

УДК 624.145.8  
Научная специальность: 3.2.6; 6.1.6

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2024

# О подходе к решению задачи снижения вероятности возникновения заторов на участке реки

Ткаченко Ю.А.,  
Ткаченко П.Н.\*,  
Иванов Е.В.,

Академия гражданской  
защиты МЧС России,  
141435, Россия, Московская  
область, г. Химки,  
мкр. Новогорск,  
ул. Соколовская, стр. 1А

## Аннотация

Наводнения на реках являются опасными гидрологическими явлениями и несут угрозу затопления территорий, на которых могут находиться населенные пункты, объекты экономики, в том числе критически важные и потенциально опасные. Зачастую наводнения вызваны формированием заторов в процессе вскрытия рек. Однако прогнозирование возникновения заторов достаточно проблематично, и для обеспечения защиты населения и территорий от подобных явлений необходимо выполнять достаточно большой комплекс мероприятий, что ведет к большим экономическим издержкам.

Цель работы заключается в обосновании подхода по снижению вероятности возникновения заторов на участке реки за счет выполнения предупредительных инженерно-технических мероприятий. Вероятность возникновения заторов зависит от различных факторов образования заторов, которые обладают некоторыми параметрами (характеристиками). Статистическая обработка данных, накопленных за много лет гидрологических наблюдений, позволяет получить некоторую вероятностную оценку возникновения затора на участке реки, которая дает возможность определить необходимость и важность проведения инженерно-технических мероприятий по снижению вероятности возникновения заторов, а вместе с ней и наводнений. В статье представлен подход для решения задачи по снижению вероятности возникновения заторов на участке реки с учетом того, что при выполнении инженерно-технических мероприятий предупредительного характера изменяются параметры факторов образования заторов. Методы, используемые в работе для получения вероятностной оценки возникновения заторов — анализ существующих подходов по вероятностной оценке возникновения заторов, множественный регрессионный анализ. Значительное внимание уделено порядку формирования целевой функции на основе обработки статистических данных. На основе определения степени значимости влияния частных параметров на целевой показатель — вероятность возникновения заторов на участке реки, которые могут привести к наводнению, предложен алгоритм формирования системы ограничений для параметров факторов образования заторов. В результате представлен подход к определению вероятности возникновения заторов при проведении инженерно-технических мероприятий.

**Ключевые слова:** заторные явления; паводковые наводнения; факторы образования заторов; мероприятия защиты; статистическая обработка; вероятность возникновения заторов.

**Для цитирования:** Ткаченко Ю.А., Ткаченко П.Н., Иванов Е.В. О подходе к решению задачи снижения вероятности возникновения заторов на участке реки // Проблемы анализа риска. 2024. Т. 21. № 1. С. 56–64.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

# On the Approach to Solving the Problem of Reducing the Likelihood of Congestion on the River Section

Yuliya A. Tkachenko,  
Pavel N. Tkachenko\*,  
Evgeniy V. Ivanov,

Civil Defence Academy  
of Emercom of Russia  
Sokolovskaya str., bld. 1A,  
Moscow region, Khimki,  
md. Novogorsk, 141435, Russia

## Abstract

Floods on rivers are dangerous hydrological phenomena and pose a threat of flooding of territories where settlements, economic facilities, including critically important and potentially dangerous ones, may be located. Floods are often caused by the formation of congestion during the opening of rivers, however, forecasting the occurrence of congestion is quite problematic, and in order to protect the population and territories from such phenomena, it is necessary to carry out a sufficiently large set of measures, which leads to high economic costs. The purpose of the work is to substantiate an approach to reduce the likelihood of congestion on the river section by performing preventive engineering and technical measures. The probability of congestion depends on various factors of congestion formation, which have some parameters (characteristics). Statistical processing of data accumulated over many years of hydrological observations allows us to obtain some probabilistic assessment of the occurrence of congestion on the river section, which makes it possible to determine the need and importance of engineering and technical measures to reduce the likelihood of congestion, and with it floods. The article presents an approach to solving the problem of reducing the likelihood of congestion on the river section, taking into account the fact that when performing engineering and technical measures of a preventive nature, the parameters of the factors of congestion formation change. The methods used in the work to obtain a probabilistic assessment of the occurrence of congestion are the analysis of existing approaches for the probabilistic assessment of the occurrence of congestion, multiple regression analysis. Considerable attention is paid to the order of formation of the objective function, based on the processing of statistical data. Based on determining the degree of significance of the influence of particular parameters on the target indicator — the probability of congestion on a river section that can lead to flooding, an algorithm for forming a system of restrictions for the parameters of congestion factors is proposed. As a result, an approach to determining the probability of congestion during engineering and technical measures is presented.

