

# МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

Научная статья

УДК 556.043, 556.535.2; DOI: 10.61260/2307-7476-2025-2-6-22

## АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ВОДЫ РЕКИ ПУР ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА

✉ Волкова Надежда Александровна.

Российский государственный гидрометеорологический университет,

Санкт-Петербург, Россия;

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,

Санкт-Петербург, Россия

✉ navolkova@aari.ru

**Аннотация.** Цель исследования – анализ влияния повышенных уровней воды и выхода реки на пойму на условия судоходства, включая оценку рисков и разработку адаптационных мер. Исследование основано на анализе многолетних гидрологических данных (уровни воды) и их сопоставлении с эксплуатационными параметрами судоходства. Выявлены критические уровни воды по постам на р. Пур, при которых сокращается эффективность навигации из-за затопления знаков и смещения фарватера, скорость течения возрастает, повышая аварийность. Установлена 5–7-летняя цикличность экстремальных паводков, требующая коррекции навигационных графиков. Определены наиболее уязвимые участки (посты Тарко-Сале и Самбург), где выход на пойму приводит к ежегодным экономическим потерям. Исследование показывает необходимость интеграции гидрологического мониторинга и управленческих решений для минимизации рисков в условиях учащения экстремальных подъемов уровня воды арктических рек.

**Ключевые слова:** уровеньный режим, река Пур, судоходные условия, навигационная безопасность

**Для цитирования:** Волкова Н.А. Анализ многолетних колебаний уровня воды реки Пур для обеспечения безопасности судоходства // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2025. № 2 (54). С. 6–22. DOI: 10.61260/2307-7476-2025-2-6-22.

Scientific article

## ANALYSIS OF LONG-TERM FLUCTUATIONS IN THE PUR RIVER WATER LEVEL TO ENSURE NAVIGATION SAFETY

✉ Volkova Nadezhda A.

Russian state hydrometeorological university, Saint-Petersburg, Russia;

Arctic and antarctic research institute, Saint-Petersburg, Russia

✉ navolkova@aari.ru

**Abstract.** The purpose of the study is to analyze the impact of elevated water levels and the river's exit to the floodplain on navigation conditions, including risk assessment and development of adaptation measures. The study is based on the analysis of long-term hydrological data (water levels) and their comparison with operational parameters of navigation. Critical water levels were identified at posts on the river. Pur, during which the efficiency of navigation is reduced due to flooding of signs and displacement of the fairway, the flow rate increases, increasing the accident rate. A 5–7-year cyclicity of extreme floods has been established, requiring correction of navigation schedules. The most vulnerable areas (Tarko-Sale and Samburg posts) have been identified, where access to the floodplain leads to annual economic losses. The study shows the need to integrate hydrological monitoring and management solutions to minimize risks in the context of more frequent extreme water level rises in Arctic rivers.

**Keywords:** level regime, Pur river, shipping conditions, navigation safety

**For citation:** Volkova N.A. Analysis of long-term fluctuations in the Pur river water level to ensure navigation safety // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2025. № 2 (54). P. 6–22. DOI: 10.61260/2307-7476-2025-2-6-22.

## Введение

В условиях активного освоения Арктической зоны Российской Федерации и наличия значительных запасов природных ресурсов существенно возрастает транспортная роль речных систем Западной Сибири. В связи с этим изучение гидрологического режима данных водных артерий приобретает особую значимость. Ключевым гидрологическим параметром, определяющим условия судоходства на реках северных регионов, является динамика уровней воды, оказывающая непосредственное влияние на условия навигации.

Река Пур образуется от слияния р. Пяку-Пур и р. Айваседа-Пур. Площадь бассейна в месте слияния этих рек равна 57 500 км<sup>2</sup> и возрастает к устью р. Пур до 112 000 км<sup>2</sup>. От истоков р. Пяку-Пур общая длина р. Пур составляет 1 024 км (рис. 1) [1].

Водосборный бассейн р. Пур характеризуется ярко выраженными чертами аккумулятивной равнины с минимальными уклонами поверхности (0,1–0,3 %), постепенно поникающейся в направлении побережья. Гидрографическая сеть бассейна отличается значительной степенью озерности (до 10 % общей площади водосбора) и высокой заболоченностью (до 50 % на отдельных участках) [2].

Особенности ландшафтной структуры бассейна включают преобладание плоских и крупнобугристых болотных массивов, развитую систему пойменных озер и ярко выраженную гидроморфность ландшафтов. Гидроморфность представляет собой степень выраженности и интенсивности процессов переувлажнения и заболачивания территории, обусловленную близким залеганием грунтовых вод и особенностями рельефа [3].

Река Пур берет начало на Сибирских Увалах на высоте 130–150 м. В верхнем течении речная долина хорошо выражена, ширина ее от 2–3 км постепенно увеличивается до 11 км (район г. Тарко-Сале). Слоны долины пологие, высотой 10–12 м, сложены песчано-илистыми грунтами и вследствие этого подвержены заметному разрушению. В среднем течении долины рек выражены слабее, склоны постепенно сливаются с окружающей местностью (район пгт Уренгой).

Пойма в верховьях симметрично двухсторонняя, в среднем течении переходящая в левобережную до 6–9 км шириной. На всем протяжении она сильно изрезана старицами, протоками, ручьями, озерами, значительно заболочена и поросла смешанным лесом, сменяющимся к северу от с. Самбурга кустарником [3].

Русло реки на всем протяжении песчаное, подверженное значительным деформациям при изменениях скоростного режима потока. В паводковый период на различных участках реки наблюдается довольно сильный размыв и намыв. В русле реки отлагается масса песка, образуя множество песчаных осередков, кос, островов. Паводок сопровождается значительными подъемами воды, превышающими меженный на 3,6–4,8 м. Продолжительность разлива, когда вода выходит на пойму, составляет 6–8 дней.

