

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

E01C 9/08 (2026.05)

(21)(22) Заявка: 2025132758, 24.11.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.11.2025Дата регистрации:
01.07.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.11.2025

(45) Опубликовано: 01.07.2026 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

105005, Москва, вн. тер. г. Муниципальный
округ Басманный, ул. 2-я Бауманская, 5, стр.
1, ФГБОУ ВО "Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский
университет)", Амелина Ксения Евгеньевна

(72) Автор(ы):

Гончарова Галина Юрьевна (RU),
Каухчешвили Николай Эрнестович (RU),
Туралин Денис Олегович (RU),
Кулагин Алексей Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский
университет)" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2799567 C1, 06.07.2023. SU
1483210 A1, 30.05.1989. RU 2386089 C1,
10.04.2010. CN 115572448 A, 06.01.2023. CN
112210347 A, 12.01.2021.

(54) Армированное покрытие для ледовой переправы и способ его формирования

(57) Реферат:

Изобретение относится к армированным ледовым переправам. Технический результат - создание упрочненных износостойких покрытий ледовых переправ для увеличения их грузоподъемности, расширения срока их сезонной эксплуатации. Армированное покрытие ледовых переправ содержит последовательно размещенные на ледовой поверхности слои льда, каждый из которых выполнен из волокнистого материала, в качестве которого использованы андезито-базальтовые ровинги линейной плотностью 600-4800 текс и диаметром монофиламента 10-22 мкм, примороженные к поверхности нанесенным на них составом со следующим содержанием компонентов, мас. %: поливиниловый спирт - 0,05-0,50, тетраборат натрия - 0-0,005, 1,8% очищенная водная кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4 - 0,0005-0,005, вода - остальное, при этом 1,8% очищенная водная кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4

представляет собой очищенную низкотемпературной обработкой в вакууме 1,8% кремнийорганическую водную эмульсию смеси полидиметилсилоксана и 4% раствора поливинилового спирта, взятых в равных долях. Способ формирования армированного покрытия ледовой переправы включает намораживание на ледовую поверхность слоя льда, при котором укладывают на ледовую поверхность с шагом 5-15 см в направлении, параллельном полосе движения на ледовой переправе, волокнистый материал, в качестве которого используют андезито-базальтовые ровинги линейной плотностью 600-4800 текс и диаметром монофиламента 10-22 мкм, затем примораживают уложенный волокнистый материал нанесением на него состава, имеющего следующее содержание компонентов, мас. %: поливиниловый спирт - 0,05-0,50, тетраборат натрия - 0-0,005, 1,8% очищенная водная кремнийорганическая

эмульсия ПЖС-4 - 0,0005-0,005, вода - остальное, где 1,8% очищенная водная кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4 представляет собой очищенную низкотемпературной обработкой в вакууме 1,8% кремнийорганическую водную эмульсию смеси полидиметилсилоксана и 4% раствора поливинилового спирта, взятых в равных долях, причем нанесение состава проводят при его температуре не ниже 20°C при объемном расходе состава 0,5-2,0 л/м² с последующей выдержкой

полученного таким образом модифицированного слоя в течение 60-180 мин для его замораживания. Проводят повторение всех операций для послойного наращивания не менее трех таких слоев льда, причем при намораживании каждого слоя льда вносят с помощью разбрасывающего устройства мелкодисперсную фазу белой мраморной крошки фракцией 0,2-0,5 мм с плотностью распределения не более 500 г/м² в слое. 2 н.п. ф-лы, 1 табл.

R U 2 8 6 5 2 1 1 C 1

R U 2 8 6 5 2 1 1 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
E01C 9/08 (2026.05)

(21)(22) Application: **2025132758, 24.11.2025**

(24) Effective date for property rights:
24.11.2025

Registration date:
01.07.2026

Priority:

(22) Date of filing: **24.11.2025**

(45) Date of publication: **01.07.2026** Bull. № 19

Mail address:

105005, Moskva, vn. ter. g. Munitsipalnyj okrug
Basmannyj, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,
FGBOU VO "Moskovskij gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet imeni N.E. Baumana
(natsionalnyj issledovatel'skij universitet)", Amelina
Kseniya Evgenevna

(72) Inventor(s):

**Goncharova Galina Iurevna (RU),
Kaukhcheshvili Nikolai Ernestovich (RU),
Turalin Denis Olegovich (RU),
Kulagin Aleksei Iurevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Moskovskij gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet imeni N.E. Baumana
(natsionalnyj issledovatel'skij universitet)» (RU)**

(54) **REINFORCED COATING FOR ICE CROSSINGS AND METHOD OF ITS FORMATION**

(57) Abstract:

FIELD: reinforced ice crossings.

SUBSTANCE: reinforced coating of ice crossings comprises successively placed layers of ice on the ice surface, each of which is made of fibrous material, which is andesite-basalt rovings with a linear density of 600-4800 tex and a monofilament diameter of 10-22 mcm, frozen to the surface with a composition applied to them with the following content of components, wt. %: polyvinyl alcohol 0.05-0.50, sodium tetraborate 0-0.005, 1.8% purified aqueous organosilicon emulsion "ПЖС-4" 0.0005-0.005, the rest is water, wherein 1.8% purified aqueous organosilicon emulsion "ПЖС-4" is a 1.8% organosilicon aqueous emulsion of a mixture of polydimethylsiloxane purified by low-temperature treatment in a vacuum and a 4% solution of polyvinyl alcohol, taken in equal parts. The method for forming a reinforced covering for an ice crossing includes freezing a layer of ice onto the ice surface, whereby fibrous material is laid on the ice surface with a pitch of 5-15 cm in a direction parallel to the traffic lane on

the ice crossing, which is made of andesite-basalt rovings with a linear density of 600-4800 tex and a monofilament diameter of 10-22 mcm, then the laid fibrous material is frozen by applying a composition to it having the following content of components, wt. %: polyvinyl alcohol 0.05-0.50, sodium tetraborate 0-0.005, 1.8% purified aqueous organosilicon emulsion "ПЖС-4" 0.0005-0.005, the rest is water, where 1.8% purified aqueous organosilicon emulsion "ПЖС-4" is purified by low-temperature treatment in a vacuum 1.8% organosilicon aqueous emulsion of a mixture of polydimethylsiloxane and a 4% solution of polyvinyl alcohol, taken in equal parts, and the application of the composition is carried out at a temperature of at least 20 °C with a volumetric flow rate of the composition of 0.5-2.0 l/m², followed by holding the modified layer obtained in this way for 60-180 minutes for it to freeze. All operations are repeated to build up at least three such layers of ice layer by layer, and during the freezing

of each layer of ice, a finely dispersed phase of white marble chips with a fraction of 0.2-0.5 mm is introduced using a spreading device with a distribution density of no more than 500 g/m² in the layer.

