

ГИДРОЛОГИЯ СУШИ И ГИДРОХИМИЯ HYDROLOGY OF LAND AND HYDROCHEMISTRY

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.30758/0555-2648-2026-72-1-65-84>

УДК 556.535:556.54



Современный гидрологический режим Нижней Яны и его опасные проявления

Д.В. Магрицкий[✉], С.А. Каинова, А.С. Завадский

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

[✉]MagrickiyDV@my.msu.ru

ДВМ, 0000-0002-4953-8376; САК, 0000-0002-6392-1662; АСЗ, 0009-0004-6349-4789

Аннотация. Увеличение объемов грузоперевозок по р. Яне в связи с расширением горнодобычи в бассейне, развитием населенных пунктов, транспортной и энергетической инфраструктуры требует актуализации сведений о современном гидрологическом режиме Яны — основной транспортной артерии региона, источнике воды и гидрологических опасностей. По дополненным материалам гидрологических наблюдений уточнены характеристики годового стока и ледового режима, максимальных и минимальных расходов и уровней воды, проведен анализ их многолетних колебаний с определением величины и знака изменений, циклов водности, переломных лет, участия в этих тенденциях главных притоков Яны, рассчитаны параметры кривых обеспеченностей. Установлено, что среднегодовые, максимальные и минимальные расходы в нижнем течении Яны выросли на 24, 12 и 36 %. Увеличение годового стока Яны обеспечили положительные тенденции во все сезоны года и на всех реках бассейна. Основными переломными годами были 1989, 1996 и 2004 гг. Среди максимальных расходов наибольшее увеличение обнаружено у расходов половодья (+22 %). Изменения в стоке повлияли на уровенный режим Нижней Яны, а также на характеристики наводнений и условия навигации. Установлено, что повторяемость и параметры затоплений поймы повсеместно выросли (с середины 1990-х гг.) прежде всего из-за повышения максимальных уровней в среднем на 0,2–0,5 м. В результате с 1990-х гг. зафиксированы два катастрофических, четыре больших и пять небольших наводнений, пять из которых случились в низовьях Яны. С 2008 г. и повсеместно с 2018 г. наблюдается ухудшение условий навигации, особенно на устьевом баре Яны. Вместе с наводнениями это существенно увеличивает затраты на предупреждение гидрологических опасностей и ликвидацию последствий их проявления, препятствует социально-экономическому развитию региона.

Ключевые слова: река Яна, гидрологический пост, расходы и уровни воды, ледовый режим, климатические изменения, затопления поймы и наводнения, гидрологические ограничения навигации

Для цитирования: Магрицкий Д.В., Каинова С.А., Завадский А.С. Современный гидрологический режим Нижней Яны и его опасные проявления. *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2026;72(1):65–84. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2026-72-1-65-84>

Поступила 07.02.2026

После переработки 11.03.2026

Принята 13.03.2026

© Авторы, 2026

© Authors, 2026

Current hydrological regime of the Lower Yana and hazardous hydrological phenomena

Dmitry V. Magritsky✉, Svetlana A. Kainova, Alexandr S. Zavadskiy

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

✉MagrickiyDV@my.msu.ru

ID DVM, 0000-0002-4953-8376; SAK, 0000-0002-6392-1662; ASZ, 0009-0004-6349-4789

Abstract. The increase in freight traffic along the Yana River due to the expansion of mining in the basin, the development of settlements, transport and energy infrastructure requires the updating of information about the current hydrological regime of the Yana River as the region's main transport route, the source of water and hydrological hazards. Based on new hydrological data, the characteristics of annual water runoff and ice regime, maximum and minimum flow rates and water levels have been clarified, analysis has been carried out of their long-term fluctuations including the determination of the magnitude and sign of changes, cycles of water content, turning years, and the contribution made to these trends by the main tributaries of the Yana, the parameters of the curves of probability distribution functions have been calculated. It is found that the average annual, maximum and minimum water discharges in the lower reaches of the Yana River increased by 24, 12 and 36 %. The increase in the annual water flow of the Yana River ensured positive trends in all the hydrological seasons and by all the rivers of the basin. The main turning points were 1989, 1996 and 2004. Of all the maximum discharges, the largest increase was observed for the maximum spring flood discharges (+22 %). Changes in water runoff have affected the level regime of the lower Yana, flood characteristics, and navigation conditions. Disturbances to the ice regime were considered minor. It is found that the frequency and parameters of floodplain flooding have increased everywhere (since the mid-1990s), primarily due to an increase in the maximum levels by an average of 0.2–0.5 m. As a result, since the 1990s, two catastrophic, four large and five small inundations have been recorded, five of which occurred in the lower reaches of the Yana River. Since 2008 and throughout 2018, navigation conditions have deteriorated, particularly at the Yana River mouth bar. Combined with the flooding, this significantly increases the costs of preventing and mitigating hydrological hazards and hinders the region's socioeconomic development.

Keywords: Yana River, hydrological gauge, discharges and water levels, ice regime, climate changes, floodplain flooding and inundations, hydrological navigation restrictions

For citation: Magritsky D.V., Kainova S.A., Zavadskiy A.S. Current hydrological regime of the Lower Yana and hazardous hydrological phenomena. *Arctic and Antarctic Research*. 2026;72(1):65–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2026-72-1-65-84>

Received 07.02.2026

Revised 11.03.2026

Accepted 13.03.2026

Введение

За нижнее течение Яны (Нижнюю Яну) принимается отрезок реки от впадения в нее р. Бытантай до Янского залива моря Лаптевых (рис. 1). Его можно разделить на четыре участка. На первом участке — примерно до 400-го км от морского края дельты (МКД) — формируются разные по строению русловые разветвления, правый берег высокий, обрывистый и сильно подмывается, пойма преимущественно односторонняя [1]. На втором участке (до ~200-го км), при пересечении рекой Куларского хребта, происходит резкое сужение речной долины и русла, переход к врезанным русловым формам, увеличение уклонов. На третьем участке, с выходом Яны на Приморскую низменность, долина и речная пойма расширяются, река «свободно» меандрирует, русло разбивается на протоки, во множестве встречаются песчаные отмели. На последнем, четвертом участке (в 140 км от МКД) начинается обширная, многорукавная, непреливная дельта выдвигания Яны с судоходным рукавом Главное русло [2, 3].

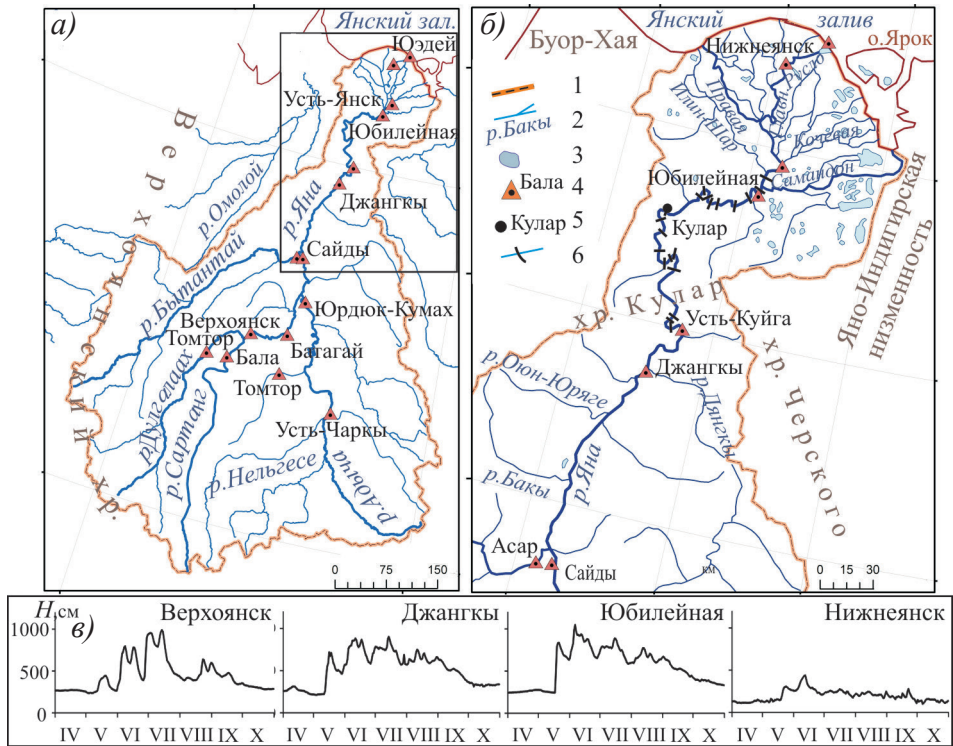


Рис. 1. Картограмма бассейна Яны (а) и нижнего участка Яны (б) с гидрологическими постами и графики внутригодовых колебаний уровня на разных участках реки в средний по водности 1984 г. (в).

1 — границы бассейна, 2 — водотоки (реки и дельтовые рукава), 3 — водоемы, 4 — гидрологический пост, 5 — населенный пункт, 6 — перекаты на участке от Усть-Куйги до Усть-Янска

Fig. 1. Schematic map of the Yana River basin (a) and the lower reaches of the Yana River (b) with hydrological gauges and features of the water level regime at different reaches of the river based on data for 1984 (v).