**Keywords:** congestion; floods; congestion factors; protection measures; statistical processing; probability of congestion.

**For citation:** Tkachenko Yu.A., Tkachenko P.N., Ivanov E.V. On the approach to solving the problem of reducing the likelihood of congestion on the river section // *Issues of Risk Analysis*. 2024;21(1):56–64. (In Russ.).

**The authors declare no conflict of interest.**

## Содержание

Введение

1. Факторы образования заторов

2. Постановка задачи снижения вероятности возникновения заторов

3. Подход к решению задачи снижения вероятности возникновения заторов на участке сероводородом

Заключение

Список источников

## Введение

Формирование заторов льда в процессе вскрытия рек является опасным природным (гидрологическим) явлением, которое характерно для большинства рек России. Наводнения, вызванные заторами, сопровождаются высоким гидродинамическим давлением воды, значительным подъемом уровня воды в реках [1] ударным механическим воздействием заторного льда, размывом и затоплением берегов с разрушением прибрежных сооружений, затоплением территорий [2].

За последние 30 лет в России зарегистрировано более 130 наводнений вследствие заторов (см. рис. 1а) с зафиксированным материальным ущербом более 300 млрд руб. [3]. Наибольший ущерб от ежегодных наводнений причиняется имуществу граждан, объектам промышленности и экономики, дорожной инфраструктуре (см. рис. 1б) [4, 5].

Возникновение заторных наводнений зависит от множества факторов, и поэтому весьма затруднительно с достаточно высокой степенью вероятности определить место и время возникновения заторов, а вместе с ними и наводнений, которые могут быть чрезвычайно опасными, превышая значения уровня воды над критической отметкой более трех метров. При этом подобные явления наносят значительный материальный и моральный ущерб, приводят к гибели людей, полностью парализуют хозяйственный и бытовой уклад [6]. Как правило, возникновение заторов является основной причиной наводнений в период вскрытия рек.

## 1. Факторы образования заторов

Существуют подходы к формированию научно-методического аппарата определения вероятности возникновения заторов, а вместе с ними и подходы

к определению необходимых инженерно-технических мероприятий по защите населения и территорий от наводнений вследствие заторов.

Для определения вероятности возникновения заторов в первую очередь определяют факторы, способствующие их образованию. В общем случае на сегодняшний день исследования посвящены изучению влияния морфологических, гидрометеорологических и антропогенных факторов. В работе [7] приведены результаты исследований влияния морфологических факторов на образование заторов на основе статистической зависимости возникновения заторов на различных участках рек. Представлена зависимость частоты возникновения заторов в пределах речного участка от бинарных переменных, характеризующих наличие:

- изменений речного русла в плане (крутой поворот, излучина, меандр);
- деления речного потока (разветвления, рукава, острова);
- изменений глубин речного потока (плёсы, перекаты, пороги, отмели).

В практике прогнозирования образования заторов большее внимание уделяется влиянию гидрометеорологических факторов, таких как:

- задержка вскрытия, обусловленная повышенной потенциальной сопротивляемостью ледяного покрова;
- значительная интенсивность формирования и продвижения паводочной волны и расход паводка, определяющий силовое воздействие потока, необходимое для разрушения ледяного покрова, торошения и сжатия льдов; количество и прочность льда, достаточные для формирования заторных скоплений [6].

В работе [8] затрагивается возможность влияния на образование заторов антропогенных факторов,



Рис. 1. Количество наводнений в России с 1991 г. по 2021 г. (а), ущерб от наводнений (б)

Figure 1. The number of floods in Russia from 1991 to 2021 (a), flood damage (b)

не учтенных в существующих методиках, таких как: добыча песчано-гравийных материалов, складирование добываемых материалов в руслах и поймах рек, зимний отстой судов в протоках, наличие мостовых переходов, дамб обвалования и ледозащитных дамб [9].

