

Современные особенности ледового режима Нижнего Енисея

В.В. Зуев¹  , В.А. Уйманова^{1,2} , А.В. Павлинский¹ 

 vzuev@list.ru

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем
Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, Россия

²Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. В условиях современных изменений климата повышается актуальность системных исследований ледового режима рек. Особенности ледового режима рек – значимая составляющая рационального использования транспортной инфраструктуры и, как следствие, социально-экономического развития территорий. В статье представлен анализ ледового режима Нижнего Енисея (протяженностью от впадения р. Ангары до устья) за период с 2005 по 2021 гг. **Методы.** Проведен анализ особенностей формирования ледяного покрова, образования заторов, максимальных толщин льда в рассматриваемых створах, особое внимание уделено процессу вскрытия Енисея, нередко сопровождающегося продолжительным торшением и навалами льда. **Результаты.** Пространственно-временной анализ характеристик ледового режима Нижнего Енисея показал, что на всем исследуемом участке наблюдается рост числа случаев с навалами и торосами льда, а толщина льда и продолжительность его присутствия на реке имеет тренд на уменьшение. На большей части исследуемых постов даты замерзания смещаются на более поздние, даты вскрытия практически не изменяются.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ледовый режим, ледостав, фаза замерзания, фаза вскрытия, заторы, толщина льда, торосы, р. Енисей.

Финансирование: Исследование выполнено в рамках госбюджетной темы № 121031300156-5.

Для цитирования: Зуев В.В., Уйманова В.А., Павлинский А.В. Современные особенности ледового режима Нижнего Енисея // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2024. № 3. С. 101–113. DOI:10.35567/19994508-2024-3-101-113.

Дата поступления 21.02.2024.

MODERN CHARACTERISTICS OF THE ICE REGIME OF THE LOWER YENISEI

Vladimir V. Zuev¹  , Valeria A. Uymanova^{1,2} , Aleksey V. Pavlinsky¹ 

 vzuev@list.ru

¹Institute for Monitoring Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia

²National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

ABSTRACT:

Relevance. In the current conditions of climate change, the relevance of the rivers' ice regime studies is growing. Special features of rivers' ice regime are a significant component of the transport infrastructure use and, as a consequence, social/economic development of territories. The article presents the analysis of the Lower Yenisei (from the Angara inflow to the mouth) ice regime over the 2005 - 2021 period. **Methods.** Special attention was paid to the breakup process,

© Зуев В.В., Уйманова В.А., Павлинский А.В., 2024

often accompanied by long-lasting ice reefing and pileup. **Results.** A spatial and temporal study of the Lower Yenisei ice regime revealed the increase in the number of reefing and pileup cases and the thickness of the ice throughout the entire studied area, while the duration of the presence of ice on the river has a decreasing trend. At most of the gauging stations the freeze-up dates are shifted to later ones, and the break-up dates remain unchanged.

Keywords: ice regime, freeze-up, freezing phase, opening phase, ice jams, ice thickness, ice piles, reefing, Yenisei

Financing: This study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. 121031300156-5).

For citation: Zuev V.V., Uymanova V.A., Pavlinskiy A.V. Modern characteristics of the ice regime of the Lower Yenisei. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies. Management.* 2024. No. 3. P. 101–113. DOI:10.35567/19994508-2024-3-101-113.

Received 21.02.2024.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение характера ледовых явлений на реках становится все более актуальным в связи с современными изменениями климата [1–6]. Бассейн р. Енисей является одним из крупнейших бассейнов России, к тому же часть Нижнего Енисея относится к территории Российской Арктики, которая более уязвима к процессам климатических изменений. Особенности ледового режима рек – значимая составляющая рационального использования транспортной инфраструктуры и, как следствие, социально-экономического развития территорий. Толщина ледяного покрова является определяющим фактором при оценке сроков действия ледовых речных переправ и зимников. Сроки появления и разрушения ледяного покрова, продолжительность ледостава – важные показатели для навигации, гидротехнического строительства, организации переправ и т. д.

Частью Нижнего Енисея принято считать территорию от впадения р. Ангара до устья протяженностью около 2000 км. Нижний Енисей представляет собой широкий мощный поток со значительными глубинами. Основным источником питания Енисея служат талые снеговые и дождевые воды, грунтовые воды в питании реки имеют второстепенное значение. В связи с этим водный режим Енисея характеризуется высоким и продолжительным весенне-летним половодьем, устойчивой осенней и низкой зимней меженью [7].

За многолетний период исследования ледового режима бассейна Енисея накоплен, обобщен и проанализирован большой фактический материал, касающийся в основном Верхнего Енисея [8] с прилегающей к нему Красноярской ГЭС [9]. В настоящее время существует необходимость в изучении особенностей ледового режима Нижнего Енисея, т. к. результаты предыдущих исследований [10, 11] уже устарели или имеют обобщенный характер [12]. Обновлять их чрезвычайно важно, ведь в последние десятилетия под воздействием климатических изменений¹ в большинстве регионов России на реках отмечается статистически значимое смягчение ледового режима [13]. Также во многих

¹ Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Изд-во ФГБУ ИГКЭ Росгидромета и РАН, М., 2015. 1008 с.