EFFECT: creating reinforced wear-resistant coatings for ice crossings to increase their load-bearing capacity and extend their seasonal service life.
2 cl, 1 tbl

R U 2 8 6 5 2 1 1 C 1

R U 2 8 6 5 2 1 1 C 1

Изобретение относится к армированию ледовых переправ в арктических и северных регионах. Использование данного изобретения позволяет создавать упрочненные, износостойкие армированные и модифицированные покрытия ледовых переправ для увеличения их грузоподъемности, расширения срока их сезонной эксплуатации, повышения безопасности дорожного движения.

Группа изобретений включает создание нового армированного покрытия для ледовых переправ и способ укрепления ледовых переправ, согласно которому в ледовом массиве армирующих слоев из волоконных материалов в виде ровингов с повышенной адгезией к ледовой матрице наносят намораживанием слои для усиления адгезии волокон и повышения прочности ледовой матрицы. Использование данного изобретения позволяет создавать упрочненные, износостойкие армированные и модифицированные покрытия ледовых переправ для увеличения их грузоподъемности, расширения срока их сезонной эксплуатации, повышения безопасности дорожного движения.

В зимний период в северных районах для доставки техники и грузов широко используются ледовые переправы. Однако с развитием северных и арктических регионов, увеличивается и значимость решаемых научных и промышленных задач, а интенсивность эксплуатации дорожно-транспортной техники вызывает необходимость повышения грузоподъемности ледовых переправ, расширения существенно ограниченного погодными условиями временного интервала их эксплуатации, что увеличивает затраты на создание переправ.

Известным способом повышения прочности ледовых переправ является заливка дополнительных слоев льда на поверхности водоема. Главным известным недостатком такого способа упрочнения льда, формируемого при разбрызгивании воды с использованием существующих методов и техники, является захват воздушных пузырьков в заливаемую ледовую структуру. Согласно экспериментальным данным (Бычковский Н.Н., Гурьянов Ю.А. Ледовые строительные площадки, дороги и переправы. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2005, 260 с.), это приводит к снижению плотности искусственного льда на 15-20% и прочности на 30-45%. Кроме того, в случае армирования льда возможные включения воздуха в структуру армирующего материала препятствуют формированию полноценного композитного материала. В результате при механической нагрузке и деформации образца прочностные свойства армирующего материала используются не в полной мере.

Известен способ армирования ледяной переправы (патент RU 2132898 опуб. 10.07.1999), в котором с целью повышения прочности и деформационной способности водного льда применены армирующие материалы: металлическая арматура, сырье деревообрабатывающей промышленности, природные и полимерные волокна. В способе возведения ледяного сооружения (патент RU 2599522, опуб. 10.10.2016) поверхность сооружения предложено армировать, намораживая послойно смесь льда с древесными опилками. Известно армирование ледовых покрытий металлическими армирующими элементами (патент RU 2132898 (опуб. 10.07.1999), патент RU 2459900 (опуб. 27.08.2012), патент RU 2482239 (опуб. 20.05.2013)).

Недостатком всех этих способов является быстрая потеря структурной целостности образцов льда под механической нагрузкой, а армирующий материал, непрочно связанный с ледовой основой, способствует ее разрушению за счет создания дополнительных концентраторов напряжений.

В качестве армирующих материалов также используются экологически чистые природные волоконные материалы с высокой удельной прочностью, развитой площадью поверхности и низкой стоимостью (минеральная вата, бамбуковые волокна, древесные

опилки и т.п.).

Из патентной заявки RU 2014153305 (дата публикации заявки: 20.07.2016) известен способ армирования несущей поверхности минеральным волокном, в котором создают армированный слой льда вдоль намеченного пути, при этом для армирования на лед наносят разрозненные геосинтетические волокна произвольной длины и смачивают их водой. При этом создают несколько армированных слоев льда. На лед могут наносить разрозненные минеральные волокна.

Недостаточная прочность сопровождается и экологической проблемой последующего сбора и удаления разрозненных волокон.

Из китайского патента CN107990612 (А) (опуб. 2018-05-04) известен композитный ледовый материал из бамбуковых волокон и способ его приготовления. Повышение прочности ледового композита достигается внесением в лед бамбуковых волокон в качестве армирующего материала в количестве 1-15%. Перед вмораживанием в лед бамбуковое волокно перемешивается и вымачивается с водой с целью образования суспензии и улучшения его смачиваемости.

Недостатком использования армирующего бамбука является образование пузырей в покрытии, кроме того, бамбуковое волокно мало распространено на территории Российской Федерации, и применение его экономически необоснованно.

Известен способ создания упрочненных ледовых переправ (патент RU 2790293, опуб. 16.02.2023), согласно которому намораживают слои в естественных условиях при температурах воздуха ниже минус 5°C. При достижении льдом на переправе толщины 7 см, достаточной для безопасного выхода на лед человека, осуществляется расчистка льда от снега. После этого осуществляется послойное намораживание черновой ледовой подосновы толщиной 10-15 мм путем послойных заливок слоев воды с температурой от 5°C до 10°C и толщиной заливаемого слоя не более 4 мм. Одной из значимых особенностей предложенного способа осуществления заливки слоев водного льда является использование сопла, формирующего ламинарный поток жидкости. По сравнению с использованием обычных пожарных шлангов и форсунок, использование ламинарного сопла значительно снижает количество пузырьков воздуха в воде при заливке, тем самым достигается повышение плотности и прочности искусственно формируемого льда. Для армирования искусственного льда предлагается использовать природный материал катонин - льняное волокно, быстро разлагающееся в природных условиях и не оказывающее негативного влияния на загрязнение окружающей среды. Источник выбран в качестве прототипа.