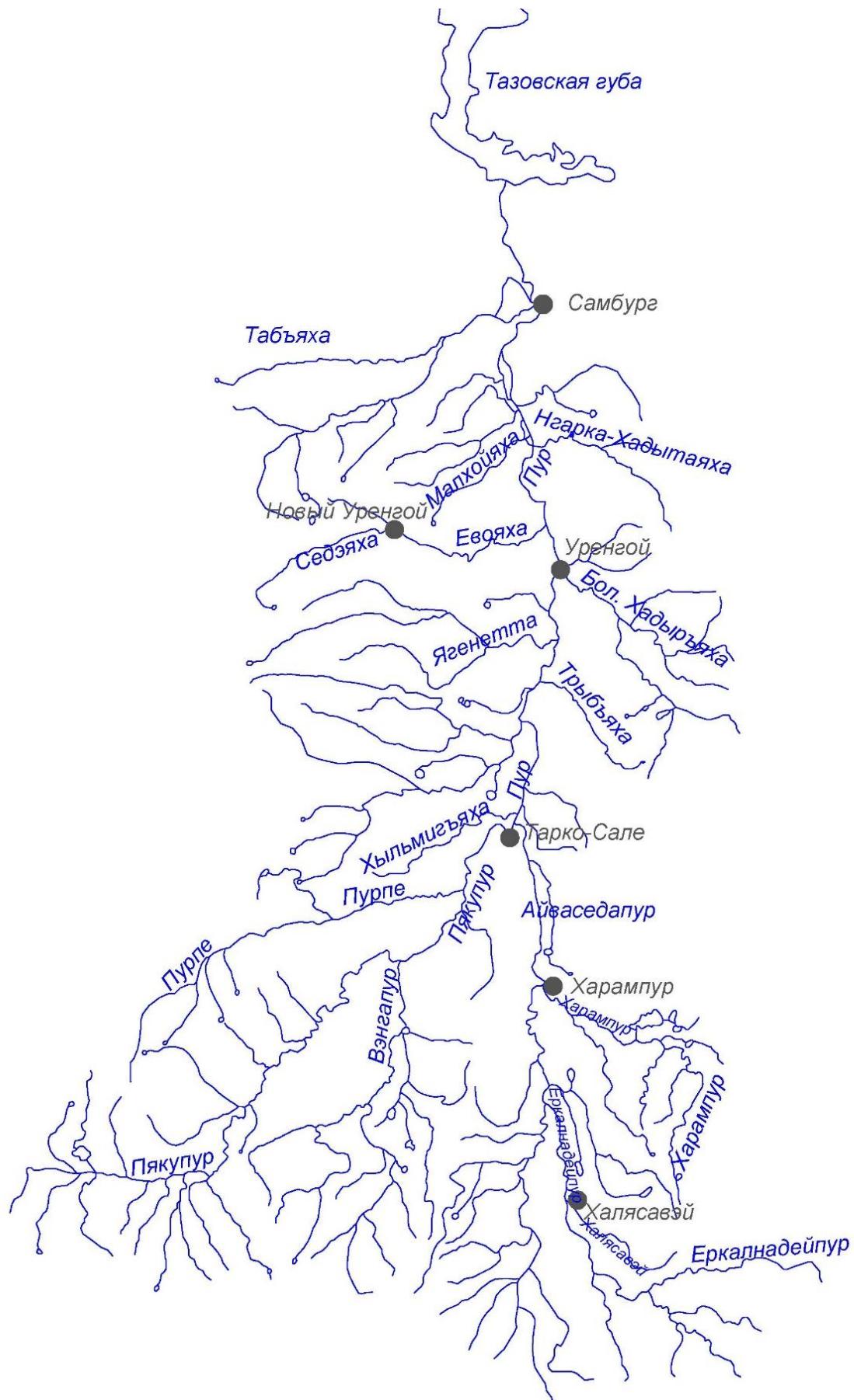


Рис. 1. Гидографическая сеть бассейна р. Пур  
(разработана автором)

## Уклоны свободной поверхности

Река Пур – типично равнинная река с небольшими уклонами и спокойным течением. Средний уклон водной поверхности р. Пур, определенный по картам масштаба 1 : 100 000<sup>1</sup>, от места слияния двух притоков до устья составляет 0,056 %. На рр. Пяку-Пур и Айваседа-Пур уклон в среднем равен 0,12 %, в низовьях притоков р. Пур уклоны составляют 0,10 %, возрастаю к верховьям до 0,4–0,6 %. В табл. 1 и на рис. 2 представлены результаты определения уклона водной поверхности р. Пур и ее основных притоков.

Таблица 1

### Продольные уклоны водной поверхности р. Пур

Водоток	Длина, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Отметка истока, м БС	Отметка устья, м БС	Уклон реки, %	Расстояние от устья р. Пур, км	Уклон р. Пур на участке, %
р. Пур	389	112 000	21,7	0	0,056	–	–
р. Малхойяха	141	2 080	54,5	3,9	0,36	140	0,028
р. Нгарка-Хадытаяха	153	1 970	71,4	5,3	0,43	164	0,058
р. Евояха	201	3 970	89,9	8,2	0,41	223	0,049
р. Большая Хадырьяха	237	5 120	53	9,8	0,18	247	0,067
р. Трыбъяха	116	1 140	50,8	13,4	0,32	308	0,059
р. Ягенетта	233	8 350	108,3	15,9	0,40	332	0,104
р. Хыльмигъяха	132	940	57	20,3	0,28	383	0,086
р. Пякупур	542	31 400	86,3	21,7	0,12	389	0,233
р. Айваседапур	178	26 100	43	21,7	0,12	–	–

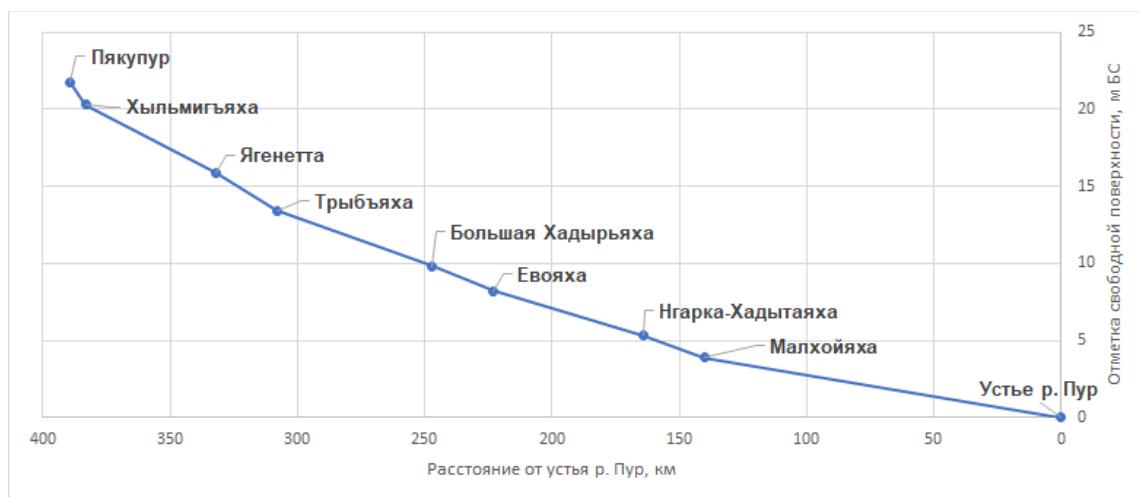


Рис. 2. Продольный профиль р. Пур. Точкаами указаны места впадения основных притоков (разработано автором)

Небольшие уклоны системы р. Пур обусловливают и сравнительно малые скорости течения. В межень на всех реках бассейна скорости составляют 0,3–0,5 м/с, а в период половодья увеличиваются до: 1,0 м/с на р. Еркал-Надей-Пур; 1,4 м/с на р. Пяку-Пур; 1,2 м/с на самой р. Пур. Питание р. Пур осуществляется за счет талых вод весной, летне-осенних дождей и грунтовых вод.

<sup>1</sup> Старые карты России и зарубежья. URL: <https://retromap.ru/> (дата обращения 15.05.2025).

Климат на всей территории водосборного бассейна р. Пур суровый. Ровная, открытая с севера и юга местность способствует интенсивному воздухообмену с прилегающими к ней северными и южными районами Сибири и вызывает резкие колебания температурного режима. Среднегодовая температура воздуха для всего бассейна составляет  $-5,5^{\circ}\text{C}$ , абсолютный минимум  $-61^{\circ}\text{C}$  (январь), абсолютный максимум  $34^{\circ}\text{C}$  (июнь – июль). При длительных северных ветрах летом возможны понижения температуры до  $0^{\circ}\text{C}$  [4].

Количество атмосферных осадков за год достигает 500 мм на юге и 600 мм на севере [4]. Характерной особенностью атмосферных осадков в этих районах является очень малая их интенсивность. Около 60 % осадков приходится на зимний сезон (в виде снега). Снежный покров появляется в среднем в первой декаде октября, сходит в конце мая. Максимум осадков отмечается в июле – августе. Этими осадками в основном пополняются запасы грунтовых вод, которые в дальнейшем расходуются на сток. Доля подземного стока, по данным В.А. Всеволожского и К.К. Павловой, составляет примерно 35 % от общего стока [3].

### Фазы водного режима

В настоящее время постоянные наблюдения за уровнем в бассейне р. Пур ведутся на водомерных постах, представленных в табл. 2. Таким образом, существующая в настоящее время сеть водомерных постов весьма скучна, однако, захватывая основные артерии бассейна р. Пур, она позволяет в первом приближении охарактеризовать режимные особенности колебаний уровня и их сочетания по всем трем рекам. Для обобщения использованы данные гидрологических ежегодников [5] и данные сайта АИС ГМВО [6].

Таблица 2

#### Перечень действующих гидрологических (уровенных) постов в бассейне р. Пур

Код поста	Пост	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Дата открытия поста	Отметка нуля поста, м БС
11571	р. Пур – пгт Уренгой	244	80 400	07.09.1948 г.	5,86
11574	р. Пяку-Пур – г. Тарко-Сале	2.90	31 400	01.08.1938 г	15,31
11575	р. Еркал-Надей-Пур – пос. Халесовая	108	6 600	27.08.1958 г	57,85
11636	р. Седэ-Яха – г. Новый Уренгой	4.10	1 300	19.07.1984 г	43,55
11639	р. Хале-Савой – пос. Халесовая	1.50	822	20.08.1985 г	58,72
11807	р. Пур – с. Самбург	86.0	95 100	07.10.1936 г	-2,12

В колебании уровня воды р. Пур можно выделить следующие фазы: весеннее половодье, кратковременная и неустойчивая летняя межень, незначительные летне-осенние дождевые паводки и зимняя устойчивая низкая межень. Та же картина уровенного режима отмечается на р. Пяку-Пур и р. Айваседа-Пур. По мере приближения к устью р. Пур все большее влияние на уровень реки оказывает Тазовская губа, но и здесь основные черты годового хода уровенного режима определяются речным стоком (рис. 3–5).