В большинстве существующих методик определения вероятности возникновения заторов не учитывается одновременное наличие перечисленных выше факторов образования заторов. Более того, для защиты населения и территорий недостаточно только вычислить вероятность возникновения затора, необходимо определить требуемые инженерно-технические мероприятия по защите населения и территорий от заторных наводнений, и какое влияние окажут проведенные мероприятия на вероятность возникновения заторов. В работах [10–12] предлагаются различные подходы к рациональному выбору мероприятий защиты от наводнений [11, 12], оценке вклада заблаговременных мероприятий в снижение ущерба от чрезвычайных ситуаций, связанных с наводнениями [10], но они недостаточно проработаны с точки зрения влияния выполненных защитных мероприятий на вероятность возникновения заторов.

## 2. Постановка задачи снижения вероятности возникновения заторов

Все заблаговременно проводимые мероприятия направлены на исключение или сведение к минимуму вероятности возникновения заторов, которые, в свою очередь, вызывают наводнения.

Таким образом, снижение вероятности возникновения заторов может быть осуществлено за счет реализации следующих взаимосвязанных действий:

- оценки вероятности возникновения заторных наводнений с учетом многомерного распределения случайных факторов для каждого конкретного участка реки;

- оценки степени влияния мероприятий по снижению вероятности возникновения заторов на выявленные значимые факторы;

- выполнения в превентивном порядке мероприятий по снижению вероятности возникновения заторов.

## 3. Подход к решению задачи снижения вероятности возникновения заторов на участке реки

Водный режим рек обусловлен особенностями формирования стока. Возникновение заторов наиболее вероятно на реках со снежным формированием стока при течении с юга на север. Наиболее опасными участками рек, с точки зрения возможного причинения ущерба во время наводнения из-за заторов, являются участки с крупными населенными пунктами, где сосредоточено большое количество жилых строений, объектов инфраструктуры, коммуникаций, объектов экономики, в том числе и потенциально опасных.

Для оценки вероятности возникновения заторных наводнений от параметров различных факторов для интересующего створа может быть предложена статистическая модель, реализующая алгоритм построения линейной регрессии по известным данным об измеряемых параметрах и факте возникновения (отсутствия) заторного наводнения (см. табл. 1).

На основании представленных для анализа статистических данных методом наименьших квадратов

**Таблица 1. Вид таблицы данных для построения зависимости вероятности возникновения затора от параметров влияющих факторов**

*Table 1. A type of data table for constructing the dependence of the probability of congestion on the parameters of influencing factors*

№ п/п	Факторы									Регистрация события
	Морфологические			Гидрометеорологические			Антропогенные			
	$n_1$	...	$n_n$	$g_1$	...	$g_i$	$a_1$	...	$a_p$	
1	$n_1^1$	...	$n_n^1$	$g_1^1$	...	$g_i^1$	$a_1^1$	...	$a_p^1$	0
2	$n_1^2$	...	$n_n^2$	$g_1^2$	...	$g_i^2$	$a_1^2$	...	$a_p^2$	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$r$	$n_1^r$	...	$n_n^r$	$g_1^r$	...	$g_i^r$	$a_1^r$	...	$a_p^r$	1

где:  $r$  — число наблюдений для статистической обработки;  $n, g, a$  — параметры факторов образования заторов; «0» — заторное наводнение не наблюдалось; «1» — заторное наводнение наблюдалось.

строится многофакторная линейная регрессия следующего вида:

$$P = P_0 + \alpha_{n_1} n_1 + \dots + \alpha_{n_n} n_n + \alpha_{g_1} g_1 + \dots + \alpha_{g_l} g_l + \alpha_{a_1} a_1 + \dots + \alpha_{a_p} a_p, \quad (1)$$

где:

$\alpha$  — весовые коэффициенты перед значимыми параметрами уравнения регрессии;

$P_0$  — свободный член уравнения регрессии.

На следующем шаге формируется система ограничений по факторам, оказывающим влияние на вероятность возникновения заторного наводнения, для чего определяется фактор по наибольшему влиянию на конечный результат, как произведение коэффициента линейной регрессии на среднее значение фактора.