случаях ледовыми явлениями обусловлены опасные гидрологические процессы, в т. ч. наводнения. К опасным ледовым явлениям на территории России относятся: образование внутриводного льда и шуги, зажоры, раннее появление льда и установление ледостава при низком уровне воды; наледи, промерзание; низкая толщина и прочность льда в период ледостава; густой ледоход при высоком уровне воды; заторы, навалы льда; позднее вскрытие и очищение при низком уровне воды [14, 15].

Целью данного исследования является пространственно-временной анализ характеристик ледового режима Нижнего Енисея. На основе данных 15 гидрологических постов, расположенных на р. Енисей, произведена оценка изменчивости ледового режима реки за последние 15 лет (2005–2021 гг.).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве исходного материала использовали данные наблюдений за температурой воздуха, ледовым, уровенным режимом и толщиной льда Нижнего Енисея, проводимые Росгидрометом^{2,3}. Проанализированы соответствующие источники – справочные и научные. В табл. 1 представлена информация по исследуемым гидрологическим постам (г/п). На рис. 1 схематично показано расположение гидрологических постов и метеорологических станций, данные с которых были использованы для исследований. Все посты, кроме пгт Стрелка, относятся к району Крайнего Севера.

Дата начала ледовых явлений определяется появлением их первых признаков (забереги, шуга и т. д.), дата окончания – полным очищением реки ото льда. Краткосрочные случаи ледовых явлений до или после перерыва более 10 сут не учитывались. На постах, где изменение ледовых условий происходило в результате применения технических средств (рубка льда для навигации), данные учитывали как ледостав.

Таблица 1. Исследуемые гидрологические посты на Нижнем Енисее

Table 1. Studied gauging stations on the Lower Yenisei

№	Наименование поста на р. Енисей	Код поста	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста		Начало действия число, месяц, год
					высота, м	система высот	
1	пгт Стрелка	9074	2137	356 000	74.43	БС	01.08.1972
2	г. Енисейск	9079	2054	1 400 000	64.78	БС	28.06.1902
3	с. Назимово	9082	1876	1 440 000	52.49	БС	10.10.1933
4	с. Ярцево	9085	1774	1 460 000	41.63	БС	15.10.1936
5	с. Ворогово	9087	1660	1 510 000	33.4	БС	07.06.1912
6	д. Подкаменная Тунгуска	9092	1568	1 760 000	19.84	БС	01.11.1935

² Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). Режим доступа: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (дата обращения 01.11.2023).

³ Список постов гидрологических наблюдений на реках, ручьях, каналах по УГМС // АИС ГМВО. Режим доступа: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=139> (дата обращения: 1.11.2023).

Таблица 1. Продолжение.

№	Наименование поста на р. Енисей	Код поста	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ³	Отметка нуля поста		Начало действия число, месяц, год
					высота, м	система высот	
7	д. Бахта	9094	1427	1 770 000	17.29	БС	10.06.1947
8	с. Верхнеимбатск	9095	1323	1 810 000	12.56	БС	03.07.1912
9	с. Верещагино	9096	1171	1 850 000	6.02	БС	01.01.1948
10	с. Селиваниха	9801	974	2 340 000	1.27	БС 77	04.07.1912
11	с. Курейка	9802	864	2 380 000	-0.85	БС	01.05.1947
12	г. Игарка	9803	697	2 440 000	0.03	БС	03.02.1936
13	с. Потапово	9804	538	2 480 000	-1.93	БС	23.09.1949
14	г. Дудинка	9805	433	2 480 000	-2.71	БС	08.07.1912
15	с. Караул	9807	253	2 540 000	-1.66	БС	11.10.1953

Таблица 2. Средние даты начала и окончания ледовых явлений и ледостава, их продолжительность

Table 2. Average dates of the beginning and the end of ice phenomena and river freeze-up and their duration

Наименование поста на р. Енисей	Средняя дата начала		Средняя дата окончания		Средняя продолжительность, дней			
	ледовых явлений	ледостава	ледостава	ледовых явлений	фазы заморозания	ледостава	фазы вскрытия	общее количество
пгт Стрелка	22 ноября	3 января	12 апреля	4 мая	42	86	37	165
г. Енисейск	29 октября	25 декабря	8 апреля	13 мая	57	105	36	198
с. Назимово	29 октября	8 декабря	24 апреля	17 мая	39	136	23	199
с. Ярцево	27 октября	6 декабря	27 апреля	28 мая	39	144	30	214
с. Ворогово	23 октября	6 декабря	30 апреля	18 июня	42	146	49	237
д. Подкаменная Тунгуска	20 октября	29 ноября	26 апреля	25 мая	40	149	29	218
д. Бахта	20 октября	20 ноября	30 апреля	25 мая	31	163	25	218
с. Верхнеимбатск	21 октября	17 ноября	2 мая	26 мая	27	167	24	218
с. Верещагино	20 октября	17 ноября	28 апреля	28 мая	28	163	30	221
с. Селиваниха	20 октября	9 ноября	6 мая	27 мая	21	179	21	221
с. Курейка	21 октября	25 ноября	7 мая	27 мая	35	164	21	219
г. Игарка	21 октября	2 ноября	9 мая	8 июня	12	190	28	230
с. Потапово	18 октября	30 октября	10 мая	10 июня	12	193	31	236
г. Дудинка	24 октября	31 октября	18 мая	11 июня	7	199	26	232
с. Караул	17 октября	25 октября	21 мая	17 июня	12	203	27	244