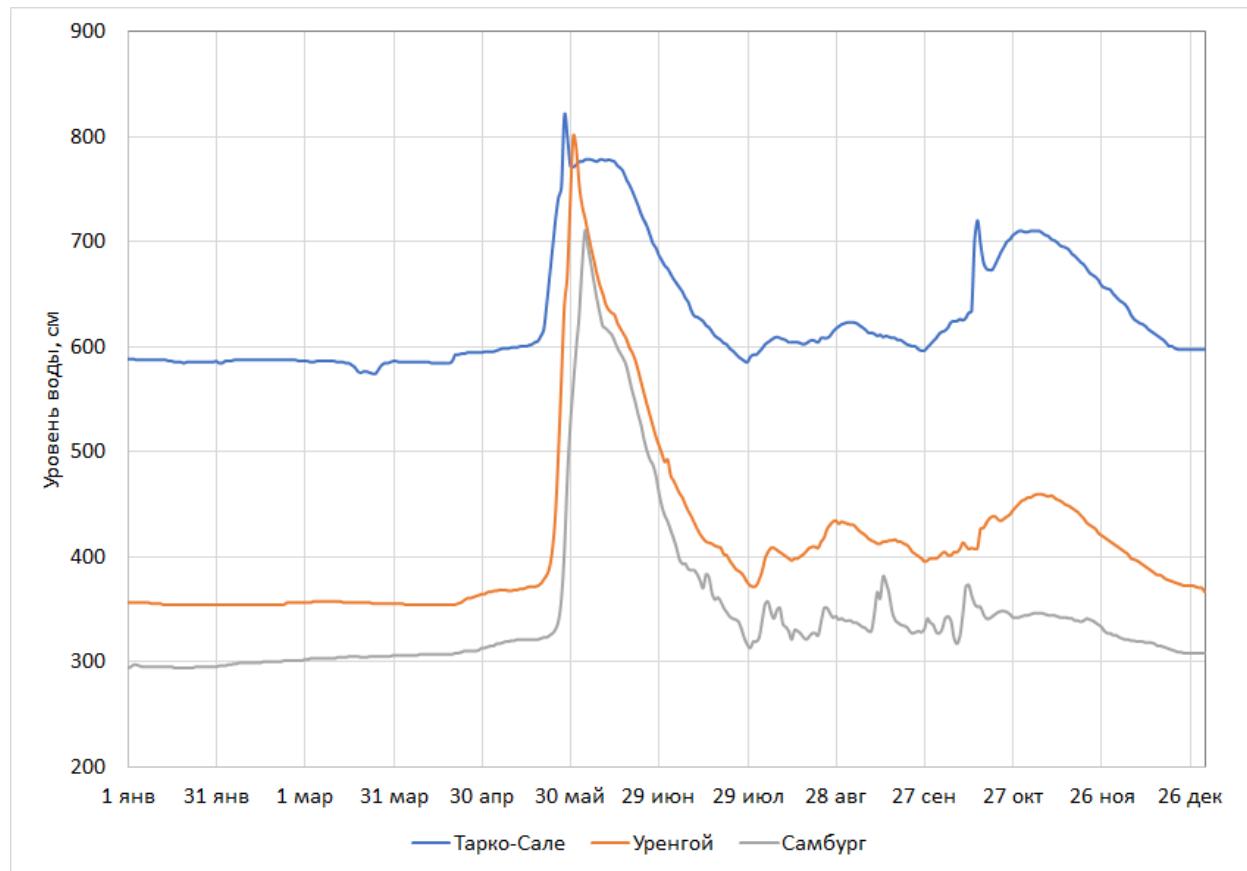


Рис. 3. Совмещенные графики колебаний уровней воды р. Пур в 1952 г. (маловодный год)

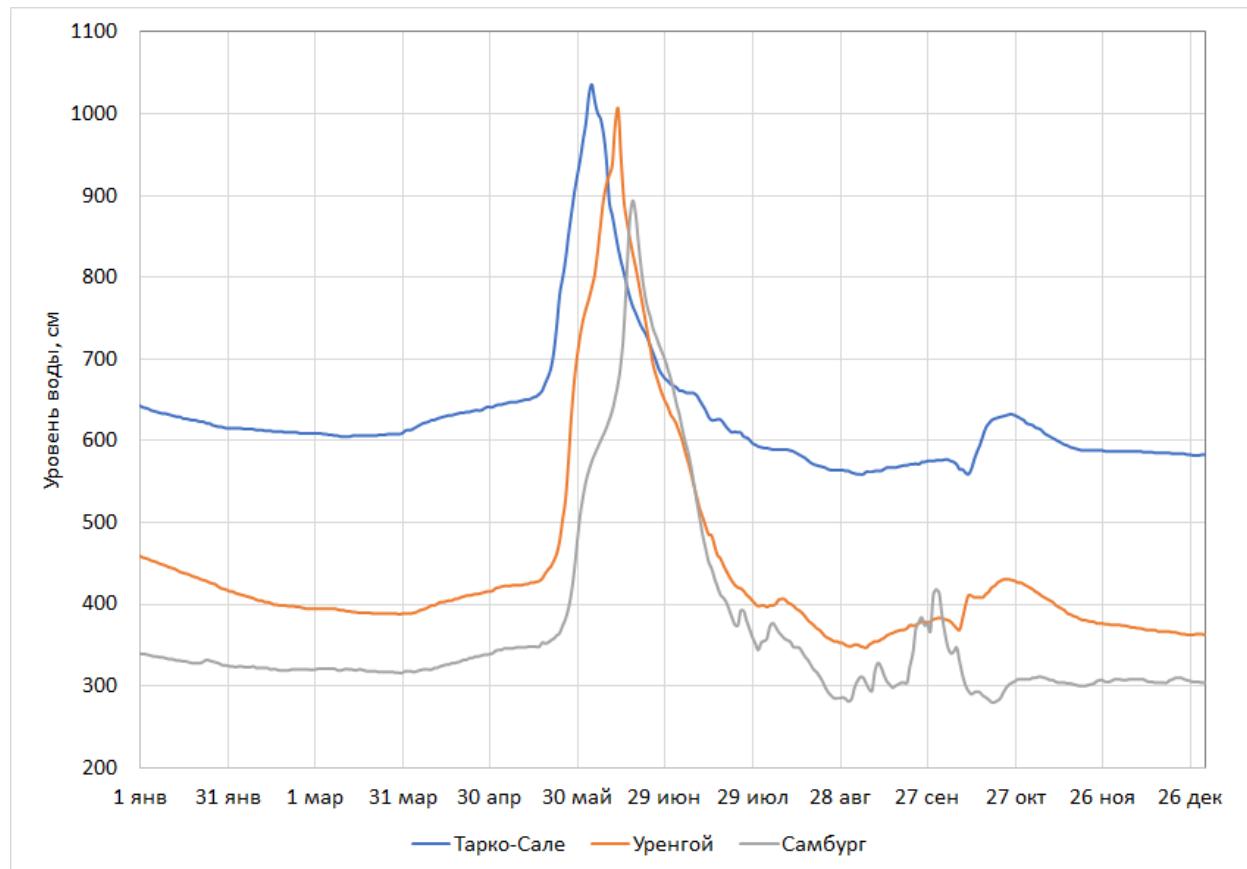


Рис. 4. Совмещенные графики колебаний уровней воды р. Пур в 1961 г. (многоводный год)