При этом вычисления допускается производить отдельно для факторов, принимающих бинарные состояния (например, наличие мостового перехода для антропогенных факторов). Определим параметры в каждом случае на отрезке  $[\Pi_{\min}; \Pi_{\max}]$ , ограничения которого будут соответствовать наибольшим и наименьшим значениям одного из аргументов. Заметим, что в (1)  $P$  — линейная функция нескольких переменных, следовательно:

- она принимает наибольшее значение, если по величине максимальны значения слагаемых с положительными коэффициентами и минимальны слагаемые с отрицательными коэффициентами;
- она принимает наименьшее значение, если по величине минимальны значения слагаемых с положительными коэффициентами и максимальны слагаемые с отрицательными коэффициентами.

Таким образом, область определения лежит в следующих пределах,  $E(P) \subseteq [0; 1]$  (вероятность возникновения затора варьируется от 0 до 1), если:

$$\begin{cases} P_0 - \Pi_{\min} + \Pi_{\max} \leq 1 \\ P_0 - \Pi_{\max} + \Pi_{\min} \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

где:

$\Pi_{\min}$  — минимальные параметры, весовые коэффициенты которых в уравнении регрессии принимают отрицательные значения;

$\Pi_{\max}$  — максимальные параметры, весовые коэффициенты которых в уравнении регрессии принимают отрицательные значения;

$\Pi_{\min}$  — минимальные параметры, весовые коэффициенты которых в уравнении регрессии принимают положительные значения;

$\Pi_{\max}$  — максимальные параметры, весовые коэффициенты которых в уравнении регрессии принимают положительные значения.

Для случаев бинарных переменных строятся  $2^n$  систем уравнений, где  $n$  — число факторов, принимающих бинарное значение.

Графически решение может быть представлено в следующем виде (см. рис. 2).

Таким образом, для функции  $P$  может быть предложена следующая система ограничений:

$$\left\{ \begin{array}{l} n_{1\min} \leq n_1 \leq n_{1\max} \\ \dots \dots \dots \\ n_{n\min} \leq n_n \leq n_{n\max} \\ g_{1\min} \leq g_1 \leq g_{1\max} \\ \dots \dots \dots \\ g_{l\min} \leq g_l \leq g_{l\max} \\ a_{1\min} \leq a_1 \leq a_{1\max} \\ \dots \dots \dots \\ a_{p\min} \leq a_p \leq a_{p\max} \end{array} \right. \quad (3)$$

Учитывая, что на параметры, влияющие на вероятность возникновения заторного наводнения, можно повлиять только за счет реализации соответствующих мероприятий, для каждого створа реки, по которому оценивается вероятность возникновения заторного наводнения, может быть построена таблица следующего вида (см. табл. 2).

Практика показывает, что для успешного решения задач по предупреждению заторов в период организации и осуществления противопаводковых мероприятий необходимо производить расчеты для всего участка реки, а не только для локального створа.

Тогда для реализуемых мероприятий необходимо ввести систему ограничений следующего вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{n_1} \leq m_{n_{1\max}} \\ \dots \dots \dots \\ m_{n_n} \leq m_{n_{n\max}} \\ m_{g_1} \leq m_{g_{1\max}} \\ \dots \dots \dots \\ m_{g_l} \leq m_{g_{l\max}} \\ m_{a_1} \leq m_{a_{1\max}} \\ \dots \dots \dots \\ m_{a_p} \leq m_{a_{p\max}} \end{array} \right. \quad (4)$$

