

ВОДНЫЙ И ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ УСТЬЯ р. ПЕЧОРЫ В СОВРЕМЕННЫХ ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

© 2025 г. С. А. Агафонова^{а,*}, Д. В. Магрицкий^а, Л. С. Банщикова^б

^аМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, 119991 Россия

^бГосударственный гидрологический институт, Санкт-Петербург, 199053 Россия

*e-mail: sv_ice@list.ru

Поступила в редакцию 05.06.2024 г.

После доработки 25.07.2024 г.

Принята к публикации 25.07.2024 г.

Представлены особенности водного и ледового режима р. Печоры на устьевом участке за весь период наблюдений и в современных климатических условиях. Проанализирована временная изменчивость основных характеристик водного и ледового режима реки (в ее нижнем течении и на устьевом участке), а также климатических условий его формирования, включая данные с гидрометеорологической сети в бассейне реки. Исходными данными послужили материалы стационарных наблюдений на гидрологических постах и метеорологических станциях вплоть до 2021/2022 гг. Показано, что на фоне заметного повышения температуры приземного воздуха и сумм осадков – с конца 1980-х – начала 1990-х гг. (первое) и с начала 2000-х гг. (второе, наиболее выраженное) – отмечен рост расхода воды во все фазы водного режима с незначительным перераспределением стока в пользу меженных сезонов. Сокращается продолжительность периода с ледовыми явлениями, меняются условия прохождения весеннего ледохода и формирования высших уровней воды.

Ключевые слова: Печора, устье, ледовый режим, водный режим, изменение климата, опасные гидрологические явления.

DOI: 10.31857/S0321059625010032 **EDN:** UYSQOZ

Устьевая область р. Печоры (УОП) – самой большой (по длине и водоносности) реки на севере европейской территории России, занимает срединную часть Ненецкого АО. Здесь расположен г. Нарьян-Мар – столица автономного округа, где проживает большая часть населения автономного округа, крупный водно-транспортный узел. Часть добычи, транспортировки нефти и природного газа также связана с УОП. Последние 20 лет регион динамично развивается благодаря увеличению нефтедобычи и вложений в социальную сферу, модернизации и расширению транспортной инфраструктуры, в том числе связанной с Северным морским путем. Все это формирует новые запросы на полноту и актуальность данных по природным ограничениям, социально-экономической и экологической безопасности этого процесса,

особенно с учетом особенностей географического положения региона, суровых природных условий и уязвимости местных экосистем к внешним воздействиям. В устьевой области Печоры определяющий для социально-экономической деятельности и функционирования экосистем – водный, ледовый и гидрохимический режим ее водных объектов, его климатически обусловленные и антропогенные изменения.

Современный этап в изучении гидрологических условий УОП начался с 2007 г. – с выходом в свет двух монографий [8, 24], в подготовке которых принимали участие авторы данной статьи, и научной статьи сотрудников ГОИНа [19]. В них, по экспедиционным данным конца XX в. и обновленным гидрологическим рядам, были обобщены сведения о гидрологическом режиме УОП и его изменениях на начало XXI в. С середины 2010-х гг. появляются научные работы на базе новых данных, в них анализируются текущие гидрологические условия и их многолетние изменения, прежде всего в отношении опасных гидрологи-

¹ Работы выполнены в рамках государственного задания (тема НИР 1.10 кафедры гидрологии суши МГУ (изменение климатических условий и ледового режима)), 2.2 НИР Росгидромета (регистрационный номер АААА-А20-120112690064-2 (затопы льда)), раздел СТОК И ВОДНЫЙ РЕЖИМ НИЖНЕЙ ПЕЧОРЫ. ИХ МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ выполнен при финансовой поддержке РНФ (проект 24-17-00084).

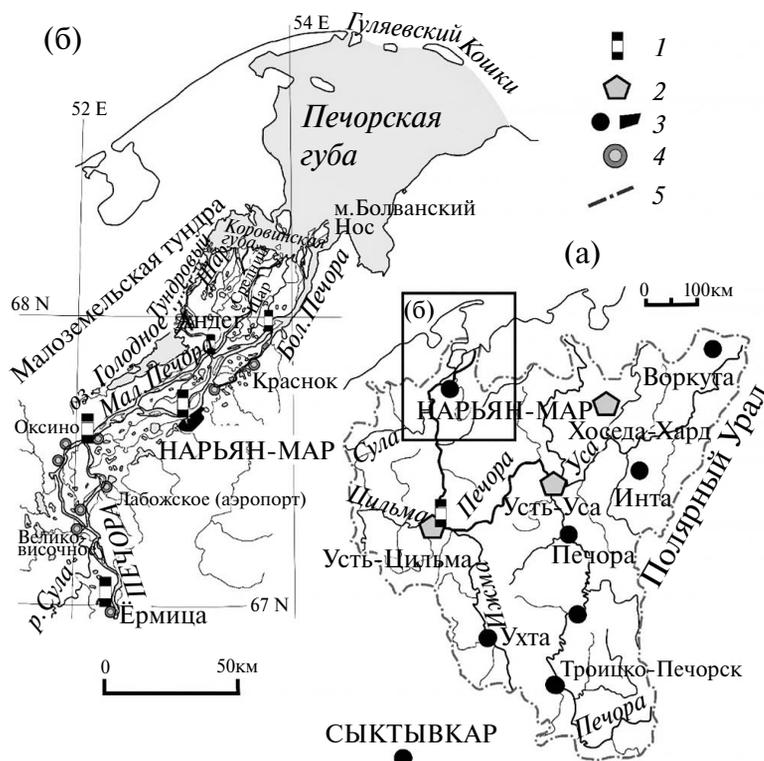


Рис. 1. Картограммы бассейна (а) и устьевой области (б) р. Печоры. 1 – гидрологический пост, 2 – метеостанция в небольших населенных пунктах, 3 – крупные города, 4 – небольшие населенные пункты на устьевом участке, 5 – граница бассейна Печоры.

ческих процессов [6, 12, 13, 25], распределения водного стока по дельтовым рукавам и влияния на него и в целом на гидродинамический режим УОП приливных явлений [3, 17, 21], отдельных аспектов ледового режима [5, 22]. Часть исходных данных – это материалы полевых измерений ГОИНа в 2011, 2018 и 2019 гг. [17, 21] и МГУ им. М.В. Ломоносова в 2020 и 2022 гг. [3].

В настоящей статье при учете результатов предыдущих исследований приведены актуализированные и более детальные сведения о современном водном и ледовом режиме устьевом участке Печоры, тенденциях и причинах его изменений, связанных с этими изменениями опасных процессах. Именно эти вопросы определяют основной перечень задач проведенного исследования, результаты которого имеют как научную, так и практическую ценность.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Устьевая область Печоры замыкает бассейн одноименной реки при ее впадении в Печорскую губу Баренцева моря. Она служит есте-

ственной границей между Большеземельской и Малоземельской тундрами (рис. 1). УОП по своему морфологическому строению и, согласно классификации В.Н. Михайлова [14], дополненной В.Н. Коротаевым [24], относится к эстуарно-дельтовому типу, состоит из устьевом участка (объект исследования), включая дельту, и устьевом взморья. Площадь всей устьевой области Печоры – 10 700 км². Устье относится к микроприливному типу, максимальная величина приливов достигает 1 м (на морской границе дельты), величина квадратурного прилива – 0.4 м. Приливы имеют неправильный полусуточный характер. Максимальная величина штормовых нагонов – 2–3 м (у Нарьян-Мара средняя и наибольшая величина нагонов – 60–80 и 140–150 см) [14]. Максимальные величины сгона у Нарьян-Мара могут достигать 60–80 см. На морском крае дельты они больше на ~50%.

Верхней границей устьевом участка служит устье притока – р. Сулы, куда со стороны моря могут проникать нагонные колебания уровня [14]. Длина устьевом участка 190 км, он включает придельтовый отрезок и дельту (рис. 1б).

