

Строительные Материалы[®] № 4

Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]

ISSN 0585-430X (Print)

ISSN 2658-6991 (Online)



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU WWW.JOURNAL-CM.RU АПРЕЛЬ 2026 г. (845)

Темы номера:

- Современные вяжущие материалы
- Теплоизоляционные строительные материалы
 - Бетоны: наука и практика
- Результаты научных исследований

Учредитель: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,
Адрес: 125319, г. Москва, ул. Черняховского,
д. 9, корп. 1, кв. 1

Издатель: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»
Адрес: 125319, г. Москва, ул. Черняховского,
д. 9, корп. 1, кв. 1

Свид. о регистрации ПИ № 77-1989
ISSN 0585-430X (Print) ISSN 2658-6991 (Online)

Входит в Белый список РЦНИ,
Russian Science Citation Index, Перечень ВАК

Адрес редакции: Россия, 127434, г. Москва,
Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

№ 4

Основан в 1955 г.

(845) Апрель 2026

Тел.: (499) 390-87-17 mail@rifsm.ru; www.rifsm.ru; www.journal-cm.ru

Современные вяжущие материалы

Е.Г. ГУЛЯКОВ, В.Г. ХОЗИН

**Адсорбция суперпластификатора на портландцементе
и цементе низкой водопотребности ЦНВ-100** 4

ТАНГ ВАН ЛАМ, НГУЕН ТХЕ ЗИАНГ, Б.И. БУЛГАКОВ, О.Б. ЛЯПИДЕВСКАЯ, С.И. БАЖЕНОВА

**Бесцементный бетон на местных заполнителях для прибрежной
и островной инфраструктуры Вьетнама** 11

С.В. АРАСЛАНКИН, О.В. НИПРУК, А.Ф. БУРЬЯНОВ

**Теоретические аспекты механизма действия замедлителей схватывания
гипсовых вяжущих материалов** 20

А.О. БЕЛЯЕВ, В.Е. ДАНИЛОВ, А.М. АЙЗЕНШТАДТ, М.А. ФРОЛОВА, Н.В. КИЛЮШЕВА, С.Н. КАПУСТИН

**Древесно-минеральные композиты на основе механоактивированного
сапонитсодержащего порошка и древесной муки** 26

Теплоизоляционные строительные материалы

М.Д. ЗАЙЦЕВ, А.В. ФЕДЮХИН, О.В. АФАНАСЬЕВА, Д.А. ЗАРИПОВА

Анализ характеристик тепловой изоляции на основе минеральной ваты и аэрогеля 34

А.И. ЕНИКЕЕВ, Я.Э. БЕГИЧ, Ф.А. ПАЩЕНКО, О.Н. СТОЛЯРОВ

**Влияние циклических температурных нагрузок на свойства теплоизоляционных материалов
и их эффективность в ограждающих конструкциях** 41

Бетоны: наука и практика

Е.В. РУМЯНЦЕВ, А.Х. БАЙБУРИН

**Методика зимнего бетонирования горизонтальных монолитных стыков
крупнопанельных зданий с использованием сухих строительных смесей** 49

Результаты научных исследований

Г.Е. ИЗБАСКАНОВА, Ш.Н. ТУРЕМУРАТОВ

**Кальцинация известняка Актауского месторождения и морфология
минеральных микрозаполнителей известковых вяжущих** 56

С.С. ИНОЗЕМЦЕВ, Х.Т. ЛЕ, Е.В. КОРОЛЕВ

Опытно-промышленная апробация асфальтобетонов с капсулами для самовосстановления 63

В.Е. РУМЯНЦЕВА, Ю.Ф. ПАНЧЕНКО, Д.А. ПАНЧЕНКО, Б.Е. НАРМАНИЯ, Д.А. СМИРНОВ

**Состав и структура силикатного бетона как фактор коррозионной стойкости
при воздействии хлорида натрия. Часть 2. Состав новообразований
как фактор сохранения прочности** 70

Founder of the journal: «STROYMATERIALY»
Address: 1, 9 Bldg. 1, Chernyakhovskogo Street,
 Moscow, 125319, Russian Federation
Publisher: «STROYMATERIALY»
 Advertising-Publishing Firm, OOO
Address: 1, 9 Bldg. 1, Chernyakhovskogo Street,
 Moscow, 125319, Russian Federation
 Registration certificate PI № 77-1989
ISSN 0585-430X (Print) ISSN 2658-6991 (Online)
 Included in the «White List» of the Russian
 Center for Scientific Information, Russian
 Science Citation Index, list of journals of the
 Higher Attestation Commission (Russia)
Editorial address: 9/3 Dmitrovskoye Highway,
 127434, Moscow, Russian Federation

