



# TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÌNH DƯƠNG

## TẠP CHÍ

## KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ

BINH DUONG UNIVERSITY  
JOURNAL OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

ISSN 1859 - 4336  
Vol.3 №.1, (2021)

[jst.bdu.edu.vn](http://jst.bdu.edu.vn)

This Issue is devoted to  
Vietnam's Science and Technology Day, May 18

BÌNH DƯƠNG  
2021

TẠP CHÍ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÌNH DƯƠNG

Chủ Biên	
VS. GS. TS. Ablameyko Sergei Vladimirovich	Đại học Tổng hợp Quốc gia Belarus, Minsk, Cộng hòa Belarus
Tổng Biên tập	
PGS. TS. Lê Văn Cường	Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam
Đồng Tổng Biên tập	
Phó Hiệu trưởng. Cao Việt Hưng	Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam
GS. TS. Makarov Sergei Borisovich	Đại học Bách khoa St. Petersburg, Saint Petersburg, Liên bang Nga
Phó Tổng Biên tập	
PGS. TS. Phước Minh Hiệp	Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam
Thư ký	
TS. Đào Văn Tuyết	Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam
Hội đồng Biên tập	
Chủ tịch	
VS. GS. TS. Cao Văn Phường	Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam
Thành viên Hội đồng Biên tập	
GS. TS. Maliughin Viktor Ivannovich	Đại học Bách khoa St. Petersburg, Saint Petersburg, Liên bang Nga
GS. TS. Alexey Vasilyev	Đại học Bách khoa St. Petersburg, Saint Petersburg, Liên bang Nga
GS. TS. Arsenev Dmitrii	Đại học Bách khoa St. Petersburg, Saint Petersburg, Liên bang Nga
GS. TS. Krasnaproshyn Viktor	Đại học Tổng hợp Quốc gia Belarus, Minsk, Cộng hòa Belarus
PGS. TS. Ablameyko Maria Sergeevna	Đại học Tổng hợp Quốc gia Belarus, Minsk, Cộng hòa Belarus
GS. TS. Dzmitri Maruska	Đại học Tổng hợp Quốc gia Belarus, Minsk, Cộng hòa Belarus
GS. TS. Alexander Nedzvedz	Đại học Tổng hợp Quốc gia Belarus, Minsk, Cộng hòa Belarus
GS. TS. Alexey Tolstik	Đại học Tổng hợp Quốc gia Belarus, Minsk, Cộng hòa Belarus
TS. Stanislau Ryzeuski	Đại học Tổng hợp Quốc gia Belarus, Minsk, Cộng hòa Belarus
GS. TS. Mkrtchyan Ferdenant Anushavanovich	Viện Điện tử và Kỹ thuật Truyền thông Koltelnikov, Fryazino, Liên bang Nga
GS. TS. Klimov Vladimir Valerianovich	Viện Điện tử và Kỹ thuật Truyền thông Koltelnikov, Fryazino, Liên bang Nga
GS. TS. Võ Xuân Vinh	Trường Đại học Kinh tế Tp Hồ Chí Minh, Việt Nam
GS. TS. Vũ Đình Lâm	Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
GS. TS. Trần Đại Lâm	Viện Kỹ thuật Nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ, Việt Nam
GS. TS. Hoàng Nghĩa Sơn	Viện Sinh học nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
GS. TS. Nguyễn Văn Giảng	Viện Vật lý Địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
PGS. TS. Nguyễn Văn Út	Viện các vấn đề giáo dục, Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam
PGS. TS. Thái Quang Vinh	Viện Công nghệ Thông tin, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
PGS. TS. Nguyễn Xuân Mão	Trường Đại học Mỏ Địa chất, Hà nội, Việt Nam
PGS. TS Trần Văn Lãng	Viện Cơ học và Tin học ứng dụng, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
PGS. TS Trần Công Hùng	Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông,Tập đoàn Bưu chính Viễn thông VN
TS. Cao Thị Việt Hương	Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam
ThS. KTS Nguyễn Xuân Phúc	Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam
TS. Đỗ Đoàn Trang	Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam
TS. Trịnh Lương Quang	Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam
TS. Nguyễn Hoàng Sỹ	Viện Trí tuệ Nhân tạo, Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương,Việt Nam
TS. Đào Văn Tuyết	Trung tâm Tin Y Sinh, Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam
TS. Hoàng Ngọc Cương	Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam
TS. Đoàn Thị Yến Oanh	Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
TS. Lê Thị Vân Anh	Viện Công nghệ Sinh học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
TS. Lê Ngọc Thanh	Viện Địa lý tài nguyên TP HCM, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
TS. Phạm Minh Tiến	Viện Vật lý Tp Hồ Chí Minh, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
NCS. ThS. Đặng Đăng Khoa	Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam
CV. Nông Nguyễn Minh Thúy	Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam

# MỤC LỤC TABLE OF CONTENT

## KHOA HỌC KỸ THUẬT – KHOA HỌC CÔNG NGHỆ TECHNICAL SCIENCES – TECHNOLOGICAL SCIENCES

- 1 TÍCH HỢP CÔNG NGHỆ HYBRID KIỂU NỐI TIẾP CHO XE MÁY HAI BÁNH XE 1  
BẰNG PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH HÓA VÀ MÔ PHỎNG  
MODELING AND SIMULATION APPROACH TO INTEGRATE SERIES HYBRID  
TECHNOLOGY FOR TWO WHEELS MOTORCYCLE  
*Phạm Anh Tuấn, Nguyễn Văn Tình, Nguyễn Văn Trang, Lê Văn Cường*
- 2 CẤU HÌNH VÀ XÂY DỰNG SƠ ĐỒ LOGIC CHO RƠLE BẢO VỆ QUÁ DÒNG CÁC 14  
XUẤT TUYẾN KV BẢO VỆ TRẠM BIẾN ÁP CHO PHỤ TẢI 110KV  
CONFIGURATION AND BUILDING LOGIC CHART FOR RELAY PROTECTED  
THROUGH KV LINE OUTPUT PROTECTION FOR TRANSPORTATION STATION  
FOR 110KV LOADERS.  
*Đặng Mỹ Nhựt, Nguyễn Thanh Quang*
- 3 VỀ ĐỊNH HƯỚNG HỆ THỐNG TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ KẾT CẤU XÂY DỰNG Ở 20  
VIỆT NAM  
ORIENTATION OF CONSTRUCTION STRUCTURE DESIGN STANDARDS IN  
VIETNAM  
*Đoàn Định Kiến, Trần Nhật Minh*
- 4 NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG SỬ DỤNG PHÉ THẢI TRO XỈ VÀ TRO TRẤU ĐỂ CHẾ 26  
TẠO BÊ TÔNG GEOPOLYMER DÙNG TRONG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH Ở  
VIỆT NAM  
ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ И ЗОЛЫ  
РИСОВОЙ ШЕЛУХИ НА ГЕОПОЛИМЕРНЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИЙ ВО ВЬЕТНАМЕ  
THE POSSIBILITY OF USING ASH-SLAG WASTE AND RICE HUSK ASH ON  
GEOPOLYMER CONCRETE FOR THE CONSTRUCTION OF BUILDING IN  
VIETNAM  
*Tang Van Lam, B.I. Bulgakov*
- 5 NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC ĐỊA CHẤT KHU VỰC GÒ GIA – GIỒNG CHÙA BẰNG 40  
PHƯƠNG PHÁP ĐỊA CHẤN NÔNG PHÂN GIẢI CAO  
STUDY OF GEOLOGICAL STRUCTURE IN GO GIA – GIONG CHUA AREA  
USING SEISMIC HIGH-RESOLUTION METHOD  
*Nguyễn Quang Dũng, Lê Ngọc Thanh*
- 6 KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA TẢI TRỌNG DI ĐỘNG ĐẾN CHUYỂN VỊ CỦA 47  
DẦM CẦU TRỤC BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN  
SURVEY THE AFFECT OF MOVING LOADS TO BEAM SUBJECTED USING  
FINITE ELEMENT METHOD  
*Nguyễn Văn Tuấn, Trần Xuân Sỹ*

