

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕДЯНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕДОВЫХ ПЕРЕПРАВ

**А. С. Сыромятникова**

Институт физико-технических проблем Севера имени В. П. Ларионова  
Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения РАН»,  
Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова  
(Якутск, Российская Федерация)

**Л. К. Федорова**

Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова (Якутск, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 30 сентября 2021 г.

*В качестве заменителя традиционных строительных материалов в северной строительной-климатической зоне рассматривается армированный лед. Показана эффективность применения волокнистых наполнителей природного происхождения в ледяной матрице в качестве армирующей добавки: их введение приводит к двух-трехкратному повышению прочности на изгиб пресного льда. Проведена прогнозная оценка сокращения разрешенных сроков введения в эксплуатацию ледовой переправы из таких материалов через северные водоемы и показано, что усиление ледовой переправы послойным намораживанием смеси воды и базальтовой фибры приводит к значительному уменьшению указанных сроков.*

**Ключевые слова:** армирование льда, природные волокнистые наполнители, базальтовая фибра, ледяные композиционные материалы, прочность на изгиб, ледовая переправа.

### Введение

Сейчас в мире наблюдается повышенное внимание к освоению Арктики в силу сырьевых, транспортных, военных и геополитических причин. Внимание России к Арктике обусловлено обеспечением безопасности страны, необходимостью освоения богатых запасов минерального и углеводородного сырья, возможностью круглогодичного транспортного сообщения по Северному морскому пути.

Необходимым условием освоения Арктики является наличие материалов, способных надежно функционировать в составе технических устройств и сооружений в жестких арктических условиях, — арктических материалов [1].

Юридическое определение границ Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) дано в указе Президента РФ: ледовые и морские участки с островами, проливами и небольшая часть побережья, однако так как основной климатической характеристикой Арктики является холод, то, как справедливо отмечают ведущие специалисты по арктическому материаловедению, к Арктике следует относить все зоны холодного климата с вечной мерзлотой грунта независимо от географического расположения [1—3].

Особенности арктического климата — низкие среднегодовые температуры, сильные ветровые нагрузки, высокая влажность в морской зоне, оледенение и налипание снега, высокая солнечная радиация в полярный день, ультрафиолетовая недостаточность,

высокая уязвимость природных комплексов по отношению к антропогенному воздействию и длительность их восстановления. АЗРФ отличается труднодоступностью, отсутствием круглогодичной наземной транспортной системы, абсолютной зависимостью объектов жизнеобеспечения, условий жизнедеятельности и населения от северного завоза [1—3].

В этих условиях чрезвычайную важность приобретает использование местных, экономически эффективных, экологически безопасных материалов для возведения сооружений различного назначения и дорожного строительства.

Как известно, сугубо арктическим материалом природного происхождения является лед. В последние годы возрос интерес к ледяным и льдогрунтовыми композитам не только как к объектам научного исследования, но и как к перспективным материалам для решения прикладных задач строительства сооружений — от временных ледяных до постоянных гидротехнических. Климатические условия более половины территории России позволяют возводить и эксплуатировать ледяные и льдогрунтовые сооружения при естественном охлаждении.

В дорожной карте отечественного арктического материаловедения создание композиционных материалов на основе льда с улучшенными прочностными свойствами и расширение областей их применения в Арктике отмечено в качестве приоритетного направления исследований при создании материалов арктического назначения [3].

Эффективным общепринятым способом упрочнения льда как конструкционного материала является его армирование. Выбор метода армирования определяется технико-экономическим обоснованием, учитывающим затраты на его создание и полученный от его применения технико-экономический эффект: сокращение сроков строительства, повышение сроков и безопасности эксплуатации, а также экологичности. С этой точки зрения исследование влияния наполнителей из местных природных материалов (растительного сырья, отходов лесоперерабатывающего производства, минерального волокна и др.) на эксплуатационные свойства композиционных материалов на основе пресного льда представляется актуальной задачей.

Лед как конструкционный материал рассматривается в качестве материала дорожного покрытия [4], заменителя традиционных строительных материалов в северной строительной-климатической зоне [5; 6]. Улучшение прочности льда может быть достигнуто макроскопическим армированием с использованием стволов деревьев, стальных тросов (патент RU 2132898 C1, E01D 15/14, опубликован 10 июля 1999 г.) и геосетки (патент RU 2008130266 A, E01D 15/14, опубликован 27 января 2010 г.). Второй способ повысить прочность льда заключается в армировании ледяной матрицы различными типами полимерных наполнителей и химических модификаторов [7; 8], а также наполнителей природного про-

исхождения [9; 10]. Очевидно, что в условиях Севера и Арктики, отличающихся удаленностью от промышленных центров и уязвимой экологией, экономически и технологически эффективными и экологически безопасными типами армирующих наполнителей являются материалы природного происхождения из местного сырья [9; 10].