1 — boundaries of the Yana River basin, 2 — watercourses (rivers and delta branches), 3 — reservoirs, 4 — hydrological gauge, 5 — settlement, 6 — river crossing from Ust-Kuiga to Ust-Yansk

Все нижнее течение Яны относится к внутренним водным путям РФ — первой категории (от МКД до п. Усть-Куйга) и третьей категории, по которым осуществляется арктический (по морю и до порта Нижнеянск) и северный (уже по реке Яне) завоз продовольствия, стройматериалов, ГСМ (и др.) и вывоз добываемых в бассейне Яны минеральных ресурсов. Причем в последние годы интенсивность грузоперевозок возросла из-за начала работ по возведению наземной атомной станции малой мощности в п. Усть-Куйга и обустройству стратегического золоторудного месторождения Кючус — второго по величине в Республике Саха (Якутия), а также вследствие наращивания добычи на «старых» месторождениях и в целом продолжения социально-экономического развития региона. Кроме того, нагрузка на флот эпизодически увеличивается из-за срочной необходимости завезти в регион строительные материалы для восстановления объектов, пострадавших во время больших наводнений, например в 2022 г. В итоге с 2020 по 2023 г. количество грузов, про-

ходящих через Янский устьевой бар (на выходе Главного русла в море), согласно ФБУ «Администрация Ленского бассейна», выросло на 50 тыс. т/год, или 36 %.

Обеспечение здесь судоходных условий предполагает не только установку навигационных знаков, траление (очистку русла и берегов от крупногабаритного мусора) и периодическое дноуглубление на мелководных участках реки и устьевого бара, но и стационарный мониторинг водного и ледового режимов реки, своевременное предупреждение о гидрологических ограничениях навигации. Реализация гидрологической задачи в настоящее время осложняется непростой ситуацией в сетевом гидрологическом мониторинге и нестационарными изменениями в гидрологическом режиме рек бассейна Яны и Янского залива моря Лаптевых [2, 4–8]. В результате с 2012 по 2023 г., по данным ФБУ «Администрация Ленского бассейна»¹, только один-два года на Яне не было серьезных проблем с навигацией. Еще одна гидрологическая опасность — это частые речные наводнения^{2,3} [9], характеристики которых непостоянны в связи с гидрометеорологическими и социально-экономическими изменениями. Ущерб от них за 2002–2015 гг. оценен для Верхоянского, Усть-Янского и Эвено-Бытантайского районов примерно в 325 млн руб.³ Цель проведенного исследования — определить особенности современного водного режима Нижней Яны, тенденции многолетних изменений экстремальных расходов и уровней воды, их негативные последствия.

Данные и методики

Информационную основу исследований составили ряды среднесуточных и характерных уровней воды на постах ГМС Джангкы (в 381 км от устьевого створа Главного русла), п. Усть-Куйга (335 км), полярная станция (п. ст.) Юбилейная (157 км), с. Усть-Янск (124 км), рабочий поселок (р. п.) Нижнеянск (22 км), п. ст. Юэдей (8 км) и ведомственном автоматическом водомерном посту (АВП) Юэдей (на устьевом баре — в 12 км в сторону моря от устьевого створа) за весь период их работы и до 2022 г., сведения о ледовых явлениях, а также расходы воды на постах Джангкы и Юбилейная. Посты Усть-Куйга, Юбилейная, Нижнеянск и АВП Юэдей продолжают работать и в настоящее время. Дополнительно были привлечены данные по расходам и уровням воды на постах г. Верхоянска (Верхняя Яна — до впадения в нее р. Адычи), Юрдюк-Кумах (р. Адыча — самый большой приток р. Яны) и пос. Асар (р. Бытантай) за период с 1935 по 2023 г., суммарная площадь водосбора которых составляет 81 % площади водосбора р. Яны, замыкаемого постом Джангкы, а также на постах Бала (р. Сарганг), Томтор (р. Дулгалаах), Усть-Чаркы (р. Адыча) и Томтор (р. Борулаах), расположенных выше по течению. Сведения по ледовым явлениям на устьевом баре и в Янском заливе предоставлены ФБУ «Администрация Ленского бассейна».

Стоковый пост Джангкы закрылся в 1989 г., а на посту Юбилейная мониторинг расходов воды производился с 1972 по 2007 г. При этом данные о расходах на Юбилейной имеют пониженную точность [10]. Основные причины — недоучет стока по пойме во время половодья, недостаточная обеспеченность кривой $Q = f(H)$ натурными

¹ ФБУ «Администрация Ленского бассейна внутренних водных путей». Режим доступа: <https://www.albvvpr.ru/> (дата обращения: 01.02.2025).

² Кичигина Н.В. *Наводнения и максимальный сток юга Восточной Сибири: географический и статистический анализ*: дис. ... канд. геогр. наук. Иркутск, 2001. 185 с.

³ Парфенова О.Т. *Экономическая оценка и возмещение ущерба от наводнений на северных реках Республики Саха (Якутия)*: дис. ... канд. экон. наук. Якутск, 2017. 168 с.

данными в области высоких значений, влияние на расчеты стока подпорного подъема уровня воды от заторов льда. Поэтому прежде всего были выполнены детальный анализ первичных данных по расходам воды и приведение стоковых рядов к более продолжительному периоду наблюдений. При продлении рядов годового стока для поста Джангкы из всех возможных предикторов была выбрана сумма среднегодовых расходов воды на постах Верхоянск, Юрдюк-Кумах и Асар (коэффициент корреляции (r) равен 0,98) и расходы воды в створе поста Юбилейная ($r = 0,97$). Для п. ст. Юбилейная были взяты данные Джангкы (по ним восстановлены расходы с 1938 по 1971 г.) и опять же данные постов Верхоянск, Юрдюк-Кумах и Асар ($r = 0,94$). При продлении рядов максимальных расходов воды ($Q_{\text{макс}}$), которые в низовьях Яны проходят как в половодье, так и в паводки, вначале за период наблюдений были получены отдельные ряды $Q_{\text{макс}}$ половодья и $Q_{\text{макс}}$ летне-осенних паводков. Далее из 15–17 рассмотренных предикторов для поста Джангкы были выбраны: для половодья — суммы среднемесячных расходов воды за май–июнь ($r = 0,77$) и суммы $Q_{\text{макс}}$ половодья на постах Верхоянск, Юрдюк-Кумах и Асар ($r = 0,89$), для паводков — $Q_{\text{макс}}$ паводков на посту Юбилейная ($r = 0,91$) и суммы $Q_{\text{макс}}$ на постах Верхоянск, Юрдюк-Кумах и Асар ($r = 0,89$). При продлении рядов минимальных расходов воды ($Q_{\text{мин}}$) летне-осенней межени ($Q_{\text{минЛО}}$), средних меженных расходов за сентябрь–октябрь ($Q_{\text{IX-X}}$) были рассмотрены почти 20 предикторов. В итоге для цели восстановления $Q_{\text{минЛО}}$ оказалось возможным использовать только данные Джангкы и Юбилейная (до 2007 г., $r = 0,92$), а для $Q_{\text{IX-X}}$ — суммы таких же месячных расходов на постах Верхоянск, Юрдюк-Кумах и Асар ($r = 0,97$).

При работе с максимальными и минимальными уровнями воды для отобранных постов, находящихся, как правило, в населенных пунктах или вблизи от них, были, во-первых, идентифицированы критические высотные отметки — затопления поймы и опасного гидрологического явления (ОЯ), в т. ч. для водного транспорта. Источником сведений послужили гидрологические ежегодники, «Ресурсы поверхностных вод СССР» [11], таблица с «Перечнем и критериями опасных гидрометеорологических явлений» на сайте Якутского УГМС⁴, оперативные сводки МЧС и муниципальных образований во время самих наводнений, любезно предоставленные ежегодные отчеты ФБУ «Администрация Ленского бассейна». Во-вторых, были сформированы многолетние ряды максимальных и минимальных срочных уровней и дат их наблюдения — отдельно для мая, июня, июля, августа и сентября и в целом за год; продолжительности превышения максимальными уровнями отметок затопления поймы и ОЯ; минимальными уровнями — неблагоприятных (для судоходства) отметок.

При работе с данными применялись стандартные гидрологические расчеты⁵, методы статистического и графического анализа гидрологической информации с проверкой рядов на соответствие основным статистическим гипотезам (при 5 %-ном уровне значимости) на базе критериев Фишера (F -test) и Стьюдента (t -test), наличия тренда — на основе критерия Спирмена ($Spearman\ RCC$) и др. Для определения даты нарушения стационарности рядов были использованы непараметрический *Pettitt's test* и суммарные интегральные кривые.

⁴ ФГБУ «Якутское УГМС». Режим доступа: <https://ykuthydromet.ru/> (дата обращения: 28.11.2025).

⁵ СП 529.1325800.2023. *Свод правил. Определение основных расчетных гидрологических характеристик*. М., 2023. 108 с.