Monthly scientific-technical and industrial journal
STROITEL'NYE
MATERIALY® **№ 4**
 Founded in 1955 (845) April 2026

Tel.: (499) 390-87-17 mail@rifsm.ru; www.rifsm.ru; www.journal-cm.ru

Modern binding materials

E.G. GULYAKOV, V.G. KHOZIN
Superplasticizer Adsorption on Portland Cement and Low Water Demand Cement LWDC-100 4

TANG VAN LAM, NGUYEN THE GIANG, B.I. BULGAKOV, O.B. LYAPIDEVSKAYA, S.I. BAZHENOVA
Cement-Free Concrete Incorporating Local Aggregates for Coastal and Island Infrastructure Development in Vietnam 11

S.V. ARASLANKIN, O.V. NIPRUK, A.F. BURYANOV
Theoretical Aspects of Setting Retarders Action Mechanism for Gypsum Binding Materials. 20

A.O. BELYAEV, V.E. DANILOV, A.M. AYZENSHTADT, M.A. FROLOVA, N.V. KILYUSHEVA, S.N. KAPUSTIN
Wood-Mineral Composites Based on Mechanically Activated Saponite-Containing Powder and Wood Flour 26

Thermal insulation building materials

M.D. ZAITSEV, A.V. FEDYUKHIN, O.V. AFANASIEVA, D.A. ZARIPOVA
Characteristics Analysis of Thermal Insulation Based on Mineral Wool and Aerogel 34

A.I. ENIKEEV, Ya.E. BEGICH, F.A. PASHCHENKO, O.N. STOLYAROV
Effect of Cyclic Thermal Loads on Properties of Thermal Insulation Materials and Their Efficiency in Building Envelopes 41

Concretes: science and practice

E.V. RUMYANTSEV, A.Kh. BAIBURIN
Methodology for Winter Concreting of Horizontal Monolithic Joints of Large-Panel Buildings Using Dry Building Mixes 49

Results of scientific research

G.E. IZBASKANOVA, Sh.N. TUREMURATOV
Calcination of the Aktau Deposit Limestone and Morphology of Calcareous Binders Mineral Microfillers. 56

S.S. INOZEMTSEV, H.T. LE, E.V. KOROLEV
Industrial Testing of Asphalt Concrete Modified by Capsules for Self-Healing 63

V.E. RUMYANTSEVA, Yu.F. PANCHENKO, D.A. PANCHENKO, B.E. NARMANIYA, D.A. SMIRNOV
Composition and Structure of Sand Lime Concentrate as a Factor of Corrosion Resistance by exposure to Sodium Chloride. Part 2. Crystalline Formations Products Composition as a Factor of Strength Retention 70

The authors of published materials are responsible for the accuracy of the submitted information, the accuracy of the data from the cited literature and for using in articles data which are not open to the public. The Editorial Staff can publish the articles as a matter for discussion, not sharing the point of view of the author. Reprinting and reproduction of articles, promotional and illustrative materials are possible only with the written permission of the editor-in-chief. The Editorial Staff is not responsible for the content of advertisements and announcements.

УДК 691.335

DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2026-845-4-11-19>

ТАНГ ВАН ЛАМ¹, канд. техн. наук, преподаватель-исследователь (tangvanlam@humg.edu.vn);
 НГУЕН ТХЕ ЗИААНГ², инженер-строитель, генеральный директор (tahp@amy.vn);
 Б.И. БУЛГАКОВ³, канд. техн. наук, доцент (BulgakovBI@mgsu.ru),
 О.Б. ЛЯПИДЕВСКАЯ³, канд. техн. наук, доцент (LyapidevskayaOB@mgsu.ru),
 С.И. БАЖЕНОВА³, канд. техн. наук, доцент (BazhenovaSI@mgsu.ru)

¹ Ханойский горно-геологический университет (18 Фо Виен, Донг Нгак, Ханой, Вьетнам)

² Инвестиционная акционерная компания «Чьюнг Ан Хайфонг»

(Лот CN119-13, Динь Ву – экономическая зона Кат Хай, район Донг Хай, Хайфон, Вьетнам)

³ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

Бесцементный бетон на местных заполнителях для прибрежной и островной инфраструктуры Вьетнама