Выше дельты р. Печора имеет широкую пойму с многочисленными протоками и озерами, разветвленное русло. Между населенными пунктами Великовисочное и Оксино Печора разделяется на два русловых рукава (Малую Печору и Большую Печору), которые выше с. Оксино сливаются и образуют единое русло.

Дельта Печоры относится к дельтам выполнения лиманов и лагун; она многорукавная. Вершина дельты (ВД) у с. Большая Сопка – это узел разделения реки на дельтовые рукава Большая Печора (правый) и Малая Печора (левый), которые нельзя отождествлять с одноименными русловыми рукавами на придельтовом отрезке (рис. 1). Малая Печора разделяется на несколько крупных (Утчер Шар, Крестовый Шар, Средний Шар и Месин) и множество небольших рукавов. Большая Печора (основной рукав) имеет широкое, но извилистое, с несколькими разветвлениями русло и основной узел бифуркации недалеко от Печорской губы. Длина дельты 120 км, площадь 2600 км² [8], а с учетом оз. Голодная губа – 3250 км² [14]. На долю суши в межень приходится ~70% территории дельты [10]. Преобладающие высоты над уровнем моря – от 1 до 6 м, максимальная высотная отметка – 7 м БС; правый и левый берега высокие – до 20–50 м БС. Морской край дельты сильно расчлененный, его длина 60 км.

Устьевое взморье приливное, включает полузакрытую (площадью 6400 км²) и открытую части. К полузакрытому взморью относят Печорскую губу и остатки Коровинской губы, соединяющиеся между собой проливом Глубокий шар. Печорская губа представляет собой мелководную лагуну, отделенную от Баренцева моря (на севере) п-овом Русский Заворот и цепью островов Гуляевских кошек с глубокими проливами между ними (рис. 1б). Открытое устьевое взморье занимает юго-восточную акваторию Баренцева моря с заметным влиянием речных вод – прежде всего на гидрохимические и температурные условия [16]. Эту часть именуют Печорским морем.

УОП расположена в поясе субарктического климата (морской подтип), характеризуемом малым количеством солнечной радиации, непродолжительным и прохладным климатическим летом (с нередкими заморозками), продол-

жительной и суровой зимой. Для приморских районов характерны сильные ветры. Зимой преобладают юго-западные и южные ветры, летом – ветры северных румбов. Средняя скорость ветров 4.5–6.0 м/с, максимальная 34 м/с. Частые сильные ветры наблюдаются зимой и весной. Продолжительность периода с отрицательной температурой воздуха – 210–220 дней, продолжительность безморозного периода – 60–90 дней [15, 20]. Среднегодовая температура воздуха отрицательная (–3.5°C). Самые теплые месяцы – июль и август (в Нарьян-Маре – средняя температура +13.0°C, максимальная +33.0°C; на побережье +8.5°C), самые холодные – январь и февраль (средняя температура –17.0°C, наименьшая – 48.0°C). Годовая сумма осадков в Нарьян-Маре равна 492 мм и менялась от года к году в пределах 294–644 мм [21]. Осадки в течение года распределены неравномерно: 53% их выпадает в жидком виде с мая по сентябрь. Снежный покров устанавливается в начале октября. Он устойчивый и распределен по территории более-менее равномерно, сохраняется 210–214 дней.

Дельта Печоры расположена в зоне островного и массивно-островного залегания многолетнемерзлых пород [15]. Мощность мерзлой толщи < 100 м, льдистость пород 20–40%. Глубина сезонно-талого слоя меняется от 0.35–0.40 на торфяниках до 1.50–1.60 м на песчаном субстрате. В долине и под руслом реки находится сквозной талик.

В дельте, помимо рукавов и протоков, множество озер (самое большое – оз. Голодная губа) и болот. Ландшафтный облик устьевое участка мало изменен человеком.

В устье главный населенный пункт, морской и речной порт – г. Нарьян-Мар (23 600 человек). Еще ~ 2000 человек проживает в населенных пунктах – селах Великовисочном, Оксино, Красном; деревнях Андег, Нарыга, Осколково, Куя, Юшино; пос. Нельмин Нос. Основные отрасли хозяйства – рыболовство и рыбообработка, водный транспорт, оленеводство, охота, разведение и выпас крупного рогатого скота, лесозаготовка. До 1980 г. разрабатывалось крупное Кумжинское месторождение газа и газоконденсата, но в 1980 г. на скважине Кумжа-9 начался крупный пожар, который тушили несколько

лет. В настоящее время существуют планы по расконсервации этого месторождения. Есть газопровод, связывающий Нарьян-Мар с Василковским месторождением газа, а также крупные месторождения нефти к востоку и северо-востоку от дельты. С 1997 г. в устье функционирует Ненецкий природный заповедник площадью 313,4 тыс. га, из них 181,9 тыс. га – это морская акватория.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве исходных материалов при решении задач исследования были использованы прежде всего данные наблюдений на гидрологических постах (за уровнем H и расходом Q воды, ледовыми явлениями и толщиной льда вплоть до 2021–2022 гг.) и опубликованные материалы экспедиционных гидрологических изысканий. Источниками данных послужили: гидрологические ежегодники, после 1980 г. – издания Государственного водного кадастра. Часть данных за последние годы была взята с сайта АИС ГМВО [1], а также была предоставлена Объединенной гидрометеорологической станцией “ОГМС Нарьян-Мар”.

В устье Печоры основной стоковый пост – это ГП-1 Оксина ($F = 312\,000\text{ км}^2$; в 141 км от моря), который функционирует с 1916 г. Измерения Q на нем имеют большой перерыв с 1946 по 1979 г. Кроме того, измеренные значения имеют пониженную точность. Во-первых, с 1995 по 2010 г. расходы воды измерялись лишь в зимний период [4]. Во-вторых, на скоростное поле потока и связь $Q = f(H)$ заметно влияют не только эпизодические ветровые нагоны, но и периодические приливные колебания уровня [3], что ранее, вероятнее всего, не учитывалось при расчете расходов воды по уровням. Поэтому для анализа гидрологической обстановки в устье также используют данные измерений Q на посту Усть-Цильма ($F = 248\,000\text{ км}^2$; в 425 км), хотя этот пост учитывает не весь сток, поступающий к верхней границе УОП. Именно по данным поста Усть-Цильма были восстановлены среднегодовые расходы воды на посту Оксина за период 1946–1979 гг. Среднегодовые и среднемесячные величины расхода воды между Оксина и Усть-Цильма увязаны неплохо ($R^2 = 0.88$), тогда как при меньшей дискретности – намного хуже.

Это служит дополнительным свидетельством недостаточной надежности стоковых наблюдений на посту Оксина. Кроме того, с 1990 г. связь между величинами расхода воды на двух постах меняется.

Другие главные посты в устье Печоры – уровенные (рис. 1б): МГП Нарьян-Мар (основной пост в дельте, в 100 км от залива, действует с 1927 г.), МГП-2 Андег (в 75 км, с 1974 г.), МГП-2 Осколково (53 км, с 1968 г.) и морские посты. Пост Красное (в 62 км) был закрыт в 1987 г. На придельтовом отрезке важный пост – Ермицы (в 236 км, с 1933 г.).

Метеорологические данные (по температуре воздуха, атмосферным осадкам, высоте снежного покрова и величине влагозапасов в нем) получены из [2]. Проанализированы данные многолетних наблюдений (вплоть до 2022/2023 гг.) на метеостанциях Сыктывкар, Троицко-Печорское, Печора, Усть-Уса, Хоседа-Хард, Усть-Цильма и Нарьян-Мар (рис. 1а). Рассмотрены два типа данных по атмосферным осадкам: с одной поправкой (на смачивание, вводимой непосредственно на самой станции), в виде рядов, начинающихся с января 1966 г.; пересчитанные осадки (с устранением систематических погрешностей осадкомерных приборов [7]) почти с начала метеонаблюдений. Установлено, что второй тип данных не всегда приводит к правдоподобным результатам, порой противореча очевидным гидрометеорологическим изменениям.