За каждый гидрологический год на каждом из исследуемых постов были определены даты начала и окончания ледовых явлений, а также даты начала и окончания ледостава (табл. 2). Рассчитана продолжительность в днях фазы замерзания, ледостава и фазы вскрытия. Определены самые ранние и самые поздние даты появления и исчезновения льда на реке, а также средние даты за исследуемый период по каждому посту.

В рамках проведенного исследования установлена максимальная и средняя толщина льда на постах за каждый исследуемый гидрологический год (табл. 3), рассмотрены опасные гидрологические явления: определено число случаев наледей, заторов, торосов и навалов льда (табл. 4).



Рис. 1. Схема расположения гидрологических постов и метеорологических станций на Нижнем Енисее.

Fig 1. Layout of gauging and weather stations on the Lower Yenisei.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Следует отметить, что при анализе возможных причин выявленных изменений, помимо климатических различий, механизм формирования ледового режима определяется также теплообменом водной массы с атмосферой, типом питания реки, водностью и скоростью течения, морфометрическими характеристиками русла, гидравлическими свойствами и т. д. Формирование ледовых явлений зависит от общих природных условий, а различия по годам определяются сезонными особенностями погоды, которые в последние десятилетия подвержены значительным изменениям⁴ [16].

На исследуемом участке наблюдаются ледовые явления различных масштабов и продолжительности: забереги, шугоход, шуга под льдом, снежура, разводья, осенний ледоход, вода на льду, наледи, торосы, навалы льда и т. д. В большинстве случаев они сменяют друг друга, но встречаются и одновременно несколько ледовых явлений в один день. Следует отметить, что ледостав наблюдается на всех исследуемых постах, но в г. Дудинка и с. Караул производится механическая рубка льда в целях обеспечения навигации.

Замерзание. Продолжительность замерзания (от появления ледовых явлений до установления ледостава) на р. Енисей на участке 1884 км от пгт Стрелка до с. Караул колеблется от 58 до 8 дней. Большое количество дней с ледовыми явлениями (57 дней в г. Енисейске) связано с расположением этого поста выше по течению: из-за более теплой погоды увеличивается процесс замерзания, сопровождающийся более продолжительными осенними явлениями – заберегами, шугоходами и осенними ледоходами. На северных постах в г. Дудинка и с. Караул ледовые явления держатся в среднем 8–9 дней, после чего Енисей покрывается сплошным ледоставом.

На участке от пгт Стрелка до с. Селиванихи чаще всего ледоставу предшествуют забереги и шугоход разной интенсивности, встречается сало. От с. Селиваниха эти ледовые явления сменяются практически сразу ледоставом: всего несколько дней идет редкий ледоход со снежурой и менее чем через неделю фиксируется ледостав, что объясняется близостью Арктики.

В среднем ледостав начинается в конце октября – начале декабря (с севера на юг), ледовые явления фиксируются за одну–две недели до ледостава (табл. 2). Самая ранняя дата начала ледовых явлений – 7 октября 2010 г. в с. Потапово, самая поздняя – 23 декабря 2013 г. в пгт Стрелка.

Ледяной покров. Нарастание льда в течение всей зимы зависит от гидрометеорологических условий – температуры воздуха, количества осадков, толщины снежного покрова на льду, его плотности и др. [17]. Нарастание льда на исследуемом участке происходит в течение всей зимы до момента вскрытия реки. Средняя толщина льда за 2005–2021 гг. – 63 см, изменялась с 19 см (пгт Стрелка в 2020–2021 гг.) до 112 см (г. Дудинка в 2010–2011 гг.) (табл. 3). От пгт Стрелка выше по течению до с. Караул толщина льда увеличивалась, что объясняется, в первую очередь, температурным режимом. Однако за исследуемый временной интервал толщина льда имеет тренд на уменьшение на большей части исследуемых постов.

⁴ Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 16. Ангаро-Енисейский район. Вып. 1. Енисей / под ред. А.П. Муранова. 1973. 723 с.

Например, максимальная толщина льда в с. Караул в 2010 г. была зафиксирована на 171 см, в 2021 г. – 95 см. Незначительный рост толщины льда наблюдается в д. Подкаменная Тунгуска, г. Игарка и с. Потапово (тренд около 5 см).

Наледи для исследуемого участка явление редкое, наблюдались на одном посту в д. Бахта в 2008 году (30 дней в январе).