В статье приводятся результаты исследования влияния наполнителей природного происхождения из местного сырья на прочностные свойства ледяных композитов и прогнозная оценка сокращения разрешенных сроков введения ледовой переправы в эксплуатацию из таких материалов через северные водоемы.

Ледовые переправы через реки и озера используются с незапамятных времен. В Якутии автотрассы — основная возможность автомобильных перевозок в зимнее время. Более 85% территории республики имеют сезонную транспортную доступность, 70% дорог — автотрассы. Всего в республике 44 ледовых переправы. Обычно ледовые переправы эксплуатируются с 15 ноября по 15 апреля, паромные переправы — с 15 июня по 30 сентября, т. е. три-четыре месяца в году большинство территории Якутии остается без транспортного обеспечения. Поэтому продление сроков работы ледовых переправ является жизненной необходимостью для северных и арктических территорий.

### Материалы и методы эксперимента

Для получения ледяного композиционного материала (ЛКМ) в качестве матрицы использовалась пресная ледовая вода, армирующих добавок — волокна сена длиной 10 мм и толщиной 0,5—1 мм и базальтового волокна производства ООО «Завод базальтовых материалов» в Покровске, Республика Саха (Якутия), толщиной 9—12 мкм и длиной 40 мм. Объемное содержание волокон сена составляло 10%, 20%, 30%. Плотность хаотичной укладки базальтового волокна в одном слое составляла около 3 мм/мм<sup>2</sup>, что соответствует содержанию фибры 0,0125 вес. %. Ледяные композиты получали методом послойного намораживания при спокойном наливании воды в формы из полипропилена размерами  $L \times b \times h = 160 \times 45 \times 40$  мм (рис. 1) в натуральных условиях при температуре наружного воздуха  $-36^\circ\text{C}$ . При изготовлении армированного образца в форме сначала намораживался нижний слой льда необходимой толщины, затем на него укладывался слой наполнителя, и продолжалось послойное намораживание. В контейнеры заливалась остуженная до  $0^\circ\text{C}$  вода, чтобы предотвратить подтаивание нижнего слоя льда за время его намораживания. Армирующий наполнитель укладывался в 1—3 слоя. Таким образом, образцы состояли из 2—4 слоев льда с расположенными между ними 1—3 слоями наполнителя. Расстояние между слоями базальтовой фибры при трехслойной укладке равнялось 10 мм. После полного замерзания образец выни-

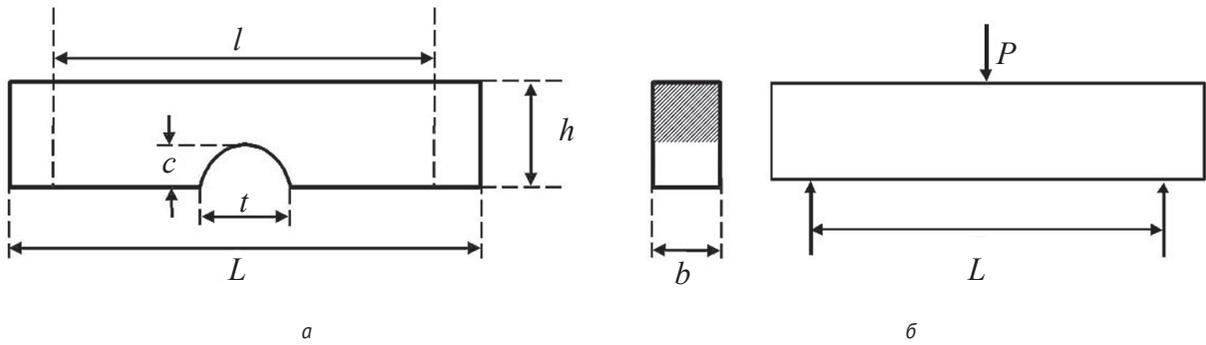


Рис. 1. Схема определения предела прочности образца с краевым надрезом (а) на растяжение при изгибе (б)  
 Fig. 1. Scheme for determining the ultimate tensile strength of a specimen with an edge notch (a) in bending tensile (б)

мался из контейнера, и на него с помощью паяльника наносился краевой надрез шириной  $t = 2$  мм и глубиной  $c = 2$  мм.