**KINH TẾ - LUẬT - QUẢN LÝ - GIÁO DỤC - KHOA HỌC XÃ HỘI NHÂN VĂN**  
**ECONOMICS – LAWS – ADMINISTRATIONS – EDUCATIONS – SOCIAL SCIENCES**

- 7 CÁC VẤN ĐỀ PHÁP LÝ VỀ BẢO VỆ DỮ LIỆU CÁ NHÂN TRONG HỆ THỐNG Y TẾ ĐIỆN TỬ: THỰC TIỄN CỦA VIỆT NAM, CHÂU ÂU VÀ BELARUS 54  
LEGAL ISSUES OF PERSONAL DATA PROTECTION IN E-HEALTH SYSTEMS: VIETNAM, EUROPE AND BELARUS CASES  
*Maria Ablameyko, Tuyen Dao Van, Huong Nguyen Ngoc Bien Thuy, An Nguyen Binh*
- 8 CÁC NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN HẠN CHẾ TÍN DỤNG NGÂN HÀNG ĐỐI VỚI TIỂU THƯƠNG: NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP CỤ THỂ TẠI QUẬN Ô MÔN, THÀNH PHỐ CẦN THƠ 66  
THE FACTORS AFFECTING THE BANK CREDIT RESTRICTION FOR SMALL BUSINESS HOUSEHOLDS: A CASE STUDY IN O MON DISTRICT, CAN THO CITY  
*Lê Đăng Bích Thuận, Bùi Văn Trịnh*
- 9 CÂN ĐỐI QUỸ BẢO HIỂM HƯU TRÍ, CÁCH TIẾP CẬN TỪ LÝ THUYẾT DÒNG TIỀN 76  
PENSION FUND BALANCE, AN APPROACH FROM CASH FLOWS THEORY  
*Nguyễn Hoàng Giang*
- 10 NGHIÊN CỨU CÁC NHÂN TỐ TÁC ĐỘNG ĐẾN PHÁT TRIỂN NGUỒN NHÂN LỰC NGÀNH DU LỊCH TẠI TỈNH BÌNH DƯƠNG 82  
STUDY OF FACTORS AFFECTING HUMAN RESOURCE DEVELOPMENT IN TOURISM IN BINH DUONG PROVINCE  
*Nguyễn Thị Yến Liễu, Phạm Trần Quang Hưng*
- 11 CÁC GIẢI PHÁP THÍCH NGHI VÀ PHÁT TRIỂN CỦA NGÀNH DU LỊCH BÌNH DƯƠNG TRONG ĐẠI DỊCH COVID-19 89  
THE ADAPTATION AND DEVELOPMENT SOLUTIONS FOR BINH DUONG TOURISM INDUSTRY IN THE COVID-19 PANDEMIC  
*Cao Viet Hieu, Nguyen Thi Yen Lieu, Pham Tran Quang Hung*
- 12 NHẬN DIỆN VÀ PHÂN TÍCH NHỮNG YẾU TỐ TÁC ĐỘNG ĐẾN QUYẾT ĐỊNH LỰA CHỌN TẠI MỘT ĐIỂM ĐẾN DU LỊCH CỦA DU KHÁCH NỘI ĐỊA, NGHIÊN CỨU ĐIỀN HÌNH TẠI MŨI NÉ TỈNH BÌNH THUẬN 94  
IDENTIFY AND ANALYZE THE FACTORS INFLUENCING DOMESTIC TOURIST'S SELECTION DECISIONS IN A TOURISM DESTINATION, CASE STUDIES IN MUI NE, BINH THUAN PROVINCE  
*Đinh Kiệm, Võ Xuân Nghĩa, Hoàng Anh Tuấn*

**NGHIÊN CỨU - TRAO ĐỔI**  
**RESEARCHS – DISCUSSIONS**

- 13 NÂNG CAO CÔNG TÁC ĐÀO TẠO NGUỒN NHÂN LỰC DU LỊCH TRONG CUỘC CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP 4.0 105  
IMPROVE THE TRAINING OF HUMAN RESOURCES FOR TOURISM IN THE INDUSTRIAL REVOLUTION 4.0  
*Nguyễn Quyết Thắng*

14	KHOI NGHIỆP VÀ NHỮNG KINH NGHIỆM START-UP AND EXPERIENCES	113
	<i>Trần Thanh Toàn</i>	
15	MỘT SỐ GIẢI PHÁP HẠN CHẾ RỦI RO TÍN DỤNG NGÂN HÀNG THƯƠNG MẠI Ở VIỆT NAM SOLUTIONS TO LIMIT COMMERCIAL BANK CREDIT RISKS IN VIETNAM	122
	<i>Nguyễn Thanh Cai</i>	
16	PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ THÔNG MINH TỪ THỰC TIỄN THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH SMART CITY DEVELOPMENT FORM HO CHI MINH CITY DEVELOPING PRACTICE	130
	<i>Phước Minh Hiệp</i>	

## ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ И ЗОЛЫ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ НА ГЕОПОЛИМЕРНЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИЙ ВО ВЬЕТНАМЕ

Танг Ван Лам<sup>1,2</sup>, Б.И. Булгаков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ханойский горно-геологический университет, 18 Фо Виен, Дык Тханг, Бак Ту Лиен, Ханой, Вьетнам

<sup>2</sup> Университет Бинь Зьонг, Вьетнам

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

### АННОТАЦИЯ

В настоящее время во всех странах в качестве вяжущего вещества для получения бетонов, как правило используется портландцемент, мировое производство которого формирует порядка 10% общего выброса углекислого газа в атмосферу Земли. Поэтому представляется перспективным частичная или полная замена портландцемента новыми бесцементными вяжущими веществами, для получения которых могут быть использованы многотоннажные техногенные отходы, обладающие цементирующим действием, например, тонкоизмельчённый доменный шлак, зола-уноса теплоэлектростанции (ТЭС) и зола, образующаяся при сжигании рисовой шелухи, что также окажет положительное влияние на экологию. В качестве активатора схватывания и твердения таких вяжущих следует использовать водные щелочные растворы (NaOH и  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  или KOH и  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ), а для регулировки сроков схватывания – двуводный гипс. Бетон, получаемый на основе новых бесцементных вяжущих, получил название геополимерный бетон (ГПБ). В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что путем использования местных для Вьетнама сырьевых компонентов бетонной смеси, таких как песок, зола-уноса, доменный шлак, зола рисовой шелухи и щелочной раствор-активатор, можно получить геополимерный бетон, обладающий после тепловой обработки при температуре 80°C в течение 3 часов в возрасте 28 суток прочностью на сжатие и на растяжение при изгибе, соответственно, 62 МПа и 6,1 МПа. Разработанный бесцементный бетон прочностью на сжатие и на растяжение при изгибе в возрасте 28 суток при нормальном твердении, соответственно, 38,1 МПа и 4,8 МПа. Кроме того, такой бетон экономичен и его производство будет способствовать охране окружающей среды за счёт экономии природных ресурсов и возможности использования многотоннажных техногенных отходов.