Таблица 3. Максимальная и средняя толщина льда на Нижнем Енисее
Table 3. Maximum and average ice thickness on the Lower Yenisei

Наименование поста на р. Енисей	Толщина льда, см		Дата
	максимальная	средняя	
пгт Стрелка	70	38	20 февраля –10 марта 2017 г.
г. Енисейск	83	51	31 марта 2009 г.
с. Назимово	113	56	20 апреля 2014 г.
с. Ярцево	115	57	20 декабря 2009 г.
с. Ворогово	119	67	28 февраля 2013 г.
д. Подкаменная Тунгуска	104	56	31 марта 2018 г.
д. Бахта	100	64	31 марта 2012 г.
с. Верхнеимбатск	99	54	31 марта – 10 апреля 2012 г.
с. Верещагино	120	62	10-20 марта 2011 г.
с. Селиваниха	127	65	20 марта 2011
с. Курейка	101	64	март-апрель 2011 г., 2014 г.
г. Игарка	132	65	30 апреля 2014 г.
с. Потапово	150	83	15 мая 2011 г.
г. Дудинка	176	86	15 мая 2011 г.
с. Караул	172	77	25 мая 2011 г.

Вскрытие. Даты вскрытия реки от ледостава и очищения от ледовых явлений представлены в табл. 2. Ледовые явления после вскрытия реки длятся в среднем три недели. Самая ранняя дата вскрытия реки – 4 марта 2020 г. (пгт Стрелка), в с. Караул – 4 мая 2011 г. Самое позднее вскрытие реки наблюдалось 2 июня 2021 г. в г. Дудинка. Разрушение ледостава происходит в середине мая-начале июня (табл. 2).

Заторы проявляются не каждый год, наиболее часто они фиксируются в г. Игарка (табл. 4): за 15 лет затор был в 2005, 2006, 2007, 2016, 2020 и 2021 годах. Самый продолжительный длился 16 дней в 2006 г. в д. Подкаменная Тунгуска в период замерзания Нижнего Енисея (20 ноября–5 декабря). Вследствие продолжительного густого шугохода (32 дня) образовался затор ниже поста с повышением уровня воды до 1081 см, при среднем уровне в это время – 650 см.

Ледоход в среднем на пгт Стрелка длится 1–1,5 месяца (редкий ледоход), севернее продолжительность ледохода меньше – около недели в с. Караул. Ледоход практически на всем исследуемом участке сопровождается навалами льда.

Навалы и торосы льда. Окончание ледостава по всему исследуемому участку в большей части случаев сопровождается навалами и торосами льда (табл. 4). Лед и высокие уровни воды могут приводить к повреждению гидротехнических сооружений (откосов плотин, дамб, опор мостов, ледосбросных сооружений) и судов не только в период образования заторов и зажоров, но и во время ледохода при образовании навалов льда [14].

Таблица 4. Число случаев опасных явлений на Нижнем Енисее
 Table 4. Number of adverse phenomena cases on the Lower Yenisei

Наименование поста	Число случаев (дни)		
	навалы и торосы льда	заторы	наледи
р. Енисей – пгт Стрелка	191	1	–
р. Енисей – г. Енисейск	153	–	–
р. Енисей – с. Назимово	222	3	–
р. Енисей – с. Ярцево	316	–	–
р. Енисей – с. Ворогово	664	8	–
р. Енисей – д. Подкаменная Тунгуска	168	16	–
р. Енисей – д. Бахта	232	4	30
р. Енисей – с. Верхнеимбатск	242	4	–
р. Енисей – с. Верещагино	189	3	–
р. Енисей – с. Селиваниха	74	11	–
р. Енисей – с. Курейка	10	9	–
р. Енисей – г. Игарка	164	23	–
р. Енисей – с. Потапово	139	13	–
р. Енисей – г. Дудинка	159	1	–
р. Енисей – с. Караул	150	–	–

Из-за изменения ледовых условий с применением технических средств для обеспечения навигации в самых северных районах, в г. Дудинка и с. Караул торосы льда – частое явление на протяжении всей зимы. В г. Дудинка находится одноименный морской порт, который круглый год обеспечивает транспортное сообщение для Норильска, также он является единственным морским портом, который ежегодно затапливается. Негативными последствиями, вызванными навалами льда и затоплением, является повреждение причальных стенок, выдавливание бетонных плит, повреждение подкрановых путей. [18].

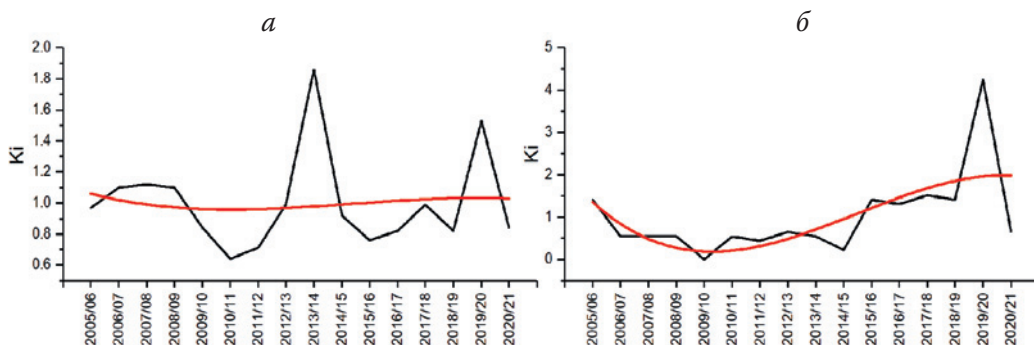


Рис. 2. Графики отклонения модульных коэффициентов от среднего для:
 а – продолжительности фазы замерзания на г/п с. Ярцево;
 б – дат разрушения ледостава на г/п с. Игарка.