Основными методами обработки и анализа исходных данных были стандартные гидрологические расчеты и статистические методы анализа с проверкой рядов на соответствие важным статистическим гипотезам (при 5%-м уровне значимости α): однородности и стационарности – на базе критериев Фишера (F-test), Стьюдента (t-test) и Манна–Уитни (U-test) применительно к коррелированной во времени и асимметричной гидрологической информации; наличия тренда – на базе критерия Спирмена (Spearman RCC, или SRCC) и др. Выполнялись построение разнообразных эмпирических зависимостей и хронологических графиков, оценка их тесноты и адекватности (на базе R^2 и F), аналитическая аппроксимация. Ординаты разностной интегральной кривой St рассчитывались по

формуле: $St_i = \sum_1^i \left(\frac{x_i}{\bar{x}} - 1 \right)$. Часть статистиче-

ского анализа проведена в программах Гидро-расчеты (компания Гидротехнологии), Excel (Microsoft) и Statistica (StatSoft). Также проведен сравнительный анализ данных с постов по экстремальным и среднесуточным уровням воды и критических высотных отметок, к которым относятся отметки начала затопления поймы, освоенной территории и социально-хозяйственных объектов. Для оценки наблюдаемых изменений характеристик ледового режима в качестве базового принят период 1961–1990 гг., в качестве современного – 1991–2022 гг.

НОВЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПЕЧОРЫ

Изменения характеристик водного и ледового режима нижней Печоры и ее устьевого участка связаны с теми изменениями, которые произошли не только в упомянутых районах, но и на водосборе реки в целом. Главная особенность региональных климатических изменений – заметное повышение температуры приземного воздуха (ТПВ) как средней за год, так и во все календарные сезоны. Причем первый рост зафиксирован с 1988 г., а второй, более выраженный, с 2000–2003 гг. Об этом же свидетельствуют результаты исследований ГОИНа, полученные по открытым данным CRU TS [21]. В последние 10 лет на ряде метеостанций южной половины бассейна летом и зимой рост ТПВ усилился. Исключение – весенняя температура: ее повышение наблюдалось в южной половине бассейна еще с 1973 г., а в северной – с 1981–1982 гг.; последнее увеличение ТПВ датируется с ~2010 г. Это очень похоже на ситуацию, описанную авторами для соседнего бассейна р. Северная Двина [12, 13].

Среднее по бассейну отклонение среднегодовой ТПВ (АТПВ) в 1991–2022 гг. от нормы, относящейся к базовому периоду 1961–1990 гг., составило 1.1–1.6°C (с уменьшением на юг и юго-запад); коэффициент линейного тренда увеличивается с 0.43–0.47°C/10 лет (за 1988–2022 гг.) в южной части бассейна до 0.71–0.73°C/10 лет в северной. Это потепление – итог роста ТПВ во все календарные сезоны года, но в основном зимой (XII–II, на 1.2–

2.1°C) и весной (III–V, на 1.0–2.2°C). Причем в северной части бассейна (на станциях Нарьян-Мар и Хоседа-Хард) АТПВ выше весной, в южной и юго-западной – зимой (в 1.5–2 раза); на станциях Печора, Усть-Уса и Усть-Цильма значения почти равны. АТПВ летнего (VI–VIII) и осеннего сезонов составили 0.5–1.4 и 0.9–1.4°C с явно большими величинами на севере.

Важные климатические характеристики холодного периода года – суммы среднесуточных значений температуры воздуха ниже 0, –5 и –15°C, а также число дней с температурой воздуха ниже указанных значений. Наиболее выражены изменения температурных характеристик холодного периода года в конце 1990-х гг. По данным метеостанций Усть-Цильма и Нарьян-Мар и сравнения периодов 1961–1990 и 1991–2022 гг., сумма отрицательных значений температуры воздуха сократилась на 11%, температуры воздуха ниже –15°C – на 15%. Наблюдаемые изменения происходят в большей степени за счет роста температуры воздуха в октябре, апреле и мае. Число дней с отрицательной температурой воздуха сократилось на 7–8 сут, с температурой ниже –15°C на 8–12 сут. При этом число дней с оттепелями с ноября по март не меняется; число дней со среднесуточной температурой воздуха ниже –5°C сократилось на 30% в апреле и на 1–2 сут с октября по март.

На устьевом участке Печоры также изменились температурные условия в период вскрытия. По данным ст. Нарьян-Мар, средняя температура воздуха в период весеннего ледохода выросла на 1.2°C, а в предледоходный период (5 сут до начала ледохода) – на 0.9°C. За современный период в 42% случаев среднесуточные значения температуры воздуха во время весеннего ледохода не опускаются ниже 0°C, до 1990 г. такие условия наблюдались лишь в 27% случаев.

Пространственная и временная структура изменений сумм осадков в бассейне Печоры существенно более неоднородна по сравнению с ТПВ; многолетние колебания величины осадков на разных метеостанциях, даже на соседних, слабо связаны между собой, что повторяют ситуацию в бассейне Северной Двины [13]. Тем не менее важные закономерности удалось установить. В це-

лом, сумма осадков за год выросла. Повсеместным положительное отклонение суммы осадков становится в 1990-х гг. (в сравнение с величиной за 1967–1990 гг.) и особенно – с начала–середины 2000-х гг., хотя на ряде метеостанций неустойчивое увеличение осадков наблюдалось и в 1970-х, и в начале – середине 1980-х гг. Аномалии осадков колеблются в среднем от 35 до 75 мм (10–20% величины 1967–1990 гг.). Меньше всего они на станциях Троицко-Печорское и Усть-Цильма (< 10 мм); в Нарьян-Маре составили 85 мм (или почти 20%), в бассейне р. Усы – 40–55 мм (8–11%). Интенсивность изменений варьирует от 5 до 14 мм/10 лет. Количество осадков выросло во все календарные сезоны года: весной – в среднем на 5–18, летом – на 7–27, осенью – на 11–20 мм, зимой – изменилось от 0 до 10 мм. Причем весенние осадки показали более ранний рост. На ст. Нарьян-Мар вклад сезонных аномалий в общее увеличение годовой суммы осадков составил: 22 (весна), 32 (лето), 33 (осень) и 13% (зима).

На фоне роста сумм осадков в зимний период (включая как зимние месяцы, так и частично октябрь, ноябрь, март и апрель) растет и высота снега. Наибольшая высота снежного покрова достигается в начале марта в верховьях бассейна и к середине марта – концу марта в низовьях. При сравнении двух периодов (1961–1990 и 1991–2022 гг.) видно, что наибольшая высота снега выросла на 8–11 см в средней и нижней части бассейна и практически не изменилась в верхнем течении. Изменение запасов воды в снеге имеет более сложное пространственное распределение. По данным снегомерных маршрутов отмечено снижение запасов на лесном маршруте вблизи ст. Усть-Уса и на полевом маршруте у ст. Троицко-Печорское. Рост снегозапасов отмечен по данным маршрутов вблизи ст. Усть-Цильма. Смещения сроков схода снежного покрова и значимых изменений продолжительности его залегания при сравнении двух периодов (1961–1990 и 1991–2022 гг.) не наблюдается.

СТОК И ВОДНЫЙ РЕЖИМ НИЖНЕЙ ПЕЧОРЫ. ИХ МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Годовой сток воды Печоры в вершине дельты равен 142 км³ (1925–2021 гг.), или 4490 м³/с. На дельтовом участке он может увеличивать-

ся, во-первых, за счет положительной разницы осадков и испарения в самой дельте – на 1.14–1.24 км³/год [8], во-вторых, благодаря боковой приточности в пограничные рукава дельты (прежде всего по р. Куя) – на 1.0–1.5 км³/год. Таким образом, в Печорскую губу поступает ~145 км³/год. В многолетнем масштабе годовой сток Печоры растет с 1990 г. и особенно выражено – с 2002 г. (рис. 2а). На посту Усть-Цильма отклонение величины годового стока за 1990–2021 гг. от многолетней нормы оценено в 5.5%, на посту Оксина ~9.0%. Если учитывать самые ранние наблюдения на посту Оксина (с 1917 г.), то сток Печоры заметно и впервые вырос с середины XX в., в итоге самый маловодный период был до 1947 г.