Экспериментально определялась величина разрушающей нагрузки при испытаниях по схеме трехточечного изгиба  $P_{\text{разр}}$  (см. рис. 1б). Результат принимался как среднее по трем испытаниям на каждую точку. Расстояние между опорами составляло  $l = 140$  мм. По полученным результатам вычислялся предел прочности на растяжение при изгибе образцов с надрезом  $R_{\text{изг}}$  армированного и неармированного льда в соответствии с ГОСТ 10180-2012:

$$R_{\text{изг}} = \frac{3P_{\text{разр}}l}{2b(h-c)^2} \cdot 10^{-2}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{разр}}$  измеряется в ньютонах, а  $l$ ,  $b$ ,  $h$ ,  $c$  — в сантиметрах.

**Результаты экспериментов, их обсуждение и прогнозная оценка сокращения разрешенных сроков введения ледовой переправы**

Результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 1.

Полученные результаты показывают, что введение наполнителей приводит к увеличению предела прочности льдокомпозиатов в два-три раза. При проведении испытаний неармированные образцы льда раскалывались хрупко вдоль действия нагружающего усилия, а армированные образцы демонстрировали разрушение по вязкому механизму и увеличение разрушающей нагрузки из-за механического сцепления армирующих волокон с ледяной матрицей.

Проведена прогнозная оценка сокращения разрешенных сроков введения в эксплуатацию ледо-

**Таблица 1. Прочностные характеристики и долговечность ЛКМ в зависимости от содержания наполнителя [10]**

Содержание наполнителя		Время полного оттаивания $T$ , мин	Разрушающая нагрузка $P_{\text{разр}}$ , Н	Предел прочности на растяжение при изгибе $R_{\text{изг}}$ , МПа
Количество слоев	%			
—	—	150	230 ± 20	0,74 ± 0,07
Волокна сена				
1	10 об. %	130	325 ± 30	1,04 ± 0,1
2	20 об. %	120	415 ± 40	1,33 ± 0,1
3	30 об. %	90	535 ± 50	1,71 ± 0,1
Базальтовые волокна				
1	0,02 вес. %	150	540 ± 50	1,73 ± 0,2
2	0,03 вес. %	140	630 ± 60	2,02 ± 0,2
3	0,05 вес. %	130	740 ± 70	2,37 ± 0,2

Таблица 2. Намораживание льда при определенных температуре и скорости ветра [11]

Скорость ветра, м/с	Толщина льда (см), образующегося в течение 1 ч при температуре воздуха (°C)						
	-4	-5	-10	-15	-20	-25	-30
0	0	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
1	0	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
3	0	0	1,0	1,5	2,5	3,5	4,5
5	0	0,3	1,0	2,0	3,0	4,0	5,5
7	0,3	0,5	1,5	2,5	3,5	5,0	6,5
10	0,5	1,0	1,5	3,0	4,0	6,0	8,0

вой переправы из ЛКМ, представляющего собой пресный лед, армированный базальтовой фиброй, через северные водоемы в соответствии с ГОСТ Р 58948-2020 [11].

Так как прочность пресного льда при введении базальтовой фибры может быть повышена в два-три раза, соответственно повышается грузоподъемность ледового слоя. В качестве примера проведем расчет толщины льда, требуемой для разрешения проезда, для колесных автомобилей массой  $P_1 = 40$  т.

Толщина льда  $h_{тр}$ , обеспечивающего безопасный пропуск транспортных средств, определяется по формуле [11]

$$h_{тр} = 11n_{и} \sqrt{P}, \quad (2)$$

где  $P$  — полная масса нагрузки, т;  $n_{и}$  — коэффициент, учитывающий интенсивность движения.

Если суточная интенсивность движения  $N$  составляет менее 500 автомобилей в сутки, то  $n_{и} = 1$ , при  $N = 500—2000$   $n_{и} = 1,1$ , а если  $N$  превышает 2000 автомобилей в сутки, то  $n_{и} = 1,25$ .

Требуемая толщина естественного льда  $h_{тр1}$  для разрешения проезда колесных автомобилей массой  $P_1 = 40$  т составляет 69 см.