**Ключевые слова:** геополимерный бетон, бесцементное щелочное вяжущее, многотоннажные техногенные отходы, активные минеральные добавки, активирующий щелочной раствор, поликарбоксилатный суперпластификатор.

### 1. Введение

В последние годы предложен новый способ получения бетонной смеси, не содержащей цемента, который может быть заменен многотоннажными отходами в виде топливной золы-уноса, доменных шлаков и др. При этом по прочности бесцементный бетон, получаемый в результате затвердевания такой смеси, будет сравним с традиционным бетоном на основе цемента. Необходимым компонентом производства такого бетона является специальный щелочной раствор, «плавающий» промышленные отходы и скрепляющий

между собой компоненты смеси так же, как и цемент. Утверждается, что получаемый материал будет обладать более высокой огне- и коррозионной стойкостью. Таким образом, использование бетона без цемента может улучшить состояние окружающей среды, в том числе и за счет снижения выбросов в атмосферу углекислого газа, до 10% которого в мире образуется в результате производства портландцемента [1, 2, 3].

Проблема улучшения экологии путем рационального использования многотоннажных промышленных отходов

стоит весьма остро, поскольку на сегодняшний день в Российской Федерации одни лишь золошлаковые отходы предприятий энергетического комплекса, ежегодный объем которых превышает 25 млн. т., занимают площадь более 20 тыс. гектаров [4, 5].

Во Вьетнаме, согласно отчету Министерства промышленности и торговли, в настоящее время действует около 21 угольной теплоэлектростанции, выбрасывающей почти 20 млн. т. золы и шлака в год, для чего требуется свалки общей площадью более 800 гектар. Ожидается, что к 2020 году будет функционировать еще 12 угольных электростанций, что грозит увеличением ежегодного выброса зол и шлаков до  $23 \div 25$  млн. т. Это отрицательно повлияет на окружающую среду и вызовет загрязнение воды. Хотя промышленные отходы (зола-уноса, доменный шлак) и находят применение для производства некоторых видов строительных материалов, обожженного кирпича, а также для выравнивания дорожного полотна, но в настоящее время их использование весьма ограничено и составляет только около  $5 \div 10$  млн. т. в год [6, 7, 8].

Кроме того, во Вьетнаме действует значительное количество металлургических заводов, таких как металлургические заводы «Тхай Нгуен», «Ха Тинь», «Фу Ми», «Хоа Фат» и др., в результате работы которых ежегодно большое количество доменных шлаков, загрязняющих окружающую среду. Поэтому использование таких шлаков для получения бетона будет способствовать повышению экономической эффективности производства и минимизирует загрязнение окружающей среды.

Мировое производство цемента составляет около 3 млрд. т. в год, в том числе во Вьетнаме - 99 млн. т. Изготовление цемента - процесс не только дорогостоящий, но и энергоемкий и способствующий возникновению парникового эффекта из-за выброса углекислого газа. При соблюдении

всех нормативных требований к вяжущему веществу в технологии производства бетона часть цемента можно заменить подходящим по составу специально переработанным шлаком. Так как доменные шлаки благодаря своему химико-минералогическому составу (соотношением между  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{CaO}$ ) обладают реакционной способностью, то замена ими части клинкера, позволит снизить стоимость композиционного вяжущего, уменьшить потребление электроэнергии и выделяемого тепла и  $\text{CO}_2$  [9, 10, 11].

Промышленные отходы, в том числе топливные, являются очень серьезной причиной возникновения проблем экологического характера, вызывающих загрязнение почвы, воды и воздуха окружающей среды во всех провинциях Вьетнама. При этом, уровень повторного использования техногенных отходов весьма ограничен и составляет всего около 2 - 5% [7, 8].

Тепловая электростанция в индустриальном парке «Вунг Анг», расположенная в центральной части Вьетнама, начала свою работу в 2012 году. Ежегодно она образует примерно 1 млн. т. различных золошлаковых отходов, которые помимо загрязнения воздуха вызывают также серьезное загрязнение морской воды, приведшее в 2016 году к массовой гибели рыбы и морских животных (рис. 1) [10].

Поэтому утилизация отходов сжигания твердого топлива - это не столько вопрос экономии материальных ресурсов, сколько необходимость решения проблемы возрастающего загрязнения окружающей среды и, следовательно, здоровья нации.

Так как зола-уноса, доменный шлак и зола рисовой шелухи обладают большой химической активностью, то они представляют больший интерес для переработки с целью их вторичного применения.



*Рис. 1. Загрязнение морской воды техногенными отходами в индустриальном парке «Вунг Анг» (Вьетнам)*

## 2. Обзор литературы

В странах, производящих рис, в среднем при получении 1 т. зерна образуется более 1 т. рисовой соломы и шелухи, поэтому существует серьезная проблема их утилизации. Рисовую солому используют в основном для сельскохозяйственных нужд (на корм животным идет до 70 % её количества), а также в строительстве в качестве отделочных и кровельных материалов (до 5 %), остальную солому сжигают непосредственно на полях (до 15 %) или просто оставляют там, а также в местах обмолота риса для естественного разложения (до 10 %). В настоящее время основными направлениями утилизации рисовой соломы являются получение целлюлозы и ее производных продуктов [12, 13], а рисовой шелухи - получение кремнезема в кристаллической и аморфной формах [14], с последующим использованием аморфного кремнезема в технологии строительных материалов. С 1994 г. во Вьетнаме, как и в других рисопроизводящих странах мира, проводятся различные исследования, направленные на использование рисовой соломы и золы рисовой шелухи (ЗРШ) при производстве строительных материалов [15]. Рассмотрев историю вопроса, можно сделать вывод, что большинство проведенных исследований было направлено на изучение влияния ЗРШ на свойства бетонов и строительных растворов, и почти нет исследований по геополимерному бетону.

Вьетнам расположен в районе внутренних тропиков северного полушария с характерным муссонным типом климата и

сильной дифференциацией по сезонам и территории страны, вытянутой с севера на юг более, чем на 3200 км вдоль морского побережья, на котором в последние годы наблюдается многократное увеличение числа гидротехнических сооружений [10].