Внутри бассейна Печоры примерно такой же переломный год (с 1990 по 1993 г.) и современную положительную тенденцию имеют реки в северной его части, включая р. Усу с притоками, тогда как в средней и южной частях перелом в колебаниях датируется в основном началом 1980-х гг. [23]. Увеличение годового стока достигало 10–20% у отдельных рек, стекающих с наветренных склонов Урала и Северных Увалов; у ~30% рассмотренных постов (в бассейне) положительные изменения оказались статистически значимыми по критериям Стьюдента и Манна–Уитни. Вместе с увеличением водности возросло среднеквадратическое отклонение (СКО) годового стока – на 10–20% и даже больше.

Хозяйственная деятельность практически не влияет на водные ресурсы Печоры, гидроэнергетические ресурсы не используются. Во второй половине 1980-х гг. забор воды на хозяйственные нужды достигал 0.59 км³/год, а сброс использованных вод в речную сеть – 0.52 км³/год [13, 12]. В настоящее время эти показатели уменьшились до 0.41 и 0.34 км³/год соответственно.

Печора относится к рекам с весенним половодьем, осенними паводками и низкой зимней меженью. Питание в основном снеговое (60% годового стока); на долю дождевых осадков и грунтовых вод приходится по 20–25%. Основная часть (65%) годового стока поступает в устье во время весеннего половодья (с конца апреля – начала мая по третью декаду июля) (рис. 2д). Сред-

ний многолетний максимальный расход воды равен 23 600 м³/с (Усть-Цильма) и 27 000 м³/с (Оксино), самый большой расход воды на первом посту составил 39 500 м³/с (июнь 1952 г.), на втором — 39 200 м³/с (май 1991 г.). Чаще всего максимальные расходы фиксируются во второй–третьей декадах мая и в первой декаде июня. В связи с более поздним началом половодья в бассейне р. Усы (правом и крупнейшем притоке Печоры) в устье часто наблюдаются две волны половодья. Причем начало первой сопровождаются еще ледовые явления, а вторая обычно проходит при открытом русле. Сложение этих волн способно привести к более высокому половодью и затоплениям обширных территорий.

Современные климатические изменения способствовали увеличению максимального стока рек в бассейне Печоры, хотя оно и не было статистически значимым. Переход к новым условиям формирования максимального стока рек в бассейне Печоры произошел в отличный от годового стока период — с 1973 по 1988 г. Но, как и в случае с годовым стоком, он соответствует хронологии заметных климатических изменений в бассейне как по ТПВ (годовым и сезонным), так и по осадкам. В устье Печоры переломным годом следует считать 1990 г. (рис. 2б). На посту Усть-Цильма, вероятнее всего, это был 1981 г. В результате в 1981–2021 гг. максимальные за год величины расхода воды нижней Печоры выросли на 1.4%. Интересно, что до перерыва в измерениях расхода воды на посту Оксино (т. е. до 1946 г.) максимальные величины расхода были в основном меньше расходов на посту Усть-Цильма, тогда как после возобновления измерений ситуация поменялась. Это о необходимости детальной проверки стоковых данных поста Оксино.

Максимальному расходу весеннего половодья в устье Печоры соответствуют высшие за год отметки уровня воды, часто превышающие критические высотные отметки поймы, что приводит к затоплениям и наводнениям. Средняя отметка уровня в Печоре (выше дельты) равна 6.7 м, максимальная — 9.0 м. Причем его формируют увеличение расхода воды в реке и мощные заторы льда в реке и дельтовых рукавах. Согласно [9], максимальные заторные подъемы уровня воды у г. Нарьян-Мара достигают 2.0–3.5 м, а на при-

дельтовом отрезке (у с. Ермицы) они еще выше — 3.7–4.0 м, средняя величина заторного подъема уровня воды равна 2.2 и 2.7 м.

Превышение высшим уровнем в реке или дельтовом рукаве высотной отметки поймы запускает процесс ее затопления. Авторами установлено, что пойма вблизи постов затопляется практически ежегодно, за исключением участка поста Нарьян-Мара, где повторяемость таких событий составила 84% за 1936–2021 гг. У поста Ермицы затопление поймы в 23% случаев происходило дважды за одно половодье — второй раз во время “Усинской волны”. Превышение высшим уровнем отметки неблагоприятного явления (НЯ) реализует угрозу наводнений. Превышение отметки НЯ случается в среднем в 25–50% случаев опять с самыми низкими показателями на посту Нарьян-Мар (20%) и наиболее высокими на посту Осколково (68% с учетом отметки НЯ до 1998 г.). Частота превышения НЯ увеличивается к морскому краю дельты, несмотря на распластывание волны половодья, которое, по [19], выражается в следующем: половодные подъемы уровня ниже Нарьян-Мара составляют 85, 60, 50 и 25% соответственно в 90, 70, 50 и 7 км от устьевого створа.

В многолетнем измерении повторяемость затоплений (в силу тенденций изменения максимального уровня половодья) практически не меняется. Все тренды — как убывающие для постов Ермицы, Нарьян-Мар, Андег, так и возрастающие для поста Оксино или нейтральный для поста Осколково — статистически незначимы по критерию Спирмена (при $\alpha = 5\%$). На разностных интегральных кривых для разных постов прослеживается схожая цикличность в многолетних колебаниях максимальных уровней с примерной продолжительностью самых долгопериодных циклов в 25 лет (рис. 3а). Поэтому в настоящее время река, вероятнее всего, находится на этапе повышенного уровня воды с высоким риском затоплений. Максимальные отметки уровня наблюдаются все раньше: на 7 дней раньше на посту Ермицы (в 1991–2021 гг., по сравнению с 1936–1990 гг.) и на 2–3 дня на постах в дельте.

Весеннее половодье сменяется кратковременной летне-осенней меженью, приходящейся на период с конца июля по начало сентября и на-