Исследована возможность использования местных заполнителей для производства бесцементного бетона, предназначенного для строительства объектов инфраструктуры прибрежных и островных районов Вьетнама. В качестве заполнителей рассматриваются морской песок, галька, мертвые кораллы и дробленые морские раковины, а в качестве вяжущего – щелочно-активированные композиции на основе золы-уноса и гранулированного доменного шлака. Экспериментальные исследования включали оценку удобоукладываемости бетонной смеси, прочности бетона при сжатии, стойкости его структуры к проникновению хлорид-ионов, сульфатной коррозии и эксплуатационной пригодности в условиях, моделирующих морскую водную среду. Полученные результаты показали, что разработанный бесцементный бетон обладает хорошей удобоукладываемостью (осадка конуса 18 см) и высокой прочностью при сжатии, достигающей 64,5 МПа на 28-е сут твердения. Материал также продемонстрировал низкую проницаемость структуры для хлорид-ионов, высокую устойчивость к сульфатной коррозии и повышенные показатели эксплуатации в морской среде. Проведенные исследования подтверждают перспективность применения во Вьетнаме бесцементного бетона высокой прочности на основе морских заполнителей для строительства берегозащитных сооружений, волноломов, сборных бетонных элементов, неавтоклавных строительных блоков, а также объектов оборонной инфраструктуры на удаленных островах. Полученные результаты формируют научную и практическую основу для разработки экологически безопасных строительных материалов, соответствующих условиям эксплуатации в агрессивной морской среде в рамках реализации стратегии устойчивого экономического развития Вьетнама.

Ключевые слова: бесцементный бетон, бетон высокой прочности, морские заполнители, щелочно-активированное вяжущее, объекты прибрежной и островной инфраструктуры.

Исследовательская группа выражает искреннюю благодарность компании Truong An Hai Phong Investment Joint Stock Company и группе «Зеленый бетон» Ханойского горно-геологического университета за поддержку в проведении данного исследования.

Для цитирования: Танг Ван Лам, Нгуен Тхе Зианг, Булгаков Б.И., Ляпидевская О.Б., Баженова С.И. Бесцементный бетон на местных заполнителях для прибрежной и островной инфраструктуры Вьетнама // *Строительные материалы*. 2026. № 4. С. 11–19. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2026-845-4-11-19>

Поступила в редакцию 03.03.2026

Одобрена для публикации 10.04.2026

TANG VAN LAM¹, Candidate of Sciences (Engineering), Lecturer-Researcher (tangvanlam@humg.edu.vn);

NGUYEN THE GIANG², Engineer, General Manager (tahp@amy.vn);

B.I. BULGAKOV³, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor (BulgakovBI@mgsu.ru),

O.B. LYAPIDEVSKAYA³, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor (LyapidevskayaOB@mgsu.ru),

S.I. BAZHENOVA³, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor (BazhenovaSI@mgsu.ru)

¹ Hanoi University of Mining and Geology (HUMG) (18 Pho Vien, Dong Ngac, Hanoi, Vietnam)

² Truong An Hai Phong Investment Joint Stock Company; Lot CN119-13, Dinh Vu – Cat Hai Economic Zone, Dong Hai District, Hai Phong, Vietnam

³ National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl'skoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Cement-Free Concrete Incorporating Local Aggregates for Coastal and Island Infrastructure Development in Vietnam

The article investigates the feasibility of using locally available aggregates for the production of cement-free concrete intended for infrastructure construction in coastal and island regions of Vietnam. The aggregates considered include marine sand, pebbles, dead coral, and crushed seashells, while the binder consists of alkali-activated compositions based on fly ash and ground granulated blast-furnace slag. The experimental program included evaluation of fresh concrete workability, compressive strength, resistance to chloride ion penetration, sulfate corrosion resistance, and overall performance under simulated marine environmental conditions. The results demonstrate that the developed cement-free concrete exhibits good workability (slump of 18 cm) and high compressive strength, reaching 64.5 MPa at 28 days of curing. The material also showed low chloride ion permeability, high resistance to sulfate attack, and enhanced durability in marine exposure conditions. The conducted research confirms the potential application in Vietnam

of cement-free concrete with high strength incorporating marine aggregates for the construction of coastal protection structures, breakwaters, precast concrete elements, non-autoclaved building blocks, and defense infrastructure facilities on remote islands. The findings provide a scientific and practical basis for the development of environmentally sustainable construction materials suitable for aggressive marine environments, contributing to the implementation of Vietnam's sustainable economic development strategy.

Keywords: cement-free concrete; concrete with high strength; marine aggregates; alkali-activated binder; coastal and island infrastructure.

The research team would like to express their sincere gratitude to Truong An Hai Phong Investment Joint Stock Company and the Green Concrete Group of Hanoi University of Mining and Geology for their support in conducting this research.