Fig 2. Graphs of deviation of modular coefficients from mean for:

a) the duration of the freezing phase at station Yartsevo; b) dates of ice break-up at the station Igarka.

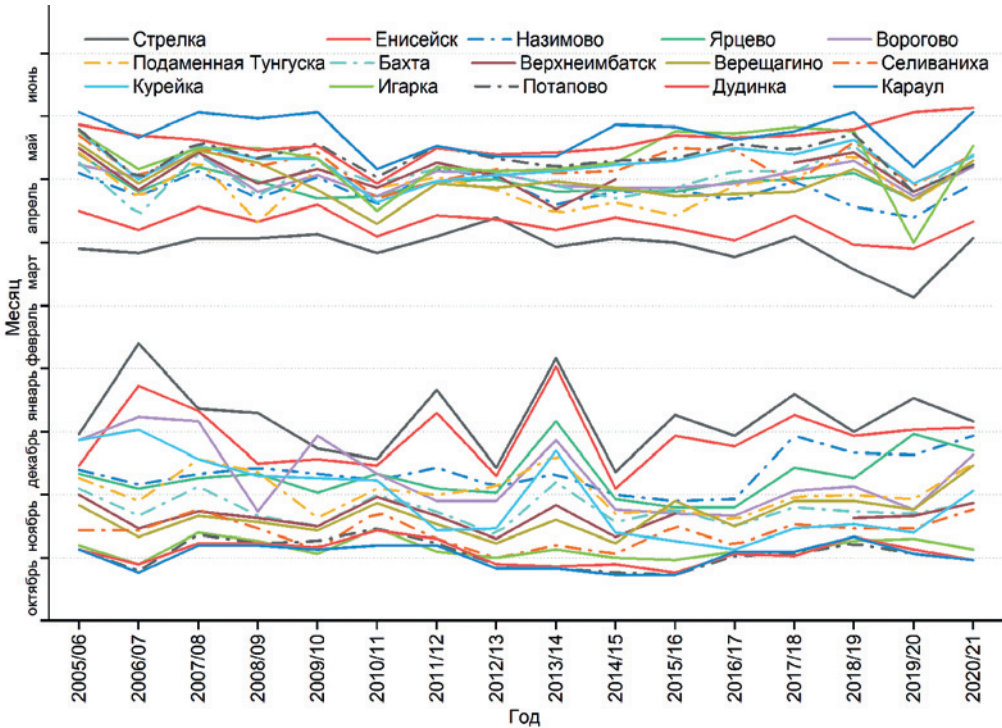


Рис. 3. Динамика дат начала и окончания ледостава на Нижнем Енисее.

Fig. 3. Dynamics of the beginning and the end dates of freeze-up and ice break-up on the Lower Yenisei.

Самое большое число случаев навалов льда за период наблюдений отмечено в районе с. Ворогово, наименьшее – в с. Курейка (табл. 4). Как показывает анализ взаимосвязи навалов льда и заторов, в большинстве случаев навалы льда формируются после прорыва затора или сразу после окончания ледостава [19]. Закономерность роста количества навалов и торосов льда замечена на большей части исследуемых гидрологических постов: пгт Стрелка, с. Назимово, с. Ярцево, с. Ворогово, д. Бахта, с. Верхнеимбатск, с. Курейка, с. Поталово и г. Дудинка.

Временная изменчивость показателей фазы замерзания и вскрытия.

Для анализа временной изменчивости для каждого поста рассчитаны значения модульных коэффициентов для продолжительности фазы замерзания и вскрытия, дат появления и исчезновения ледовых явлений, становления и исчезновения ледостава на реке. Затем были построены графики отклонения модульных коэффициентов от среднего за исследуемый период по каждому посту. Также для этих параметров рассчитаны коэффициенты вариации и асимметрии.

Зима 2013–2014 гг. была теплой и малоснежной, что отразилось на значениях модульных коэффициентов (рис. 2а) и на датах начала становления ледостава (рис. 3), они сместились на более поздние. Видимый скачок в 2013–2014 гг. зафиксирован на графиках становления ледостава на постах выше Верхнеимбатска. На постах, расположенных южнее, малоснежность повлияла на становление ледостава и продолжительность фазы замерзания. При больших снегопадах и