Существенным дополнением к этому являются многочисленные гидротехнические объекты, составляющие систему водохранилищ и каналов по всей территории страны [16].

По результатам анализа, проведенного рядом научно-исследовательских учреждений Вьетнама, более 50 % узлов и конструкций морских и речных гидротехнических сооружений страны приобретают серьезные повреждения или полностью разрушаются после 5÷20 лет эксплуатации [11, 13].

В процессе длительной эксплуатации под воздействием грунтовых вод снижаются прочность и долговечность железобетонных конструкций, в бетоне появляются трещины, постепенно истирается защитный слой, в результате чего обнажается и подвергается коррозии стальная арматура [17, 18, 19].

Авторы данной статьи изучили возможность использования многотоннажных техногенных отходов (золы-уноса, доменного шлака и золы рисовой) в сочетании с активирующим щелочным раствором ( $\text{NaOH}$  и  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) для получения геополимерного бетона на бесцементном вяжущем, обладающего высокими эксплуатационными показателями. В результате проведенных экспериментальных исследований был



получен бесцементный бетон, который после тепловой обработки при температуре 100°C в течение 6 часов в возрасте 28 суток показал прочность на сжатие 62 МПа. Также полученный бетон обладает высокой водонепроницаемостью и низким водопоглощением, что позволяет использовать его для производства строительных работ в условиях жаркого и влажного климата Вьетнама. Кроме того, такой бетон экономичен и его производство будет способствовать охране окружающей среды за счёт экономии природных ресурсов

и возможности использования многотоннажных техногенных отходов.

### 3. Материалы и Методы

**3.1. Материалы.** В работе были использованы нижеприведенные сырьевые компоненты.

#### а). Активные минеральные добавки

Использованные активные минеральные добавки (МДО) включали топливную золу-уноса, доменный шлак и золу рисовой шелухи (рис. 2).



(а)- Низкокальциевая зола-уноса ТЭС «Вунг Анг»



(б)- Доменный шлак металлургического завода «Хоа Фат»



(с) - Зола рисовой шелухи

**Рис. 2.** Использованные алюмосиликатные сырьё (Вьетнам)

+) **Зола-уноса**  
Низкокальциевая зола-уноса теплоэлектростанции (ТЭС) «Вунг Анг» (ЗУ) класса F, соответствовала требованиям ГОСТ 25818-2017, её

влажность составляла 1,15%, истинная плотность  $\rho = 2,19 \text{ г/см}^3$ , объемная масса -  $0,955 \text{ г/см}^3$ . Полученные результаты исследования свойств золы приведены в таблице 1.

**Табл. 1.** Химический состав золы-уноса  
Средний химический состав, % масс.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Потери при прокаливании
52,33	30,65	7,61	0,29	0,18	0,15	0,61	1,78	0,34	6,06

+) **Доменный шлак:** Доменный шлак (ДШ) металлургического завода «Хоа Фат» (Вьетнам) с истинной плотностью  $\rho = 2,67$

г/см<sup>3</sup> и удельной поверхностью 3600 см<sup>2</sup>/г. Его химический состав приведен в таблице 2.

**Табл. 2.** Химический состав доменного шлака  
Средний химический состав, % масс.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	Потери при прокаливании
36,38	15,76	0,55	40,12	1,25	5,94

+) **Зола рисовой шелухи:** Зола рисовой шелухи (ЗРШ) с истинной плотностью 2,32 г/см<sup>3</sup> и насыпной плотностью  $\rho = 572 \text{ кг/м}^3$ .

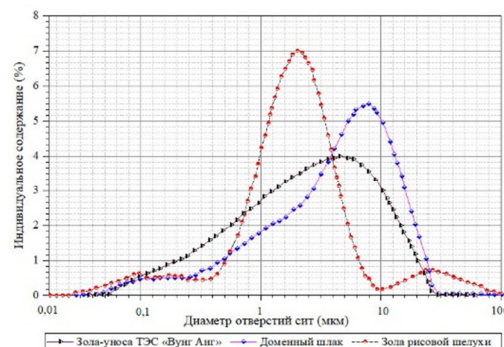
Результаты анализа химического состава ЗРШ приведены в таблице 3.

**Табл. 3.** Химический состав золы рисовой шелухи

Средний химический состав, % масс.										
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	CaO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Потери при прокаливании
88,2	1,25	1,75	0,5	1,14	2,67	0,8	0,52	0,15	0,25	2,77

Основные физико-механические показатели использованных активных минеральных добавок соответствовали требованиям ГОСТ Р 56196-2014, TCVN 10302:2014 и ASTM C 618-15.

С помощью метода лазерной гранулометрии на приборе «ВТ-9300z» был определен гранулометрический состав ЗУ ТЭС «Вунг Анг», ДШ, ЗРШ и ПГ, представленный на рисунке 3.



**Рис. 3.** Гранулометрический состав ЗУ ТЭС «Вунг Анг», ДШ и ЗРШ

#### б). Мелкий заполнитель

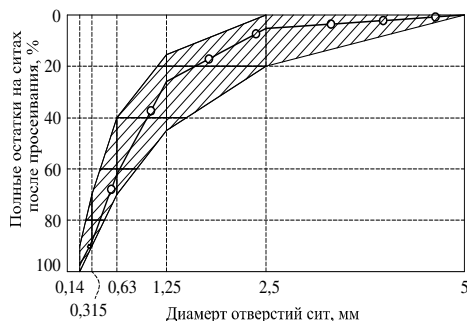
Мелкий заполнитель песок (П) реки Ло также является очень важной частью бетонной смеси, влияющей на её свойства. В исследовании был использован речной

кварцевый песок I класса, соответствующий требованиям ГОСТ 8736-2014 и TCVN 7570:2006. Физико-механические свойства песка представлены в таблице 5.

**Табл. 5.** Физико-механические свойства песка реки Ло

п/п	Свойства	Единица	Результаты эксперимента
1	Модуль крупности	-	2,56
2	Плотность	г/см <sup>3</sup>	2,65
3	Объемная масса	г/см <sup>3</sup>	1,62
4	Пористость	%	39,1
5	Содержание пыли, глины и других примесей	%	0,91

Гранулометрический состав использованного песка реки Ло представлен на рисунке 4.



**Рис. 4.** Гранулометрический состав песка реки Ло

#### с). Активирующий щелочной раствор

Активирующий щелочной раствор (АР) состоял из водных растворов гидроксида и силиката натрия плотностью, соответственно,  $1,45 \pm 0,01$  г/см<sup>3</sup> и  $1,55 \pm 0,01$  г/см<sup>3</sup>, в соотношении Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>/NaOH = 2,5 [20]; его процентный состав по массе: NaOH = 12%; Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> = 30% и вода = 58% (на рис. 5 и 6).



**Рис. 5.** Гидроксид натрия



Рис. 6. Силикат натрия



Рис. 7. Образцы-балочки из геополимерных бетонов

#### д). Суперпластификатор

Для снижения водопотребности, при изготовлении ГПБ использовали поликарбоксилатный суперпластификатор SR 5000F (SR5000) производства фирмы «Silk Road» с плотностью 1,1 г/м<sup>3</sup> при температуре 20 ± 5°C. Это суперпластификатор типа G в соответствии с требованием ASTM C494.