К недостаткам данного способа можно отнести то, что катонин имеет плохую адгезию ко льду и воздушные включения в ледовом массиве, его сложно полностью пропитать, т.е. невозможно укрепить достаточно надежно из-за возникающих неоднородностей.

Решаемой задачей и техническим результатом настоящего изобретения является увеличение срока сезонной эксплуатации ледовых переправ и их несущей способности, снижение износа, расширение длительности эксплуатации ледовой переправы большегрузным транспортом, повышение безопасности дорожного движения за счет сохранения целостности ледового покрытия даже после разрушения, снижение потребности в проведении дополнительных проливов при обслуживании дорожного покрытия, снижение влияния инсоляции в весенний период эксплуатации, улучшения сцепления автомобильных шин с ледовой поверхностью.

Технический результат изобретения заключается в значительном упрочнении покрытия ледовой переправы за счет создания полноценного армированного покрытия

ледовых переправ из композиционного ледового материала с модифицирующим составом и армирующими волокнистыми материалами, снижения хрупкости и износа дорожного покрытия, уменьшения влияния инсоляции и увлечения срока службы переправы.

5 Технический результат достигается применением волоконных ровингов и модифицирующего состава, применяемого в микродозах, для усиления ледовых переправ и способа армирования ледовых переправ с использованием этого состава.

Технический результат достигается предложенной группой изобретений.

10 Армированное покрытие для ледовой переправы, содержащее последовательно размещенные на ледовой поверхности слои льда, каждый из которых выполнен из волокнистого материала, в качестве которого использованы андезит-базальтовые ровинги линейной плотностью 600-4800 текс и диаметром монофиламента 10-22 мкм, примороженные к поверхности нанесенным на них составом со следующим содержанием компонентов, мас. %:

15	поливиниловый спирт	0,05-0,50
	тетраборат натрия	0-0,005
	1,8% очищенная водная	
	кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4	0,0005-0,005
	вода	остальное,

20 при этом 1,8% очищенная водная кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4 представляет собой очищенную низкотемпературной обработкой в вакууме 1,8% кремнийорганическую водную эмульсию смеси полидиметилсилоксана и 4% раствора поливинилового спирта, взятых в равных долях.

2. Способ формирования армированного покрытия ледовой переправы по п. 1, 25 включающий намораживание на ледовую поверхность слоя льда, при котором укладывают на ледовую поверхность с шагом 5-15 см в направлении, параллельном полосе движения на ледовой переправе, волокнистый материал, в качестве которого используют андезит-базальтовые ровинги линейной плотностью 600-4800 текс и 30 диаметром монофиламента 10-22 мкм, затем примораживают уложенный волокнистый материал нанесением на него состава, имеющего следующее содержание компонентов, мас. %:

	поливиниловый спирт	0,05-0,50
	тетраборат натрия	0-0,005
35	1,8% очищенная водная	
	кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4	0,0005-0,005
	вода	остальное,

где 1,8% очищенная водная кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4 представляет собой очищенную низкотемпературной обработкой в вакууме 1,8% 40 кремнийорганическую водную эмульсию смеси полидиметилсилоксана и 4% раствора поливинилового спирта, взятых в равных долях, причем нанесение состава проводят при его температуре не ниже 20°C при объемном расходе состава 0,5-2,0 л/м² с последующей выдержкой полученного таким образом модифицированного слоя в течение 60-180 мин для его замораживания, проводят повторение всех операций для 45 послойного наращивания не менее трех таких слоев льда, причем при намораживании каждого слоя льда вносят с помощью разбрасывающего устройства мелкодисперсную фазу белой мраморной крошки фракцией 0,2-0,5 мм с плотностью распределения не более 500 г/м² в слое. Нанесение армирующего состава проводят при его температуре

не ниже 20°C, при объемном расходе состава 0,5-2,0 л/м² с последующей выдержкой полученного ледового модифицированного слоя 60-180 мин для застывания, проводят повторение всех операций для послойного наращивания не менее трех таких слоев и при намораживании вносят с помощью разбрасывающего устройства внутрь ледового модифицированного слоя мелкодисперсную фазу белой мраморной крошки фракцией 0,2-0,5 мм с плотностью распределения не более 500 г/м² в слое.

Создание армированного покрытия для ледовых переправ включает в себя совокупность следующих операций:

- Расчистка ледовой поверхности
- Приготовление концентрированного водного состава модифицирующих соединений с суммарным массовым содержанием модифицирующих компонентов от 1 до 5 мас.%.
 - Транспортировка концентрированного состава в термоизолированных емкостях с подогревом (поддерживается температура жидкости не ниже 20°C) к месту создания ледовой переправы, разбавление состава водой в пропорциях 1:10-1:20 в зависимости от особенностей участка ледовой переправы в разливочных емкостях.
 - Нанесение армирующего слоя из волоконных материалов - андезито-базальтовых ровингов линейной плотностью 600-4800 текс и диаметром монофиламента от 10 до 22 мкм - на ледовую поверхность с шагом от 5 до 15 см в направлении, параллельном полосе движения на ледовой переправе, прижимание и примораживание волоконных ровингов к ледовой поверхности с использованием состава модифицирующих соединений, объемный расход состава от 0,5 до 2,0 л/м².
 - Выдержка ледового покрытия продолжительностью 60-180 мин в зависимости от климатических условий производства работ по намораживанию:
 - при температуре воздуха более минус 10°C - не менее 180 мин
 - от минус 20 до минус 10°C - не менее 90 мин
 - ниже минус 20°C - не менее 60 мин
 - Послойное наращивание ледового массива разливом воды между армирующими слоями.
 - Создание не менее трех армирующих слоев в ледовом массиве переправы с толщиной ледового покрытия между собой не менее 15 мм.
 - Внесение мелкодисперсной фазы (белая мраморная крошка фракцией 0,2-0,5 мм) с помощью разбрасывающего устройства внутрь ледового массива при его послойном структурировании, плотность распределения не более 500 г/м² в слое в зависимости от особенностей участка дороги, для снижения влияния инсоляции в весенний период эксплуатации, повышения износостойкости и улучшения сцепления с колесами автотранспорта.