Сток воды и его изменения

Водосбор р. Яны охватывает территорию площадью 238 тыс. км², поэтому ниже ГМС Джангки (при $F = 216$ тыс. км²) — бывшего опорного поста и замыкающего створа — сток реки изменяется незначительно. Рассчитанная для Джангки за 1937–2022 гг. норма годового стока составила 31,9 км³ (или 1010 м³/с), а для поста Юбилейная — 34,4 км³ (1090 м³/с). За гидрометрический период среднегодовые расходы воды в створе Джангки изменялись от 1440 (1985 г.) до 543 м³/с (1956 г.). После закрытия поста, согласно уже восстановленным данным, в 1996 и 2022 гг. среднегодовые расходы могли превысить максимум 1985 г. и достичь ~1490...~1650 и ~1500 м³/с. Внутрирядная скоррелированность ($r(1)$) годового стока сравнительно невысокая ($r(1) \sim 0,13$), что согласуется с данными по р. Бытантай ($r(1) \sim 0,16$) и Верхней Яне ($r(1) \sim 0,18$), чьи бассейны примыкают к восточным склонам Верхоянского хребта, тогда как для р. Адычи $r(1)$ довольно высокий — 0,36. Тем не менее многолетние колебания годового стока в низовьях Яны демонстрируют (согласно разностно-интегральным кривым) хорошо выраженную цикличность (рис. 2). Продолжительность циклов близка к 4, 6–8 и 10 годам. Еще контрастнее эта особенность представлена в колебаниях стока на постах Верхоянск и Асар (здесь циклы ~7–10 лет).

Водохозяйственная деятельность на водные ресурсы Нижней Яны практически не влияет [12]. Мало того, годовой сток реки в настоящее время увеличивается (см. рис. 2), подтверждая выводы в работах [2, 4, 7, 8]. Причем рост в последние

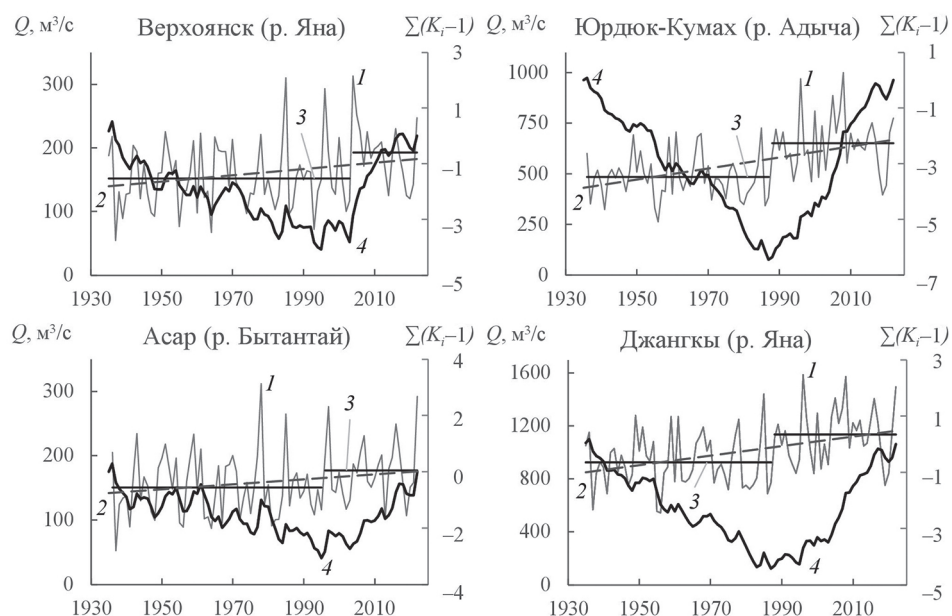


Рис. 2. Многолетние колебания среднегодовых расходов воды на реках бассейна Яны.

1 — график изменений расходов воды, 2 — линейный тренд, 3 — средние за характерные периоды, 4 — разностно-интегральные кривые

Fig. 2. Graphs of long-term fluctuations in average annual water discharges in the rivers of the Yana River basin.

1 — graph of water discharge fluctuations, 2 — linear trend, 3 — lines of average values, 4 — differential integral curves

два-три десятилетия довольно значимый и прошедший несколько этапов. Он начался в бассейне Адычи — с 1988 г., по сути, с началом потепления климата в регионе^{6,7}, а с 1996 г. и с 2004 г. устойчиво проявил себя в бассейне Бытантая и в верхней части бассейна Яны с новым усилением климатических изменений с середины 1990-х и середины 2000-х гг. Сравнение двух периодов 1937–1987 и 1988–2022 гг. показало увеличение среднегодовых расходов воды на 218 м³/с (+24 %) для Джангкы и на 229 м³/с (+23 %) для Юбилейной. Значительное увеличение водности обусловило статистически значимое нарушение однородности рядов (по *t-test*), что требует разбиения ряда на два однородных подмножества при проведении гидрологических расчетов и использования составной кривой обеспеченности^{8,9}. В то же время квантили, снятые с составной кривой обеспеченности, и квантили, определенные по кривой обеспеченности, построенной без разделения ряда на два подпериода, практически не отличаются друг от друга (табл. 1). Многолетний тренд в колебаниях годового стока Нижней Яны статистически значимо положительный (по *Spearman RCC*), причем больше всего сток повысился в последние 20 лет. Вероятнее всего, это увеличение продолжится и в будущем — в среднем от 5 до 15 % к середине XXI в. (по сравнению с нормой стока за 1938–2022 гг.) и от 25 до 30 % к концу XXI в. [13–15].

В течение года сток Нижней Яны распределен крайне неравномерно — практически весь он (99, 5%) проходит с мая по октябрь, тогда как на остальные шесть зимних месяцев остается ~0,5 %. Мало того, в зимнюю межень водный сток в низовьях Яны может прекращаться ввиду перемерзания реки на перекатах. Выше Джангкы повторяемость таких событий составляет 40 % (из 52 лет наблюдений до 1989 г.), а на п. ст. Юбилейная 5 раз за 1972–1988 гг. и ежегодно фиксируется после 1988 г. Средняя продолжительность промерзания выше п. ст. Юбилейная равна 97 сут., а наибольшая — 136 сут. На весеннее и летнее половодье в створе Джангкы приходятся 38,7 и 47,8 % годового стока, на сентябрь–октябрь — 13 %. Для п. ст. Юбилейная эти показатели равны 38,8, 44,7 и 15,9 %. За многолетний период внутригодовое распределение стока незначимо изменилось. Изменения положительные, прежде всего для мая, июня, осенних и зимних месяцев, тогда как существенный рост стока в июле–августе отмечен лишь на реках бассейна Адычи. В итоге доля весеннего половодья и осенней межени в низовьях Яны увеличилась на 1–2 %, а доля летних месяцев с паводками сократилась. Зимний сток Нижней Яны тоже растет, и эта тенденция охватывает почти все реки бассейна.

Весеннее половодье начинается в створе Джангкы в последнюю декаду мая и с запаздыванием примерно на пять суток в створе п. ст. Юбилейная. Причем на нижнем посту оно развивается стремительнее. Его сменяет серия дождевых павод-

⁶ Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет; 2014. 1017 с.

⁷ Магрицкий Д.В. Климатические изменения на северо-востоке азиатской части России. В: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции «Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России». Иркутский государственный университет. Иркутск; 2023. С. 345–353.

⁸ СП 529.1325800.2023. Свод правил. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М.; 2023. 108 с.

⁹ СТО ГГИ 52.08.41-2017. Стандарт организации. Основные гидрологические характеристики при нестационарности временных рядов, обусловленной влиянием климатических факторов. Рекомендации по расчету. СПб.; 2017. 42 с.

Таблица 1

Параметры и ординаты кривых обеспеченности расходов воды в низовьях Яны

Table 1

Parameters and ordinates of the probability distribution function curves of water discharges in the lower reaches of the Yana River

Тип	Среднее*	Cv*	Cs/Cv**	Расходы воды (м ³ /с) при обеспеченности:							
				1	5	10	25	50	75	90	95
Пост Джангкы											
1	1010 (3,8)	0,23 (8,7)	сост.	1630	1430	1325	1160	988	840	721	656
1	1010 (3,8)	0,23 (8,7)	2,00	1640	1430	1320	1160	989	840	721	656
2	7630 (4,6)	0,30 (10)	сост.	13700	11600	10700	9080	7490	—	—	—
3	6190 (5,3)	0,42 (7,1)	2,3	13900	11000	9640	7630	5800	—	—	—
4	595 (6,0)	0,38 (10,5)	сост.	—	—	—	—	567	434	329	278
Пост Юбилейная											
1	1090 (4,2)	0,27 (11,1)	сост.	1850	1610	1485	1285	1070	873	714	627
2	9870 (8,1)	0,41 (9,8)	2,2	22000	17400	15300	12200	9280	—	—	—
3	5750 (6,7)	0,26 (3,8)	2,0	9720	8380	7710	6670	5620	—	—	—
4	771 (6,7)	0,36 (16,7)	2,9	—	—	—	—	723	565	458	407

Примечание. 1 — среднегодовые расходы, 2 — максимальные расходы весеннего половодья, 3 — максимальные расходы летне-осенних паводков, 4 — минимальные расходы лета-осени; * в скобках — относительная погрешность (%), ** для составных кривых Cs/Cv не приводится.