For citation: Tang Van Lam, Nguyen The Giang, Bulgakov B.I., Lyapidevskaya O.B., Bazhenova S.I. Cement-free concrete incorporating local aggregates for coastal and island infrastructure development in Vietnam. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2026. No. 4, pp. 11–19. (In Russian). <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2026-845-4-11-19>

Received 03.03.2026

Approved for publication 10.04.2026

Бетоны, обладающие высокой прочностью, играют особенно важную роль и являются основным строительным материалом, используемым на большинстве строительных объектов во Вьетнаме – не только на материке, но и в прибрежных районах и на удаленных островах. Как многокомпонентный композитный материал, бетон, помимо обеспечения долговечности, стойкости к коррозии и разрушению под воздействием морской соленой среды, в последние годы активно исследуется и развивается в направлении снижения воздействия технологии его получения на окружающую среду и максимального использования многотоннажных промышленных отходов. Эти современные тенденции являются ключевыми ориентирами реализации концепции устойчивого развития промышленности строительных материалов, соответствующей стратегии «зеленого роста» Вьетнама, и одновременно создают необходимую материальную основу строительства в сфере обороны, защиты суверенитета страны и развития ее морской и островной экономики [1, 2].

Вьетнам имеет морское побережье протяженностью более 3260 км, а также свыше 3 тыс. островов и архипелагов, среди которых наиболее важным стратегическим значением обладают архипелаги Трунг-Са (Trùng Sa) и Хоанг-Са (Hoàng Sa) [3]. В условиях изменения климата, повышения уровня моря и необходимости укрепления оборонной инфраструктуры для защиты суверенитета на море создание строительных материалов, которые можно применять непосредственно на удаленных островах и рифах, является для Вьетнама как насущной задачей, так и долгосрочным стратегическим направлением (рис. 1–3).

Правительство и Министерство строительства Вьетнама четко определили направление разработки эффективных и экологически безопасных строительных материалов за счет использования местных ресурсов морского происхождения в виде песка, гальки, мертвых кораллов и др., а также путем переработки и утилизации многотоннажных промышленных отходов. Развитие технологии получения таких материалов направлено на удовлетворение требований строительства в особых условиях – в прибрежных районах и на удаленных островах, где использование традиционных ресурсов затруднено, а также на обес-

печение стойкости к коррозии в агрессивной морской среде и длительной эксплуатации конструкций и сооружений.

В Постановлении Центрального комитета Коммунистической партии Вьетнама № 36-NQ/TW от 22 октября 2018 г. «О Стратегии устойчивого развития морской экономики Вьетнама до 2030 г. с перспективой до 2045 г.» (Resolution No. 36-NQ/TW dated October 22, 2018 of the Central Committee on the Strategy for Sustainable Development of Vietnam's Marine Economy to 2030, with a vision to 2045) подчеркивается: «Устойчивое развитие морской экономики должно быть неразрывно связано с охраной морской среды, адаптацией к изменениям климата, повышению уровня моря и укреплением оборонного и национального потенциала на море». Постановление также поощряет применение научных и технологических достижений, инноваций в области строительства и использование новых материалов для развития инфраструктуры прибрежных зон и островов.

Кроме того, с учетом негативного воздействия на окружающую среду процесса производства традиционного портландцемента, а также образования значительного количества различных твердых отходов от промышленной деятельности, исследование и разработка коррозионностойкого бетона высокой прочности с применением вяжущего без цемента и местных заполнителей, экологически безопасного и устойчивого к агрессивной морской среде, является эффективным решением для создания во Вьетнаме экономики замкнутого цикла и достижения цели «Net-zero» к 2050 г.

В мире достаточно давно проводятся исследования по разработке составов цементных бетонов, предназначенных для строительства объектов национальной обороны на море, и они принесли значительные результаты. Последние подобные исследования в основном сосредоточены на изучении возможности использования различных тонкоизмельченных активных минеральных добавок, таких как зола рисовой шелухи, микрокремнезем, гипс и т. д., в сочетании с сульфатостойким портландцементом и суперпластификаторами для получения бетонов, устойчивых к коррозионному воздействию морской воды [4–7 и др.]. Результаты этих исследований показали, что срок службы бетона может быть

увеличен за счет использования смесей тонкоизмельченных неорганических активных добавок, что уменьшает пористость в его структуре и, как результат, повышает прочность бетона, снижает его проницаемость и минимизирует негативное воздействие коррозионных факторов водной среды. Однако лишь немного твердых отходов в настоящее время используется для замены портландцемента, в то время как большое количество различных цемента все еще применяется как основной вяжущий материал [8, 9]. Наряду с этим разработка экологически безопасных вяжущих без использования портландцемента, на 100% состоящих из промышленных твердых отходов, вызывает интерес во многих странах мира. Тем не менее в этих исследованиях почти не изучаются коррозионная и эрозийная стойкость гидротехнических бетонов на подобных вяжущих, а также использование бесцементных вяжущих для получения высококачественных бетонов с прочностью. Кроме того, отсутствуют работы по использованию в подобных бетонах местных морских заполнителей.