Время  $t_{нам}$  намораживания очищенного от снега льда снизу до требуемой толщины определяется по формуле [11]

$$t_{нам} = \frac{0,7(h_{тр}^{1,62} - h^{1,62})}{t_{ср.сут}}, \quad (3)$$

где  $h_{тр}$  — требуемая толщина льда, см;  $h$  — фактическая толщина льда, см;  $t_{ср.сут}$  — среднесуточная температура воздуха по прогнозу, °C.

Пусть среднесуточная температура составляет  $-15^{\circ}\text{C}$ , а исходная толщина льда — 10 см. Рассчитанное по формуле (3) время естественного намораживания льда до толщины  $h_{тр1}$  составляет 44 сут.

Предположим, что усиление переправы производится установкой типа «Град-5» массой 300 кг

после ледостава льдодождеванием смесью воды и базальтовой фибры двумя рабочими, т. е. общая масса технической установки  $P$  составляет 500 кг. Требуемая толщина для ее проезда, рассчитанная по формуле (2), составляет около 8 см, а для намораживания требуется 5 сут.

При использовании в качестве ледовой переправы ЛКМ допустимая нагрузка примерно вдвое выше, чем для прозрачного льда, а требуемая толщина льдокомпозитного слоя с учетом усиления за счет намораживания, необходимая для разрешения проезда по нему колесных автомобилей массой  $P_1$ , составляет  $h_{в.тр1} = 49$  см.

Расчетная толщина льда с учетом усиления за счет намораживания определяется по формуле [11]

$$h_{в.тр} = (h_c + 0,7h_{нам}), \quad (4)$$

где  $h_c$  — толщина естественного льда, см;  $h_{нам}$  — толщина намороженного слоя, см.

Толщина намороженного льдокомпозитного слоя  $h_{в.нам}$ , необходимая для проезда колесных автомобилей массой  $P_1 = 40$  т, составляет 58 см, в то время как требуемая толщина ледяного слоя должна быть не менее 84 см.

Время намораживания слоя необходимой толщины ориентировочно определяется в соответствии с данными табл. 2 [11].

Время намораживания льдокомпозитного слоя необходимой толщины при  $t_{ср.сут} = -15^{\circ}\text{C}$  в безветренную погоду составит 58 ч, а ледяного слоя — 84 ч. Таким образом, ледовая переправа, усиленная послойным намораживанием смеси воды и базальтовой фибры, может быть разрешена, например, для 40-тонных колесных автомобилей на 44 сут раньше, чем ледовая переправа, сформированная при естественном ледоставе, и на одни сутки сократит формирование такой переправы послойным намораживанием традиционным методом, что означает получение значительного экономического эффекта при строительстве ледовых переправ.

Таблица 3. Характеристики и стоимость компонентов ЛКМ

Базальтовая фибра				Лед
Длина волокна, мм	Диаметр волокна, мкм	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Цена, руб./кг	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
15	10	2600	200	1000

Таблица 4. Расход и стоимость базальтовой фибры для строительства ледовой переправы из ЛКМ

Вес. % фибры	Объем ЛКМ, м <sup>3</sup>	Масса ЛКМ, 10 <sup>6</sup> кг	Масса фибры, кг	Стоимость, тыс. руб.	Расстояние между слоями, мм	Количество слоев
0,05	4000	4	2000	400	10	18

Расход и стоимость базальтовой фибры рассчитывались для строительства ледовой переправы длиной 1 км и шириной 20 м при толщине льда 20 см и при условии, что ЛКМ содержит 0,05 вес. % наполнителя.

Свойства и стоимость базальтовой фибры (по данным производителя) и льда приведены в табл. 3.

Объем ледовой переправы составляет  $1000 \cdot 0,2 \cdot 20 = 4000 \text{ м}^3$ , а масса —  $4000 \text{ м}^3 \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 = 4 \cdot 10^6 \text{ кг}$ . Масса базальтовой фибры при содержании 0,6—1% составляет 24—36 т.

Таким образом, для строительства 1 км ледовой переправы из ЛКМ с содержанием базальтовой фибры 0,05 вес. %, при котором композиционный материал упрочняется в три раза, требуется 2000 кг наполнителя стоимостью 400 000 руб. Формирование ледовой переправы с упрочненным слоем из ЛКМ может быть произведено традиционно применяемым методом намораживания.

### Заключение

Введение волокнистых наполнителей природного происхождения приводит к двух-трехкратному повышению прочностных характеристик пресного льда, что позволяет рассматривать ледяные композиционные материалы в качестве перспективных экологичных, экономически и технологически эффективных материалов строительного и конструкционного назначения, в том числе для дорожных покрытий, применяющихся в арктических регионах. Применение композиционного материала на ледяной матрице и базальтовой фибре приведет к заметному сокращению разрешенных сроков введения ледовой переправы в эксплуатацию.