Note. 1 — average annual water discharges, 2 — maximum spring flood discharges, 3 — maximum summer-autumn flood discharges, 4 — minimum summer-autumn discharges; * in brackets — relative error (%) in parentheses, ** for composite Cs/Cv curves is not given.

ков — в среднем их три значительных по продолжительности и высоте. Весеннее половодье длится 54 сут. (Джангкы) и >60 сут. (Юбилейная). Но наибольшие за год расходы и уровни воды в низовьях Яны достигаются как во время половодья, так и паводков. На посту Джангкы в 10 % случаев Q_{\max} были в мае, 39 % — в июне, 33 % — в июле, 18 % — в августе. На посту Юбилейная подавляющее большинство (72 %) годовых максимумов отмечены в июне. Наибольший расход воды на посту Джангкы измерен 25 июля 1950 г. (13000 м³/с), и, вероятно всего, такой же максимум, приведший к сильному наводнению, был в 2022 г. На посту Юбилейная наибольший максимальный расход измерен 4 июня 1998 г. (19400 м³/с).

Максимальные расходы воды Нижней Яны, как и остальные гидрологические характеристики, претерпели в настоящее время серьезные изменения [4, 7, 8, 16]. Новые и более детальные данные подтверждают вывод о росте максимальных за год расходов воды Нижней Яны — на ~940 м³/с на посту Джангкы (или 12 %), но именно за счет статистически значимого (по *t-test*) увеличения Q_{\max} половодья — на ~1540 м³/с (или 22 %) (рис. 3б). Причем статистически значимым — по *Pettitt's test* и суммарной интегральной кривой — переломным годом в многолетнем ходе пиковых расходов половодья следует считать 1996 г. Его определяют, прежде всего, многолетние колебания Q_{\max} реки Адычи, которые явно выросли с 1991 г. и увеличились еще больше с 1996 г., тогда как в верховьях Яны и в низовьях р. Бытантай переломным годом был 2004 г. Наоборот, многолетние колебания паводочных Q_{\max} не демонстрируют такого выраженного и продолжительного современного увеличения (см. рис. 3в). Это следствие слабо выраженных изменений максимального

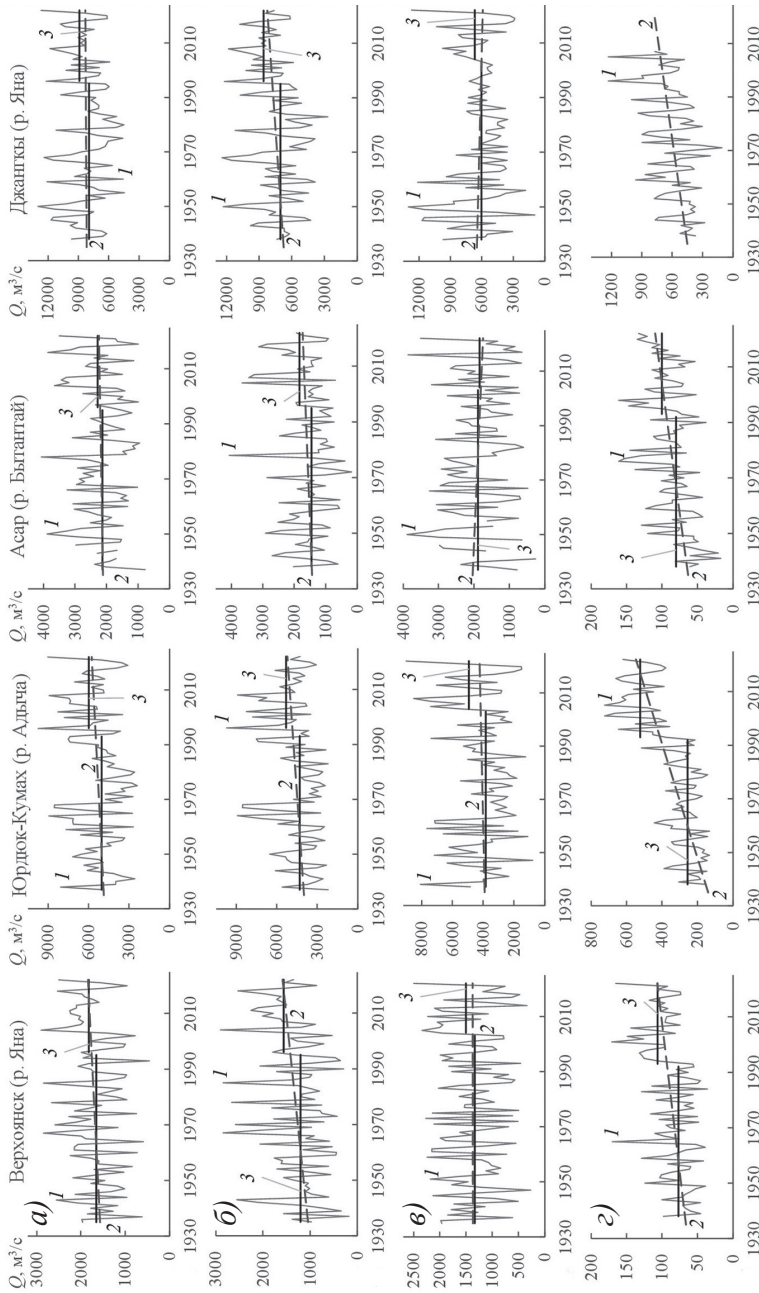


Рис. 3. Многолетние колебания максимальных за год расходов воды (а), максимальных расходов половодья (б) и летне-осенних паводков (в), минимальных расходов лета-осени (г) на реках бассейна Яны.

1 — график изменений расходов воды, 2 — линейный тренд, 3 — средние за характерные периоды

Fig. 3. Graphs of long-term fluctuations in maximum annual water discharges (a) and summer-autumn flood discharges (b), and minimum summer-autumn discharges (c) in the rivers of the Yana River basin.

1 — graph of water discharge fluctuations, 2 — linear trend, 3 — lines of average values

паводочного стока во всем бассейне Яны, наличия убывающей тенденции на р. Бынтай (с 1993 г.), запоздалого увеличения Q_{\max} в бассейнах Верхней Яны и Адычи — с 2004 г., которое, по данным за последние годы, не было еще и устойчивым. Единым переломным годом для Q_{\max} паводков рекомендуется считать 2004 г., начиная с которого они увеличились на $635 \text{ м}^3/\text{с}$ (или 10,5 %), правда, без нарушений однородности рядов по *F-test* и *t-test*.

В результате нарушения однородности единого ряда максимальных за год расходов воды не обнаружено. Однако в их колебаниях видны два важных года — 1996 и 2004 г., причем с 2004 г. в бассейне Яны почти для всех рек и характеристик максимального стока начался период повышенных значений. А с середины 1990-х гг. максимальные за год расходы воды в подавляющем случае стали приходиться на весеннее половодье. Произведен расчет основных числовых характеристик максимальных расходов воды (см. табл. 1), выбраны аналитические кривые обеспеченности. Сравнение их для двух постов показывает, что максимальные за год и в половодье расходы воды на посту Юбилейная примерно в 1,5 раза больше равнообеспеченных Q_{\max} на посту Джангкы, тогда как для Q_{\max} паводков ситуация обратная.

Еще одна установленная особенность современных многолетних колебаний максимальных расходов воды — это изменения в датах их прохождения. Для максимальных за год расходов эти изменения незначительные, статистически незначимые, без явного тренда. Это следствие композиции двух противоположных тенденций: тогда как Q_{\max} половодья смещаются на более ранние сроки (до 5 сут.), Q_{\max} паводков — на более поздние (до 1–2 нед.). Причем это имеет и вполне негативный практический эффект, поскольку в случае затоплений освоенной территории паводковыми водами уменьшается время на ликвидацию последствий от наводнений до наступления осенних холодов и зимы.

Летне-осенняя межень на Нижней Яне особо не выражена в 90 % случаев, поскольку летние дожди постоянно формируют паводки. Исключением были лишь 1943, 1947, 1956, 1967, 1970, 1991 и 2018 гг. Минимальные расходы (Q_{\min}) летне-осеннего сезона обычно наблюдаются в последнюю декаду сентября и в начале октября (на спаде последнего паводка и перед ледоставом) — 88 % случаев (Джангкы). От ГМС Джангкы до п. ст. Юбилейная Q_{\min} летне-осеннего сезона увеличиваются за счет боковой приточности и сработки влагозапасов поймы — с 590 до $680 \text{ м}^3/\text{с}$ (за 1972–1988 гг.). С 1993 г. видно статистически значимое и устойчивое увеличение летне-осенних Q_{\min} (см. рис. 3з), обусловленное такими же тенденциями во всем бассейне Яны и, особенно, в бассейне Адычи. На ГМС Джангкы минимальные расходы лета–осени увеличились на $196 \text{ м}^3/\text{с}$ в 1993–2007 гг., или 36 %, а объема стока за сентябрь–октябрь — на 62 %. На п. ст. Юбилейная увеличение Q_{\min} составило 28 %, хотя в абсолютных величинах оно практически такое же, как и на ГМС Джангкы. По восстановленным рядам были построены кривые обеспеченности (см. табл. 1), которые подтвердили необходимость расчета минимальных расходов воды заданной обеспеченности с учетом существенного увеличения меженного стока начиная с 1990-х гг.