Во Вьетнаме в последнее время также были проведены некоторые исследования, направленные на создание коррозионностойкого бетона, стойкого к коррозии и эрозии в морской воде. Содержание этих исследований в основном сосредоточено на изучении механизмов процессов коррозии бетона и стальной арматуры, приводящих к снижению прочности и сокращению срока службы железобетонных конструкций в морской среде под воздействием агрессивных анионов растворенных солей (Cl^- , SO_4^{2-} и др.), с целью разработки методов защиты от коррозии [10, 11]. Что касается прочности, то основная часть исследований сосредоточена на создании коррозионностойких и долговечных бетонов с прочностью при сжатии 30–50 МПа путем использования сульфатостойкого цемента в сочетании с различными добавками, включая химические в виде суперпластификаторов, а также такие минеральные добавки, как микрокремнезем, активированные металлургические и топливные шлаки, золы, и др. [11–15]. Кроме того, некоторыми вьетнамскими исследовательскими институтами, научными центрами и университетами строительного профиля изучалась возможность применения бесцементных связующих с целью получения геополимерных бетонов. Однако эти исследования остаются в основном обзорными и носят статистический характер, а эксперименты не являются полными и законченными. При этом не используются местные материалы морского происхождения в качестве замены традиционных заполнителей в составе бетонов на бесцементных вяжущих.

Анализируя результаты исследований во Вьетнаме и за рубежом, можно отметить, что на данный момент проведено не так много исследований по использованию сырьевых материалов морского происхождения в качестве заполнителей для получения



Рис. 1. Строительные работы в заливе Халонг (Вьетнам)
Fig. 1. Construction work in Halong Bay (Vietnam)



Рис. 2. Коррозия и повреждение стальных конструкций пирсов в заливе Халонг (Вьетнам)
Fig. 2. Corrosion and damage to steel structures of piers in Halong Bay (Vietnam)



Рис. 3. Разрушение пирса в заливе Халонг (Вьетнам)
Fig. 3. Destruction of the pier in Halong Bay (Vietnam)

бетонов высокой прочности на бесцементных вяжущих, пригодных для строительства объектов, в том числе оборонного назначения, на морском побережье и островах.

Таким образом, с целью утилизации многотоннажных промышленных отходов, особенно тонко-

измельченных неорганических, образующихся в процессе термической обработки природного сырья, сокращения воздействия негативных факторов производства портландцемента, а также использования местных материалов для строительства инфраструктурных объектов национальной обороны в прибрежной и островной зонах в соответствии с реализацией положений Постановления Центрального комитета Коммунистической партии Вьетнама № 36-NQ/TW от 22 октября 2018 г. проведение исследования для оценки возможности использования местных заполнителей для получения бесцементного бетона высокой прочности с целью разработки устойчивых решений для прибрежной и островной инфраструктуры Вьетнама является актуальным и имеет большое научное и практическое значение. Также тема данного исследования соответствует общему направлению развития экономики государства и Постановлению № 57-NQ/TW от 22 декабря 2024 г. Политбюро ЦК компартии Вьетнама (Resolution No. 57-NQ/TW dated December 22, 2024 of the Politburo on breakthrough development of science, technology, innovation, and national digital transformation,

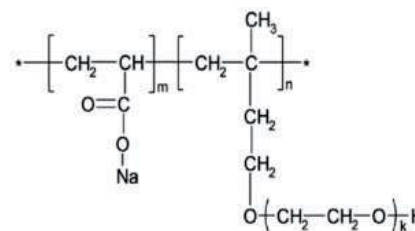
defining orientations toward 2030 with a vision to 2045 (In Vietnam)) о прорывном развитии науки, технологий, инноваций и национальной цифровой трансформации, а также будет способствовать индустриализации, модернизации и международной интеграции страны. Кроме того, тема исследования отвечает стратегии использования сырьевых материалов для строительства морских и оборонных объектов островной зоны в соответствии с решением № 126/QH-TTg Премьер-министра Социалистической Республики Вьетнам от 25 января 2019 г. (Project on the development of construction materials for coastal and island structures up to 2025, approved under Decision No. 126/QH-TTg by the Prime Minister of Vietnam on January 25, 2019 (In Vietnam)), особенно в части предоставления некоторых эффективных решений по использованию строительных материалов на основе местного сырья морского происхождения, что позволит повысить автономность строительства за счет снижения зависимости от транспортировки цемента и других традиционных сырьевых материалов на острова, сопряженной с определенными трудностями.