### Литература

1. Бузник В. М., Каблов Е. Н. Состояние и перспективы арктического материаловедения // *Вестн. Рос. акад. наук.* — 2017. — Т. 87, № 9. — С. 827—839.
2. Бузник В. М., Бурковская Н. П., Зибарева И. В., Черепанин Р. Н. К вопросу построения дорожной карты отечественного арктического материаловедения.

— Ч. I // *Материаловедение.* — 2017. — № 4. — С. 9—16.

3. Бузник В. М., Бурковская Н. П., Зибарева И. В., Черепанин Р. Н. К вопросу построения дорожной карты отечественного арктического материаловедения. — Ч. II // *Материаловедение.* — 2017. — № 5. — С. 23—28.

4. Якименко О. В., Сиротюк В. В. Усиление ледовых переправ геосинтетическими материалами. — Омск: Изд-во СибАДИ, 2015. — 168 с.

5. Васильев Н. К., Пронк А. Д. С. Ледяные и льдо-грунтовые композиты как строительные материалы в ледяных сооружениях // *Изв. Всерос. науч.-исслед. ин-та гидротехники им. Б. Е. Веденеева.* — 2015. — № 277. — С. 35—45.

6. Кравчук А. Н., Лысенко В. А. Удивительный композит — пайкерит // *Композит. мир.* — 2015. — № 4 (61). — С. 68—70.

7. Бузник В. М., Ландик Д. Н., Ерасов В. С. и др. Физико-механические свойства композиционных материалов на основе ледяной матрицы // *Материаловедение.* — 2017. — № 2. — С. 33—40.

8. Cherepanin R. N., Nuzhnyi G. A., Buznik V. M. et al. Physicomechanical Properties Of Glacial Composite Materials Reinforced By Ruser-S Fibers // *Inorganic Materials: Applied Research.* — 2018. — Vol. 9, № 1. — P. 114—120. — DOI: 10.1134/S2075113318010082.

9. Buznik V. M., Nuzhnyi G. A., Cherepanin R. N. et al. Influence Of Reinforcing Plant Fillers On The Strength Properties Of Composite Materials With An Ice Matrix // *Inorganic Materials: Applied Research.* — 2019. — Vol. 10, № 4. — P. 786—793. — DOI: 10.1134/S2075113319040087.

10. Syromyatnikova A. S., Bolshakov A. M., Kychkin A. K., Alekseeva A. V. Reinforcement of Composites Based on Fresh Ice with Natural Filers // *Inorganic Materials: Applied Research.* — 2020. — Vol. 11. — № 4. — P. 955—957. — DOI: 10.1134/S2075113320040371.

11. ГОСТ Р 58948-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Дороги автомобильные зимние и ледовые переправы. Технические правила устройства и содержания. — М.: Стандартинформ, 2020. — 89 с.

### Информация об авторах

**Сыромятникова Айталина Степановна**, кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Институт физико-технических проблем Севера им. В. П. Ларионова ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН» (677980, Россия, Республика Саха (Якутия), Якутск, ул. Октябрьская, 1), профессор, Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова (677000, Россия, Республика Саха (Якутия), Якутск, ул. Белинского, д. 58), e-mail: a.s.syromyatnikova@mail.ru.

**Федорова Любовь Константиновна**, магистрант, Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова (677000, Россия, Республика Саха (Якутия), Якутск, ул. Белинского, д. 58), e-mail: flk\_84@mail.ru.

### Библиографическое описание статьи

Сыромятникова А. С., Федорова Л. К. Перспективы применения ледяных композиционных материалов для строительства ледовых переправ // Арктика: экология и экономика. — 2022. — Т. 12, № 2. — С. 281—287. — DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-281-287.

---

## PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF ICE COMPOSITE MATERIALS FOR THE CONSTRUCTION OF ICE CROSSINGS

Syromyatnikova, A. S.

V. P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University (Yakutsk, Russian Federation)

Fedorova, L. K.

M. K. Ammosov North-Eastern Federal University (Yakutsk, Russian Federation)

The article was received on September 30, 2021

### Abstract

Ice as a structural material is considered as a pavement material, a substitute for traditional building materials in the northern construction and climatic zone. Improvement in ice strength can be achieved by macro- and micro-reinforcement. In the North and the Arctic conditions, materials of natural origin from local raw materials are economically and technologically effective and environmentally friendly types of reinforcing fillers.