Уровенный и ледовый режим в низовьях Яны. Его опасные проявления

Расходы воды в реке, их колебания регулируют ход уровня воды в течение года и достижение им критических отметок. Но есть еще группа факторов, порой не менее влиятельных, — это ледовые явления, морские сгоны и нагоны, строение русла, поймы и русловые переформирования. Их роль и состав меняются по длине

Нижней Яны, формируя заметные различия в режиме уровней воды, его экстремальных характеристиках (рис. 1б).

Весеннее вскрытие Яны, текущей на север, сопровождается образованием заторов льда. Протяженность заторных скоплений в нижнем течении Яны достигает 20–25 км, а в дельте — до 60 км. Мощные заторы и самые большие $Q_{\text{макс}}$ определяют наиболее быстрый и высокий подъем уровня в начале половодья именно в самом низовье реки, где на май и июнь приходятся 90 % максимальных за год уровней воды (п. ст. Юбилейная), причем подавляющее большинство из них сопровождалось ледовыми явлениями. При этом известно, что не все образующиеся ниже по течению заторы льда могли фиксироваться наблюдателями на постах¹⁰ [17]. На посту Нижнеянск все высшие годовые уровни воды наблюдались в мае и июне, причем 90 % — до очищения русла ото льда. Для сравнения, в бассейне Яны на май–июнь приходится в среднем 44–60 % максимальных за год уровней воды с наименьшими показателями на реках, стекающих со склонов Верхоянского хребта, а на посту Джангкы — это 48 %. На п. ст. Юбилейная за 1948–2023 гг. превышение пика половодья над зимним уровнем равно 9,1 м при средней подпорной составляющей от заторов льда в 3,3 м, а максимальный подъем зафиксирован в 1968 г. — 12,1 м. Вверх по течению от п. ст. Юбилейная высота половодья уменьшается из-за снижения самих $Q_{\text{макс}}$ и роли ледовых явлений. В Джангкы высшие уровни сопровождали ледовые явления только в 15 % случаев, а средняя величина подпора от заторов льда в два раза меньше. В дельте Яны снижение подъема половодья происходит из-за его распластывания в силу гидрологических, гидрографических и морфологических причин [1, 3]. В результате на постах Джангкы (1938–1989 гг.) и Усть-Куйга (2002–2023 гг.) средние и максимальные величины подъема уровня в половодье соответственно равны 6,8 и 9,5 м (1968 г.), 6,9 и 10,3 м (2023 г.); на постах ниже п. ст. Юбилейная — Усть-Янск (1979–1986 гг.), Нижнеянск (1970–2023 гг.) и Юэдей (1968–1994 гг.) — соответственно ~8 и 10,5 м (1985 г.); 3,1 и 4,35 м (1996 г.), <2 и 2,3 м (1985 г.). Наибольшая интенсивность подъема уровней воды в период вскрытия составила (с 1977 по 2022 г.) для п. ст. Юбилейная — 814 см/сут. (2012 г.), для п. Нижнеянск — 158 см/сут. (2004 г.), для п. ст. Юэдей — 80 см/сут. (1988 г.); средняя — заметно ниже.

Половодье сменяют дождевые паводки (с добавлением снеговых, ледниковых и наледных талых вод), следующие один за другим, порой накладывающиеся на спад весеннего половодья и превышающие его по высоте. Средняя высота паводков над уровнем до начала подъема на посту Джангкы равна 2,6 м, а максимальная — 5,8 м (1946 г.). Доли июля и августа во внутригодовом распределении максимальных за год уровней — 38,1 и 14,3 %, что соответствует среднебассейновым показателям, которые варьируют в диапазонах 27–42 % и 11–18 %. К п. ст. Юбилейная и вершине дельты высота паводков не растет, в отличие от волны половодья, а уменьшается (до 2,1 м у Юбилейной и 1,7 м у Усть-Янска¹¹); на порядок меньше здесь и вероятность наблюдения $H_{\text{макс}}$ в июле–августе. В дельтовых рукавах средняя высота паводков уменьшается до 0,5 м. Но даже это, а также сгоны и нагоны, становящиеся заметными при уровнях ниже 210 см, не могут затушевать паводки в дельте. Морские нагоны

¹⁰ Каталог заторных и зазорных участков рек СССР. Т. 2. Л.: Гидрометеиздат; 1976. 125 с.

¹¹ Магрицкий Д.В. *Естественные и антропогенные изменения гидрологического режима низовьев и устьев рек Восточной Сибири*: Автореф. дис. ... геогр. наук. М.: МГУ; 2001. 25 с.

Таблица 2

Table 2

Средние характеристики максимальных уровней и затоплений в бассейне Яны

Characteristics of maximum water levels and floodplain flooding in the Yana River basin

Река — пост	Период (число лет)	Максимальный уровень и его изменения		дата**	Продолжительность, сут., превышения отметки***		ОЯ	затопления поймы	затопления поймы	% повторяемость событий,	превышения ОЯ	Глубина затопления поймы, см
		уровень, см	уровень, см		затопления поймы	затопления поймы						
Яна — Верхоянск*	1936–2023 (88)	892 +30	892 +30	7.07 -9	6,6	3,2	—	53	53	11	84 +5	
Яна — Багагай*	1954–2023 (70)	832 +22	832 +22	6.07 -7	4,7	2,4	—	23 +14	23	8	53 -15	
Яна — Янский	1942–1993 (52)	891	891	27.06	6,7	6,7	—	40	40	40	101	
Яна — Сайды	1994–2023 (30)	1082	1082	23.06	26,4	5,1	—	34	34	10	182	
Яна — Джангкы	1938–1989 (52)	937	937	3.07	1	14	—	1	1	52	8****	
Яна — Юбилейная*	1948–2023 (76)	1160 +49	1160 +49	5.06 +3	4,5	—	—	48 +8	48	—	132 +16	
Яна — Нижнеянск	1970–2023 (50)	393	393	7.06	—	—	—	—	—	—	—	
Сартанг — Бала*	1941–2023 (83)	690 +27	690 +27	30.06 -5	2,6	—	—	17 +28	17	—	40 -22	
Дулгалаах — Томтор*	1938–2023 (83)	681 +27	681 +27	8.07 -9	1,1	—	—	8 +5	8	—	63 +106	
Адыча — Усть-Чаркы*	1960–2023 (63)	907 +22	907 +22	7.07 -6	нет	1,9	—	нет	нет	9	нет	
Адыча — Юрдюк-Кумах*	1939–2023 (82)	1136 +44	1136 +44	26.06 +7	2,5	2,5	—	28	28	28	63 -7	
Борулаах — Томтор*	1956–2023 (60)	366 +40	366 +40	29.06 -8	2,5	—	—	17 -1	17	—	48 (до 1999 г.) 0	
Быгантай — Асар*	1937–2023 (86)	805 +19	805 +19	2.07 -10	2,1	—	—	34 +5	34	—	78 +23	

Примечание. *в знаменателе величина изменений с 1996 г., **изменения в датах даны в сутках, ***считается суммой за весь летне-осенний сезон, с учетом неодонократности события, ****всего один случай

Note. *in the denominator, the amount of changes since 1996, **changes in dates are given in days, *** is considered the sum for the entire summer-autumn season, taking into account the frequency of the event, ****only one case.

высотой 1 м, или 1 %-ной обеспеченности, «проникают» внутрь дельты приблизительно на 60–70 км, а высотой 0,2 м (50 %-ной обеспеченности) — на 30–35 км [18]. Приливы меньше по величине (<0,2 м) и распространяются не далее 30 км [3]. Максимальная интенсивность подъема уровней воды при прохождении паводков — 230 см на п. ст. Юбилейная, 126 см у п. Нижнеянск и 102 см на п. ст. Юэдей.

Во время высокого половодья и дождевых паводков случается затопление поймы и расположенных на пойме и берегах строений, дорог, коммунальных сетей и ЛЭП, резервуаров с ГСМ и др. Причем особенность размещения объектов и используемых земель вблизи рек порой такова, что их затопление начинается раньше, чем выход воды на пойму. Разлив речных вод может произойти в любой из месяцев с мая по сентябрь с повторяемостью 1 раз в 2–5 лет и 2,5–10 лет с достижением отметок ОЯ (табл. 2). Средняя и максимальная продолжительность затопления поймы — 1–6,5 сут. (п. ст. Юбилейная — 4,5 сут.) и 2–67 сут. (п. ст. Юбилейная — 12 сут. в 1970 г.).