В настоящем изобретении применяется обработанная в вакууме разработанная авторами эмульсия ПЖС-4, которая содержит смесь полидиметилсилоксана и 4% раствор поливинилового спирта в равных долях (все значения указаны в мас.%). Перед использованием компонент смеси ПЖС-4 должен быть предварительно подвергнут обработке в вакууме при температуре менее 30°C для очистки от малоатомных спиртов, кетонов, альдегидов и использоваться должна в виде водной эмульсии с концентрацией 1,8%. Как концентрация эмульсии, так и ее очистка вакуумной обработкой определена авторами изобретения как обязательный существенный признак заявленного изобретения.

Предварительная обработка ПЖС-4 проводится следующим образом: смесь помещают в вакуумную камеру и постепенно снижают давление в ней до 30 мм рт. ст.

и выдерживают при этом давлении в вакуумной камере не менее 10 минут, что позволяет избавиться от примесей - малоатомных спиртов, кетонов, альдегидов.

Проведение исследований показало, что необработанная таким образом ПЖС-4 не обеспечивает возможность применения столь малых концентраций модифицирующих добавок, т.к. «загрязнена» остаточными примесями малоатомных спиртов, кетонов, альдегидов.

Способ осуществляется, например, следующим образом.

Нанесение армированного покрытия проводится следующим образом. Ровинги армирующего материала, смотанные в бобины или катушки, размещают на подвижной платформе со скользящими опорами, приводящейся в движение мотобуксировщиком. Количество бобин или катушек соответствует количеству одновременно укладываемых ровингов за один проезд платформы. На платформе также устанавливается калибровочная рейка, прижимное устройство и система подачи жидкости.

Калибровочная рейка располагается перпендикулярно направлению раскладки ровингов, выполняется из антифрикционного материала (например, фторопласта) и имеет расположенные на расстоянии требуемого шага армирования отверстия диаметром до 5 мм, в которые продеваются концы ровингов. Конечные участки ровингов вручную примораживаются к ледовой поверхности проливом небольшого

(0,5 л/м²) количества воды или состава модифицирующих соединений. С началом движения привода платформы в направлении укладки армированного слоя, ровинги разматываются с бобин таким образом, что размещаются на ледовой поверхности параллельно друг другу с шагом, определяемым расстоянием между отверстиями калибровочной рейки. При этом прижимное устройство обеспечивает прилегание каждого ровинга к ледовой поверхности за счет своего веса. За прижимным устройством при помощи системы подачи жидкости на ровинг подается вода либо состав

модифицирующих соединений (расход 0,5 л/м²) для примораживания и фиксации ровинга на поверхности льда. Система подачи жидкости включает подогреваемый резервуар, установленный на платформе, погружной насос, термоизолированный подогреваемый шланг с поперечными соплами, генератор для автономного питания элементов. После завершения нанесения полосы армированного слоя конечные участки ровингов обрезают и примораживают вручную. Для ускорения процесса армирования конечные участки прижимают при помощи жесткой рейки, мотобуксировщик разворачивает платформу на 180° при выключенном насосе подачи жидкости таким образом, чтобы крайний ровинг располагался на расстоянии шага армирования от крайнего ровинга армированной полосы. Начальные участки ровингов примораживаются, и мотобуксировщик с платформой начинает движение по параллельной полосе в противоположном первоначальному направлению. Размотанные в процессе разворота платформы участки ровингов обрезаются и удаляются. После завершения создания полос армирующих волокон проводится их выдержка и последующая дополнительная проливка при помощи системы подачи жидкости, приводимой в движение мотобуксировщиком.

Описываемый способ создания модифицированного упрочненного покрытия автозимников позволяет увеличить несущую способность армированных ледовых переправ и обеспечить более ранний (до 1 месяца) запуск ледовых переправ и автозимников в эксплуатацию с меньшей толщиной ледового массива (от 15 см при грузоподъемности 3,5 т). При этом возможно расширение длительности эксплуатации автозимников и ледовых переправ большегрузным автотранспортом - до 2 месяцев.

Снижается потребность в проведении дополнительных проливок при обслуживании

дорожного покрытия автозимников и ледовых переправ. Наиболее перспективным является укрепление проблемных участков автозимников, подверженных износу и выходу из строя в первую очередь и являющихся причиной прекращения эксплуатации всего автозимника.

5 Для создания армированного покрытия используются андезитово-базальтовые
 волоконные ровинги, обладающие высокой механической прочностью, развитой
 поверхностью и характеризующиеся высокой адгезией к ледовой матрице. В отличие
 от применяемых методов армирования ледовых переправ металлическими
 10 конструкциями, гидрофобизированными сетками и прочими элементами, жесткость
 которых не соответствует жесткости ледовой матрицы, базальтовые ровинги создают
 совместно с ледовой матрицей полноценный ледовый композиционный материал. Такой
 материал способен воспринимать значительные механические напряжения, при этом
 сохраняя целостность объекта даже после частичного разрушения ледовой матрицы,
 что повышает безопасность эксплуатации ледовых сооружений на его основе. За счет
 15 того, что ровинг состоит из множества монофиламентов диаметром до 22 мкм, он
 обладает на порядки большей по сравнению с традиционно применяемыми
 армирующими материалами поверхностью контакта с ледовой матрицей.