The authors investigate the possibility of using natural fibrous fillers (hay fibers and basalt fiber) in an ice matrix as a reinforcing additive. They demonstrate that the introduction of the used fillers leads to a two-, three-fold increase in the bending strength of fresh ice. Ice composite materials can be used as materials for construction and engineering purposes, as well as a pavement material applied in the Arctic regions.

The authors carry out a predictive assessment of the reduction in the permitted time for the start-up of an ice crossing from such composite materials through northern water bodies and show that the strengthening of the ice crossing by layer-by-layer freezing of a mixture of water and basalt fiber will lead to a significant reduction in the indicated terms.

**Keywords:** *ice reinforcement, natural fiber fillers, basalt fiber, ice composites, ultimate bending strength, ice crossing.*

## References

1. Buznik V. M., Kablov E. N. Status and perspectives of the Arctic materials science. *Vestn. Ros. akad. nauk*, 2017, no. 9 (87), pp. 827—839. (In Russian).
2. Buznik V. M., Burkovskaya N. P., Zibareva I. V., Cherepanin R. N. To a question of creation of the road map of home Arctic materials science. Pt. I. *Materialovedenie*, 2017, no. 4, pp. 9—16. (In Russian).
3. Buznik V. M., Burkovskaya N. P., Zibareva I. V., Cherepanin R. N. To a question of creation of the road map of home Arctic materials science. Pt. II. *Materialovedenie*, 2017, no. 5, pp. 23—28. (In Russian).
4. Yakimenko O. V., Sirotuk V. V. The strengthening of the ice crossing by the geosynthetic materials). *Omsk, Izd-vo SibADI*, 2015, 168 p. (In Russian).
5. Vasil'ev N. K., Pronk A. D. C. Ice and ice-ground composites as construction materials in ice constructions. *Izv. VNIIG im. B. E. Vedeneeva*, 2015, no. 277, pp. 35—45. (In Russian).
6. Kravchuk A. N., Lysenko V. A. The surprising composite — paykerit. *Composit. mir*, 2015, no. 4 (61), pp. 68—70. (In Russian).
7. Buznik V. M., Landik D. N., Erasov V. S. et al. Physical and mechanical properties of composition materials on the basis of an ice matrix. *Materialovedenie*, 2017, no. 2, pp. 33—40. (In Russian).
8. Cherepanin R. N., Nuzhnyi G. A., Buznik V. M., Razomasov N. A., Goncharova G. Y. Physicomechanical Properties of Glacial Composite Materials Reinforced by Rusar-S Fibers. *Inorganic Materials: Applied Research*, 2018, vol. 9. no 1. pp. 114—120. DOI: 10.1134/S2075113318010082.
9. Buznik V. M., Nuzhnyi G. A., Cherepanin R. N., Goncharova G. Y., Razomasov N. D. Influence of Reinforcing Plant Fillers on the Strength Properties of Composite Materials with an Ice Matrix. *Inorganic Materials: Applied Research*, 2019, vol. 10, no. 4, pp. 786—793. DOI: 10.1134/S2075113319040087.
10. Syromyatnikova A. S., Bolshakov A. M., Kychkin A. K., Alekseeva A. V. Reinforcement of Composites Based on Fresh Ice with Natural Filers. *Inorganic Materials: Applied Research*, 2020, vol. 11, no. 4, pp. 955—957. DOI: 10.1134/S2075113320040371.
11. State Standart R 58948-2020. Roads automobile the general using. Roads automobile winter and ice crossings. Technical rules of the device and the using. Moscow, Standartinform, 2020, 89 p. (In Russian).

---

## Information about the authors

**Syromyatnikova, Aitalina Stepanovna**, PhD of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, V. P. Laronov Institute of Physical and Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (1, Oktyabrskaya, Yakutsk, Russia, 677980), Professor, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University (58, Belinskogo, Yakutsk, Russia, 677000), e-mail: a.s.syromyatnikova@mail.ru.

**Fedorova, Lubov' Konstantinovna**, Magister, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University (58, Belinskogo, Yakutsk, Russia, 677000), e-mail: flk\_84@mail.ru.

## Bibliographic description

**Syromyatnikova, A. S., Fedorova, L. K.** Prospects for the application of ice composite materials for the construction of ice crossings. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. [Arctic: Ecology and Economy], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 281—287. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-281-287. (In Russian).