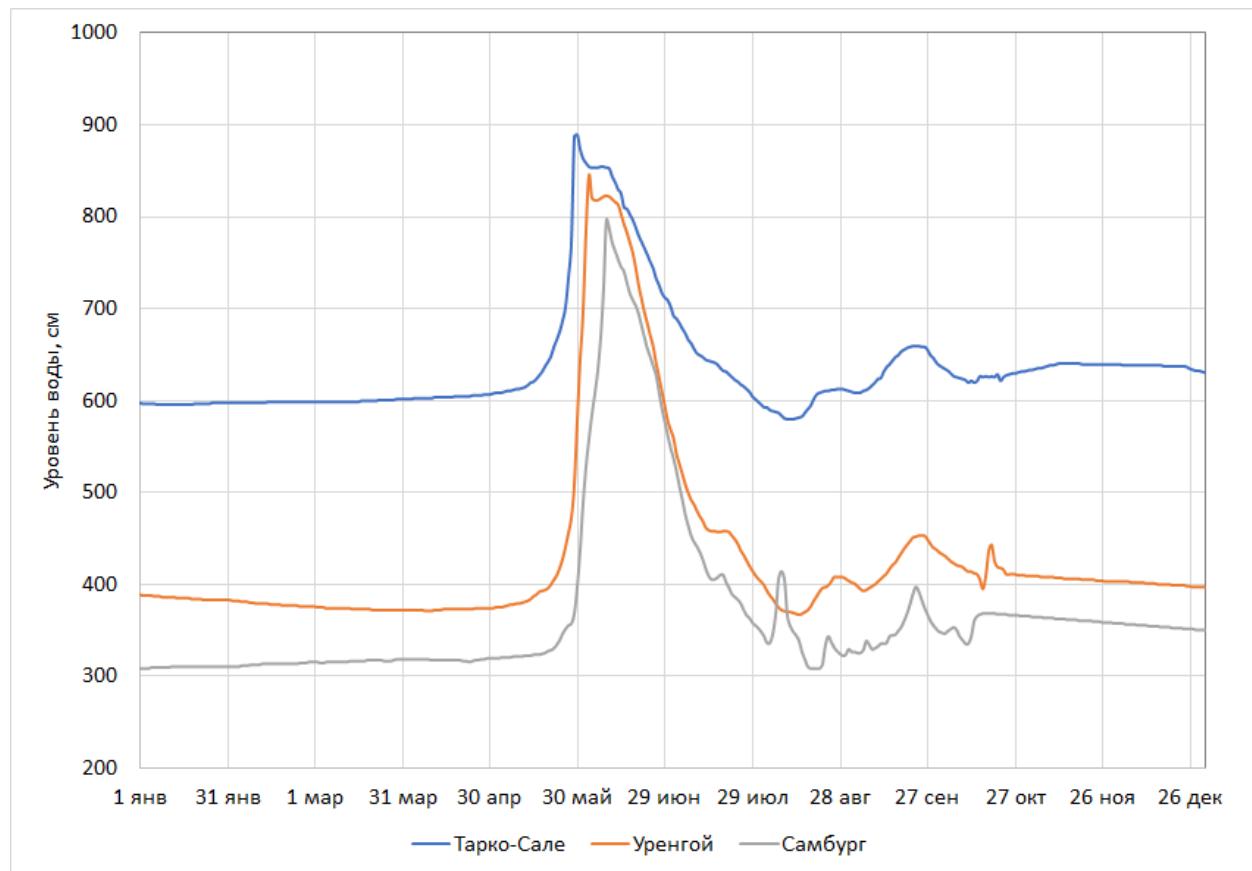


Рис. 5. Совмещенные графики колебаний уровней воды р. Пур в 2004 г. (средний по водности год)

Заметный подъем уровня весной начинается вскоре после перехода температуры воздуха через 0 °C, со времени начала поступления талых вод со склонов Сибирских Увалов в верховья р. Пур. В первой половине мая, как правило, отмечается начало половодья (табл. 3). Средняя продолжительность весеннего половодья у с. Самбурга равна 77 дням, причем период подъема горизонта воды составляет около 30 % от общего времени половодья. Пик паводочной волны проходит в первой декаде июня. Как правило, максимальные уровни половодья наблюдаются в период ледохода. При этом в районах г. Тарко-Сале и пгт Уренгой отмечаются заторы льда.

Таблица 3

**Характеристики весеннего половодья р. Пур**

Пункт наблюдений	Период наблюдений	Средняя дата		Продолжительность, дни		
		начала	окончания	подъема	спада	половодья
с. Самбург	1937–1991 гг., 2004–2022 гг.	14 мая	29 июля	24	52	77
г. Тарко-Сале	1939–1945 гг., 1947–2022 гг.	7 мая	25 июля	21	58	80

Продолжение табл. 3

Пункт наблюдений	Интенсивность, см/сут.		Максимум весеннего половодья		Минимальный зимний уровень, см	Амплитуда, см
	подъема	спада	уровень, см	средняя дата		
с. Самбург	21,0	8,6	898	7 июня	301	483
г. Тарко-Сале	17,8	6,1	1 054	28 мая	591	367

Пик половодной волны перемещается вниз по реке со средней скоростью 32 км/сут. и за 10 сут. проходит от г. Тарко-Сале до с. Самбурга. Высота подобной волны по мере продвижения по реке возрастает от 3 м около с. Халесавой до 5 м в районе пгт Уренгой, несколько снижаясь при последующем приближении к устью, где происходит ее распластывание. Спад весеннего половодья по сравнению с подъемом происходит более замедленно, составляя у с. Самбурга в среднем 52 дня.

Летняя межень продолжается 2,5–3 мес. Минимальные уровни, как правило, наблюдаются в конце августа – начале сентября.

Осенние паводки возникают на р. Пур во время обложных дождей, которые вызывают ежегодные, но крайне нестабильные подъемы уровня. В годы с засушливым летом осенние атмосферные осадки в большом количестве тратятся на инфильтрацию и поэтому дают незначительный поверхностный сток. Этому способствует высокая водопроницаемость песчаных почвогрунтов возвышенных участков территории бассейна р. Пур. Значительная часть осенних атмосферных осадков расходуется на пополнение водных запасов озер. Таким образом, осенний сток определяется водностью предшествующего периода. В годы с высокой летней меженю влияние осенних дождей на увеличении речного стока проявляется более заметно, чем в годы с низкими горизонтами воды в летний сезон.

В период летне-осенней межени при преобладающих северных и северо-восточных ветрах наблюдаются сгонно-нагонные явления, заметное воздействие которых распространяется до с. Самбурга. Наибольшая повторяемость нагонов наблюдается в августе – сентябре. Величина нагонов у с. Самбурга, как правило, не превышает 0,5 м, хотя в отдельные годы при продолжительных устойчивых и сильных (10–20 м/с) северо-северо-западных и северо-северо-восточных ветрах нагонный подъем уровня на этом участке реки может достигать 1 м [2].

С выпадением твердых осадков в виде снега, то есть с началом зимнего сезона, поступление воды в реки сокращается, однако в связи с ледообразованием, которое сопровождается некоторым уменьшением живого сечения реки, уровни еще некоторое время остаются высокими (иногда подъемы уровня в этот период достигают 1 м), но с наступлением ледостава они начинают очень быстро падать.

Известно, что в зимнюю межень питание рек осуществляется в основном за счет грунтовых вод. Поскольку грунтовое питание бассейна р. Пур в зимнее время незначительно, сток зимой резко сокращается. Самые низкие уровни воды в системе р. Пур обычно наблюдаются перед началом весеннего снеготаяния (рис. 3–5). Обеспеченность характерных уровней по водомерным постам приведена в табл. 4–6. Как показывают коэффициенты вариации (табл. 7), изменчивость уровней р. Пур весьма мала и составляет в среднем 0,03–0,10, что объясняется большой зарегулированностью стока реки озерами и болотами.