Рис. 4. Компоненты активной минеральной порошковой добавки: *a* – зола-уноса ТЭС; *b* – тонкоизмельченный доменный шлак
Fig. 4. Components of the active mineral powder additive: *a* – fly ash from thermal power plants; *b* – finely ground blast furnace slag



Рис. 5. Компоненты активирующего раствора: *a* – сухой гидроксид натрия; *b* – раствор силиката натрия
Fig. 5. Components of the activating solution: *a* – dry sodium hydroxide; *b* – sodium silicate solution



Структурная формула суперпластификатора SR5000F фирмы «SilkRoad»

Рис. 6. Поликарбоксилатный суперпластификатор SR5000F «SilkRoad»
Fig. 6. Polycarboxylate superplasticizer SR5000F «SilkRoad»

Используемые материалы и методы исследования

Для производства бесцементного бетона высокой прочности в данном исследовании использовались следующие материалы.

*Активная минеральная
двухкомпонентная порошковая добавка*

1. Зола-уноса ТЭС (ЗУ), используемая для получения смесей «зеленого» бетона и строительного раствора, представляет собой золу типа F, соответствующую техническим требованиям, установленным стандартом Вьетнама TCVN 10302:2014 «Активная добавка золы-уноса для бетона, строительного раствора и цемента» (рис. 4, a).

2. Тонкоизмельченный металлургический шлак (Ш), также используемый в составе смесей «зеленого» бетона и строительного раствора, соответствующий маркам S75 или S95 и удовлетворяющий техническим требованиям, установленным стандартом TCVN 11586:2016 «Тонкоизмельченный гранулированный доменный шлак, используемый для бетона и раствора» (рис. 4, b).

Активирующий двухкомпонентный раствор (АДР)

1. Гидроксид натрия (NaOH), также называемый каустической содой, соответствующий требованиям, установленным стандартом TCVN 3793:1983 «Гидроксид натрия. Технические требования» (рис. 5, a).

2. Водный раствор силиката натрия (Na_2SiO_3), обычно называемый жидким стеклом, обеспечивающий массовое соотношение SiO_2/Na_2O , равное 2–2,5, с содержанием нерастворимого в воде осадка не более 0,5%. Раствор силиката натрия соответствовал требованиям стандарта 64TCN 38:1986 «Силикат натрия. Технические требования» (рис. 5, b).

*Суперпластификатор для улучшения
удобоукладываемости бесцементной бетонной смеси*

В работе использовался поликарбоксилатный суперпластификатор SR5000F (СП) нового поколения



Рис. 7. Работы по углублению морского дна и сбор обломков мертвых коралловых рифов, раковин моллюсков и морской гальки
Fig. 7. Seabed dredging and collection of dead coral reef debris, shellfish and sea pebbles

производства фирмы «SilkRoad», который соответствовал требованиям стандарта TCVN 8826:2011 «Химические добавки для бетона и раствора. Технические требования». Структурная формула использованного суперпластификатора SR5000F изображена на рис. 6.

Заполнители

В данном исследовании все использованные заполнители были получены из местных морских ресурсов следующим путем:

– в результате проведения работы по углублению морского дна, сопровождающейся сбором обломков мертвых коралловых рифов, раковин моллюсков и морской гальки, с помощью специальных судов – земснарядов, оснащенных мощными насосами (рис. 4);

– последующим дроблением высушенных естественным путем указанных материалов морского происхождения до размера частиц от 0,14 до 10 мм и немного больше, что делает их пригодными для использования в качестве мелкого (МЗ) и крупного (КЗ) заполнителей для получения бетонов в соответствии с требованиями вьетнамского стандарта TCVN 7570:2006 «Заполнители для бетона и строительного раствора. Технические характеристики» (рис. 7).

Вода

Вода (В), использованная для приготовления раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией 10 М, а также бесцементной бетонной смеси требуемой удобоукладываемости, соответствовала требованиям стандарта TCVN 4506:2012 «Вода для приготовления бетонных и растворных смесей. Технические требования».

*Проектирование состава бесцементного бетона
высокой прочности*

Определение состава бесцементного бетона высокой прочности на щелочном активированном вяжущем должно осуществляться, так же как и для бетона

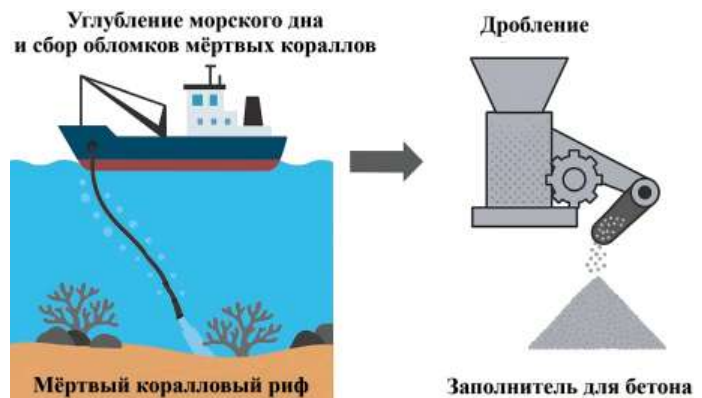


Рис. 8. Схема сбора и дробления мертвых кораллов, раковин и морской гальки для получения заполнителей для бетонов
Fig. 8. Scheme of collecting and crushing dead corals, shells and sea pebbles to obtain aggregates for concrete