Первые упоминания о местных наводнениях относятся к 1882 и 1918 гг. и городу Верхоянску [19]. В последующем большие наводнения, о которых собраны достоверные сведения, были в половодье 1961 (в июне и августе), 1967 (май–июнь), 1968 (май) гг. и в 1978 г. (июль). Однако, согласно уровенным наблюдениям на постах, большие наводнения, вероятнее всего, были также в 1943 и 1964 гг., меньшие по масштабам — в 1945, 1949, 1951, 1959, 1970 и 1989 гг. Во время них в низовьях Яны могли затопляться населенные пункты Усть-Куйга, Казачье, Усть-Янск и Нижнеянск.

В современный период ситуация с наводнениями лишь усугубилась. Так, летом 2004 и 2022 гг. в бассейне Яны произошли два катастрофических наводнения с прямым ущербом до 300–400 млн руб. (в ценах 2025 г.), четыре больших — в 1996, 2008, 2012 и 2018 гг., пять умеренно-опасных и небольших — в 1991, 2005, 2006, 2013 и 2023 гг. Из них 5 — в низовьях Яны и во время весеннего половодья с ледоходом (рис. 4а, см. табл. 2). Увеличение повторяемости и интенсивности опасных затоплений связано прежде всего с положительными тенденциями в колебаниях максимального стока (см. выше), хотя в 1940-е, 1960-е гг. и в начале 1970-х гг. ситуация с затоплениями была не менее сложной (см. рис. 4а). В целом с середины 1990-х гг. фиксируется заметное увеличение максимальных уровней (см. табл. 2), прежде всего для $H_{\text{макс}}$ в августе и рек в бассейне Адычи, и уже с 2004/05 г. — по длине самой Яны, на реках Сартанг, Дулгалаах и Бытантай, т. е. на реках левобережной части бассейна, стекающих со склонов Верхоянского хребта. К низовьям и устью Яны эти различия суммируются, затушевывая наступление второго периода. С 1990-х гг. стали наблюдаться случаи максимальных за год уровней и затоплений поймы в сентябре, тогда как в августе в последние 10–15 лет их стало меньше. Началом увеличения общей продолжительности и глубины затопления поймы следует считать середину — вторую половину 1990-х гг. Роль изменений ледовых условий, прежде всего весной, в этих процессах неочевидна, поскольку нет достоверных сведений об изменении характеристик заторов льда. В то же время до 1989 г., согласно материалам гидрологических ежегодников, ледяной покров весной ежегодно подвергался искусственному разрушению, уменьшавшему риски возникновения заторных наводнений; последнее упоминание об этом относится к 2000 г.

С окончанием половодья и паводков, между паводками, т. е. во время низких стоковых уровней (ниже так называемого проектного уровня ($H_{\text{пр}}$)), а также вследствие продолжительных ветровых стонов на устьевом баре, раннего начала ледовых

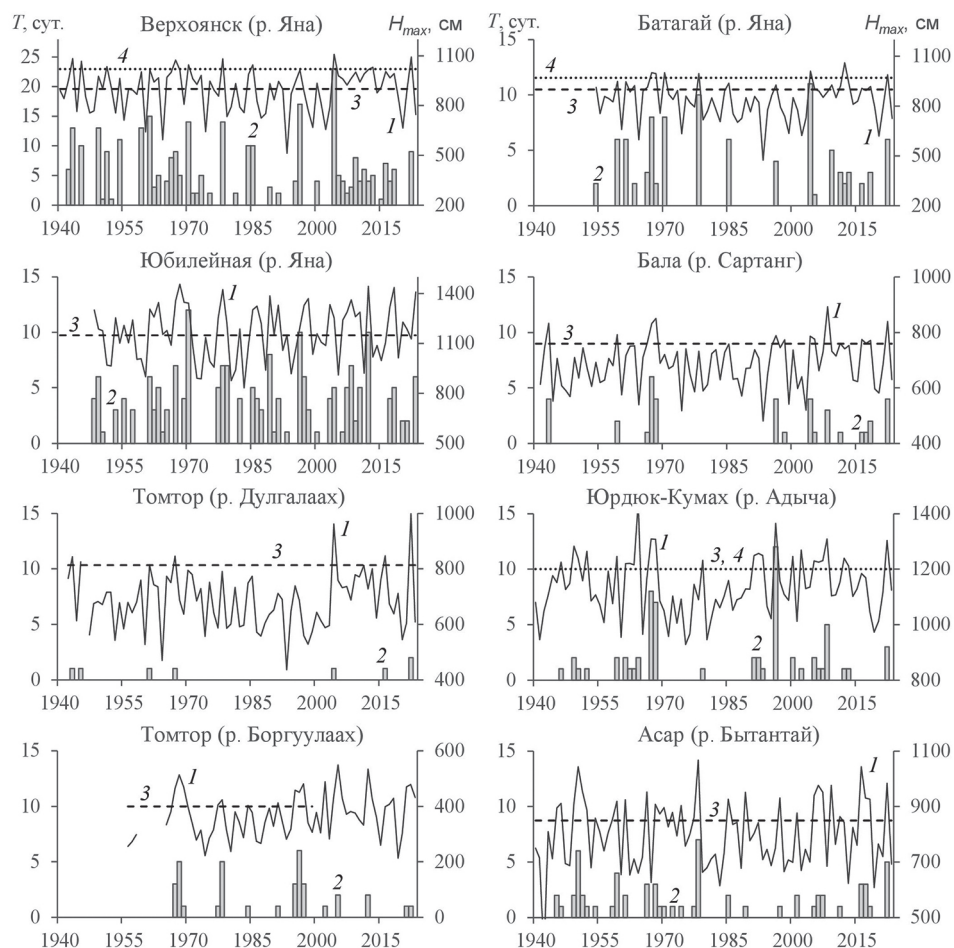


Рис. 4а. Многолетние колебания максимальных за год уровней воды (1), общей продолжительности превышения максимальными уровнями отметки затопления поймы (2) с указанием отметок выхода воды на пойму (3) и опасного явления (4)

Fig. 4a. Diagrams of long-term fluctuations of maximum annual water levels (1), the total duration of the maximum levels exceeding the floodplain flood mark (2), indicating the marks of the beginning of floodplain flooding (3) and the dangerous phenomenon (4)

явлений развиваются условия, огранивающие работу водного транспорта и северный завоз. Сезон навигации совпадает с периодом открытого русла, но сроки навигации назначаются директивно — ежегодными распоряжениями Росморречфлота (табл. 3), которые для р. Яны в целом не менялись уже много лет. Существенно более позднее начало навигации в устье Яны объясняется более поздним освобождением Янского залива ото льда: устьевой бар освобождается примерно на 1–1,5 недели позже, чем река, залив — еще на 1 месяц позже. В случае раннего очищения реки ото льда, как, например, в 2005–2012, 2017, 2020 гг., навигацию могут начать раньше, а ее продление может объясняться не только более поздним появлением льда, но и срывами сроков завоза грузов, как это было в 2011–2014 гг. Климатические из-

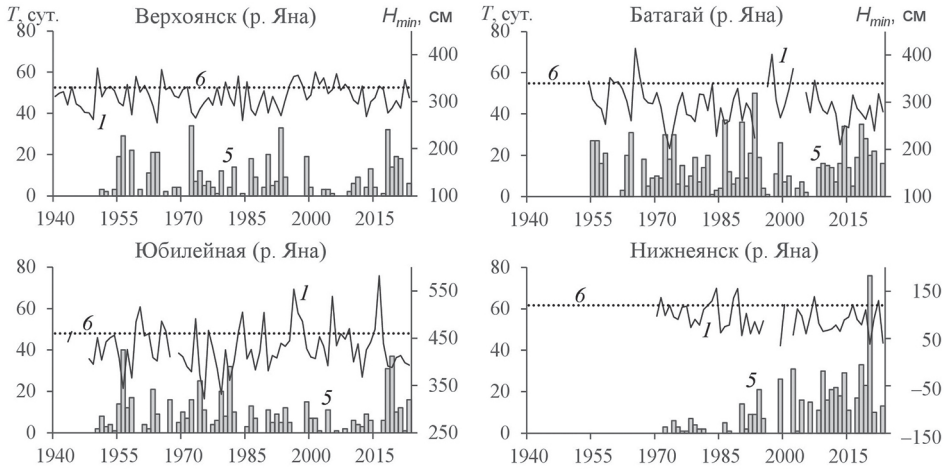


Рис. 4б. Многолетние колебания минимальных летне-осенних (б) уровней воды (I), продолжительности снижения уровней воды ниже критической отметки (5) с указанием отметки проектного уровня (б)

Fig. 4б. Diagrams of long-term fluctuations of minimum summer-autumn water levels (I), the duration of lowering water levels below the critical mark (5), indicating the navigation level mark (б)

Таблица 3

Характеристики ледового режима р. Яны по участкам водного пути

Table 3

Characteristics of the ice regime of the Yana River in certain sections of inland waterways

