

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИФПМ СО РАН

Е.А. Колубаев

23 12 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН) на диссертационную работу Лукачевской Ирины Григорьевны «Разработка и исследование полимерного базальтопластикового конструкционного материала для защитных сооружений от наводнений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение

На отзыв представлены рукопись и автореферат диссертации «Разработка и исследование полимерного базальтопластикового конструкционного материала для защитных сооружений от наводнений»

1. Актуальность темы исследования. Разработка и усовершенствование современной системы противопаводковых гидротехнических сооружений для предотвращения подтопления населенных пунктов и объектов экономики, сельскохозяйственных земель особо актуальная задача для регионов Якутии, подверженных в последние десятилетия разрушительным наводнениям. При устройстве различных ограждений береговых линий, а также гидротехнических сооружений широко используются шпунты, которые еще недавно изготавливались преимущественно из металлических материалов. Для снижения металлоемкости, уменьшения расхода электроэнергии и трудозатрат более перспективным является использование полимерных материалов, которые задают новые пути решения проблем, в том числе и проблем усовершенствования ограждений. Их использование вместо традиционных материалов позволяет уменьшить вес изделий, повысить коррозионную и химическую стойкость, не снижая при этом эксплуатационные свойства. Подобная задача требует методического материаловедческого подхода, заключающегося в определении оптимального (бюджетного) наполнителя полимера, обеспечивающего высокие физико-механические и эксплуатационные характеристики, что является предметом исследования, представленного в данной диссертационной работе. Проведено исследование полимерного базальтопластикового (БП) конструкционного материала для шпунтового ограждения с повышенными физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами в условиях влияния влаги, температуры воды и климатических факторов Севера.

2. Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Впервые проведен сравнительный анализ прочностных характеристик образцов базальто- и стеклопластиков (СП) при климатических испытаниях в условиях экстремально холодного климата в течение 4 лет. Показано, что параметры шероховатости линейного профиля поверхности, открытой пористости,

сорбции и диффузии влаги чувствительны к деструкции поверхностного слоя пластиков и могут использоваться для оценки влияния климатических факторов при прогнозировании эксплуатационных свойств шпунтов.

2. Экспериментально определен процесс доотверждения полимерной матрицы, проявляющийся в повышении упруго-прочностных характеристик при растяжении до 10 %, при изгибе – до 50 %. Показано, что БП проявляют более высокую климатическую устойчивость по сравнению с СП: после процесса доотверждения прочностные характеристики (после 2-х лет) при растяжении у БП снижаются на 15 %, у СП – на 22 %, а предел прочности при изгибе у БП снижается на 12 %, у СП – на 47 %.

3. Экспериментально показано, что при длительном стационарном термовлажностном воздействии 23°C/68RH на базальто- и стеклопластики наблюдается диффузия влаги, подвергая бóльшему разрушению СП в сравнении с БП. Проведена аппроксимация показателей диффузии с помощью известных моделей.

3. Практическая значимость представленной работы. Получена композитная шпунтовая свая на основе базальтового волокна (патент РФ №187377 на полезную модель). Выпущены опытные образцы базальто- и стеклопластика, проведены испытания свойств разработанных материалов, получены акты о внедрении в ГКУ РС (Я) «Исполнительная дирекция по водному хозяйству и организации восстановительных работ по ликвидации последствий паводков в Республике Саха (Якутия)» и ГБУ РС (Я) «Служба спасения Республики Саха (Якутия)».

4. Обоснованность и достоверность полученных в диссертационной работе результатов обеспечиваются системным подходом к исследованиям с привлечением преимущественно стандартизованных экспериментально-аналитических методов испытаний; совпадением данных лабораторных и опытных испытаний в реальных открытых условиях.

5. Структура и содержание работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 130 наименований. Работа изложена на 121 странице, содержит 48 рисунков, 24 таблицы и 2 приложения.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, обозначена основная цель, определены задачи и сформулирована научная новизна, приведена практическая ценность, основные направления реализации диссертационной работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, дан обзор содержания диссертации.

В первой главе представлен обзор литературы в области существующих подходов к созданию берегоукрепительных сооружений, проведен сравнительный анализ существующих на рынке шпунтовых ограждений технологий производства композитных шпунтов. Приведен анализ современного состояния исследований полимерных композитных материалов на основе непрерывных базальтовых волокон. По результатам обзора современного состояния изучения композитных шпунтов сформулированы основные требования к композитным шпунтам: материалоемкость для снижения веса изделия, коррозионная стойкость,

максимальное сохранение физико-механических свойств при длительных сроках хранения и пребывания в водной среде, низкое влагопоглощение. Сформулированы основные задачи исследования в диссертационной работе.

Во второй главе даны характеристики объектов и методики исследований, сформулированы требования к выбору материалов, описаны типы и размеры образцов. В качестве объектов исследований рассматривались образцы на основе эпоксидных связующих базальтопластика из базальтовой ткани БТ-11/1 П с плетением типа «саржа» и стеклопластик из стеклоткани Ортекс 560 с полотняным плетением.