Таблица 1
Table 1

Состав бесцементного бетона
Composition of cement-free concrete

Маркировка состава	Расход материалов на 1 м ³ бетонной смеси, кг								
	ЗУ	Ш	МЗ	КЗ	СП	Растворы			В
						NaOH	Na ₂ SiO ₃	АДР	
ИД-01	250	250	510	1050	4,5	86	215	301	115

высокой прочности, на портландцементе с использованием метода абсолютных объемов и использованием результатов ранее проведенных исследований в этой области ([2, 3]; Dinh Hoang Quan, Nguyen Thanh Bang, Nguyen Tien Trung. Method for calculating mixture proportions and mix design formulas of alkali-activated binder concrete using thermal power plant fly ash and blast furnace slag, suitable for various material sources. National-level scientific research project, Code KC.08.21/16-20 under the Science and Technology Program for Environmental Protection and Natural Disaster Prevention, Code KC08/16-20, 2021; Calculation of non-cement binder composition in accordance with the Technical Guidelines for Concrete Mix Design of Various Types, issued under Decision No. 778/1998/QĐ-BXD dated September 5, 1998 of the Ministry of Construction (in Vietnam)). Состав бесцементного бетона приведен в табл. 1.

Требования, предъявляемые к бесцементной бетонной смеси и получаемому из нее бетону

Подвижность бесцементной бетонной смеси по осадке конуса для обеспечения ее хорошей удобоукладываемости должна находиться в пределах от 10 до 20 см, что соответствует требованиям вьетнамского стандарта TCVN 4453:2025 «Монолитные бетонные и железобетонные конструкции. Нормы строительства, проверки и приемки» (рис. 9).

Средняя прочность бетона при сжатии в возрасте 28 сут должна составлять 60–70 МПа, что соответствует требованиям вьетнамского стандарта TCVN 3118:2022 «Затвердевший бетон. Метод определения прочности при сжатии».

Длительность разрушения бетонных образцов, армированных стальными стержнями, в коррозионно-активной среде, моделирующей морскую воду, в результате испытаний их по стандарту NT Build 365 должна превышать 60 сут (рис. 10).

Результат оценки стойкости структуры бесцементного бетона к проникновению ионов Cl⁻ методом ускоренной коррозии по среднему количеству электричества, проходящему через образец, должен быть не более 250 кулонов, что соответствует требованиям стандарта NT Build 365 «Бетон, ремонтные материалы и защитное покрытие. Метод определения проницаемости для хлоридов с использованием встроенной стали» (NT Build 356 «Concrete, repairing materials and protective coating: embedded steel method, Chloride permeability». 2008).

Сульфатное расширение бетонных образцов под действием 5% водного раствора сульфата натрия должно составлять менее 0,2%, что соответствует требованиям вьетнамского стандарта TCVN 6068:2004 «Сульфатостойкий портландцемент. Метод испытания на потенциальное расширение растворов, подверженных воздействию сульфатов».

Результаты экспериментальных испытаний представлены в табл. 2.

Технология получения бесцементного бетона или бетона с низким содержанием портландцемента с использованием местных морских заполнителей

Для получения бесцементного бетона или бетона с низким содержанием портландцемента в качестве мелкого и крупного заполнителей используются



Рис. 9. Определение удобоукладываемости бесцементной бетонной смеси
Fig. 9. Determination of workability of cement-free concrete mixture



Рис. 10. Армированные бетонные образцы для испытаний на стойкость к коррозии по стандарту NT Build 365

Fig. 10. Reinforced concrete specimens for corrosion resistance testing according to NT Build 365



Таблица 2
Table 2Результаты экспериментальных испытаний бетонных образцов
Results of experimental tests of concrete samples

Маркировка состава	Подвижность бетонной смеси по осадке конуса, см	Средняя прочность бетона при сжатии в возрасте 28 сут, МПа	Длительность разрушения бетонных образцов, сут	Среднее количество электричества, Кл	Сульфатное расширение бетонных образцов, %
ИД-01	18	64,5	60	245	0,18

измельченные обломки мертвых кораллов, раковины моллюсков и морская галька грубого и тонкого помола, а также морской песок.