Верхняя — нижняя граница участка (опорный гидрологический пост)	Дата открытия навигации*	$D_{\text{лhx}10\%}$ ($D_{\text{лhx}50\%}$)	$D_{\text{оч}10\%}$ ($D_{\text{оч}50\%}$)	Дата закрытия навигации*	$D_{\text{пл}90\%}$ ($D_{\text{пл}50\%}$)	$D_{\text{лд}90\%}$ ($D_{\text{лд}50\%}$)
п. Батагай — устье р. Адыча (пост Батагай)	04.06	28.05 (25.05)	31.05 (27.05)	16.09	29.09 (04.10)	07.10 (11.10)
устье р. Адыча — п. Усть-Куйга (гп Сайды)	04.06	29.05 (23.05)	02.06 (28.05)	16.09	30.09 (04.10)	11.10 (19.10)
п. Усть-Куйга — п. Нижнеянск (п. ст. Юбилейный)	10.06	02.06 (27.05)	08.06 (03.06)	30.09	29.09 (04.10)	06.10 (09.10)
п. Нижнеянск — устье, мыс Уэдей (пост Нижнеянск)	20.07	11.06 (06.06)	11.06 (07.06)	30.09	01.10 (05.10)	07.10 (11.10)
мыс Уэдей — Янский залив, входной буй (пост Юэдей)	20.07	—	10.06 (07.06)	30.09	02.10 (05.10)	—

Примечание. * — согласно последнему распоряжению Росморречфлота от 27.12.2024 г.; $D_{\text{лhx}10\%}$, $D_{\text{лhx}50\%}$, $D_{\text{оч}10\%}$, $D_{\text{оч}50\%}$ — дата вскрытия (начала ледохода) и очищения 10 % и 50 % обеспеченности за период 2004–2023 гг., $D_{\text{пл}90\%}$, $D_{\text{пл}50\%}$, $D_{\text{лд}90\%}$, $D_{\text{лд}50\%}$ — дата появления льда и установления ледостава 90 % и 50 % обеспеченности за 2004–2023 гг.

Note. * — according to the latest order of Rosmorrechflot dated December 27, 2024; $D_{\text{лhx}10\%}$, $D_{\text{лhx}50\%}$, $D_{\text{оч}10\%}$, $D_{\text{оч}50\%}$ — date of break-up (ice run) and ice clearing 10 % and 50 % for the period 2004–2023 гг., $D_{\text{пл}90\%}$, $D_{\text{пл}50\%}$, $D_{\text{лд}90\%}$, $D_{\text{лд}50\%}$ — date of appearance of the ice and freeze-up 90 % and 50 % for the period 2004–2023 гг.

менения статистически значимо (по *t-test*) сократили продолжительность ледовых явлений — на 8–10 сут. (с переломным 2004 г.) за счет смещения сроков окончания ледостава и ледохода на более раннее начало, а осеннего появления льда — на более поздние даты, увеличив безледоставный период. Но директивные сроки навигации не меняются.

Проектные уровни определяются по данным уровенных наблюдений на ближайшем гидрологическом посту (см. табл. 3). Для внутренних водных путей первой и третьей категорий $H_{пр}$ должны обеспечиваться в течение 90–95 и 80–90 % продолжительности навигационного сезона (в директивных границах). Но необходимо понимать, что гарантированные (нормальные для судоходства) глубины регулируются не только положением уровня воды в реке, но и дноуглублением.

Результаты обработки меженных уровней показывают, что уровни ниже $H_{пр}$ (в среднем на 0,4–0,5 м и больше) могут наблюдаться на Нижней Яне в июне и июле — ~10 %, но чаще всего значительное и продолжительное падение уровня ниже $H_{пр}$ отмечалось в августе (~17 %) и сентябре (~70–75 %). В Нижнеянке доли августа и сентября для таких событий составили 31 и 47 %. В таких условиях грузовые суда идут с неполной загрузкой, чтобы уменьшить осадку, либо навигация прерывается вовсе. Это приводит к убыткам и даже срыву арктического завоза. Многолетняя повторяемость неблагоприятных лет оценивается авторами в ~70–75 % (с 1950 г.). Во время них суммарное количество дней с $H < H_{пр}$ равно 10–15 сут. с максимальными показателями в 40 сут. на постах Джангкы и Юбилейная в 1956 г. и 76 сут. на посту Нижнеянк в 2020 г. В результате фактическая продолжительность навигации меньше физической: до п. Усть-Куйга, от Усть-Куйга до Нижнеянска и ниже она была меньше в 2010–2023 гг. соответственно на 21, 11 и 45 сут. Выше по течению характеристики несколько другие.

Современное увеличение меженного стока (см. рис. 3з) сопровождалось повышением минимальных уровней $H_{мин}$ в среднем на 10–20 см (с 1994 г.) и уменьшением времени стояния их ниже $H_{пр}$ на 1,5 сут. (см. рис. 4б). Но произошло это благодаря позитивным изменениям во второй половине 1990-х гг. и в 2000-х гг. С 2008 г. и повсеместно с 2018 г. гидрологические условия навигации ухудшились из-за отдельных негативных тенденций в меженных и паводочных расходах воды в разных частях бассейна. Прежде всего ухудшилась ситуация в июле и августе, минимальные уровни снизились на 10–30 см. На посту Нижнеянк падение уровней (на 20–40 см) отмечено во все месяцы летне-осеннего сезона, что привело к увеличению количества неблагоприятных дней на 16 сут. В результате если на посту Юбилейная проектный уровень почти сохранил обеспеченность 95 %, то на посту Нижнеянк он снизился почти до 80 %. В то же время к данным наблюдений на постах Нижнеянк и Юэдей, правильности их высотной основы, сохранению тесной связи между уровнями двух постов и т. п. есть вопросы. В итоге затруднения для прохода судов были — в 2011–2014, 2017, 2020, 2021 гг. и особенно серьезные в 2018, 2019 и 2023 гг. (за 2011–2023 гг.). Еще одной причиной были недостаточные объемы дноуглубления, проводившегося на 17 перекатах ниже Усть-Куйги (с годовыми объемами от 20 до 60 тыс. м³ и больше) и на бере устья Главного русла (от 280 до 550 тыс. м³ и больше). К сведению, в 1980-е гг. на участке Усть-Куйга — Нижнеянк они составляли 0,8–1,1 и 1–3,2 млн м³/год. Выше Усть-Куйги дноуглубительные работы, по-видимому, вообще не проводятся. Ранее неблагоприятными для судоходства периодами были 1950-е, 1970–1980-е гг.

На устьевом баре ограничения создают ветровые сгоны, охватывающие до 55 и даже до 60 % времени навигации. Вместе с низкими стоковыми уровнями сгоны привели к серьезным проблемам в прохождении судов в 2011, 2012, 2013 (19–30 августа), 2015 (7–19 августа), 2020 (24 августа — 5 сентября) и 2023 гг. Морские суда, суда «река–море» либо ждали благоприятных гидрологических условий, либо перегружали свой груз на речные суда, способные пройти устьевой бар. Дополнительные трудности водному транспорту создают: 1) интенсивный весенний ледоход с заторами, приводящий к повреждению знаков судоходной обстановки и даже судов, с последующим экологическим ущербом (весна 2012 г.); 2) занесение судоходной прорези наносами и мусором во время сильных паводков и ветровых нагонов (2015 и 2022 гг.); 3) препятствование дноуглубительным работам на устьевом баре дрейфующего морского льда (под влиянием сгонно-нагонных явлений), как это было в 2016, 2017, 2023 гг.; 4) позднее освобождение ото льда Янского залива и устьевого бара (в 2013, 2015, 2017 и 2018 гг.); 5) сильные шторма в заливе и на баре, как, например, 13 сентября 1976 г., когда затонули танкер и теплоход и получили повреждение еще 2 танкера. Это самый сложный судоходный участок на Яне, и любые ограничения, связанные с низкими уровнями и глубинами, увеличивают риски срыва арктического завоза и аварий.

Выводы

Увеличение объемов грузоперевозок по р. Яне в связи с расширением масштабов добычи полезных ископаемых в бассейне, безопасное и экономически оправданное развитие населенных пунктов, транспортной и энергетической инфраструктуры, нестационарные гидроклиматические изменения в регионе требуют актуализации сведений о современном гидрологическом режиме Яны как основного транспортного коридора, источника воды и гидрологических опасностей. В соответствии с этой целью, по наиболее полным данным наблюдений на гидрологических постах, как в нижнем течении Яны, так и в остальных частях бассейна, были обновлены оценки характеристик годового стока воды, максимальных и минимальных расходов и уровней воды, ледового режима, выполнен статистический и графический анализ их многолетних колебаний с определением характера изменений, циклов водности, переломных лет, участия в этих тенденциях главных притоков, анализ особенностей внутригодового режима. При этом важными дополнительными результатами этой работы стали удлиненные ряды среднегодовых и максимальных расходов воды в низовьях Яны, построенные по ним диаграммы, рассчитанные параметры кривых обеспеченностей и сами кривые.

Установлено, что среднегодовые, максимальные и минимальные расходы в нижнем течении Яны выросли на 23–24, 12 и 36 %. Причем увеличение годового стока Яны обеспечили положительные тенденции во все сезоны года и на всех реках бассейна, правда, с разным началом. Основными переломными годами были 1989, 1996 и 2004 гг. Среди максимальных расходов наибольшее увеличение обнаружено у пиковых расходов половодья (+22 % начиная с 1996 г., против 10,4 % у паводков). Мало того, максимальные за год расходы воды в подавляющем случае стали приходиться на весеннее половодье, максимальных расходы половодья стали проходить немного раньше (в среднем на 5 сут.), а паводков позже (на 1–2 нед.).