В третьей главе приведены результаты исследования упруго-прочностных свойств образцов из базальто- и стеклопластика, влияние климатического старения на образцы в условиях экстремально холодного климата, а также изменения упруго-прочностных свойств образцов в контакте с водой. Начальная стадия климатического старения исследуемых пластиков в условиях экстремально холодного климата проявляется в деструкции связующего в их поверхностном слое, слабо влияющей на изменение механических свойств пластиков. Механические свойства пластиков после двухлетнего экспонирования на открытых стендах г. Якутска увеличились. После 4 лет экспонирования коэффициенты сохраняемости предела прочности при растяжении у пластиков одинаковые, значения коэффициента сохраняемости предела прочности при изгибе у образцов БП выше, чем у СП на 20 %. При этом относительно 2-х лет экспонирования прочностные характеристики при растяжении у БП снизились на 15 %, у СП – на 22 %, предел прочности при изгибе у БП снизился на 12 %, у СП – на 47 %. Показано, что изменение таких величин, как а) параметры шероховатости поверхности, б) открытая пористость, в) коэффициент диффузии чувствительны к деструкции поверхностного слоя пластиков. Деструкция поверхностного слоя у СП выражена в большей степени, чем у БП.

В четвертой главе приведены результаты исследования влагопоглощения в базальто- и стеклопластике при стационарном термовлажностном режиме 23 °С/68 RH. Показан двухстадийный характер изменения водопоглощения в обоих пластиках. Начало второй стадии происходит спустя 65–80 дней. После экспонирования в течение 2 лет значение предельного влагонасыщения увеличивается на 34,7 % у стеклопластика и на 41,7 % у базальтопластика, а после 4 лет экспонирования на 100 % у стеклопластика и на 37,5 % у базальтопластика. Это указывает на большую эффективность БП в условиях воздействия длительного термовлажностного режима 23 °С/68 RH по сравнению со СП.

В пятой главе описывается технология получения шпунтового ограждения на основе базальтового волокна, изготовленного методом инфузии, путем последовательной укладки армирующего материала на форму, пропитки трёхкомпонентным эпоксидным связующим, состоящим из следующих компонентов а) ЭД-22, б) Изо-МТГФА, в) Агидол 53. Экономическими расчетами показано, что шпунты из базальтопластика имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными шпунтами из стали и другими полимерными материалами. Их лёгкий вес в сочетании со стойкостью к коррозии приведёт к экономии и

устойчивости конструкций. Базальтопластики рекомендуются для изготовления морских сооружений, прибрежных строений, парковок, мостов, дорог и строений, весьма чувствительных к коррозии, а также для водопроницаемых бетонных покрытий.

Наиболее важными результатами настоящего исследования следует отметить следующие:

1. Проведен анализ коэффициентов сохраняемости механических свойств образцов на открытых стендах в г. Якутске, характеризуемом экстремально холодным климатом. После 2 лет экспозиции k_R БП=1,11, k_R СП = 1,22. После 4 лет экспонирования коэффициенты сохраняемости предела прочности при растяжении у пластиков одинаковые, значения коэффициента сохраняемости предела прочности при изгибе у образцов БП выше, чем у СП на 20 %.
2. Экспериментальное установление двухстадийной кинетики поглощения влаги исходных и экспонированных пластиков в климате г. Якутска при длительном термовлажностном режиме 23 °С/68 RH. Установление связи коэффициента диффузии после климатического воздействия с деструкцией поверхности пластиков, позволяющее прогнозировать эксплуатационные сроки шпунтов.
3. Разработка базальтопластикового экономически эффективного шпунтового ограждения, полученного методом инфузии, обладающего комплексом эксплуатационных свойств и отвечающего требованиям, удельные показатели которого превышают данные показатели аналогов из стали, стекловолокна и ПВХ.

6. Замечания по диссертационной работе. При ознакомлении с текстом диссертации и авторефератом возникли следующие замечания:

1. В качестве цели работы автор называет «Разработку и исследование полимерного базальтопластикового конструкционного материала для шпунтового ограждения». Из прочтения текста диссертации не совсем очевидно, в чем заключалась разработка именно материала?
2. Положение №1, выносимое на защиту, сформулировано на основе анализа используемых на практике для защитных сооружений опубликованных материалов, что традиционно применяется для обоснования постановки цели и задач диссертационного исследования. По этой причине его не следовало представлять в качестве нового оригинального полученного в работе результата. Кроме того, если в качестве выносимого на защиту положения выступает «результат» либо «совокупность результатов», формулировка должна содержать не только констатацию того, в чем он заключается, но и то, что этот результат доказывает. В этом и заключается смысл обобщения совокупности полученных данных, а также их отличие от выводов по работе. В этой связи, формулировки ряда положений, выносимых на защиту, следует считать не совсем удачными.
3. Сопоставимость данных исследований должна обеспечиваться постановкой экспериментов в условиях варьирования только одного параметра. Однако при изготовлении базальтопластиков и стеклопластиков одновременно меняли как состав волокон армирующей ткани, так и тип плетения (саржевое и полотняное). В такой постановке сложно сделать однозначное заключение о том, что именно

оказало решающее влияние на физико-механические свойства и характер разрушения композитов (см. Главу 3).