Модифицирующие составы формируются на основе поливинилового спирта -
 водорастворимого биоразлагаемого высокомолекулярного соединения. При
 20 замораживании водных растворов поливинилового спирта в ледовой матрице
 формируется непрерывная пространственная полимерная структура, воспринимающая
 значительные механические напряжения.

Добавление тетрабората натрия способствует сшиванию межмолекулярных цепей
 ПВС, образованию хелатного соединения при взаимодействии гидроксильных групп
 25 ПВС с борат-ионами и значительному повышению связанности объемной структуры
 на микроуровне и увеличению прочности ледового покрытия на макроуровне. Вносимые
 концентрации тетрабората натрия позволяют избежать образования гидрогеля на
 стадии приготовления состава, что могло бы препятствовать равномерному
 распределению смеси в ледовом покрытии. При кристаллизации состава в первую
 30 очередь происходит вымораживание свободной воды и увеличение концентрации
 тетрабората натрия, что при взаимодействии с молекулами ПВС приводит к
 образованию более прочного сшитого полимерного каркаса, упрочнению и снижению
 хрупкости ледового покрытия.

Кремнийорганическая мелкодисперсная эмульсия ПЖС-4 представляет собой водную
 35 эмульсию полидиметилсилоксана и 4% раствора поливинилового спирта в соотношении
 1:1 общей концентрацией компонентов 1,8% (все значения указаны в мас.%), прошедшей
 низкотемпературную вакуумную обработку.

Внесение в состав ПЖС-4 способствует режеляции возникающих в ледовой матрице
 трещин и повреждений. Кроме того, ПЖС-4 значительно снижает пенообразование
 40 при приготовлении состава, что снижает количество воздушных включений в ледовом
 покрытии и благоприятно влияет на однородность свойств получаемого состава.

Применяемые в рамках технологии создания модифицированного ледового массива
 вещества экологически безопасны по отношению к окружающей среде. В качестве
 армирующих элементов используются базальтовые волокна природного происхождения,
 45 химически инертные и экологически безопасные. Оценка воздействия антропогенного
 влияния на окружающую среду, проведенная после завершения эксплуатации
 модифицированного участка автозимника Лабытнанги-Мужи в ЯНАО в 2025 году,
 созданного по настоящей технологии, включала сбор проб почвы и расплавов ледового

покрытия с экспериментального и штатного участков автозимника. Результаты химического анализа проб показали, что массовое содержание вносимых в ледовое покрытие элементов не превышали предельно допустимых концентраций в почве и водоемах, а незначительные концентрации анионных синтетических поверхностно-активных веществ в расплавах льда (существенно ниже ПДК) указывали на применение достаточно низких концентраций модифицирующих соединений. На безопасность вносимых упрочняющих составов также указывает отсутствие превышения допустимых значений показателями биологического и химического потребления кислорода. Пробы расплавов ледового покрытия на экспериментальном участке полностью соответствовали требованиям к воде в рыбохозяйственных водоемах.

Состав отличается от известных тем, что:

- массовое содержание ПВС и других компонентов в создаваемом ледовом покрытии значительно ниже значений, предложенных в аналогах и прототипе за счет сбалансированного состава.

- сбалансированность состава, обеспечивает при наличии ПЖС-4, обладающего функцией пеногасителя исключение образования крупных воздушных включений в ледовом покрытии.

- дополнительно внесенные в состав добавки структурируют покрытие для повышения прочности полимерной сетки в ледовой матрице до 1,5 раз.

Заявленный способ создания армированного ледового модифицированного покрытия для ледовых переправ реализуется следующим образом. В подогреваемой емкости готовится исходный концентрированный состав с массовым содержанием компонентов, приведенным в Таблице.

Таблица

Диапазоны концентраций веществ для исходных составов (концентрированных)

Компоненты	Количество, мас. %
поливиниловый спирт	от 1 до 5
тетраборат натрия	от 0 до 0,05
ПЖС-4	от 0,01 до 0,05
вода	остальное

Для формирования армированного покрытия приготовленный концентрированный состав транспортируется к месту создания армированного покрытия и дозируется в проливочные емкости таким образом, чтобы масса концентрированного состава соотносилась с общей массой жидкости в емкости в соотношении 1:10-1:20 в зависимости от особенностей участка. Проливочные емкости наполняются водой из водоема, полученный разбавленный состав используется для последующего примораживания слоев армирующих волокон к ледовой поверхности. Слой армирующих волокон в виде андезито-базальтовые ровинги линейной плотностью 600-4800 текс и диаметром монофиламента 10-22 мкм, которые помещают на ледовую поверхность с шагом 5-15 см в направлении, параллельном полосе движения на ледовой переправе наносится на поверхность ледовой переправы с применением мотобуксировщика с платформой, на которой установлены элементы системы раскладки ровингов и проливочная емкость с разбавленным модифицирующим составом. Уложенные волокна прижимаются и примораживаются к ледовой поверхности, после чего выдерживаются в течение 60 мин. Над каждым созданным слоем при помощи мотопомп наращивается не менее 15 мм толщины льда, после чего укладывают новый слой. В общей сложности в ледовом массиве создается не менее трех слоев. Также в ледовое армированное покрытие вносят мелкодисперсную мраморную фазу, например, на съездах на ледовую переправу, либо

на других проблемных участках ледовой переправы. Формирование покрытия продолжается до достижения необходимой толщины, выбираемой исходя из требуемой грузоподъемности и интенсивности движения.

Пример 1. В нагреваемую емкость заливают 18,9 кг воды. При помощи нагревательных устройств воду подогревают до температуры 75-80°C. В разогретую воду засыпают 1 кг (5 мас.%) поливинилового спирта при постоянном механическом перемешивании состава (с помощью автоматической лопастной мешалки). Затем добавляют 10 г (0,05 мас.%) 1,8% водной кремнийорганической эмульсии ПЖС-4. Перемешивание концентрированного состава производят в течение 40-60 мин при скорости вращения мешалки 30-90 об/мин при поддержании температуры жидкости 75-80°C до достижения однородности состава. Предварительная обработка ПЖС-4 в вакууме при остаточном давлении в вакуумной камере 30 мм.рт.ст. была проведена при температуре 22°C, что позволило избавиться от малоатомных спиртов, кетонов, альдегидов в составе эмульсии.