#### 3.2. Методы. Методология работы включала:

- изучение размеров частиц сырьевых материалов, которую проводили с помощью метода лазерной гранулометрии на приборе «BT-9300z» (КНР);
- для определения предварительного состава геополимерной бетонной смеси был использован метод абсолютных объемов;
- удобоукладываемость бетонной смеси определяли по её расплыву в мм по ASTM C1611-18 и TCVN 3106:2007 с помощью усечённого миниконуса 70x80x40 мм;
- среднюю плотность бетонов определяли на образцах - кубах размером 100x100x100 мм согласно ГОСТ 12730.1-78;
- среднюю прочность на изгиб образцов-балочек размером 40x40x160 мм (рис. 7) из геополимерных бетонов, а затем их

половинок - на сжатие, определяли в соответствии с требованиями TCVN 6061:2011 (Вьетнам);

#### 4. Результаты исследования

##### 4.1. Состав геополимерного бесцементного бетона

Разрабатываемый геополимерный бетон должен обладать:

- прочностью на сжатие порядка 60 МПа в возрасте 28 суток после тепловой обработки при температуре 80°C в течение 3 часов в соответствии с требованиями национального стандарта Вьетнама TCVN 10306:2014, согласно которому, высокопрочный бетон к указанному возрасту твердения должен обладать прочностью более 55 МПа;
- высокой водонепроницаемостью и низким водопоглощением.

Проектирование предварительного состава геополимерного бетона приведено ниже.

Расчет состава геополимерной бетонной смеси производился по методу абсолютных объемов. Согласно этому методу расход всех компонентов бетонной смеси должен быть таким, чтобы сумма их абсолютных объемов составляла 1000 л., т.е. 1 м<sup>3</sup> [8, 11, 14]:

$$\frac{3Y}{\gamma_{3Y}} + \frac{ДШ}{\gamma_{ДШ}} + \frac{ЗРШ}{\gamma_{ЗРШ}} + \frac{NaOH}{\gamma_{NaOH}} + \frac{Na_2SiO_3}{\gamma_{Na_2SiO_3}} + \frac{\Pi}{\gamma_{\Pi}} + \frac{SR5000}{\gamma_{SR5000}} + BB = 1000; \quad (1)$$

где:

+ 3Y, ДШ, ЗРШ, NaOH, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, Π, SR5000 - соответственно, расходы золы-уноса, доменного шлака, золы рисовой шелухи,

раствора NaOH, раствора Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, песка и суперпластификатора SR 5000F, кг;

+ γ<sub>3Y</sub>, γ<sub>ДШ</sub>, γ<sub>ЗРШ</sub>, γ<sub>NaOH</sub>, γ<sub>Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub></sub>, γ<sub>Π</sub> и γ<sub>SR5000</sub> - соответственно, истинные плотности золы-

уноса, доменного шлака, золы рисовой шелухи, раствора NaOH, раствора Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>,

песка и суперпластификатора SR 5000F, г/см<sup>3</sup> (табл. 6);  
+ ВВ - объем вовлеченного воздуха (%).

**Табл. 6. Истинная плотность использованных сырьевых материалов**

Сырьевые материалы	ЗУ	ДШ	ЗРШ	NaOH	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	П	SR5000
Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	2,35	2,92	2,25	1,45	1,55	2,65	1,12

Исходные соотношения сырьевых компонентов по массе в бетонной смеси, выбранные для проектирования состава геополимерного бетона в результате

проведенных исследований и анализа научно-технической литературы [10, 12, 21, 22], приведены в таблице 7.

**Табл. 7. Соотношение сырьевых компонентов по массе в бетонной смеси**

Отношения	$\frac{ЗУ}{МДО (*)}$	$\frac{ДШ}{МДО}$	$\frac{ЗРШ}{МДО}$	$\frac{AP}{МДО}$	$\frac{П}{МДО}$	$\frac{Na_2SiO_3}{NaOH}$	$\frac{SR5000}{МДО}$	ВВ
Величина	0,5	0,3	0,2	от 0,3 до 0,5	1,3	2,5	0,01	3%

**Примечание:** (\*)МДО = ЗУ + ДШ + ЗРШ.

Для исследования были выбраны следующие соотношения  $\frac{AP}{МДО} = 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; \text{ и } 0,5$ .

С помощью метода абсолютных объемов, а также последующей корректировки на основании полученных экспериментальных

результатов, были рассчитаны составы бетонных смесей для получения бесцементных геополимерных бетонов с прочностью на сжатие до 60 МПа после тепловой обработки при температуре 80°C в течение 3 часов. Составы исследованных бетонных смесей приведены в табл. 8

**Табл. 8. Составы геополимерных бетонных смесей**

Составы	$\frac{AP}{МДО}$	МДО (кг)	Минеральные добавки (кг)			Активирующий раствор (кг)		П (кг)	SR5000 (л)
			ЗУ	ДШ	ЗРШ	NaOH	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>		
Состав 1	0,30	881	440	440	176	75	189	1145	8,8
Состав 2	0,35	855	428	428	171	86	214	1112	8,6
Состав 3	0,40	831	416	416	166	95	237	1081	8,3
Состав 4	0,45	808	404	404	162	104	260	1051	8,1
Состав 5	0,50	787	393	393	157	112	281	1023	7,9

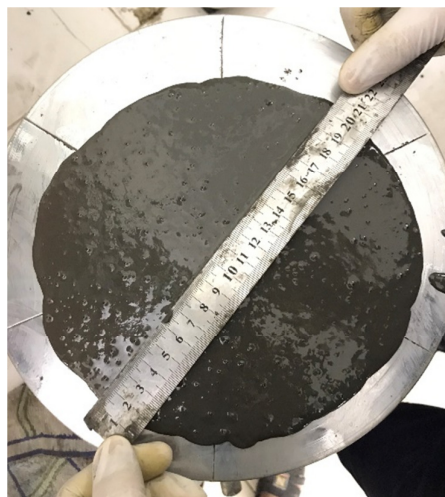
#### 4.2. Экспериментальные результаты определения удобоукладываемости и средней плотности бетонных смесей и геополимерных бетонов

Удобоукладываемость бесцементных бетонных смесей для получения геополимерных бетонов оценивали по расплыву конуса (РК) в мм в соответствии с

требованиями ASTM C1611 - 18 и TCVN 3106:2007 (Вьетнам). Испытания проводили с помощью усеченного миниконуса, изображенного на рисунке 4, путем измерения диаметра расплыва в двух взаимно-перпендикулярных направлениях (рис. 8 и 9):



**Рис. 8.** Усеченный миниконус для определения расплыва бетонной смеси



**Рис. 9.** Определение удобоукладываемости геополимерных бетонных смесей по расплыву конуса

Экспериментальные результаты средней плотности ГПБ представлены в определении удобоукладываемости и таблице 9. средней плотности бетонных смесей и

**Табл. 9.** Удобоукладываемость и средняя плотность геополимерных бетонных смесей и ГПБ

Составы	$\frac{AP}{MDO}$	Расплыв конуса (мм)	Средняя плотность бетонных смесей (кг/м <sup>3</sup> )	Средняя плотность ГПБ, (кг/м <sup>3</sup> )
Состав 1	0,30	180	2299	2218
Состав 2	0,35	185	2275	2210
Состав 3	0,40	195	2252	2189
Состав 4	0,45	200	2231	2180
Состав 5	0,50	210	2211	2108

Из полученных экспериментальных результатов определения подвижности бетонных смесей следует, что по этому требованиям стандартов TCVN 8218:2009 (Строительство морских и прибрежных сооружений - Технические требования) и TCVN 9139:2012 (Бетонные конструкции для морских сооружений - Технические требования).