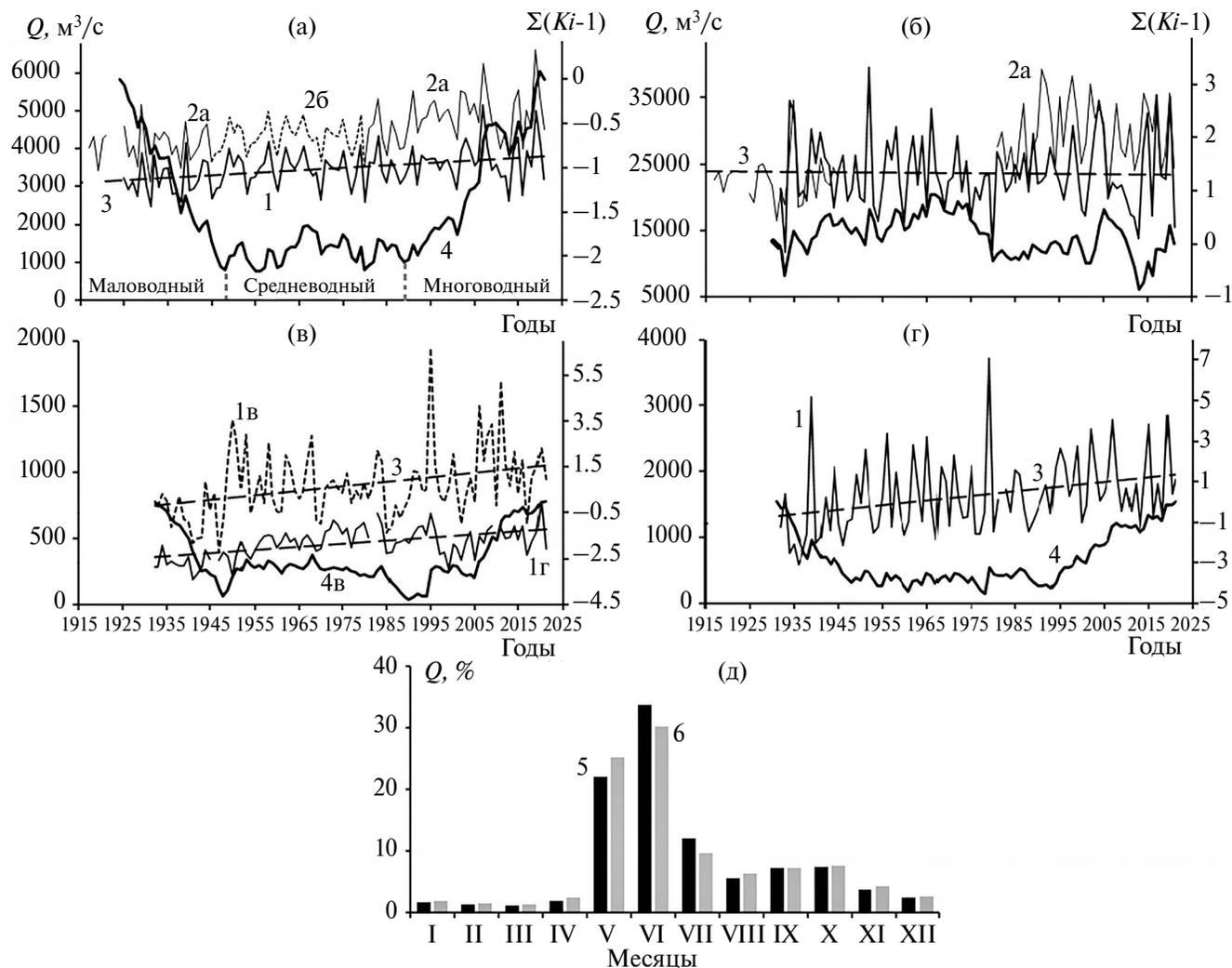


Рис. 2. Многолетние и внутригодовые изменения характеристик стока р. Печоры. Годовой сток воды (а): 1 – пост Усть-Цильма, 2а – пост Оксино (фактические данные), 2б – пост Оксино (восстановленные данные), 3 – линейный тренд, 4 – разностная интегральная кривая; максимальные за год расходы воды (б): 1 – пост Усть-Цильма, 2а – пост Оксино (фактические данные), 3 – линейный тренд, 4 – разностная интегральная кривая; расходы воды в зимний сезон (в): 1в – минимальный за год/зиму, пост Усть-Цильма, 1г – средний за зимнюю межень, пост Усть-Цильма, 3 – линейный тренд, 4в – разностная интегральная кривая; расходы воды в летне-осенний сезон (г): 1 – минимальный за летне-осенний сезон (пост Усть-Цильма), 3 – линейный тренд, 4 – разностная интегральная кривая; внутригодовое распределение стока (д): 5 – в 1932–1989 гг., 6 – в 1990–2021 гг.

рушаемой дождевыми паводками, учащающимися и бóльшими по величине в сентябре–октябре. В эти месяцы проходит до 15% годового стока. Самый маловодный месяц летне-осеннего сезона – август с долей стока в 5.9 и 7.2% на постах Усть-Цильма и Оксино соответственно. После осенних паводков наступает устойчивая зимняя межень (ноябрь–апрель) с долей стока в 13–14%. Самый маловодный месяц – март (1.2–1.4%). Среднегодовой минимальный расход лета–осени – 1630 и 2670 m^3/c , зимней межени – 461 и 543 m^3/c .

С начала–середины 1990-х гг. меженный сток Печоры увеличился. В августе увеличение водности реки на посту Усть-Цильма составило 21%. То же произошло с минимальными в летне-осеннюю межень величинами расхода воды (рис. 2г). Зимний сток также вырос – на 22%, и происходило это тремя волнами – с 1949, 1990 и 2006 гг. (рис. 2д). Кроме того, в многолетнем ходе меженного стока наблюдается определенное совпадение с колебаниями годового стока в смене характерных по водности периодов. На посту Оксино тенденции похожие, особенно в изменениях с

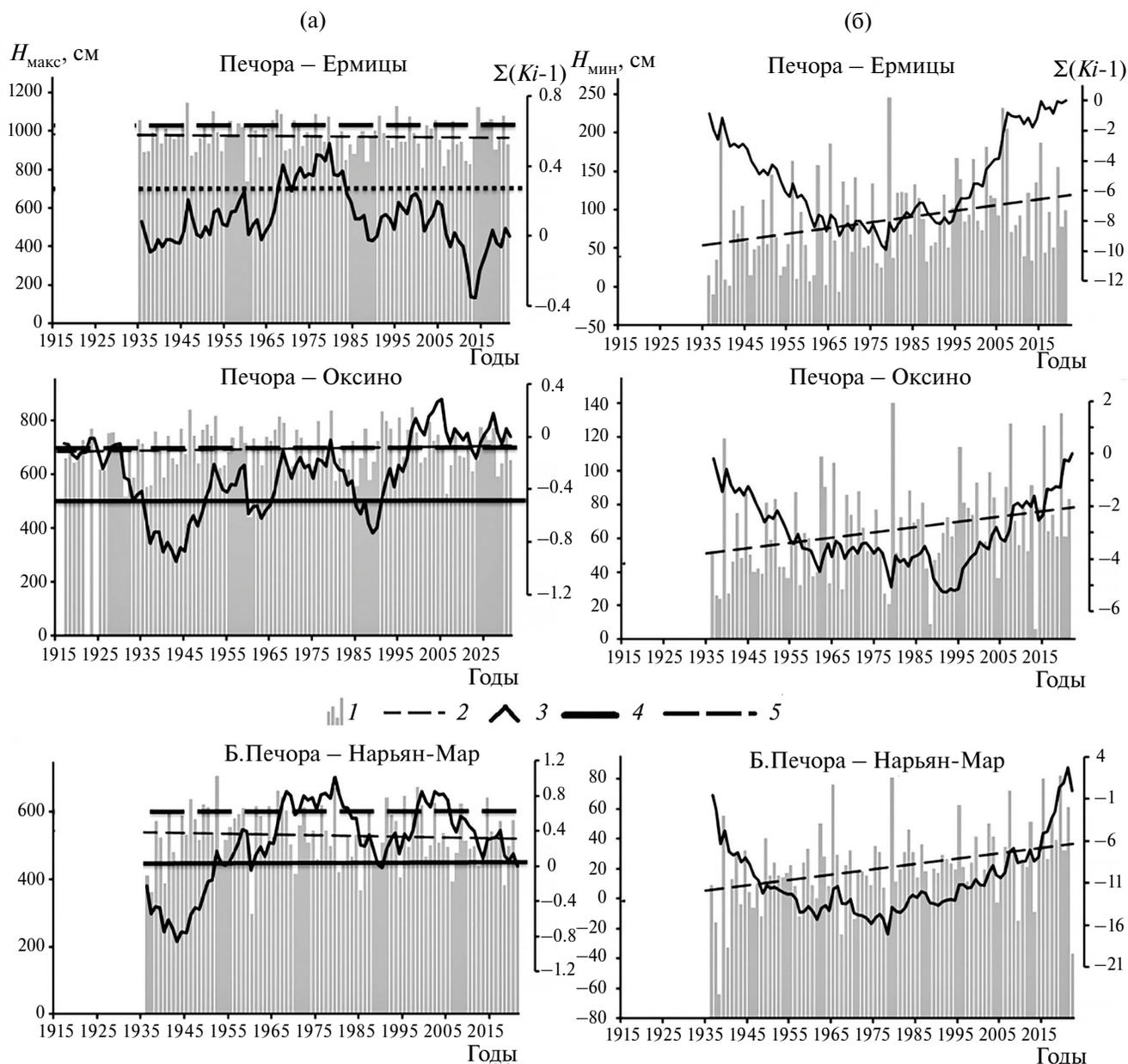


Рис. 3. Многолетние колебания высших (а) и низших (б) уровней воды на устьевом участке Печоры. 1 – уровень воды, 2 – линейный тренд, 3 – разностная интегральная кривая, 4 – отметка выхода воды на пойму, 5 – отметка неблагоприятного явления.