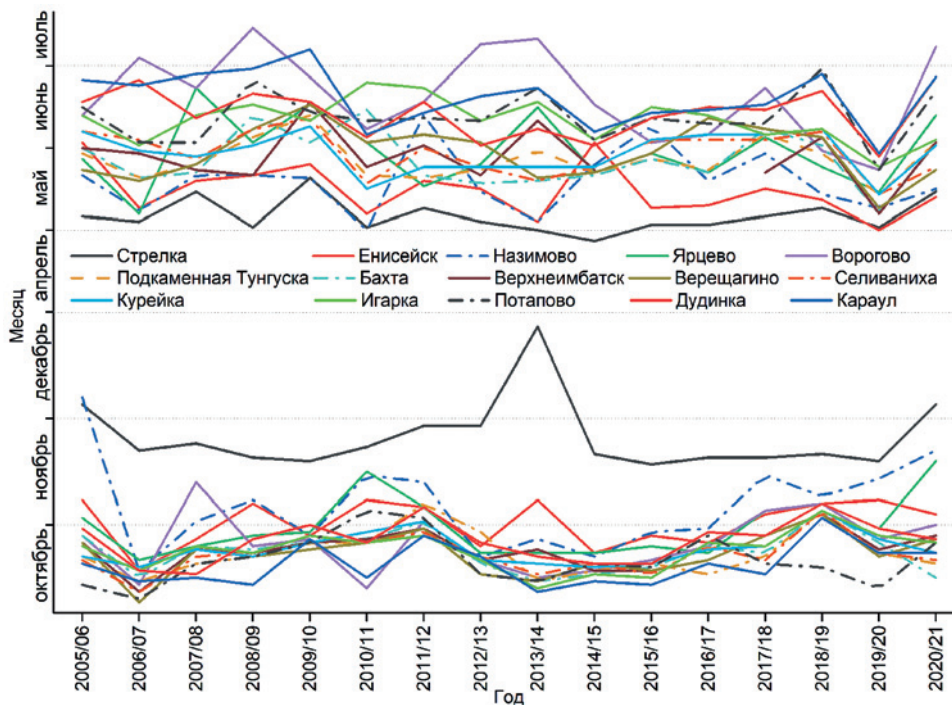


Рис. 4. Динамика дат начала и окончания ледовых явлений на Нижнем Енисее.
 Fig. 4. Dynamics of the beginning and the end dates of ice phenomena on the Lower Yenisei.

уже охлажденной воде снег, попадая в водоем, не тает, а образует кашеобразный слой – шугу. Впоследствии шуга формирует ледяные участки, которые смерзаются и образуют ледостав. Зимой 2013–2014 гг. снега было мало, что отразилось на более поздних датах становления ледостава и продолжительности фазы замерзания – она была длиннее (рис. 2а).

Наиболее сильная положительная аномалия температуры воздуха за последние 80 лет отмечена в зимний период 2019–2020 гг. на севере Евразии [20]. Это отразилось на графиках отклонения модульных коэффициентов для большей части гидрологических постов (рис. 2б). Очищение реки ото льда зимой 2019–2020 гг. также произошло намного раньше (рис. 4).

Следует отметить, что для зимы 2009–2010 гг. не прослеживается особенностей в графиках отклонения коэффициентов дат вскрытия и замерзания, хотя эта зима признана рекордно холодной за последние десятилетия [21].

Продолжительность ледовых явлений на реке на всех исследуемых постах имеет тренд на уменьшение, хотя этот тренд для пг Стрелка и с. Потاپово выражен незначительно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках проведенного исследования установлено, что изменение температуры воздуха за исследуемый период отражается на всех характеристиках ледовых явлений. Характер этих изменений, в основном, однозначен: на большей части территории даты замерзания смещаются на более поздние (в среднем на

неделю), а даты вскрытия практически не изменяются (в среднем на два дня раньше) и колеблются в одном диапазоне (начало мая), в связи с чем уменьшается длительность присутствия льда на Нижнем Енисее, за исключением пгт Стрелка. Также выявлено, что даты начала ледовых явлений практически не изменились, в среднем они начинаются позже на два дня. Даты окончания ледовых явлений сдвигаются на более ранние сроки (в среднем на неделю).

Аномально теплая зима 2019–2020 гг. значительно повлияла на даты вскрытия реки и на даты ее полного очищения ото льда. На 14 постах даты вскрытия сдвинулись на более ранние (в среднем на 18 дней), кроме одного из самых северных постов в г. Дудинка. Следующей зимой на всех 15 постах даты вскрытия сдвинулись на более поздние, в среднем также на 18 дней. Аналогичная ситуация наблюдалась для дат полного очищения реки ото льда: в 2019–2020 гг. в среднем ледовые явления заканчивались раньше на 21 день, а на следующую зиму даты вернулись обратно на более поздние, в среднем на 19 дней.