Таблица 4

**Обеспеченность максимальных и минимальных уровней воды  
р. Пякупур – г. Тарко-Сале**

Уровень	Величина уровня воды (см) при обеспеченности (%)					
	1	10	25	50	75	99
Максимальный: весеннего половодья	1 064	1 020	989	958	926	843
Минимальный: навигационный	659	624	605	585	565	522
зимний	643	622	606	591	575	534

Таблица 5

**Обеспеченность максимальных и минимальных уровней воды р. Пур – пгт Уренгой**

Уровень	Величина уровня воды (см) при обеспеченности (%)					
	1	10	25	50	75	99
Максимальный: весенний половодья	1 053	961	912	869	829	753
Минимальный: навигационный	468	423	399	374	348	294
зимний	417	397	383	369	354	316

Таблица 6

**Обеспеченность максимальных и минимальных уровней воды р. Пур – с. Самбург**

Уровень	Величина уровня воды (см) при обеспеченности (%)					
	1	10	25	50	75	99
Максимальный: весенний половодья	914	854	818	781	744	659
Минимальный: навигационный	376	340	320	300	280	238
зимний	361	330	313	298	285	258

Таблица 7

**Коэффициенты вариации характерных уровней р. Пур**

Название реки и пункта	Среднегодовой	Максимальный	Минимальный навигационный	Минимальный зимний	Продолжительность навигации
р. Пур – с. Самбург	0,055	0,075	0,10	0,073	0,096
р. Пур – пгт Уренгой	0,058	0,067	0,095	0,061	0,092
р. Пяку-Пур – г. Тарко-Сале	0,034	0,046	0,049	0,044	0,092

**Анализ навигационных уровней воды**

В настоящее время р. Пур от устья до г. Тарко-Сале является судоходной рекой (табл. 8). По навигационным условиям р. Пур можно разделить на два участка: верхний – от г. Тарко-Сале до пгт Уренгой и нижний – от пгт Уренгой до устья. Верхний участок имеет большое количество перекатов и менее удобен для судоходства, чем нижний. При снижении уровня до меженного в средний по водности год на верхнем участке реки насчитывается 14 перекатов с глубинами ниже гарантированных. Характерной особенностью реки на этом участке является незначительная протяженность отдельных перекатов, достигающая 150–200 м при длине плесов 5–7 км. Наиболее затруднительным на верхнем участке является перекат, расположенный на 33 км ниже г. Тарко-Сале.

**Категории внутренних водных путей, определяющих для участков внутренних водных путей габариты судовых ходов и навигационно-гидрографическое обеспечение условий плавания судов в навигацию 2025 г. [7]**

Наименование водного пути	Верхняя граница по течению	Нижняя граница по течению	Протяженность, км	Категория внутреннего водного пути	Глубина, м	Ширина, м	Радиус закругления (R), м	Водосток	Проектный уровень воды над «0» графика, см	Дата открытия (д.м.гг)	Дата закрытия (д.м.гг)	Продолжительность, дней
р. Пякупур	85 км	14 км	71	7								
р. Айваседопур	171 км	устые (слияние с р. Пякупур)	171	7								
р. Еркалнадей-пур	с. Халисавэй	устые (р. Айваседопур)	113	7								
р. Пур	исток (слияние р. Пякупур и р. Айваседопур)	пгт Уренгой	138	7								
р. Пур	пгт Уренгой	6 км	256	2	1,2	30	200	пгт Уренгой	360	12 июня	28 июня	112
р. Пур	6 км	устые (Тазовская губа)	6	1	2,1	40	200	г. Находка	650	01 окт.	01 окт.	96

По условиям обеспечения безопасности судоходства установлены следующие категории внутренних водных путей для р. Пур [7]:

- внутренние водные пути с гарантированными габаритами судовых ходов и освещаемой навигационной обстановкой (первая категория);
- внутренние водные пути с гарантированными габаритами судовых ходов и со светоотражающей навигационной обстановкой (вторая категория);
- внутренние водные пути без гарантированных габаритов судовых ходов и без навигационной обстановки (седьмая категория).

Нижний участок р. Пур является более благоприятным для судоходства. Глубины здесь сравнительно одинаковы идерживаются на уровне гарантированных. Наиболее трудный перекат в многоводные годы находится на 185–187 км вниз по течению от г. Тарко-Сале. В маловодные и средние по водности годы с глубинами меньше гарантированных насчитывается до пяти – шести перекатов [2].

Зная проектные уровни по участкам (табл. 9), можно подсчитать продолжительность стояния различных уровней (Н) воды, обуславливающих нормальное судоходство на р. Пур до г. Тарко-Сале, то есть период, когда обеспечиваются гарантированные глубины (табл. 10).

## Проектные уровни по судоходным участкам р. Пур [2]

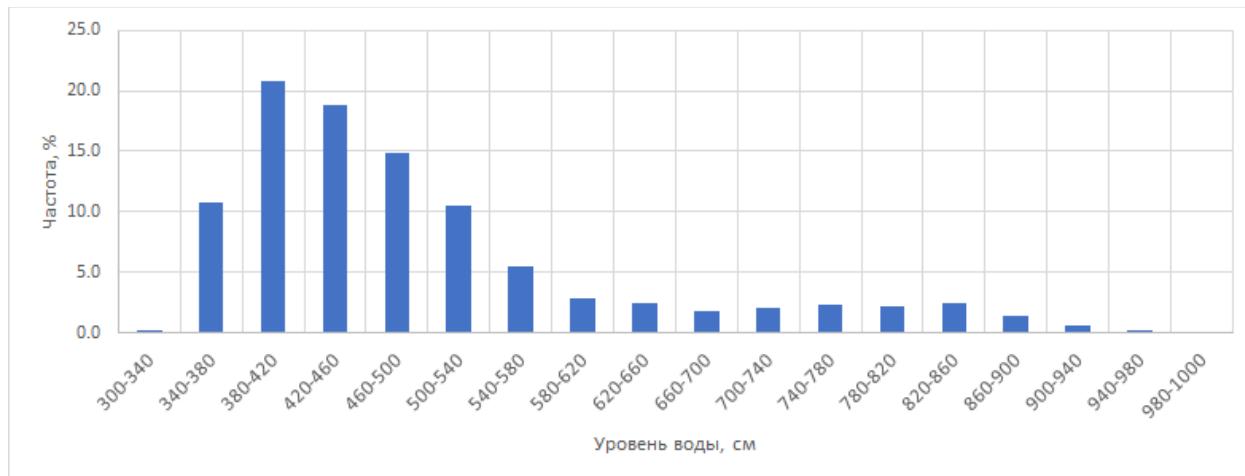
Участок реки	Длина участка по фарватеру, км	Проектный уровень над нулем графика, см	Опорный водомерный пост	Обеспеченность проектного уровня, %
г. Тарко-Сале – пгт Уренгой	145	575	г. Тарко-Сале	90,0
пгт Уренгой – 166 км от устья	80	360	пгт Уренгой	89,1
166 км от устья – с. Самбург	80	295	с. Самбург	91,5

Гистограммы ежедневных навигационных уровней, построенные для трех опорных водомерных постов р. Пур (рис. 6), показывают, что проектные уровни обеспечиваются на 89–92 %.

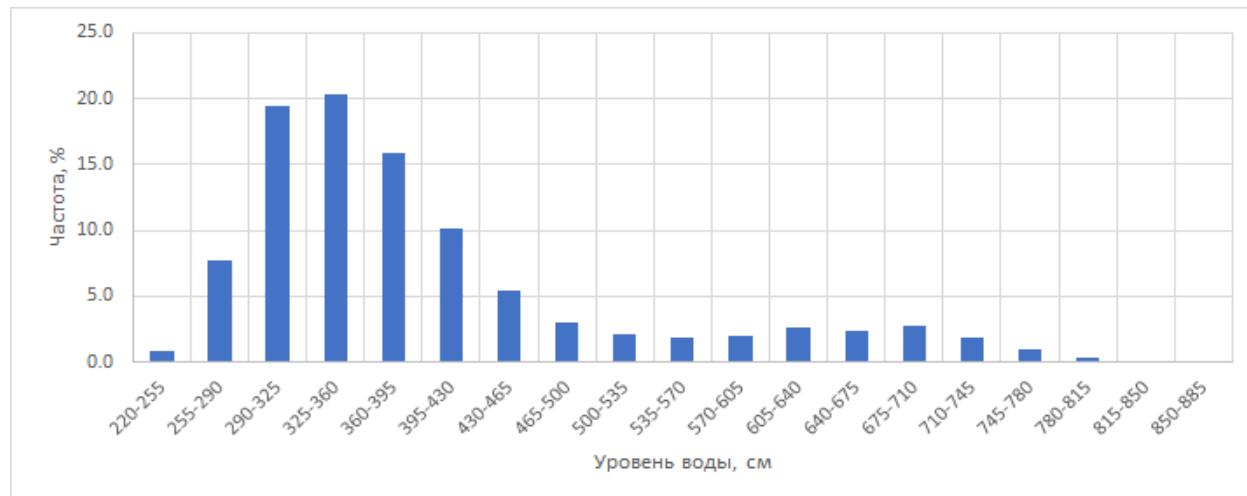
На рис. 6 представлены гистограммы ежедневных навигационных уровней воды за многолетний период. По графикам видно, что распределение имеет ярко выраженную положительную асимметрию.