показателю качества разработанные бетонные смеси удовлетворяют

В ходе проведенных экспериментов установлено, что полученные бетонные смеси однородны и не проявляют тенденции к расслоению и водоотделению. Кроме того, из полученных экспериментальных результатов испытаний бетонных смесей



была определена расплыв конуса, которая находилась в пределах 180 - 210 мм.

#### 4.3. Прочность на сжатие и на растяжение при изгибе ГПБ-образцов в разном возрасте твердения

Геополимерные бетонные образцы в форме образцов-балочек размером 40х40х160 мм изготавливались в

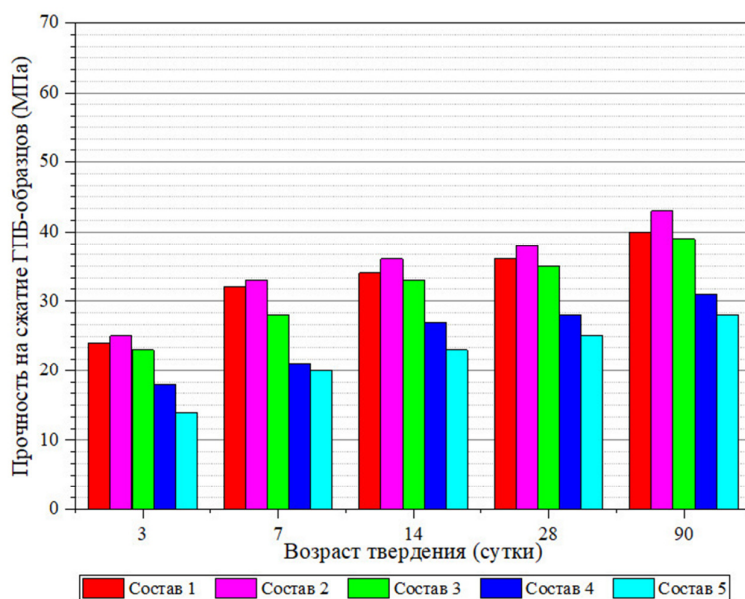
соответствии с TCVN 6061:2011 (Вьетнам). Результаты определения прочности разработанных ГПБ на сжатие в разном возрасте твердения и на растяжение при изгибе в возрасте 28 суток, а также после их тепловой обработки при температуре 80°C в течение 3 часов приведены в таблицах 10 и 11 и на рисунках 10 и 11.

**Табл. 10.** Прочность на сжатие и на растяжение при изгибе ГПБ-образцов в разном возрасте нормального твердения

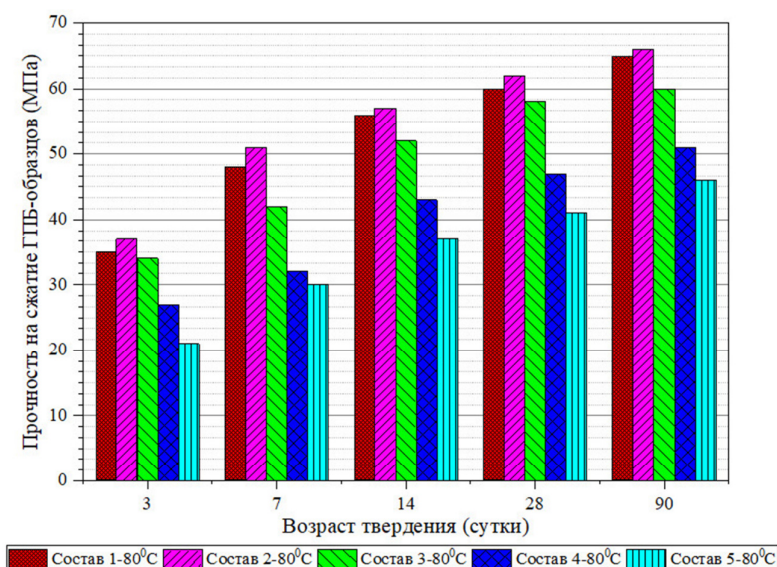
Составы	АР МДО	Прочность на сжатие, МПа					Прочность на растяжение при изгибе, МПа
		3 сут.	7 сут.	14 сут.	28 сут.	90 сут.	
Состав 1	0,30	24,4	32,8	34,4	36,7	40,9	4,1
Состав 2	0,35	25,8	33,9	36,6	38,1	43,6	4,8
Состав 3	0,40	23,5	28,1	33,9	35,4	38,1	4,4
Состав 4	0,45	18,5	21,7	27,4	28,5	31,3	3,7
Состав 5	0,50	14,9	19,6	23,6	25,2	28,5	3,5

**Табл. 11.** Прочность на сжатие и на растяжение при изгибе ГПБ-образцов в разном возрасте после тепловой обработки при температуре 80°C в течение 3 часов

Составы	АР МДО	Прочность на сжатие, МПа					Прочность на растяжение при изгибе, МПа
		3 сут.	7 сут.	14 сут.	28 сут.	90 сут.	
Состав 1	0,30	35,6	48,7	56,8	60,8	66,1	5,7
Состав 2	0,35	37,1	51,1	57,6	62,1	66,9	6,1
Состав 3	0,40	34,8	42,5	53,1	58,5	60,8	5,6
Состав 4	0,45	27,5	32,7	43,8	47,3	51,9	4,4
Состав 5	0,50	21,8	30,4	37,5	41,6	46,1	3,8



**Рис. 10.** Зависимость прочности на сжатие ГПБ-образцов от их состава и возраста при нормальном твердении



**Рис. 11.** Зависимость прочности на сжатие ГПБ-образцов от их состава и возраста при температуре 80°C в течение 3 часов

Из приведенных в таблицах 10 и 11 и на рисунках 10 и 11 экспериментальных результатов видно, что прочность образцов ГПБ-бетонов как на сжатие, так и на растяжение при изгибе, зависит от соотношения АР/МДО. Причем, на фоне установленной общей тенденции снижения прочности с ростом указанного соотношения, наибольшие ее значения наблюдаются при величине этого соотношения, равной 0,35. Термообработка бетонных образцов привела к повышению 28-суточной прочности на сжатие на 63-89%, а на растяжение при изгибе на 35-66%.