1990-х гг., но из-за пропуска в данных и недостаточной достоверности имеющихся наблюдений окончательный вывод сделать невозможно.

Повысились и минимальные отметки уровня воды летне-осеннего сезона (рис. 36). В 1990–2021 гг. отметки повысились по сравнению с предыдущим периодом на 0.15 (Усть-Цильма), 0.35

(Ермицы), 0.17 (Оксино) и 0.16 м (Нарьян-Мар). Первый “положительный перелом” случился во второй половине 1970-х гг. (в среднем течении Печоры еще раньше), второй и более выраженный – в начале 1990-х гг. В то же время при сравнении двух периодов значимых изменений в датах прохождения минимального уровня воды не выявлено.

Произошло незначительное перераспределение стока половодья в пользу меженных сезонов (рис. 2д): доля половодья уменьшилась с 67.5 до 65.0%, доли летне-осенней межени с паводками и зимней межени выросли соответственно с 20.2 до 21.1% и с 12.3 до 13.9%.

В дельте сток воды Печоры распределяется по рукавам и протокам. О характере этого распределения и его перераспределения в многолетнем масштабе можно судить по данным полевых измерений ГОИНа в 1978–1980 гг. [18, 19], 2010, 2011, 2018 и 2019 гг. [4, 17, 21] и МГУ им. М.В. Ломоносова в 2020 и 2022 гг. [3]. Согласно данным первых гидрометрических работ [19], сток Печоры в вершине дельты между Большой Печорой и Малой Печорой в половодье – 46 и 54%, в межень – 40 и 60%. Ниже по течению, во втором крупном узле разделения – Андегском – сток Малой Печоры распределяется между водотоками Утчер Шар, Крестовый Шар, Средний Шар и проток Месин. Последний сбрасывает воду в Большую Печору. При снижении расхода воды р. Печоры от 26 700 до 1000 м³/с доли самых водоносных водотоков – Среднего и Месина – менялись с 22.4 до 5.0% и с 16.9 до 50% (от стока реки), а Утчера и Крестового – с 8.4 до 5.0 и с 2.7 до ~0%; т. е. во время сезонного или многолетнего маловодья больше поступало стока в юго-восточную часть Печорской губы (в среднем это 55%). Вообще сезонное уменьшение стока приводит к уменьшению доли стока большинства боковых водотоков вплоть до прекращения стока в совсем небольших протоках. В зимний период водность Большой Печоры в вершине дельты заметно меньше, чем при открытом русле. Измерения ГОИНа в 2018 и 2019 гг. показали, что характер распределения стока Печоры в вершине дельты сохраняется – больше уходит в Малую Печору, и ее доля возрастает со снижением водности реки [21]. В Андегском узле разветвления распределение стока почти соответствует прежнему: доли Утчера, Среднего, Крестового и Месина составили соответственно 15, 38, 3 и 44% от расхода воды Малой Печоры, который был 7000 м³/с. На распределение стока между рукавами влияют приливы и стонно-нагонные колебания [3, 17]. Установлено, что подъем уровня во время прилива способствует перераспределению стока из Большой Печоры в западные водотоки дельты, а также

возникновению реверсивных течений в протоке Месин и Утчер-Шаре. В вершине дельты в отлив доля стока Малой Печоры увеличивается еще больше в сравнении с приливной фазой.

ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ И УСТЬЕВОГО УЧАСТКА ПЕЧОРЫ

Ледовые явления на устьевом участке Печоры наблюдаются большую часть года: даже в самые теплые зимы продолжительность этого периода составляет ≥ 6 мес., а в 69% случаев превышает 210 сут за период наблюдений. Ледовый режим на устьевом участке характеризуется устойчивым ледоставом и заторами льда в период весеннего ледохода.

Первые ледовые образования появляются в октябре – первых числах ноября. Средние сроки появления льда на постах устьевом участка за современный период (1991–2021 гг.) – 21–22 октября, сроки установления ледостава – 28 октября – 4 ноября. Хотя в среднем за весь период наблюдений в створе с. Ермицы и с. Оксина р. Печора замерзает несколько позже, чем на дельтовом участке, нет единой последовательности установления ледостава. В 30% случаев на участке ниже с. Оксина ледостав устанавливается в течение ≤ 2 сут. В 56% случаев река замерзает раньше у г. Нарьян-Мара, в 23% случаев – в створе д. Андег, в остальных – в один день.

Формирование ледового режима на устьевом участке происходит под влиянием в том числе морских факторов. Мелкие протоки в вершине дельты, а также протоки и рукава ниже Андегско-

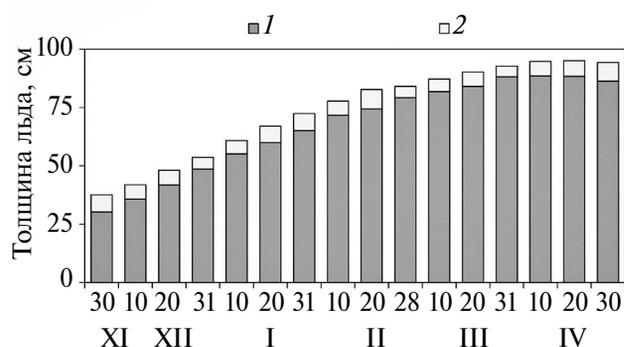


Рис. 4. Осредненное нарастание толщины льда в рук. Большая Печора (г. Нарьян-Мар) за периоды 1991–2018 (1) и 1960, 1965–1990 гг. (2).

го узла часто характеризуются торосистой поверхностью льда и трещинами [21]. По данным гидрологических постов, толщина ледяного покрова наиболее интенсивно нарастает в первые месяцы ледостава и к концу декабря достигает в среднем 50 см. Максимальная толщина льда к концу ледостава может составлять от 61 до 141 см. Но фактически нарастание льда прекращается еще в марте, к 20 марта толщина льда достигает в среднем 90% от максимальной за зимний сезон (рис. 4).

На фоне роста зимних значений температуры воздуха наблюдается уменьшение толщины ледяного покрова. По сравнению с 1961–1990 гг. в 1991–2021 гг. максимальная толщина льда в створе с. Ермицы снизилась на 11 см, в створе г. Нарьян-Мар – на 7 см. Для поста в с. Ермицы в 1961–1990 гг. обеспеченность максимальной толщины льда в 90 см составляла 47%, в 1991–2021 гг. – 23%, для поста Нарьян-Мар – 81% и 58% соответственно. Сокращение толщины льда отмечено во все сроки наблюдений и для Нарьян-Мара составляет 5–9 см (рис. 4).

Даты начала весеннего ледохода меняются на устьевом участке в широком интервале – с конца апреля до середины июня. Продолжительность очищения ото льда наибольшая в створе с. Ермицы (13 сут, 1947 г.) и ≤ 6 сут у с. Оксина и г. Нарьян-Мара, 8–9 сут – у деревень Андег и Осколково. Весенний ледоход распространяется от верхних участков вниз по течению, фронт вскрытия проходит участок между с. Оксина и д. Осколково в среднем за 4 сут. В большинстве случаев на Большой Печоре у г. Нарьян-Мара и на Малой Печоре у д. Андег ледоход начинается практически одновременно с разницей ≤ 1 сут. Начало весеннего ледохода в створе г. Нарьян-Мара наблюдалось раньше на 2–3 сут, чем у д. Андег, в 1979, 1995 и 1998 гг.; вскрытие на Малой Печоре у д. Андег начиналось раньше в 1985, 1988, 2016 и 2017 гг.