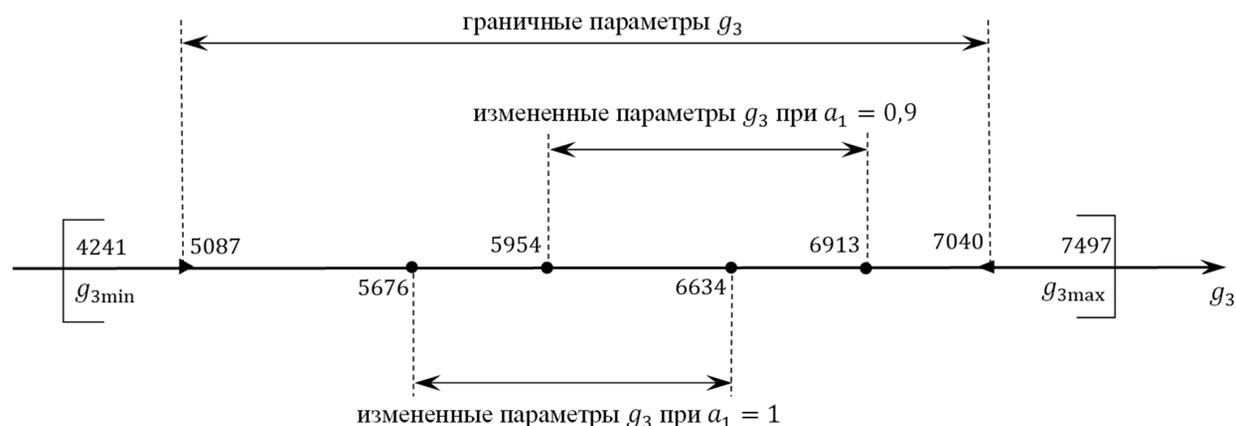


Рис. 2. Пример графического представление системы ограничений для функции оценки вероятности возникновения заторного наводнения.  $g_3$  — расход воды в створе,  $a_1$  — относительная величина, характеризующая наличие мостового перехода

Figure 2. An example of a graphical representation of a restriction system for the function of estimating the probability of a congestion flood.  $g_3$  is the water flow rate in the alignment,  $a_1$  is the relative value characterizing the presence of a bridge crossing

Таблица 2. Отметка о проведении мероприятия по изменению параметров факторов образования заторов (1 – мероприятие проведено, 0 – мероприятие не проводилось) и расчетные вероятности возникновения заторного наводнения в створе реки после проведенных мероприятий

Table 2. A note on the holding of an event to change the parameters of congestion formation factors (1 – the event was held, 0 – the event was not held) and the calculated probabilities of a congestion flood in the riverbed after the events

Мероприятия	Факторы									Вероятность
	Морфологические			Гидрометеорологические			Антропогенные			
	$n_1$	...	$n_n$	$g_1$	...	$g_l$	$a_1$	...	$a_p$	
$m_1$	1	...	0	0	...	0	0	...	0	$P_{m_1}$
$m_2$	0	...	1	0	...	0	0	...	0	$P_{m_2}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$m_i$	0	...	0	1	...	0	0	...	0	$P_{m_i}$

Величины  $m$  при решении задачи принимают конкретные бинарные значения: «1», если мероприятие реализуется, «0», если реализация мероприятия не планируется,  $m_{\max}$  для конкретного параметра принимается как максимальное число условных «1», которые могут быть реализованы для оцениваемых створов всего участка реки.

Решение задачи по минимизации вероятности возникновения заторов только для одного створа (формула (1)), может и не привести к максимальному уменьшению вероятности возникновения заторов для участка реки.

Если рассматривать, что на одном участке реки может быть несколько створов, на которых возможно

возникновение заторов, причем вероятности возникновения заторов на каждом из этих створов независимы в совокупности, то вероятность возникновения затора на рассматриваемом участке реки будет определяться по следующей формуле:

$$P(mK) = 1 - \prod_{j=1}^k (1 - P_{m_j}(K_j)), \quad (5)$$

где:

$P_{m_j}(K_j)$  — вероятность возникновения заторного наводнения на  $j$ -ом створе рассматриваемого участка реки;

$k$  — количество створов, для которых осуществляется оценка и где вероятность возникновения затора оценивается как статистически значимая.

**Таблица 3. Оценка вероятности возникновения заторного наводнения на участке реки**

Table 3. Estimation of the probability of jam flooding along the river section

Мероприятия	Участок реки				Вероятность	Ограничения
	Створ 1	Створ 2	...	Створ k		
$m_1$	1	0	...	1	$P(m_1, K)$	$m_1 \leq m_{1\max}$
$m_2$	1	1	...	0	$P(m_2, K)$	$m_2 \leq m_{2\max}$
...	...	...	...	...		...
$m_{\text{доп}}$	1	1	...	1	$P(m_{\text{доп}}, K)$	$m_{\text{доп}} \leq m_{\text{доп max}}$
Вероятность	$P_m(K_1)$	$P_m(K_2)$	...	$P_m(K_k)$	$P(mK)$	

При этом для каждого рассматриваемого  $j$ -го створа участка реки зависимость вида (1) будет своя. Соответственно и степень влияния каждого мероприятия на каждом створе будет индивидуальна. Формируем таблицу для оценки влияния проведенных мероприятий на вероятность образования заторов на участке реки (см. табл. 3).