Приготовленный концентрированный состав модифицирующих соединений транспортировали к месту создания ледового покрытия при поддержании температуры жидкости 21°C. В теплоизолированную разливочную емкость объемом 200 л производили дозированное внесение 20 кг концентрированного состава, после чего производили наполнение емкости водой из ближайшего водоема.

Таким образом, полученные 20 кг концентрированной смеси разбавлялись в соотношении 1:10, т.е. до соответствия заявленному согласно изобретению конечному модифицирующему составу, мас. %:

поливиниловый спирт	0,5
тетраборат натрия	0
1,8%-ная очищенная водная кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4	0,005
вода	остальное

На подвижной платформе размещали 21 свободно разматывающуюся катушку с армирующими базальтовыми ровингами, калибровочную рейку с шагом между отверстиями 10 см, систему подачи жидкости с проливочной емкостью, прижимное устройство. Конечные участки ровингов длиной около 50 см вручную примораживались к ледовой поверхности проливом небольшого количества модифицирующего состава. Приводили в движение мотобуксировщик, транспортирующий платформу, наносили на ледовую поверхность 21 ровинг параллельно друг другу с шагом 10 см между ними на ширине полосы армирования 2 м. В процессе движения платформы катушки с ровингом приводились во вращение, ровинги разматывались через калибровочную рейку, прижимались к ледовой поверхности прижимным устройством и примораживались подачей модифицирующего состава расходом 2,0 л/м². После прохождения необходимой дистанции подача жидкости останавливалась, конечные участки ровингов прижимались вручную жесткой рейкой, мотобуксировщик с платформой разворачивался на 180° и размещался параллельно созданной полосе армирования таким образом, чтобы ближайший к ней ровинг находился на расстоянии шага армирования (10 см) от нее. Затем начальные участки ровингов вручную примораживались, и операции нанесения ровингов повторялись до покрытия всей ширины полосы ледовой переправы (10 м). Непримороженные участки ровингов в местах слоя проводилась при температуре воздуха минус 25°C в течение 60 мин. Далее производили дополнительную проливку этого слоя проездом мотобуксировщика и

платформы с системой подачи модифицирующего состава расходом 2,0 л/м².

Полученный замороженный модифицированный слой льда имел состав, аналогичный исходной смеси:

Испытали и пришли к выводу, что также допустимо усиление наращивания дополнительного льда подачей воды из водоема на поверхность переправы при помощи мотопомп. После намораживания 15 см льда над каждым слоем производили нанесение последующего слоя по описанному способу. Суммарно было создано 3 армирующих слоя волоконных ровингов. С помощью дорожной машины с разбрасывающим устройством на поверхность переправы наносилась мелкодисперсная фаза белого мраморного песка фракцией 0,2 мм до достижения плотности распределения мраморного материала в ледовом модифицированном покрытии 200 г/м². Наращивание ледового массива переправы производилось до достижения требуемой толщины льда, определяемой грузоподъемностью транспорта и интенсивностью транспортного потока.

Создание армированного ледового массива переправы по предложенному способу производилось на съезде к ледовой переправе - проблемном, выходящем из строя в первую очередь, участке, расположенном на склоне. Предложенная рецептура модификаторов, конфигурация армирующих слоев, а также внесение мелкодисперсной фазы - белого мраморного песка - позволили сохранить несущую способность съезда на ледовую переправу до 4 недель, в том числе в период образования закраин при оттаивании реки. Применение в качестве проливочной жидкости состава модифицирующих соединений повышенной концентрации и вязкости положительно сказалось на адгезии ровингов к ледовой поверхности.

Пример 2. В нагреваемую емкость заливают 9,9 кг воды. При помощи нагревательных устройств воду подогревают до температуры 75°C. В разогретую воду засыпают 100 г (1 мас.%) поливинилового спирта при постоянном механическом перемешивании состава (с помощью автоматической лопастной мешалки). Затем добавляют 1 г (0,05 мас.%) 1,8% водной кремнийорганической эмульсии ПЖС-4. Перемешивание концентрированного состава производят в течение 40-мин при скорости вращения мешалки 30-90 об/мин при поддержании температуры жидкости 75°C до достижения однородности состава. Предварительная обработка ПЖС-4 в вакууме при остаточном давлении в вакуумной камере 30 мм рт. ст. была проведена при температуре 22°C, что позволило избавиться от малоатомных спиртов, кетонов, альдегидов в составе эмульсии.

Приготовленный концентрированный состав модифицирующих соединений транспортировали к месту создания ледового покрытия при поддержании температуры жидкости не ниже 20°C. В теплоизолированную разливочную емкость объемом 200 л производили дозированное внесение 10 кг концентрированного состава, после чего производили наполнение емкости водой из ближайшего водоема.

Таким образом, полученные 10 кг концентрированной смеси разбавлялись в соотношении 1:20, т.е. до соответствия заявленному согласно изобретению конечному модифицирующему составу, мас. %:

поливиниловый спирт	0,05
тетраборат натрия	0
1,8%-ная очищенная водная	
кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4	0,0005
вода	остальное

На подвижной платформе размещали 21 свободно разматывающуюся катушку с армирующими базальтовыми ровингами, калибровочную рейку с шагом между

отверстиями 10 см, систему подачи жидкости с проливочной емкостью, прижимное устройство. Конечные участки ровингов длиной около 50 см вручную примораживались к ледовой поверхности проливом небольшого количества модифицирующего состава. Приводили в движение мотобуксировщик, транспортирующий платформу, наносили

на ледовую поверхность 21 ровинг параллельно друг другу с шагом 10 см между ними на ширине полосы армирования 2 м. В процессе движения платформы катушки с ровингом приводились во вращение, ровинги разматывались через калибровочную рейку, прижимались к ледовой поверхности прижимным устройством и