Гидрологический пост Стрелка значительно отличается от остальных исследуемых постов: почти на месяц позже здесь начинались ледовые явления за весь исследуемый период, но показатели ледостава таких отличий от остальных 14 постов при этом не имели. Отмечено, что за 2005–2021 гг. толщина льда демонстрировала тренд на уменьшение на большей части исследуемой территории, также на большей части постов увеличивалось число случаев с навалами и торосами льда. Продолжительность присутствия льда на реке на всех исследуемых постах имеет тренд на уменьшение, что соотносится с современными изменениями климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zuev V.V., Korotkova E.M., Uymanova V.A., Pavlinskiy A.V. Water level regime of the Maima river (Mountain Altai) in the context of modern climate changes // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 211. P. 012072.
2. Маргарян В.Г., Вершинин Д.А. Проявления изменения климата в ледовом режиме рек бассейна р. Дебед (Армения) // Геосферные исследования. 2021. № 1. С. 94–103.
3. Маргарян В.Г. Ледовый режим рек бассейна Дебед, Армения // Лед и Снег. 2021. Т. 61. № 2. С. 248–261.
4. Дмитриева В.А., Сушков А.И. Температурный режим Воронежской области в условиях меняющегося климата // Вестник ВГУ. Сер. География. Геоэкология. 2023. № 2. С. 56–63.
5. Вуглинский В.С. Оценка изменений характеристик ледового режима водных объектов для различных регионов страны в современных климатических условиях // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. Геология. География. 2014. № 3. С. 32–45.
6. Лобанов В.А., Горошкова Н.И. Характеристики ледового режима рек Республики Саха (Якутия) и их климатические изменения // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2019. № 55. С. 86–98.
7. Соколов А.А. Гидрография СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1952. 287 с.
8. Паромов В.В., Шантыкова Л.Н. Изменение характеристик ледового режима рек бассейна Верхнего Енисея // Лед и снег. 2010. № 2. С. 51–55.
9. Бураков Д.А., Ковшова Е.П., Ромасько В.Ю. Прогноз элементов ледового режима р. Енисей в осенне-зимний период в нижних бьефах высоконапорных ГЭС // Метеорология и гидрология. 2008. № 5. С. 93–102.
10. Антонов В.С. Ледовый показатель современной тенденции похолодания климата в низовьях Енисея // Проблемы Арктики и Антарктики. 1975. № 46. С. 84–90.

11. Соловьева З.С. Закономерности временной изменчивости сроков вскрытия низовьев и устьев рек Сибири. // Труды Арктического и Антарктического научно-исследовательского института. 1983. Т. 378. С. 113–122.
12. Волкова Д.Д., Румянцева Е.В. Многолетняя динамика ледового режима средних рек Арктической зоны Сибири. Теория и методы полярной науки: Материалы международной молодежной научной конференции по полярной геодезии, гляциологии, гидрологии и геофизике. Санкт-Петербург, 17–19 мая, 2018. С. 76–84.
13. Гинзбург Б.М. Сроки замерзания и вскрытия рек в конце XX века и возможные их изменения в XXI веке // Метеорология и гидрология. 2005. № 12. С. 88–97.
14. Агафонова С.А., Фролова Н.А., Василенко А.Н., Широкова В.А. Ледовый режим и опасные гидрологические явления на реках арктической зоны европейской территории России // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2016. № 6. С. 41–49.
15. Бузин В.А., Копалиани З.Д. Наводнения на реках России при современных тенденциях изменения климата // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2007. № 5. С. 43–54.
16. Донченко Р.В. Ледовый режим рек СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 242 с.
17. Агафонова С.А., Айбулатов Д.Н., Фролова Н.А., Козлов Д.В. Современное изменение ледового режима рек бассейна Волги // Природообустройство. 2014. № 3. С. 60–62.
18. Сидристый Д.В. Особенности эксплуатации Дудинского порта в период весеннего ледохода // Мат-лы VII Всеросс. научно-техн. конф. молодых исследователей: Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности. Волгоград, 20–25 апреля 2020. С. 77–78.
19. Горошкова Н.И., Стриженов А.В. Затопление льда и другие опасные ледовые явления на реках Ленинградской области // Заметки ученого. 2021. № 6–1. С. 530–537.
20. Frolov D. Peculiarities of weather and ground freezing conditions in Siberia and Russian Arctic in winter and spring period of 2019/2020 // *Journal of Physics*. Conference Series. 2020. Vol. 1614. P. 1–5.
21. Харламова Н.Ф. Долговременные климатические изменения на внутриконтинентальной территории России (Алтайский регион) // Известия Алтайского государственного университета. 2010. № 3–1. С. 133–140.

REFERENCES

1. Zuev V.V., Korotkova E.M., Uymanova V.A., Pavlinskiy A.V. Water level regime of the Maima River (Mountain Altai) in the context of modern climate changes. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 211. P. 012072.
2. Margaryan V.G., Vershinin D.A. Manifestations of climate change in the ice regime of the rivers of the Debed River basin (Armenia). *Geosphere research*. 2021. № 1. P. 94–103 (In Russ.).
3. Margaryan V.G. Ice regime of the rivers of the Debed basin, Armenia. *Ice and Snow*. 2021. Vol. 61. № 2. P. 248–261 (In Russ.).
4. Dmitrieva V.A., Sushkov A.I. Thermal Regime in the Voronezh Region in a Changing Climate. *Proceedings of VSU, Series: Geography. Geoecology*. 2023. № 2. P. 56–63 (In Russ.).
5. Vuglinsky V.S. Assessment of changes in the characteristics of the ice regime of water bodies for various regions of the country in modern climatic conditions. *Bulletin of St. Petersburg University. Series 7. Geology. Geography*. 2014. № 3. P. 32–45 (In Russ.).
6. Lobanov V.A., Goroshkova N.I. Characteristics of ice regime of the rivers of the Sakha Republic (Yakutia) and their climate changes. *Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University*. 2019. № 55. P. 86–98 (In Russ.).
7. Sokolov A.A. Hydrography of the USSR. L.: Gidrometeoizdat, 1952. 287 p.
8. Paromov V.V., Shantykhova L.N. Change of ice regime characteristics on the rivers in the Upper Yenisei basin. *Ice and Snow*. 2010. № 2. P. 51–55.
9. Burakov D.A., Kovshova E.P., Romasko V.Y. Forecast of some components of the Yenisei River ice regime in the downstream of high-head hydroelectric power station. *Meteorology and hydrology*. 2008. No. 5. P. 93–102 (In Russ.).
10. Antonov V.S. Ice indicator of the current trend of climate cooling in the lower reaches of the Yenisei. *Problems of the Arctic and Antarctic*. 1975. №. 46. P. 84–90 (In Russ.).
11. Solovyova Z.S. Patterns of temporal variability in the timing of opening of the lower reaches and mouths of Siberian rivers. *Proceedings of the Arctic and Antarctic Research Institute*. 1983. Vol. 378. P. 113–122 (In Russ.).