Весенний ледоход на устьевом участке сопровождается образованием заторов. В работах [11, 19] отмечено, что на исследуемом участке заторы образуются ежегодно вследствие заклинивания ледяных полей в сужениях русла, а также у кромки ненарушенного ледяного покрова. По длине рукавов дельты нередко наблюдаются цепочки заторов, т. е. разрушение одного небольшого

затора приводит к формированию следующего ниже по течению. В работе [5] по результатам анализа данных на соседних постах, а также по графикам с изолиниями уровней воды в координатах расстояния L и времени (t): $H = f(L, t)$ – выявлено, что наиболее мощные заторы по дельтовой протоке Большая Печора образуются у островов Среднего, Кермудей, Кисличного и на Куйских перекатах, по Малой Печоре – у островов Чаечьих, Кобыльего и Середового.

Оценка повторяемости и других характеристик заторов – сложная задача, особенно на участках рек с редкой сетью гидрологических постов. Так, в [9] повторяемость заторов у с. Ермицы оценивалась не только по книжкам водомерных наблюдений на посту, но и по данным о расходе воды на посту Усть-Цильма. Такая оценка за период с 1936 по 1970 г. составила 56%. По ледовым данным гидрологических ежегодников полученная авторами статьи повторяемость заторов за период 1936 по 2021 г. у с. Ермицы составила 33%, у Оксина – 27%, а на дельтовом участке за весь период наблюдений на трех основных постах – лишь 20%.

Заниженные оценки повторяемости по данным гидрологических ежегодников частично связаны с тем, что характерные места образования заторов расположены между постами и наблюдения в районе поста не позволяют достоверно зафиксировать факт образования затора, заторные подъемы уровней могут быть не выраженными. Авиаразведки или подробные наземные ледовые обследования могут дать более достоверную информацию, но в гидрологических ежегодниках такие сведения не публикуются. Хотя условия заторообразования меняются (например, снижается толщина льда, растет температуры воздуха в период весеннего ледохода), при таком наборе данных выявить временную изменчивость повторяемости заторов на устьевом участке не представляется возможным.

Высшие годовые отметки уровня воды, как уже отмечено, наблюдаются весной и часто сопровождаются ледовыми явлениями, т. е. они содержат и стоковую, и ледовую составляющую. За период наблюдений повторяемость высших годовых уровней с ледовыми явлениями увеличи-

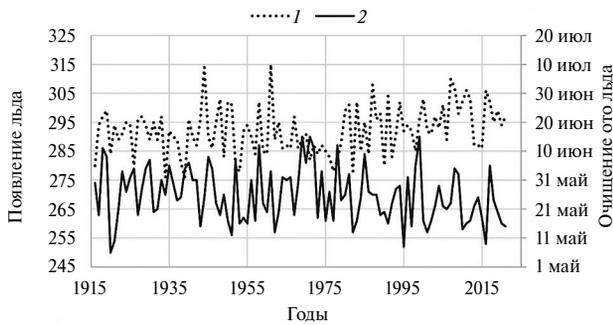


Рис. 5. Многолетние изменения сроков появления льда (1) и очищения русла ото льда (2) на р. Печоре (пост Оксино).

вається от с. Ермицы вниз по течению к устьевому створу. Смещение сроков очищения ото льда может привести к тому, что высшие отметки уровня воды будут формироваться без ледовых явлений, только за счет больших величинах расхода воды, хотя это не всегда приводит к снижению таких уровней. Для устьевое участка Печоры смещаются в сторону более ранних и даты очищения ото льда, и даты высших отметок уровня воды. С 1961–1990 к 1991–2021 гг. повторяемость высших уровней воды с ледовыми явлениями для с. Ермицы увеличилась с 46 до 58%, для с. Оксина почти не изменилась (74–71%), а для г. Нарьян-Мар снизилась на 13% (с 90 до 77%).

За период наблюдений на постах устьевое участка продолжительность ледовых явлений менялась от 185 до 258 сут, продолжительность ледостава — от 163 до 248 сут. Хотя в начале XIX в. наблюдались периоды с относительно теплыми зимами, смещение сроков ледовых явлений и их продолжительность становятся заметными только с конца 1970-х гг. (рис. 5). Наибольшая повторяемость экстремально длительных периодов с ледовыми явлениями (т. е. > 240 сут) фиксировалась с 1957 по 1986 г. и составляла для поста с. Оксина 20%, а для г. Нарьян-Мара 27%. За те же годы повторяемость экстремально длительных периодов ледостава (т. е. > 230 сут) составила 17% для с. Оксина и 20% для г. Нарьян-Мара. За последние 30 лет такие продолжительные периоды с ледовыми явлениями и ледоставом наблюдались лишь дважды (зимой 1992–1993 и 1998–1999 гг.).

С 1961–1990 к 1991–2021 гг., по данным четырех постов в пределах устьевое участка, продолжительность ледовых явлений сократилась на

9–11 сут, ледостава — на 7–13 сут. Как уже отмечено, уменьшение сумм отрицательных значений температуры воздуха происходит за счет роста температуры воздуха в октябре, апреле и мае, поэтому изменение продолжительности ледовых явлений и ледостава в равной степени обеспечены смещением сроков весной и осенью: сроки появления льда и ледостава сместились в сторону более поздних на 5–7 сут, а сроки начала весеннего ледохода и очищения ото льда сместились в сторону более ранних на 5–6 сут. Перечисленные изменения — статистически значимые по критерию Стьюдента. Значимого сокращения периодов заморозания и очищения ото льда не наблюдается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современный водный и ледовый режим устьевое участка р. Печоры регулируется меняющимися климатическими условиями как в самом устье реки, так и на ее обширном водосборе. Климатические изменения выражаются прежде всего в повышении температуры приземного воздуха — средней за год (в среднем на 1.1–1.6°C с уменьшением на юг и юго-запад) и во все календарные сезоны (мощнее всего зимой и весной — на 1.2–2.1°C и 1.0–2.2°C) с конца 1980-х гг., а также увеличением годовой суммы осадков в 1990-х гг. Причем весенние осадки показали более ранний рост. Хотя временная изменчивость климатических характеристик имеет сложный характер, в целом наиболее выраженные их изменения наблюдаются с начала–середины 2000-х гг. В последние 10 лет на ряде метеостанций южной половины бассейна потепление усилилось, прежде всего летом и зимой.

Ежегодный приток печорских вод в Печорскую губу Баренцева моря оценен авторами в 145 км³. Он заметно увеличился (на 5.5 и 9.0% на постах Усть-Цильма и Оксина) с 1990 г. и особенно выражено — с 2002 г. Это совпадает с хронологией климатических изменений и гидрологических изменениями в бассейне Печоры, прежде всего в его северной части. Установлено, что хозяйственная деятельность практически не влияет на водные ресурсы Печоры. Многолетнее увеличение общих водных ресурсов Печоры поддерживается ростом водности во все гидрологические сезоны. Максимальные за год величины

расхода воды нижней Печоры выросли на 1.4%. Тем не менее повторяемость затоплений поймы изменилась разнонаправленно (на разных постах) и статистически незначимо. За весь период наблюдений оказалось, что пойма вблизи постов затопляется практически ежегодно, за исключением участка поста Нарьян-Мара (повторяемость равна 84%). Превышение высшим уровнем воды отметки неблагоприятного явления реализует угрозу наводнений: они происходили в среднем в 25–50% лет. В настоящее время река, вероятнее всего, находится на этапе повышенных уровней воды с высоким риском затоплений. Зимний сток вырос на 22%, сток самого маловодного месяца летне-осеннего сезона – на 21%. Повысились и минимальные отметки уровня воды летне-осеннего сезона. В 1990–2021 гг. (по сравнению с предыдущим периодом) отметки повысились на 0.15 (Усть-Цильма), 0.35 (Ермицы), 0.17 (Оксино) и 0.16 м (Нарьян-Мар). Под влиянием климатически обусловленных изменений сезонного стока произошло незначительное перераспределение стока половодья в пользу меженных сезонов: доля половодья уменьшилась с 67.5 до 65.0%, доли летне-осенней межени с паводками и зимней межени выросли соответственно с 20.2 до 21.1% и с 12.3 до 13.9%.