Нестационарные изменения в стоке повлияли на уровенный режим Нижней Яны, а также на характеристики затопления поймы и, соответственно, наводнений,

которые могут происходить в любой месяц с мая по сентябрь, сопровождая высокое половодье и паводки, а также на условия навигации, с повторяемостью 1 раз в 2–5 лет и 2,5–10 лет с достижением отметок опасного явления. Влияние нарушений ледового режима признано незначительным, поскольку продолжительность периода с ледовыми явлениями сократилась всего на 5–8 сут. начиная с 2004 г. Установлено, что повторяемость и параметры затоплений поймы повсеместно в бассейне выросли (с середины 1990-х гг.) прежде всего из-за повышения максимальных уровней в среднем на 0,2–0,5 м. В результате с 1990-х гг. зафиксированы два катастрофических, четыре больших и пять небольших наводнений. Причем в низовьях Яны явно доминируют весенние стоково-заторные наводнения.

С 2008 г. и повсеместно с 2018 г. наблюдается ухудшение условий навигации, особенно в июле–августе и на устьевом баре Яны, несмотря на общее увеличение меженного стока с 1990-х гг. и повышение уровней до 2007 г. (на ряде постов — до 2017 г.). Его причины кроются не только в неодинаковых климатических изменениях водного режима рек в разных частях бассейна, но и в недостаточных объемах дноуглубления на перекатах и устьевом баре Яны.

Наводнения, стоковые и сгонные обмеления, увеличение их интенсивности существенно увеличивают затраты на предупреждение гидрологических опасностей и ликвидацию последствий их проявления, препятствует социально-экономическому развитию региона, поэтому требуют дальнейшего мониторинга и изучения. Хотя уже полученные авторами результаты дают вполне достоверное и количественное представление (исследователям, водопользователям, представителям муниципальных органов, населению и др.) о составе, географии, факторах, прошлых и современных характеристиках гидрологических опасностей в бассейне Яны, многолетних тенденциях их изменения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках Государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова, раздел по опасным гидрологическим явлениям подготовлен в рамках работ по гранту РФФИ № 24-17-00084

Competing interests. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was carried out within the framework of the State Assignment of the Lomonosov Moscow State University, the section on hazardous hydrological phenomena was prepared as part of the work within the grant of the RSF No. 24-17-00084.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. *Нижняя Яна: устьевые и русловые процессы.* М.: ГЕОС; 1998. 210 с.
2. Алексеевский Н.И. (ред.). *Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования.* М.: ГЕОС; 2007. 585 с.
3. Михайлов В.Н. *Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее.* М.: ГЕОС; 1997. 412 с.
4. Лебедева Л.С. Современные изменения стока в бассейне реки Яна. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление.* 2022;6:86–106. https://doi.org/10.35567/19994508_2022_6_6
Lebedeva L.S. Current flow changes in the Yana River basin. *Vodnoe khozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie = Water sector of Russia: problems, technologies, management.* 2022;6:86–106. (In Russ.). https://doi.org/10.35567/19994508_2022_6_6

5. Магрицкий Д.В. Новые данные о распределении нормы стока воды на Северо-Востоке России и притоке речных вод в арктические моря. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2022;6:70–85. https://doi.org/10.35567/19994508_2022_6_5
Magritsky D.V. New data on the distribution of the water flow rate in the North-East of Russia and the inflow of river waters into the Arctic seas. *Vodnoe khozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie = Water sector of Russia: problems, technologies, management*. 2022;6:70–85. (In Russ.). https://doi.org/10.35567/19994508_2022_6_5
6. *Моря Российской Арктики в современных климатических условиях*. СПб.: АНИИ; 2021. 360 с.
7. Георгиевский В.Ю. (ред.). *Многолетние колебания и изменчивость водных ресурсов и основных характеристик стока рек Российской Федерации*. СПб.: ООО «РИАЛ»; 2021. 190 с.
8. Frolova N.L., Magritsky D.V., Kireeva M.B., Grigor'ev V.Yu, Gelfan A.N., Sazonov A.A., Shevchenko A.I. Streamflow of Russian rivers under current and forecasted climate changes: a review of publications. 1. Assessment of changes in the water regime of Russian rivers by observation data. *Water Resources*. 2022;49(3):333–350. <https://doi.org/10.1134/S0097807822030046>
9. Третьяков М.В., Пискун А.А., Муждаба О.В. Неблагоприятные и опасные гидрологические явления р. Яны в районе поселка Усть-Куйга. *Известия ПГУПС*. 2022;19(3): 464–478. <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2022-3-464-478>
Tret'yakov M.V., Piskun A.A., Muzhdaba O.V. Unfavorable and dangerous hydrological phenomena of the Yana river is located near the village of Ust-Kuiga. *Izvestiya PGUPS = Proceedings of PURC*. 2022;19(3):464–478. (In Russ.). <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2022-3-464-478>
10. Третьяков М.В., Муждаба О.В., Пискун А.А., Терехова Р.А. Состояние гидрологической сети наблюдений Росгидромета в устьевых областях рек АЗРФ. *Водные ресурсы*. 2022;49(5):583–595. <https://doi.org/10.31857/S0321059622050157>
Tret'yakov M.V., Muzhdaba O.V., Piskun A.A., Terekhova R.A. The state of the Russian Hydrometeorological monitoring network in the estuaries of the AZRF rivers. *Vodnye resursy = Water resources*. 2022;49(5):583–595. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0321059622050157>
11. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 17. Лено-Индигирский район*. Л.: Гидрометеиздат; 1972. 652 с.
12. Магрицкий Д.В. Водопотребление на водосборах арктических рек и в Арктической зоне Российской Федерации: параметры, структура, многолетняя динамика. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2019;3:20–37. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2019-3-2>
Magritsky D.V. Water consumption in the catchments of Arctic rivers and in the Arctic zone of the Russian Federation: parameters, structure, long-term dynamics. *Vodnoe khozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie = Water sector of Russia: problems, technologies, management*. 2019;3:20–37. (In Russ.). <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2019-3-2>
13. Шикломанов И.А. (ред.). *Водные ресурсы России и их использование*. СПб.: ГГИ; 2008. 600 с.
14. Георгиевский М.В., Голованов О.Ф. Прогнозные оценки изменений водных ресурсов крупнейших рек РФ на основе данных по речному стоку проекта CMIP5. *Вестник СПбГУ. Науки о Земле*. 2019;64(2):206–218. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.203>
Georgievskij M.V., Golovanov O.F. Forecast estimates of changes in water resources of the largest rivers of the Russian Federation based on river flow data from the CMIP5 project. *Vestnik SPbGU. Nauki o Zemle = Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences*. 2019;64(2):206–218. (In Russ.). <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.203>
15. Насонова О.Н., Гусев Е.М., Ковалев Е.Э., Шурхно Е.А. Глобальные оценки изменения составляющих водного баланса суши в связи с возможным изменением климата. *Водные ресурсы*. 2021;48(4):361–377. <https://doi.org/10.31857/S0321059622030051>
Nasonova O.N., Gusev E.M., Kovalev E.E., Shurkhno E.A. Global estimates of changes in the components of the land's water balance due to possible climate change. *Vodnye resursy = Water resources*. 2021;48(4):361–377. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0321059622030051>

16. Фролова Н.Л., Магрицкий Д.В., Киреева М.Б., Григорьев В.Ю., Гельфан А.Н., Сазонов А.А., Журавлев С.А., Курочкина Л.С. Современные изменения характеристик максимального стока рек России. *Вопросы географии. Водные проблемы и их решение*. 2023;157:137–166. <https://doi.org/10.31857/S032105962203004X>
Frolova N.L., Magritsky D.V., Kireeva M.B., Grigor'ev V.Yu., Gelfan A.N., Sazonov A.A., Zhuravlev S.A., Kurochkina L.S. Modern changes in the characteristics of the maximum flow of Russian rivers. *Voprosy geografii. Vodnye problemy i ikh reshenie = Geography issues. Water problems and their solutions*. 2023;157:137–166. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S032105962203004X>
17. Головина А.П., Головин В.С. Прогнозирование заторных явлений на придельтовых участках Лены и Яны. *Труды ААНИИ*. 1974;308:143–172.
Golovina A.P., Golovin V.S. Forecasting ice dam phenomena near the Lena and Yana river deltas. *Trudy AANII = The proceedings of AARI*. 1974;308:143–172. (In Russ.).
18. Кортаев В.Н., Лодина Р.В., Милошевич В.А., Сидорчук А.Ю., Чалов Р.С. Формирование дельты р. Яны и прогноз развития ее устьевых баров. *Эрозия почв и русловые процессы*. 1978;6:123–159.
19. Зайков Б.Д. *Высокие половодья и паводки на реках СССР за историческое время*. Л.: Гидрометеиздат; 1954. 133 с.