а) р. Пякупур – г. Тарко-Сале, 1939–1942 гг., 1944–1945 гг., 1947–2022 гг.



б) р. Пур – пгт Уренгой, 1949–2022 гг.



в) р. Пур – с. Самбург, 1937–1990 гг., 2004–2022 гг.

Рис. 6. Гистограммы ежедневных навигационных уровней воды за многолетний период (разработан автором)

В табл. 10 представлена средняя продолжительность стояния уровней воды в навигационный период.

Таблица 10

**Продолжительность стояния уровней воды в р. Пур в навигационный период, в днях**

г. Тарко-Сале 1939–1942 гг., 1944–1945 гг., 1947–2022 гг.				пгт Уренгой 1949–2022 гг.				с. Самбург 1937–1990 гг., 2004–2022 гг.			
$H < 575$ см	$H = 575–600$ см	$H = 600–900$ см	$H > 900$ см (пойма затопл.)	$H < 360$ см	$H = 360–400$ см	$H = 400–800$ см	$H > 800$ см (пойма затопл.)	$H < 295$ см	$H = 295–395$ см	$H = 395–700$ см	$H > 700$ см (пойма затопл.)
14	21	98	3	14	27	82	6	10	65	41	6

Как показывают данные табл. 10, в 1951, 1957, 1962, 1967, 1977, 1982, 1988, 2009, 2012, 2016 гг. отмечались весьма низкие горизонты воды в реке, причем особенно неблагоприятными для судоходства оказались 1977, 1982, 1988, 2012 гг., когда гарантированные глубины на р. Пур не были выдержаны почти 3 мес. (от 74 до 91 дня).

При анализе исходных данных, послуживших основой для табл. 10, выявлены следующие закономерности (рис. 7).

Наибольшая повторяемость критических ситуаций, связанных с продолжительным падением уровней воды, отмечается в периоды: 1950–1952 гг., 1961–1963 гг., 1976–1977 гг., 1982–1990 гг., 2005–2013 гг.

Наибольшая вариабельность показателей характерна для поста в створе пгт Уренгой. Пост в с. Самбурге демонстрирует наибольшее количество экстремальных значений.

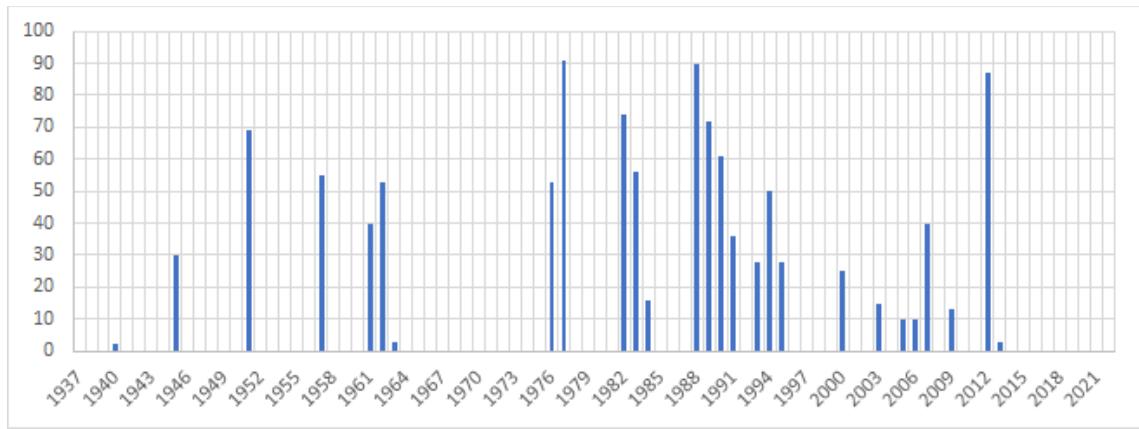
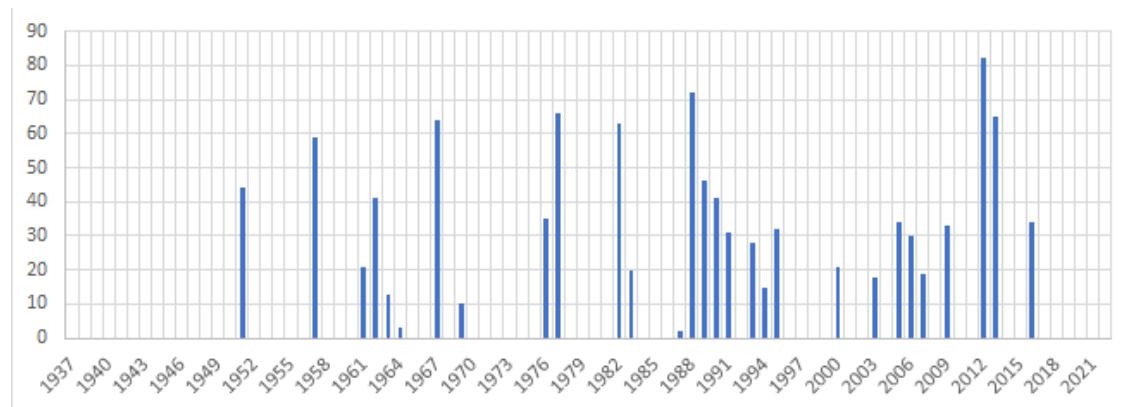
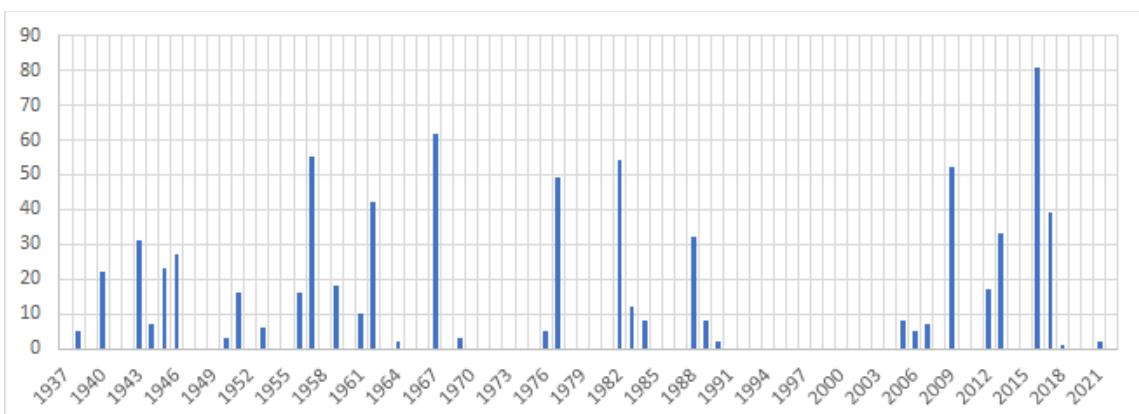
а) р. Пякупур – г. Тарко-Сале,  $H < 575$  смб) р. Пур – пгт Уренгой,  $H < 360$  смв) р. Пур – с. Самбург,  $H < 295$  см (отсутствуют данные за 1991–2003 гг.)

Рис. 7. Продолжительность стояния низких уровней воды в р. Пур в навигационный период, в днях (разработан автором)

При анализе экстремальных маловодных периодов самыми проблемными годами оказались: 1977 г. – одновременное продолжительное понижение уровня на всех постах; 2012 г. – максимальные значения для постов г. Тарко-Сале и пгт Уренгой; 2016 г. – рекордное значение для поста с. Самбурга.

