участие авторов

Паламарчук В.А. – сбор и обработка материала, работа с текстом;

Башкова А.А. – сбор и обработка материала, работа с текстом.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Статья поступила в редакцию 12.11.2022 г., принята к публикации 07.12.2023 г.

The article was submitted on November 12, 2022, accepted for publication on December 7, 2023.