Прочность разработанных бетонов на сжатие в возрасте 3 суток твердения составила от 51 до 66% от их 28-суточной прочности, а к 7 суткам твердения – от 65% до 82% указанной прочности, что свидетельствует о высоком темпе набора прочности в раннем возрасте. Полученные результаты можно объяснить активирующим действием щелочного раствора NaOH + Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, который вступает во взаимодействие с алюминатными и силикатными составляющими использованных активных минеральных добавок с образованием быстро схватывающейся гелевой полимерной системы, обладающей вяжущими свойствами.

## 5. Выводы

На основании результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Используя местные для Вьетнама сырьевые материалы, включая многотоннажные техногенные отходы в виде топливной золы-уноса, доменного шлака и золы рисовой шелухи, что будет способствовать защите окружающей среды, можно получить геополимерный бетон на бесцементном вяжущем, который без термообработки достигает к 28 суткам твердения прочность на сжатие 38 МПа и на растяжение при изгибе 3,72 МПа. Тепловая обработка при 100°C в течение 6 часов приводит к увеличению указанных прочностных показателей, соответственно, до 62 МПа и 6,1 МПа.

2. Высокий темп набора прочности на сжатие в раннем возрасте делает геополимерные бетоны перспективным строительным материалом. Кроме того, такой бетон экономичен и его производство будет способствовать охране окружающей среды за счёт экономии природных ресурсов и возможности использования многотоннажных техногенных отходов.

3. Необходимо продолжить исследования физико-механических свойств и эксплуатационных показателей

разработанных геополимерных бетонов с целью определения наиболее рациональных областей их применения для строительных работ в условиях жаркого и влажного климата Вьетнама.

*Благодарности.* Публикуется при поддержке гранта научно-технической программы Министерства Вьетнама, реализуемой с 2021

года в соответствии № 3813/QD-BGĐĐT от 20/11/2020 с № B2021-MDA-11 «Исследования по производству высокопрочного бетона с использованием нецементных вяжущих, используемых при строительстве зданий, подверженных воздействию коррозии морской водой».

## Литература

- [1] Satish H. Sathawane, Vikrant S. Vairagade and Kavita S Kene. Combine Effect of Rice Husk Ash and Fly Ash on Concrete by 30% Cement Replacement. *Procedia Engineering* 51, 2013, P. 35 – 44. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.009>
- [2] Nour T.A., Hamdy A.E., Amel A.E. Utilization of by-pass cement kiln dust and air-cooled blast-furnace steel slag in the production of some “green” cement products // *HBRC Journal*, 2018 (14), pp 408-414, <https://doi.org/10.1016/j.hbrj.2017.11.001>.
- [3] Yu Lei, Qiang Zhang, Chris Nielsen, Kebin He. An inventory of primary air pollutants and CO<sub>2</sub> emissions from cement production in China, 1990-2020 // *Atmospheric Environment*, 2011(45) 147-154, DOI: 10.1016/j.atmosenv.2010.09.034.
- [4] Каргин А.А., Маликов И.М. Геополимерный бетон. XI Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Россия Молодая», 16-19 апреля 2019 г.
- [5] Гончарова М.А., Матченко Н.А. Разработка составов геополимерного бетона для конструкционного материала. Научные исследования: от теории к практике: Материалы V Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 06 нояб. 2015 г.): в 2 т. / Редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. – Т. 2. – №4 (5). – С. 15–18.
- [6] Pham Chi Cuong. The use of waste from the metallurgical industry in Vietnam // *Journal of Science of Vietnam*, No. 6 (10). 2012. Pp. 52-54.
- [7] Танг Ван Лам, Нго Суан Хунг, Булгаков Б. И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Орехова А.Ю., Тюрина А.А. Использование золошлаковых отходов в качестве дополнительного цементирующего материала // Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». 2018. №08. С. 19-27, [https://doi.org/10.12737/article\\_5b6d58455b5832.12667511](https://doi.org/10.12737/article_5b6d58455b5832.12667511).
- [8] Танг Ван Лам, Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А. Возможность использования зольных остатков для производства материалов строительного назначения во Вьетнаме // Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». 2017. №06. С. 06-12, [https://doi.org/10.12737/article\\_5926a059214ca0.89600468](https://doi.org/10.12737/article_5926a059214ca0.89600468).
- [9] Горбунов Г.И., Расулов О.Р. Использование рисовой соломы в производстве керамического кирпича // *Вестник МГСУ*. 2014. №11. С. 128-136.
- [10] Lam Van Tang, Hung Xuan Ngo, Dien Vu Kim, Bulgakov B.I., Aleksandrova O.V. Effect of Complex Organo-Mineral Modifier on the Properties of Corrosion-Resistant Concrete // *MATEC Web of Conferences* 251 (2018) 01005. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201825101005>.
- [11] Si -Huy Ngo, Trong-Phuoc Huynh, Thanh-Tam Thi Le, Ngoc-Hang Thi Mai. Effect of High Loss on Ignition-Fly Ash on Properties of Concrete Fully Immersed in Sulfate Solution // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 371 (2018) 012007. Doi:10.1088/1757-899X/371/1/012007
- [12] Lam Van Tang, Boris Bulgakov, Olga Aleksandrova, Anh Ngoc Pham, Yuri Bazhenov. Effect of rice husk ash on hydrotechnical concrete behavior. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 365 (2018) 032007. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/3/032007>



- [13] Ngo Van Toan. Research on the production of high-strength concrete using fine sand and mineral additives mixed with activated blast-furnace slag and rice husk ash. *Magazine Building Materials – Environment*. №4. 2012, pp. 36-45.
- [14] Rößler C., Bui D.D., Ludwig H.M. (2014). Rice husk ash as both pozzolanic admixture and internal curing agent in ultra-high performance concrete. *Cement and Concrete Composites*, 53, 270-278. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.07.015>.
- [15] Saad S.A., Nuruddin M.F., Shafiq N., Ali M. (2015). Pozzolanic Reaction Mechanism of Rice Husk Ash in Concrete—A Review. In *Applied mechanics and materials*. Vol. 773, Pp. 1143-1147. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.773-774.1143>.
- [16] Ануфриева Е.В. Коррозионностойкий бетон для гидротехнического строительства // Градостроительные аспекты устойчивого развития крупных городов. Харьков: ХНУГХ им. А.Н. Бекетова, 2009. № 93. С. 537-541.
- [17] Танг Ван Лам, Нго Суан Хунг, Ву Ким Зиен, Нгуен Чонг Чык, Булгаков Б. И., Баженова О. Ю., Гальцева Н. А. Влияние водовяжущего отношения и комплексной органоминеральной добавки на свойства бетона для морских гидротехнических сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 3. С. 11-21. <https://doi.org/10.33622/0869-7019.2019.03.11-21>
- [18] Santhanam M., Cohen M.D., Olek J. Differentiating Seawater and Groundwater Sulfate Attack on Portland Cement Mortars. *Cement and Concrete Research*, 2006, Vol. 36 (12), pp. 2132-2137. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2006.09.011>.
- [19] Chindaprasart P., Kanchanda P., Sathonsaowaphak A. Cao H.T. Sulfate resistance of blended cements containing fly ash and rice husk ash. 2007 *Constr. Build. Mater.* 2007, no. 21, pp. 1356-1361; <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.10.005>.
- [20] Thomas R.J., Peethamparan S. (2015). Alkali-activated concrete: Engineering properties and stress-strain behavior. *Construction and building materials*, 93, 49-56. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.04.039>
- [21] Liu Y., Zhu W., Yang E.H. (2016). Alkali-activated ground granulated blast-furnace slag incorporating incinerator fly ash as a potential binder. *Construction and Building Materials*, 112, 1005-1012. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.153>
- [22] Фаликман В.Р., Охотникова К.Ю. Геополимерные вяжущие и бетоны в современном строительстве. *Международный научно-исследовательский журнал*, №4 (35) 2015, Часть 1. DOI: 10.18454/IRJ.2227-6017.