примораживались подачей модифицирующего состава расходом $1,0 \text{ л/м}^2$. После прохождения необходимой дистанции подача жидкости останавливалась, конечные участки ровингов прижимались вручную жесткой рейкой, мотобуксировщик с платформой разворачивался на 180° и размещался параллельно созданной полосе армирования таким образом, чтобы ближайший к ней ровинг находился на расстоянии шага армирования (10 см) от нее. Затем начальные участки ровингов вручную примораживались, и операции нанесения ровингов повторялись до покрытия всей ширины полосы ледовой переправы (10 м). Непримороженные участки ровингов в местах разворота платформы обрезались и удалялись. Выдержка такого слоя проводилась при температуре воздуха минус 25°C в течение 60 мин. Далее производили дополнительную проливку этого слоя проездом мотобуксировщика и платформы с системой подачи модифицирующего состава расходом $1,0 \text{ л/м}^2$.

Последующее дополнительное наращивание льда производили подачей дополнительной воды из водоема на поверхность переправы при помощи мотопомп. После намораживания 15 см льда над каждым армирующим слоем производили нанесение последующего армирующего слоя по описанному способу. Полученный замороженный модифицированный слой льда имел состав, аналогичный исходной смеси. Суммарно армированное покрытие было создано из 3 армирующих слоев волоконных ровингов и нарощенных слоев модифицированного льда.

Толщина армированного покрытия для ледовой переправы обеспечивалась в соответствии с технологией до достижения заданной толщины льда, определяемой грузоподъемностью транспорта и интенсивностью транспортного потока.

Предложенный способ позволяет продлить срок эксплуатации участка ледовой переправы до 2 недель, повысить безопасность движения за счет сохранения целостности ледового покрытия при критических нагрузках, при этом существенно снизить затраты на компоненты модифицирующего состава.

Пример 3. В нагреваемую емкость заливают 18,9 кг воды. При помощи нагревательных устройств воду подогревают до температуры 80°C . В разогретую воду засыпают 1 кг (5%) поливинилового спирта при постоянном механическом перемешивании раствора (с помощью автоматической лопастной мешалки). Затем засыпают 10 г (0,05 мас.%) тетрабората натрия и добавляют 10 г (0,05 мас.%) 1,8% водной кремнийорганической эмульсии ПЖС-4. Перемешивание концентрированного состава производят в течение 40-60 мин при скорости вращения мешалки 30-90 об/мин при поддержании температуры жидкости 80°C до достижения однородности состава. Предварительная обработка ПЖС-4 в вакууме при остаточном давлении в вакуумной камере 30 мм рт. ст. была проведена при температуре 22°C , что позволило избавиться от малоатомных спиртов, кетонов, альдегидов в составе эмульсии.

Приготовленный концентрированный состав модифицирующих соединений транспортировали к месту создания ледового покрытия при поддержании температуры жидкости 20°C . В теплоизолированную разливочную емкость объемом

200 л производили дозированное внесение 20 кг концентрированного состава, после чего производили наполнение емкости водой из ближайшего водоема.

Таким образом, полученные 20 кг концентрированной смеси разбавлялись в соотношении 1:10, т.е. до соответствия заявленному согласно изобретению конечному модифицирующему составу, мас. %:

поливиниловый спирт	0,5
тетраборат натрия	0,005
1,8%-ная очищенная водная	
кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4	0,005
вода	остальное

На подвижной платформе размещали 41 свободно разматывающуюся катушку с армирующими базальтовыми ровингами, калибровочную рейку с шагом между отверстиями 5 см, систему подачи жидкости с проливочной емкостью, прижимное устройство. Конечные участки ровингов длиной около 50 см вручную примораживались к ледовой поверхности проливом небольшого количества модифицирующего состава. Приводили в движение мотобуксировщик, транспортирующий платформу, наносили на ледовую поверхность 41 ровинг параллельно друг другу с шагом 5 см между ними на ширине полосы армирования 2 м. В процессе движения платформы катушки с ровингом приводились во вращение, ровинги разматывались через калибровочную рейку, прижимались к ледовой поверхности прижимным устройством и примораживались подачей модифицирующего состава расходом $2,0 \text{ л/м}^2$. После прохождения необходимой дистанции подача жидкости останавливалась, конечные участки ровингов прижимались вручную жесткой рейкой, мотобуксировщик с платформой разворачивался на 180° и размещался параллельно созданной полосе армирования таким образом, чтобы ближайший к ней ровинг находился на расстоянии шага армирования (5 см) от нее. Затем начальные участки ровингов вручную примораживались, и операции нанесения ровингов повторялись до покрытия всей ширины полосы ледовой переправы (20 м). Непримороженные участки ровингов в местах разворота платформы обрезались и удалялись. Выдержка армирующего слоя проводилась при температуре воздуха минус 25°C в течение 60 мин. Далее производили дополнительную проливку армирующего слоя проездом мотобуксировщика и платформы с системой подачи модифицирующего состава расходом $2,0 \text{ л/м}^2$. Последующее наращивание льда производили подачей воды из водоема на поверхность переправы при помощи мотопомп. После намораживания 15 см льда над каждым армирующим слоем производили нанесение последующего армирующего слоя по описанному способу. Полученный замороженный модифицированный слой льда имел состав, аналогичный исходной смеси, мас. %:

поливиниловый спирт	0,5
тетраборат натрия	0,005
1,8%-ная очищенная водная	
кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4	0,005
вода	остальное

Суммарно было создано 4 армирующих слоя волоконных ровингов. С помощью дорожной машины с разбрасывающим устройством на поверхность переправы наносилась мелкодисперсная фаза белого мраморного песка фракцией 0,2 мм до достижения плотности распределения мраморного материала в ледовом модифицированном покрытии 100 г/м^2 . Наращивание ледового массива переправы

производилось до достижения требуемой толщины льда, определяемой грузоподъемностью транспорта и интенсивностью транспортного потока.