4. В Главе 3 сделано «формальное» заключение «об отсутствии адгезионного разрушения у базальтопластиков, а у стеклопластиков о присутствии адгезионного разрушения». Не совсем понятно, что автор вкладывает в данные определения? Кроме того, более вероятной причиной наблюдавшегося различия является не состав материала волокон, а тип плетения. Наконец, в работе не обсуждается аспект нанесения аппретирующих агентов на ткани из базальтовых стекловолокон и их возможного влияния на полученные результаты.
5. В таблице 3.1. (стр. 64) приведены значения «коэффициента сохраняемости». Однако без указания разброса значений либо доверительного интервала сложно оценить достоверность представленных данных.
6. Согласно приведенным на рис. 3.12 (стр. 64) фотографиям «образцов композитов обоих типов после экспонирования в течение 2 лет в экстремально холодном климате», они имели разный цвет (БП – темный, МП – белый). Известно, что для рассеивания солнечного УФ-излучения в состав полимерных композитов вводят графит, сажу, углерод и прочие «черные» добавки. В этой связи, в работе не проведено обсуждения вопроса о том, как данный факт (помимо типа армирующей ткани и характера плетения) влиял на климатическую деградацию исследованных композитов.
7. При обсуждении результатов по Главе 4 (стр. 91-92) выделяется две стадии процесса водопоглощения, а для их описания привлекаются модели Фика и релаксационная модель. Однако из текста работы не становится понятно, что обуславливает различие прироста влагопоглощения у СП (100 %) и БП (37.5%)? И ключевым вопросом остается, оказывает ли на данный процесс какое-либо влияние типа материала волокон армирующей ткани?
8. Автор при изложении результатов использует «вольные» формулировки и нестандартную терминологию. В частности на стр. 104 упоминается «вязко-хрупкий вид разрушения с вытаскиванием волокон», «характер разрушения, обусловленный сдвигом матрицы и расслоением» и пр.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

7. Оформление диссертации. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям (ГОСТ Р 7.0.11-2011). Материал диссертации изложен последовательно и логично грамотным техническим языком. **Автореферат** диссертации соответствует её содержанию.

8. Публикации по работе. По теме диссертации опубликовано 12 научных работ, в том числе 2 статьи в изданиях, входящие в базы данных Web of Science и Scopus, 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК, получен 1 патент РФ на полезную модель.

9. Общая характеристика работы. Диссертационная работа Лукачевской Ирины Григорьевны по полученным и опубликованным результатам является завершённым научным исследованием, выполненным на достаточно высоком

научном и методическом уровне, что подтверждается четкой формулировкой цели и задач исследования, обоснованностью используемой методологии.

Основные выводы базируются на анализе большого объема экспериментальных работ автора с использованием современных экспериментальных и аналитических методов исследования, интерпретации данных известных положений материаловедения.

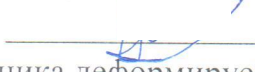
Поставленные в работе задачи были решены автором. Сформулированные выводы характеризуются научной новизной.

10. Заключение. Результаты диссертационного исследования вносят вклад в разработку и усовершенствование материалов для современной системы противопаводковых гидротехнических сооружений с целью предотвращения подтопления населенных пунктов и объектов экономики для регионов Якутии.

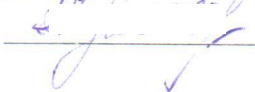
По своей актуальности, уровню решенных задач, научной новизне, теоретической и практической значимости, обоснованности научных положений и выводов, достоверности научных результатов, уровню апробации и опубликованию основных положений, диссертационная работа Лукачевской Ирины Григорьевны «Разработка и исследование полимерного базальтопластикового конструкционного материала для защитных сооружений от наводнений» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а также п. 9 «Положения о присвоении ученых степеней ВАК Минобрнауки РФ», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а также паспорту специальности 2.6.17, а её автор, Лукачевская Ирина Григорьевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение.

Диссертационная работа и отзыв заслушаны, обсуждены и одобрены на расширенном семинаре лаборатории механики полимерных композиционных материалов Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН) (протокол № 46 от 20.12.2022 г.).

Председатель семинара
Заведующий лабораторией
механики полимерных композиционных материалов
доктор технических наук, профессор


Панин Сергей Викторович
(специальность 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела)

Секретарь семинара
Старший научный сотрудник лаборатории
механики полимерных композиционных материалов
кандидат физико-математических наук


Корниенко Людмила Александровна
(специальность 01.04.07 – физика конденсированного состояния)

Я, Панин Сергей Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

 С.В. Панин

Я, Корниенко Людмила Александровна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

 Л.А. Корниенко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН, 634055, г. Томск, просп. Академический, 2/4, телефон: +7 (3822) 49-18-81, факс: +7 (3822) 49-25-76, e-mail: root@ispms.tomsk.ru, сайт организации: <http://www.ispms.ru>)