Температура воздуха в зимний период хотя и растет, но все же остается в отрицательной зоне; число дней с оттепелями с ноября по март не меняется. Заметно сокращается сумма отрицательных значений температуры в переходные сезоны (преимущественно в октябре, апреле и мае). В результате продолжительность ледовых явлений с 1961–1990 к 1991–2021 гг. сократилась на 9–11 сут, а ледостава – на 7–13 сут.

Ледовые явления играют важную роль в формировании высших отметок уровня воды. Хотя данные наблюдений на гидрологических постах не позволяют адекватно оценить повторяемость заторов на устьевом участке Печоры, а тем более их временную изменчивость, достоверно можно утверждать, что гидроклиматические условия прохождения весеннего ледохода меняются. Высшие годовые отметки уровня воды наблюдаются как в первую волну половодья и сопровождаются ледовыми явлениями, так и после очищения ото льда во вторую “усинскую” вол-

ну. В последние годы в сторону более ранних смещаются и сроки очищения ото льда, и сроки прохождения высших годовых отметок уровня воды. Пространственная неоднородность повторяемости высших годовых отметок уровня воды в период с ледовыми явлениями выравняется. С 1961–1990 к 1991–2021 гг. этот показатель для с. Ермицы увеличился с 46% до 58%, для с. Оксино – почти не изменился (74–71%), а для г. Нарьян-Мара снизился на 13% (с 90 до 77%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО). <https://gmvo.skniihv.ru>
2. Автоматизированной информационной системы обработки режимной информации Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (АИСОРИ). <http://aisori-m.meteo.ru/waisori>
3. Алабян А.М., Василенко А.Н., Демиденко Н.А., Крыленко И.Н., Панченко Е.Д., Попрядухин А.А. Приливная динамика вод в дельте Печоры в летнюю межень // Вестн. Московского ун-та. Сер. 5, География. 2022. № 1. С. 167–179.
4. Балакина О.Н., Волик В.А., Дуркина Л.М., Полонский В.Ф. Состояние наблюдений и работ в устьевой области р. Печоры // Тр. ГОИН. М., 2013. Вып. 214. С. 96–107.
5. Банщикова Л.С., Агафонова С.А., Сумачев А.Э. Особенности формирования заторов на Нижней Печоре в задачах разработки противозаторных мероприятий // Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России. Мат-лы V Всерос. науч.-практ. конф. Иркутск, 2022. Иркутск: ИГУ, 2023. С. 188–194.
6. Бузин В.А. Зажоры и заторы льда на реках России. СПб.: ГГИ, 2015. 240 с.
7. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 1017 с.
8. Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования / Под ред. Н.И. Алексеевского. М.: ГЕОС, 2007. 585 с.
9. Каталог заторных и зажорных участков рек СССР. Т. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 260 с.
10. Лупачев Ю.В. Гидрологические условия устьевой области Печоры и их возможные измене-

- ния при изъятии части стока из бассейна // Тр. ГОИН. М.: МО Гидрометеоздата, 1979. Вып. 143. С. 49–68.
11. *Луначев Ю.В.* Особенности динамики весенних ледоходов и заторов льда в устьях Северной Двины и Печоры // Вод. ресурсы. 2001. Т. 28. № 2. С. 245–249.
 12. *Магрицкий Д.В.* Водопотребление на водосборах арктических рек и в Арктической зоне Российской Федерации: параметры, структура, многолетняя динамика // Вод. хоз-во России: проблемы, технологии, управление. 2019. № 3. С. 20–37.
 13. *Магрицкий Д.В., Скрипник Е.Н.* Опасные гидрологические процессы в устье Северной Двины и факторы их многолетней изменчивости // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, География. 2016. № 6. С. 59–70.
 14. *Михайлов В.Н.* Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. М.: ГЕОС, 1997. 413 с.
 15. Национальный атлас России. Т. 2. Природа. Экология. М.: Роскартография, 2007. 496 с.
 16. Печорское море. Опыт системных исследований. М.: Море, 2003. 486 с.
 17. *Полонский В.Ф.* Влияние приливов на перераспределение стока воды в дельте реки Печоры // Арктика: экология и экономика. 2012. № 2 (6). С. 20–27.
 18. *Полонский В.Ф.* Распределение стока воды в устьевой области Печоры и тенденция его изменения // Тр. ГОИН. М.: МО Гидрометеоздата, 1984. Вып. 172. С. 96–110.
 19. *Полонский В.Ф., Луначев Ю.В., Остроумова Л.П.* Основные черты гидрологического режима устьевой области Печоры // Тр. ГОИН. М., 2007. Вып. 210. С. 265–284.
 20. *Разуваев В.Н., Булыгина О.Н., Коришнова Н.Н., Клещенко Л.К., Кузнецова В.Н., Трофименко Л.Т., Шерстюков А.Б., Швець Н.В., Давлетшин С.Г., Зверева Г.Н.* Научно-прикладной справочник “Климат России”. <http://aisori-m.meteo.ru/climspn/>
 21. Справочно-аналитический обзор гидрологического режима устьевой области реки Печора. М.; Иваново: ПресСто, 2021. 152 с.
 22. *Сумачев А.Э., Банщикова Л.С.* Ледовый режим реки Печора и особенности прогнозирования высшего уровня ледохода // Гидрометеорология и экология. 2020. № 61. С. 446–459. DOI: 10.33933/2074-2762-2020-61-446-459
 23. *Фролова Н.Л., Магрицкий Д.В., Киреева М.Б., Григорьев В.Ю., Гельфан А.Н., Сазонов А.А., Шевченко А.И.* Сток рек России при происходящих и прогнозируемых изменениях климата: обзор публикаций. 1. Оценка изменений водного режима рек России по данным наблюдений // Вод. ресурсы. 2022. Т. 49. № 3. С. 251–269.
 24. Эстуарно-дельтовые системы России и Китая: гидролого-морфологические процессы, геоморфология и прогноз развития. М.: ГЕОС, 2007. 445 с.
 25. *Magritsky D., Lebedeva S., Skripnik E.* Hydrological hazards at mouths of the northern dvina and the pechora rivers, russian federation // Natural Hazards. 2017. V. 88. № 1. P. 149–170.

WATER AND ICE REGIME OF THE PECHORA RIVER MOUTH UNDER CURRENT HYDROCLIMATIC CONDITIONS

S. A. Agafonova^{a,*}, D. V. Magritskii^a, L. S. Banshchikova^b

^aMoscow State University, Moscow, 119991 Russia

^bState Hydrological Institute, St. Petersburg, 199053 Russia

*e-mail: sv_ice@list.ru

The article presents the features of the water and ice regime of the Pechora River at its mouth for the entire observation period and in modern climatic conditions. The temporal variability of the main characteristics of the water and ice regime of the river (in its lower reaches and at its mouth) and the climatic conditions of its formation are analyzed, including data from the hydrometeorological network in the river basin. The initial data were the materials of stationary observations at hydrological gages and meteorological stations up to 2021/2022. It is shown that against the background of a noticeable increase in surface air temperature and precipitation amounts from the late 1980s – the early 1990s (the first) and from the early 2000s (the second, most pronounced), an increase in water discharge was noted in all phases of the water regime with an insignificant redistribution of runoff in favor of the low-water seasons. The duration of the period with ice phenomena decreases, and the conditions for the passage of spring ice drift and the formation of higher water levels change.

Keywords: Pechora, mouth, ice regime, water regime, climate changes, hazardous hydrological phenomena.