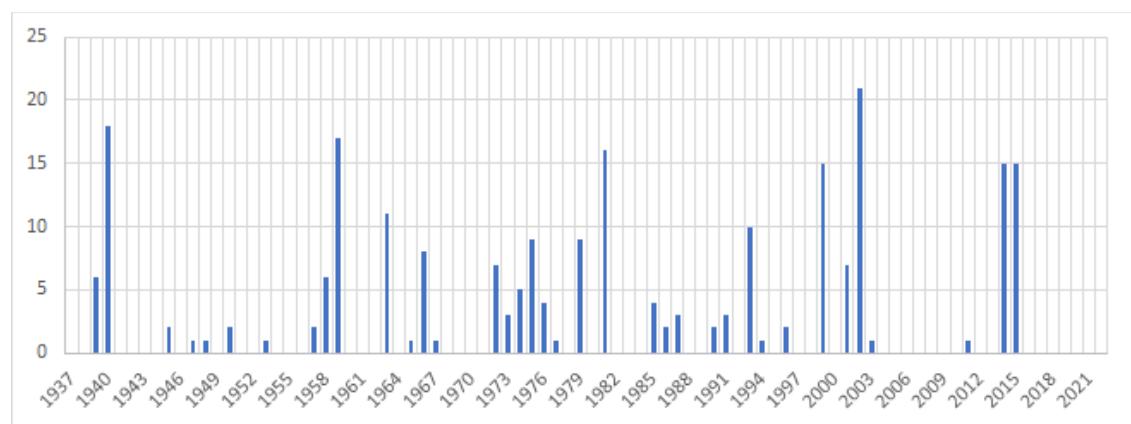
Средний интервал между критически маловодными годами составляет 5–7 лет. Наибольшая концентрация наблюдалась в 1980-е гг.

Проведенный анализ многолетних данных о количестве дней с уровнем воды ниже проектного уровня позволил выявить необходимость совершенствования системы обеспечения безопасного судоходства. В первую очередь, требуется усиление мониторинга

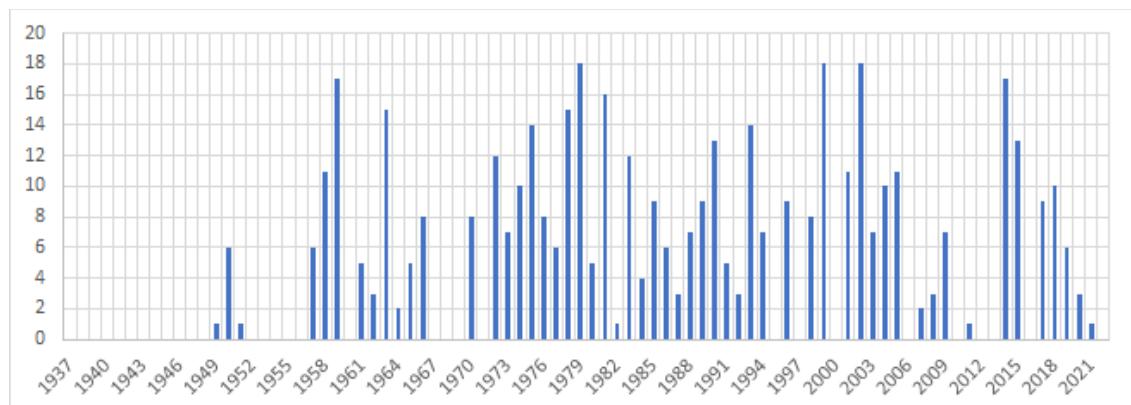
гидрологического режима в периоды, аналогичные выявленным проблемным годам (1951 г., 1977 г., 2012 г. и др.), а также разработка превентивных мер для лет с прогнозируемой маловодностью. Особое внимание следует уделить участкам, демонстрирующим устойчивую тенденцию к частому снижению уровней ниже допустимых значений.

Наибольшая повторяемость критических ситуаций, связанных с продолжительным выходом воды на пойму (рис. 8), отмечается в периоды: 1940–1943 гг., 1957–1959 гг., 1972–1979 гг., 1988–1990 гг., 2002–2007 гг., 2014–2015 гг.

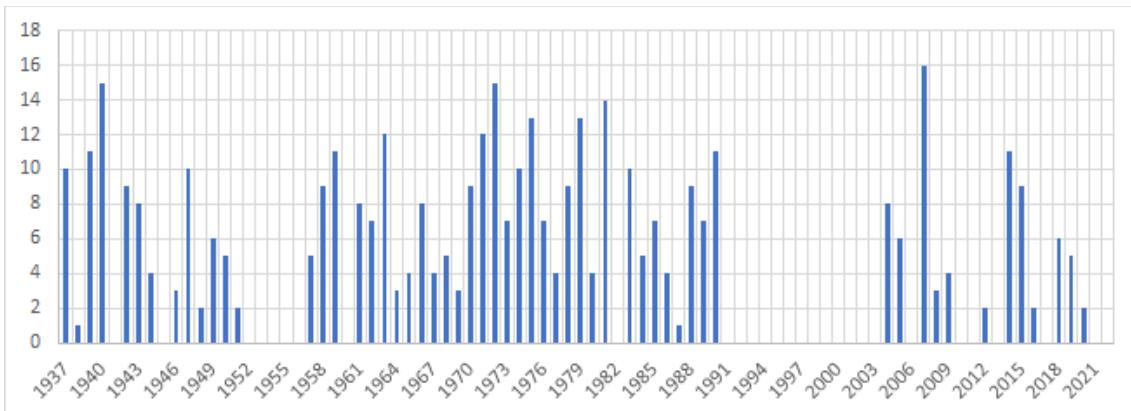
Пост г. Тарко-Сале демонстрирует наибольшее количество экстремальных событий ( $H > 900$  см). Пост в пгт Уренгой имеет наиболее стабильно высокие показатели для  $H > 800$  см. Пост в с. Самбурге показывает меньшую амплитуду колебаний.



а) р. П'якупур – г. Тарко-Сале,  $H > 900$  см



б) р. Пур – пгт Уренгой,  $H > 800$  см



в) р. Пур – с. Самбург,  $H > 700$  см (отсутствуют данные за 1991–2003 гг.)

Рис. 8. Продолжительность стояния высоких уровней воды в р. Пур в навигационный период, в днях (разработан автором)

Проведенный анализ выявил существенные риски для судоходства, связанные с периодами выхода воды на пойму. Данные условия создают угрозу затопления портовой инфраструктуры и требуют разработки специальных режимов эксплуатации водного транспорта. Особое внимание следует уделить выявленной 5–7-летней цикличности экстремальных критических повышений уровня, что необходимо учитывать при долгосрочном планировании навигации.

Для водохозяйственной деятельности важным становится усиление защитных мер в годы с аномально высокой повторяемостью повышения уровня, аналогичных периоду 2014–2015 гг. Полученные данные подчеркивают необходимость дифференцированного подхода к управлению водными ресурсами с учетом значительных пространственных различий между гидрологическими постами, что отражает неоднородность условий формирования паводков в различных участках речной системы.

В качестве приоритетных направлений дальнейших исследований предлагается углубленное изучение причин аномальных гидрологических событий, в частности экстремальных половодий 2002 г. и 2007 г., а также анализ факторов, обуславливающих пространственную неоднородность распределения высоких уровней. Особую значимость приобретает разработка комплексной системы оперативного предупреждения и адаптивных стратегий управления, учитывающих выявленные закономерности.

Перспективным направлением представляется изучение взаимосвязи наблюдаемых гидрологических аномалий с современными климатическими изменениями и антропогенными воздействиями на водосборный бассейн. Результаты таких исследований позволят усовершенствовать методы прогнозирования и разработать эффективные меры по снижению паводковых рисков в условиях изменяющегося климата.

## Заключение

Проведенные исследования позволяют констатировать, что навигационные условия в период летней межени находятся в существенной зависимости от водности года, формируемой комплексом гидрометеорологических факторов, включающих: запасы воды в снежном покрове к началу периода снеготаяния; количество и интенсивность жидких осадков в течение навигационного периода; температурный режим и испаряемость.

Особую сложность для обеспечения безопасного судоходства представляют случаи устойчивого понижения уровней воды в меженный период, приводящие к нарушению гарантированных глубин на критических участках русла, в частности на перекатах.