12. Volkova D.D., Rumyantseva E.V. Long-term dynamics of the ice regime of medium-sized rivers in the Arctic zone of Siberia. *Theory and Methods of Polar Science: Proceedings of International youth scientific conference on the polar geodesy, glaciology, hydrology and geophysics*. St. Petersburg May 17-19, 2018. P. 76–84 (In Russ.).
13. Ginzburg B.M. River freeze-up and breakup dates in the late 20th century and their possible changes in the 21st century. *Meteorology and hydrology*. 2005. № 12. P. 88–97 (In Russ.).
14. Agafonova S.A., Frolova N.L., Vasilenko A.N., Shirokova V.A. Ice regime and dangerous hydrological phenomena on the rivers of the Arctic zone of the European territory of Russia. *Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography*. 2016. № 6. P. 41–49 (In Russ.).
15. Buzin V.A., Kopaliani Z.D. The inundations on the rivers of Russia with the current weather-change trends to the alteration of climate. *Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University*. 2007. № 5. P. 43–54 (In Russ.).
16. Donchenko R.V. Ice regime of rivers in the USSR. L.: Gidrometeoizdat, 1987. 242 p. (In Russ.).
17. Agafonova S.A., Aibulatov D.N., Frolova N.L., Kozlov D.V. Contemporary changes in the ice regime of water in the Volga basin. *Nature Management*. 2014. № 3. P. 60–62 (In Russ.).
18. Sidristy D.V. Features of the operation of the Dudinsky port during the spring ice drift. *Materials of the VII All-Russian (with international participation) scientific and technical conference of young researchers: Current problems of construction, housing and communal services and technosphere safety*. Volgograd, April 20-25, 2020. P. 77–78 (In Russ.).
19. Goroshkova N.I., Strizhenok A.V. Ice jam and other dangerous ice phenomena on the rivers of the Leningrad region. *Notes of a scientist*. 2021. No. 6-1. P. 530–537 (In Russ.).
20. Frolov D. Peculiarities of weather and ground freezing conditions in Siberia and Russian Arctic in winter and spring period of 2019/2020. *Journal of Phisies*. Conference Series. 2020. Vol. 1614. P. 1–5 (In Russ.).
21. Kharlamova N.F. Long-Term Climatic Changes in the Intercontinental Territory of Russia (Altai Region). *News of the Altai State University*. 2010. № 3-1. P. 133–140 (In Russ.).

Сведения об авторах:

Зуев Владимир Владимирович, чл.-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН», Россия, 634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3; ORCID: 0000-0002-2351-8924; e-mail: vzuev@list.ru

Уйманова Валерия Александровна, канд. геогр. наук, научный сотрудник, ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН», Россия, 634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3; доцент кафедры гидрологии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; ORCID: 0000-0002-1248-7122; e-mail: skvaleri91@mail.ru

Павлинский Алексей Валерьевич, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН» Россия, 634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3; ORCID: 0000-0002-0426-9555; e-mail: wf@inbox.ru

About the authors:

Vladimir V. Zuev, Corresponding Member of RAS, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Principal Researcher, Institute of monitoring of climatic and ecological systems SB RAS, pr. Akademichesky, 10/3, Tomsk, 634055, Russia; ORCID: 0000-0002-2351-8924; e-mail: vzuev@list.ru

Valeria A. Uymanova, Candidate of Geographical Sciences, Researcher, Institute of monitoring of climatic and ecological systems SB RAS, pr. Akademichesky, 10/3, Tomsk, 634055, Russia; Associate Professor, Department of Hydrology, National Research Tomsk State University, Lenin Ave., 36; Tomsk, 634050, Russia; ORCID: 0000-0002-1248-7122; e-mail: skvaleri91@mail.ru

Aleksey V. Pavlinsky, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Institute of monitoring of climatic and ecological systems SB RAS, pr. Akademichesky, 10/3, Tomsk, 634055, Russia; ORCID: 0000-0002-0426-9555; e-mail: wf@inbox.ru