# THE POSSIBILITY OF USING ASH-SLAG WASTE AND RICE HUSK ASH ON GEOPOLYMER CONCRETE FOR THE CONSTRUCTION OF BUILDING IN VIETNAM

Tang Van Lam<sup>1,2</sup>, B.I. Bulgakov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Hanoi University of Mining and Geology, 18 Pho Vien, Duc Thang, Bac Tu Liem, Ha Noi, Vietnam

<sup>2</sup> Binh Duong University, Thu Dau Mot City, Binh Duong Province, Viet Nam, Thu Dau Mot City, Binh Duong Province, Viet Nam

<sup>3</sup> National Research Moscow State University of Civil Engineering, d. 26 Yaroslavskoe Shosse, Moscow, 129337, Russian Federation

## ABSTRACT

Currently, in all countries, as a binder to produce concrete, as a rule, Portland cement is used, the world production of which forms about 10% of the total carbon dioxide emissions into the Earth's atmosphere. Therefore, it seems promising to replace Portland cement partially or completely with new cementless binders, for the production of which multi-tonnage technogenic waste with a cementing effect can be used, for example, finely ground blast furnace slag, fly ash from thermal power plants and ash formed during the burning of rice husks, which will also have a positive impact on the environment. As an activator of setting and hardening of such binders, aqueous alkaline solutions (NaOH and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> or KOH and K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) should be used, and for adjusting the setting time – dihydrate gypsum. The concrete produced based on the new cementless binders is called geopolymer concrete (GPB). As a result of the experimental studies, it was found that using local for Vietnam raw materials of the concrete mixture, such as sand, fly ash, blast furnace slag, fly ash, rice husk, and alkaline solution-activator, it is possible to cementless concrete, with heat treatment at 80°C for 3 hours at the age of 28 days, compressive strength and tensile strength in bending are, respectively, 62 MPa and 6.1 MPa. This cementless concrete, which compressive strength and tensile flexural strength at the age of 28 days at normal hardening are, respectively, 38.1 MPa and 4.8 MPa. In addition, such concrete is economical, and its production will contribute to environmental protection by saving natural resources and the possibility of using multi-tonnage man-made waste.

**Keywords:** geopolymer concrete, cementless alkaline binder, multi-tonnage technogenic waste, active mineral additives, activating alkaline solution, polycarboxylate superplasticizer.

**Acknowledgements:** published with the support of a grant from the scientific and technical program of the Ministry of Vietnam, ordered from 2021 in accordance No. 3813/QĐ-BGDĐT 20/11/2020 with No. B2021-MDA-11 "Research on the production of high-strength concrete using non-cement binders in construction buildings exposed to corrosion by sea water".

## NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG SỬ DỤNG PHẾ THẢI TRO XỈ VÀ TRO TRẤU ĐỂ CHẾ TẠO BÊ TÔNG GEOPOLYMER DÙNG TRONG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH Ở VIỆT NAM

Tăng Văn Lâm<sup>1,2</sup>, B.I. Bulgakov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Mỏ - Địa chất

<sup>2</sup> Đại học Bình Dương, Thành phố Thủ Dầu Một, tỉnh Bình Dương, Việt Nam

<sup>3</sup> Trường Đại học Xây dựng Quốc gia Mátxcova – Liên bang Nga

## TÓM TẮT

Hiện nay, ở hầu hết các quốc gia trên thế giới thành phần chính của chất kết dính để sản xuất bê tông là các loại xi măng poóc lăng. Quá trình sản xuất và sử dụng xi măng poóc lăng đã tạo ra khoảng 10% tổng lượng khí thải CO<sub>2</sub> vào bầu khí quyển của Trái đất. Bên cạnh đó, đẩy mạnh việc xử lý, tiêu thụ tro, xỉ, thạch cao phát thải từ các nhà máy nhiệt điện, hóa chất là hết sức quan trọng trong giai đoạn hiện nay. Do đó, việc kết hợp tái sử dụng các loại phế thải tro xỉ và tro trấu để thay thế một phần hoặc toàn bộ xi

măng poóc lãng trong thành phần chất kết dính của bê tông là một trong các hướng nghiên cứu tiềm năng. Bài báo này đã nghiên cứu chế tạo bê tông sử dụng chất kết dính không sử dụng xi măng từ hỗn hợp phế thải rắn ở Việt Nam. Trong đó, tro xỉ nhiệt điện và tro trấu được sử dụng như là vật liệu alumino-silicat, dung dịch NaOH 14 M và Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> có modun silic SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O = 2,78 được sử dụng như là dung dịch hoạt hóa. Các kết quả của các nghiên cứu thử nghiệm cho thấy rằng việc sử dụng các nguồn nguyên liệu có sẵn trong nước như cát, tro bay, xỉ lò cao, tro trấu và dung dịch kiềm hoạt hóa có thể chế tạo được bê tông không xi măng có cường độ nén và cường độ kéo khi uốn lần lượt là 62 MPa và 6,1 MPa ở tuổi 28 ngày khi được dưỡng hộ nhiệt ở 80°C trong vòng 3 giờ. Đồng thời, khi rắn chắc ở điều kiện thường thì loại bê tông không xi măng này có cường độ nén và cường độ uốn kéo ở tuổi 28 ngày lần lượt là 38,1 MPa và 4,8 MPa. Ngoài ra, việc sử dụng tro, xỉ nhiệt điện và tro trấu trong thành phần cấp phối bê tông không chứa xi măng poóc lãng không chỉ là giải pháp bảo vệ môi trường, tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên, giảm áp lực xử lý các loại phế thải rắn mà còn tạo ra nhiều loại bê tông "xanh" trong tương lai.

**Từ khóa:** Bê tông Geopolymer, chất kết dính không xi măng; phế thải rắn nhân tạo, phụ gia khoáng; dung dịch hoạt hóa; phụ gia siêu dẻo.

**Lời cảm ơn:** Nội dung của bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài cấp Bộ Mã số B2021-MDA-11 “Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng chất kết dính không xi măng dùng trong xây dựng công trình chịu tác động ăn mòn của nước biển”. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo đã tài trợ kinh phí để hoàn thành các thí nghiệm trong bài báo này.

**Liên hệ: Tăng Văn Lâm**

Đại học Mô-Địa chất.

Số 18 Phố Viên – Phường Đức Thắng – Q. Bắc Từ Liêm – Hà Nội

E-mail: lamvantang@gmail.com.