### Заключение

Таким образом, рассмотрены факторы образования заторов на участке реки, в отличие от существующих подходов предлагается учитывать влияние антропогенных факторов на образование заторов. Представлен подход к определению вероятности возникновения заторов, которые могут привести к наводнениям после проведенных мероприятий на участке реки, с учетом того, что на этом участке может быть несколько створов, содержащих факторы образования заторов. Определение вероятности возникновения заторов в створах, системы ограничений для параметров факторов образования заторов, а также расчет вероятности возникновения заторов на всем исследуемом участке реки позволят сформировать необходимый перечень инженерно-технических мероприятий для изменения параметров факторов и тем самым снизить вероятность возникновения заторов на участке реки.

### Список источников [References]

1. Федоров М. П., Федорова Л. Л., Омеляненко А. В. Исследование пропускной способности русла р. Лена методом георадиолокации // Естественные и технические науки. 2018. № 10 (124). С. 117–122 [Fedorov M. P. Study of the carrying capacity of the Lena riverbed by the method of georadiolocation / M. P. Fedorov, L. L. Fedorova, A. V. Omelianenko // Natural and Technical Sciences. 2018;(10):117–122. (In Russ.)]

2. ГОСТ Р 22.1.08-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных гидрологических явлений и процессов. Общие требования. М., 1999. 8 с. [GOST R22.1.08-99. Safety in emergency situations. Monitoring and forecasting of dangerous hydrological phenomena and processes. General requirements. M., 1999. 8 p. (In Russ.)]
3. Неблагоприятные условия погоды, нанешие экономические потери. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. [Электронный ресурс] — Режим доступа <http://meteo.ru/data/310-neblagopriyatnye-usloviya-pogody-nanjosshie-ekonomicheskie-poteri> (дата обращения: 10.11.2023). [Adverse weather conditions causing economic losses. Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. [Electronic resource] Access mode: <http://meteo.ru/data/310-neblagopriyatnye-usloviya-pogody-nanjosshie-ekonomicheskie-poteri> (accessed: 10.11.2023). (In Russ.)]
4. Мазур И. С., Шигарова З. И., Бокарев А. И. Методика установления степени опасности наводнений на реках // Динамика систем, механизмов и машин. 2012. № 3. С. 328–332 [Mazur I. S., Shigarova Z. I., Bokarev A. I. Methodology for determining the degree of flood hazard on rivers // Dynamics of systems, mechanisms and machines. 2012;(3):328–332. (In Russ.)]
5. Ткаченко Ю. А., Пономарев А. И., Иванов Е. В., Саяпин О. В. Постановка задачи обоснования рациональных перечня и объемов инженерно-технических мероприятий в условиях возникновения заторов // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2022. № 3(54). С. 59–63 [Tkachenko Yu. A., Ponomarev A. I., Ivanov E. V., Sayapin O. V. Statement of the task of substantiating the rational list and scope of engineering and technical measures in the conditions of congestion // Scientific and Educational Tasks of Civil Defence. 2022;(3):59–63. (In Russ.)]