Пример 4. Приготовленный концентрированный раствор транспортируется к месту создания армирующих слоев и дозируется в проливочные емкости таким образом, чтобы масса концентрированного состава соотносилась с общей массой жидкости в емкости в соотношении 1:10-1:20 в зависимости от особенностей участка. Проливочные емкости наполняются водой из водоема, полученный разбавленный состав используется для последующего примораживания слоев армирующих волокон к ледовой поверхности. Слой армирующих волокон в виде андезито-базальтовых ровингов линейной плотностью 600 текс и диаметром монофиламента 22 мкм, которые помещают на ледовую поверхность с шагом 5 см в направлении, параллельном полосе движения на ледовой переправе наносится на поверхность ледовой переправы с применением мотобуксировщика с платформой, на которой установлены элементы системы раскладки ровингов и проливочная емкость с разбавленным модифицирующим составом. Уложенные волокна прижимаются и примораживаются к ледовой поверхности, после чего выдерживаются в течение 60 мин. Над каждым созданным волокнистым слоем при помощи мотопомп наращивается не менее 15 мм толщины льда, после чего укладывают новый армирующий слой. В общей сложности армированное покрытие представляло собой четыре армирующих слоя. Также в ледовое покрытие вносят мелкодисперсную мраморную фазу, например, на съездах на ледовую переправу, либо на других проблемных участках ледовой переправы. Формирование покрытия продолжалось до достижения толщины, 60 мм.

Пример 5. Приготовленный как в примерах 1, 2 состав транспортируется к месту создания армированного покрытия и дозируется в проливочные емкости таким образом, чтобы масса концентрированного раствора соотносилась с общей массой жидкости в емкости в соотношении 1:10-1:20 в зависимости от особенностей участка. Разбавленный водой состав используется для последующего намораживания волоконных ровингов к ледовой поверхности. Слой андезито-базальтовых ровингов линейной плотностью 4800 текс и диаметром монофиламента 10 мкм, помещали на ледовую поверхность с шагом 15 см в направлении, параллельном полосе движения на ледовой переправе наносится на поверхность ледовой переправы с применением мотобуксировщика с платформой, на которой установлены элементы системы раскладки ровингов и проливочная емкость с разбавленным модифицирующим составом. Уложенные волокна прижимаются и примораживаются к ледовой поверхности, после чего выдерживаются в течение 80 мин. Для некоторого усиления допустимо над каждым созданным слоем при помощи мотопомп наращивать 15 мм льда, после чего укладывают новый такой слой. В общей сложности армированное покрытие было образовано тремя слоями. Также в ледовое покрытие вносили мелкодисперсную мраморную фазу, что особенно важно, например, на съездах на ледовую переправу, либо на других проблемных участках ледовой переправы. Формирование армированного покрытия в данном примере продолжалось до достижения толщины 45 мм.

Описанные в примерах конфигурации армирования, рецептура модифицирующего состава и режим нанесения мелкодисперсной фазы применялись для участка съезда на ледовую переправу, эксплуатирующегося автотранспортными средствами большой грузоподъемности (более 30 т) и подверженному интенсивным нагрузкам, износу и выходу из строя в первую очередь. Примененная технология значительно повлияла на состояние участка съезда на переправу в весенний период и продлила срок сохранения несущей способности на 3,5 недели по сравнению с максимальным сроком, известным

из аналогов, включая прототип, в том числе в период образования закраин при оттаивании реки. Применение в качестве проливочной жидкости состава модифицирующих соединений указанной в способе концентрации положительно сказалось на адгезии ровингов к ледовой поверхности, а наличие белой мраморной мелкодисперсной фракции - на стойкости к инсоляции и износостойкости покрытия.

(57) Формула изобретения

1. Армированное покрытие для ледовой переправы, содержащее последовательно размещенные на ледовой поверхности слои льда, каждый из которых выполнен из волокнистого материала, в качестве которого использованы андезит-базальтовые ровинги линейной плотностью 600-4800 текс и диаметром монофиламента 10-22 мкм, примороженные к поверхности нанесенным на них составом со следующим содержанием компонентов, мас. %:

поливиниловый спирт	0,05-0,50
тетраборат натрия	0-0,005
1,8% очищенная водная кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4	0,0005-0,005
вода	остальное,

при этом 1,8% очищенная водная кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4 представляет собой очищенную низкотемпературной обработкой в вакууме 1,8% кремнийорганическую водную эмульсию смеси полидиметилсилоксана и 4% раствора поливинилового спирта, взятых в равных долях.

2. Способ формирования армированного покрытия ледовой переправы по п. 1, включающий намораживание на ледовую поверхность слоя льда, при котором укладывают на ледовую поверхность с шагом 5-15 см в направлении, параллельном полосе движения на ледовой переправе, волокнистый материал, в качестве которого используют андезит-базальтовые ровинги линейной плотностью 600-4800 текс и диаметром монофиламента 10-22 мкм, затем примораживают уложенный волокнистый материал нанесением на него состава, имеющего следующее содержание компонентов, мас. %:

поливиниловый спирт	0,05-0,50
тетраборат натрия	0-0,005
1,8% очищенная водная кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4	0,0005-0,005
вода	остальное,

где 1,8% очищенная водная кремнийорганическая эмульсия ПЖС-4 представляет собой очищенную низкотемпературной обработкой в вакууме 1,8% кремнийорганическую водную эмульсию смеси полидиметилсилоксана и 4% раствора поливинилового спирта, взятых в равных долях, причем нанесение состава проводят при его температуре не ниже 20°C при объемном расходе состава 0,5-2,0 л/м² с последующей выдержкой полученного таким образом модифицированного слоя в течение 60-180 мин для его замораживания, проводят повторение всех операций для послойного наращивания не менее трех таких слоев льда, причем при намораживании каждого слоя льда вносят с помощью разбрасывающего устройства мелкодисперсную фазу белой мраморной крошки фракцией 0,2-0,5 мм с плотностью распределения не более 500 г/м² в слое.