В целях оптимизации судоходных условий представляется необходимым:

1. Совершенствование методов долгосрочного прогнозирования минимальных навигационных уровней для заблаговременного планирования распределения дноуглубительного флота и путевых работ на проблемных участках.
2. Разработка эффективной системы краткосрочного прогнозирования уровенного режима арктических рек, учитывающего формирование дождевых паводков и сгонно-нагонные явления в устьевых участках.

Перспективными направлениями дальнейших исследований следует считать:

- разработку детерминированных и вероятностных моделей прогнозирования уровенного режима;
- создание автоматизированных систем мониторинга и оперативного прогнозирования;
- изучение влияния климатических изменений на формирование меженных уровней.

Особое внимание необходимо уделить вопросам адаптации существующих методик прогнозирования к специфическим условиям арктических речных бассейнов, характеризующихся высокой заболоченностью водосборов, распространением многолетнемерзлых пород и выраженной сезонной асимметрией водного режима [8–11].

Перспективные направления научных исследований включают углубленный анализ причин пространственной неоднородности распределения критических уровней между гидрологическими постами, изучение связи наблюдаемых явлений с крупномасштабными климатическими индексами (такими, как NAO, ENSO), а также разработку усовершенствованных методов долгосрочного прогнозирования уровенного режима. Решение этих задач позволит повысить точность прогнозов и обоснованность принимаемых управлеченческих решений.

Полученные результаты имеют важное практическое значение для организации судоходства. Они могут быть использованы для оптимизации сроков навигации, планирования дноуглубительных работ на критических участках русла, а также для корректировки проектных уровней воды с учетом выявленных особенностей гидрологического режима. Реализация предложенных мер будет способствовать повышению безопасности и эффективности речных перевозок, особенно в условиях наблюдаемой климатической изменчивости.

### Список источников

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 15. Вып. 3. Л., Гидрометеоиздат, 1964.
2. Соловьева З.С. Уровенный режим р. Пур // Труды ААНИИ. Т. 297. Проблемы гидрологии устьевых областей сибирских рек. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. С. 92–103.
3. Всеволожский В.А., Павлова К.К. Особенности формирования подземного питания рек Пурского района. // Тр. Гос. гидрол. ин-та. 1964. Вып. 114.
4. Кочеткова Е.Д. Пространственно-временная изменчивость метеорологических элементов на юго-востоке Обской губы // Азимут геонаук: Материалы Всерос. междисципл. молодеж. науч. конф. Вып. 3. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2023. С. 244-249. EDN CYDWDW.
5. Гидрологический ежегодник. Т. 6. Вып. 0-9. Л.: Гидрометеоиздат, 1936–2012.
6. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов. URL: <https://gmvo.skniivh.ru> (дата обращения: 30.06.2025).
7. Об установлении категорий внутренних водных путей, определяющих для участков внутренних водных путей габариты судовых ходов и навигационно-гидрографическое обеспечение условий плавания судов, перечень судовых ходов, а также сроки работы средств навигационного оборудования и судоходных гидротехнических сооружений в навигацию 2025 года: распоряжение Федерального агентства морского и речного транспорта от 27 дек. 2024 г. № АТ-531-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Волкова Н.А. Подход к прогнозированию гидрологических явлений в Арктической зоне Российской Федерации и пути повышения достоверности прогнозов в условиях изменения климата // Гидротехника. 2024. № 4 (77). С. 21–27. EDN OCMLYG.
9. Волкова Н.А. Разработка модели прогнозирования стока рек с использованием нейро-нечеткого подхода для повышения точности прогнозов наводнений и поддержки решений МЧС России // Технологии гражданской безопасности. 2025. Т. 22. № 2 (84). С. 73–85. EDN LMOXLA.
10. 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. EDN USOUEJ.
11. Опыт применения вероятностных подходов при прогнозировании уровенного режима реки Мармари / А.Э. Сумачев [и др.] // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2024. Т. 516. № 2. С. 662–670. DOI: 10.31857/S2686739724060202. EDN SVLSZG.

### References

1. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Gidrologicheskaya izuchennost'. Т. 15. Vyp. 3. L., Gidrometeoizdat, 1964.
2. Solov'eva Z.S. Urovennyj rezhim r. Pur // Trudy AANII. T. 297. Problemy gidrologii ust'evyh oblastej sibirskih rek. L.: Gidrometeoizdat, 1972. S. 92–103.

3. Vsevolozhskij V.A., Pavlova K.K. Osobennosti formirovaniya podzemnogo pitanija rek Purskogo rajona. // Tr. Gos. gidrol. in-ta. 1964. Vyp. 114.
4. Kochetkova E.D. Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost' meteorologicheskikh elementov na yugo-vostoke Obskoj guby // Azimut geonauk: Materialy Vseros. mezhdisciplin. molodezh. nauch. konf. Vyp. 3. Tomsk: Izd-vo Tomskogo CNTI, 2023. S. 244-249. EDN CYDWDW.
5. Gidrologicheskij ezhegodnik. T. 6. Vyp. 0-9. L.: Gidrometeoizdat, 1936–2012.
6. Avtomatizirovannaya informacionnaya sistema gosudarstvennogo monitoringa vodnyh ob'ektov URL: <https://gmvo.skniivh.ru> (data obrashcheniya: 30.06.2025).
7. Ob ustanovlenii kategorij vnutrennih vodnyh putej, opredelyayushchih dlya uchastkov vnutrennih vodnyh putej gabarity sudovyh hodov i navigacionno-gidrograficheskoe obespechenie usloviy plavaniya sudov, perechen' sudovyh hodov, a takzhe sroki raboty sredstv navigacionnogo oborudovaniya i sudohodnyh gidrotekhnicheskikh sooruzhenij v navigaciyu 2025 goda: rasporyazhenie Federal'nogo agentstva morskogo i rechnogo transporta ot 27 dek. 2024 g. № AT-531-r. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
8. Volkova N.A. Podhod k prognozirovaniyu gidrologicheskikh yavlenij v Arkticheskoy zone Rossijskoj Federacii i puti povysheniya dostovernosti prognozov v usloviyah izmeneniya klimata // Gidrotehnika. 2024. № 4 (77). S. 21–27. EDN OCMLYG.
9. Volkova N.A. Razrabotka modeli prognozirovaniya stoka rek s ispol'zovaniem nejronechetkogo podhoda dlya povysheniya tochnosti prognozov navodnenij i podderzhki reshenij MCHS Rossii // Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti. 2025. T. 22. № 2 (84). S. 73–85. EDN LMOXLA.
10. Sumachev A.E., Banshchikova L.S. Ledovyj rezhim reki Pechora i osobennosti prognozirovaniya vysshego urovnya ledohoda // Gidrometeorologiya i ekologiya. 2020. № 61. S. 446–459. DOI: 10.33933/2074-2762-2020-61-446-459. EDN USOUEJ.
11. Opty primeneniya veroyatnostnyh podhodov pri prognozirovaniyu urovennogo rezhima reki Marmarik / A.E. Sumachev [i dr.] // Doklady Rossijskoj akademii nauk. Nauki o Zemle. 2024. T. 516. № 2. S. 662–670. DOI: 10.31857/S2686739724060202. EDN SVLSZG.

#### Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 15.05.2025; одобрена после рецензирования: 03.06.2025; принята к публикации: 04.06.2025

#### Information about the article:

The article was submitted to the editorial office: 15.05.2025; approved after review: 03.06.2025; accepted for publication: 04.06.2025

#### Информация об авторах:

**Волкова (Саноцкая) Надежда Александровна**, доцент кафедры водно-технических изысканий Российского государственного гидрометеорологического университета (192007, Санкт-Петербург, Воронежская ул., д. 79); старший научный сотрудник Арктического и антарктического научно-исследовательского института (199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38), кандидат физико-математических наук, e-mail: navolkova@aari.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9272-4713>, SPIN-код: 3807-0526

#### Information about the authors:

**Volkova (Sanotskaya) Nadezhda A.**, associate professor of the department of water engineering at the Russian state hydrometeorological university (192007, Saint-Petersburg, Voronezhskaya str., 79); senior researcher of the Arctic and antarctic research institute (199397, Saint-Petersburg, Bering str., 38), candidate of physico-mathematical sciences, e-mail: navolkova@aari.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9272-4713>, SPIN: 3807-0526