6. Ткаченко Ю.А. Анализ гидрометеорологических факторов образования заторов на реках Томской области / Ю.А. Ткаченко, А.Н. Тедуриева, Е.Е. Остапчук // Совершенствование Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны Российской Федерации на современном этапе: Сборник трудов секции № 1 XXXII Международной научно-практической конференции, Химки, 01 марта 2022 года. Химки: Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2022. С. 101–105. [Tkachenko Yu. A. Analysis of the hydrometeorological factors of congestion on the rivers of the Tomsk region / Yu. A. Tkachenko, A. N. Tedurieva, E. E. Ostapchuk // Improving the Unified State System of Emergency Prevention and Response and Civil Defense of the Russian Federation at the present stage: Proceedings of Section No. 1 of the XXXII International Scientific and Practical Conference, Khimki, March 01, 2022. Khimki: Academy of Civil Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, 2022. P. 101–105. (In Russ.)]
7. Козлов Д.В., Кулешов С.Л. Многомерный анализ данных при оценке факторов заторообразования в речных бассейнах // Водные ресурсы. 2019. Т. 46. № 2. С. 132–141. <https://doi.org/10.31857/S0321-0596462132-141> [Kozlov D. V., Kuleshov S. L. Multidimensional data analysis of jamming factors in river basins // Vodnye resursy. 2019;46(2):132–141. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0321-0596462132-141>]
8. Агафонова С.А., Беркович К.М., Рулева С.Н. [и др.] Современные особенности морфологии русла и процессов заторообразования на реке Томь // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2012. № 6. С. 21–33 [Agafonova S. A., Berkovich K. M., Ruleva S. N. [et al.] Present-day specific features of the channel morphology and ice-jam formation at the Tom' river // Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management. 2012;(6):21–33. (In Russ.)]
9. Ткаченко Ю.А., Ткаченко П.Н., Тедуриева А.Н., Иванов Е.В. Анализ научно-методических подходов к прогнозированию заторных явлений в Томской области // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2022. № 2(53). С. 29–37 [Tkachenko Yu. A., Tkachenko P. N., Tedurieva A. N., Ivanov E. V. Analysis of scientific and methodological approaches to prediction of jam phenomena in the Tomsk region // Scientific and Educational Tasks of Civil Defence. 2022;(2): 29–37. (In Russ.)]
10. Ткаченко П.Н., Вакорин М.В. Методика оценки вклада заблаговременных противопаводковых мероприятий в снижение ущерба от чрезвычайных ситуаций, связанных с наводнениями // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2020. № 4(19). С. 58–63 [Tkachenko P. N., Vakorin M. V. Analysis of the problem situation in case of using information flood forecasting systems by units of EMERCOM of Russia // Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2020;(4):58–63. (In Russ.)]
11. Ильков А.В., Белоусов Р.Л. Системный анализ факторов заторообразования на реках севера Европейской части России // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2015. № 3(26). С. 64–72 [Ilkov A. V., Belousov R. L. System analysis of factors congestion formation on rivers Northern European Russia // Scientific and Educational Tasks of Civil Defence. 2015;(3):64–72. (In Russ.)]
12. Вакорин М.В., Письменский Н.В., Ткаченко П.Н. Постановка научной задачи обоснования рационального комплекса мероприятий для снижения ущерба от наводнений на реках со снежным типом формирования речного стока // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 4(43). С. 63–71 [Vakorin M. V., Pismensky N. V., Tkachenko P. N. Statement of the scientific problem of substantiation of the rational complex of actions to reduce the damage from flooding on rivers with a snow type of formation of a river flow // Scientific and Educational Tasks of Civil Defence. 2019;(4):63–71. (In Russ.)]

## Сведения об авторах

**Ткаченко Юлия Анатольевна:** младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела (организации подготовки научно-педагогических кадров) научно-исследовательского центра, Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской

обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени генерал-лейтенанта Д. И. Михайлика», ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», г. Химки

Количество публикаций: 17

Область научных интересов: безопасность в чрезвычайных ситуациях, защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций

ORCID: 0009-0003-2559-3391

*Контактная информация:*

Адрес: 141435, Московская область, г. Химки, мкр. Новогорск, ул. Соколовская, стр. 1А

**Ткаченко Павел Николаевич:** кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры (оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО), Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени генерал-лейтенанта Д. И. Михайлика», ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», г. Химки

Количество публикаций: 52

Область научных интересов: защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, анализ риска

ResearcherID: JZS-8355-2024

Scopus Author ID: ID: 57212276539

ORCID: 0009-0007-4102-346X

*Контактная информация:*

Адрес: 141435, Московская область, г. Химки, мкр. Новогорск, ул. Соколовская, стр. 1А  
p.tkachenko@agz.50.mchs.gov.ru

**Иванов Евгений Вячеславович:** кандидат технических наук, доцент кафедры (аварийно-спасательных работ), Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени генерал-лейтенанта Д. И. Михайлика», ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», г. Химки

Количество публикаций: 137

Область научных интересов: защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, анализ риска

Scopus Author ID: 57209274032

ORCID: 0000-0002-9093-1559

*Контактная информация:*

Адрес: 141435, Московская область, г. Химки, мкр. Новогорск, ул. Соколовская, стр. 1А

Статья поступила в редакцию: 18.12.2023

Одобрена после рецензирования: 09.01.2024

Принята к публикации: 11.01.2024

Дата публикации: 29.02.2024

*The article was submitted: 18.12.2023*

*Approved after reviewing: 09.01.2024*

*Accepted for publication: 11.01.2024*

*Date of publication: 29.02.2024*