Бесцементное вяжущее состоит из смеси золы-уноса ТЭС, доменного или топливного шлака с активирующим раствором $\text{NaOH}/\text{Na}_2\text{SiO}_3$. Возможно также добавление в вяжущее портландцемента в небольших количествах. При этом предпочтительно, чтобы вяжущее было приготовлено на суше, после чего упаковано и доставлено на объект строительства на морском побережье или на островах с помощью специализированного судового оборудования.

Если позволяют климатические условия, то для приготовления бетонной смеси на отдаленных островах, например в районе архипелага Трунг-Са, рекомендуется использовать электроэнергию, вырабатываемую на месте солнечными панелями.

Технология использования бесцементной бетонной смеси для строительства объектов морской инфраструктуры на отдаленных островах

Технология строительства объектов морской инфраструктуры на отдаленных островах состоит из следующих основных этапов:

1. Углубление морского дна и сбор обломков мертвых коралловых рифов, раковин моллюсков и морской гальки с помощью специальных судов – землеснарядов, оснащенных мощными насосами.

2. Дробление высушенных естественным путем указанных материалов морского происхождения до размера частиц от 0,14 до 10 мм и немного больше, что делает их пригодными для использования в качестве мелкого и крупного заполнителей для получения бетонов в соответствии с требованиями ТCVN 7570:2006. При этом предпочтение отдается измельчающему оборудованию с низким энергопотреблением.

3. Приготовление бетонной смеси путем смешивания мелкого и крупного заполнителей, полученных из местных сырьевых материалов морского происхождения, с бесцементным вяжущим или с добавкой небольшого количества портландцемента, а также с другими добавками. Подобным образом может быть также получена растворная смесь и смесь для формовки безобжигового кирпича.

4. Использование приготовленной бетонной или растворной смеси для строительства на отдаленных островах объектов различного назначения.

Производство сборных бетонных изделий в прибрежной зоне

На предприятиях, расположенных в прибрежной зоне Вьетнама, в настоящее время налажено производство волнорезных блоков типа Tetrapod и Dolos, блоков для дамб, а также сборных изделий для строительства причалов и других объектов прибрежной инфраструктуры, в том числе оборонного назначения. Для изготовления указанных изделий также применяется бетон высокой прочности на бесцементном вяжущем или на вяжущем с добавлением небольшого количества портландцемента с использованием в качестве мелкого и крупного заполнителей местных морских сырьевых материалов. Кроме высокой прочности подобные изделия должны обладать коррозионной стойкостью и длительным сроком эксплуатации.

Выводы и рекомендации

На основании обзора литературных источников и проведенных лабораторных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В условиях Вьетнама природные морские продукты, такие как песок, галька, мертвые кораллы и раковины моллюсков, обладают большим потенциалом для получения из них крупного и мелкого заполнителей для бетонов и строительных растворов, а также формовочных смесей для изготовления безобжигового кирпича, особенно в прибрежных и островных районах, где доставка традиционных материалов затруднена и очень затратна. Это будет способствовать устойчивому строительству во Вьетнаме различных объектов приморской и островной инфраструктуры, в том числе оборонного назначения.

2. Совместное использование заполнителей из природных материалов морского происхождения с топливной золой-уноса, доменным шлаком и активирующим щелочным раствором показало возможность получения бесцементного бетона с прочностью при сжатии 64,5 МПа в 28-сут возрасте из смеси с осадкой конуса 18 см, обеспечивающей хорошую удобоукладываемость, что важно для строительства в полевых условиях и на отдаленных островах.

3. Использование бесцементного вяжущего вместо портландцемента для строительства объектов прибрежной и островной инфраструктуры способствует снижению углеродного следа, что соответству-

ет принятому курсу на развитие во Вьетнаме экономики замкнутого цикла и достижению цели «Net-zero» к 2050 г. Кроме того, использование многотоннажных техногенных отходов в виде золы-уноса ТЭС, а также металлургических и топливных шлаков положительно влияет на улучшение экологической обстановки в стране.

Направления будущих исследований

1. Оптимизация состава бесцементного бетона высокой прочности с добавлением стекловолокна и растительных волокон с целью повышения его трещиностойкости на ранних стадиях твердения.

2. Проведение полевых испытаний в реальных условиях с целью оценки стойкости разработанного бесцементного бетона к коррозии под действием сульфатов и хлоридов в морской водной среде.

3. Разработка комплекса технических показателей и руководства по применению бесцементного бетона с использованием заполнителей из природных морских материалов для строительства объектов прибрежной и островной инфраструктуры с целью разработки отечественных стандартов проектирования.

4. Изучение возможности изготовления на мини-бетономесительном узле на месте использования бесцементной бетонной смеси с заполнителем из местных природных материалов морского происхождения с целью снижения затрат и ускорения темпов строительства на отдаленных островах.

Рекомендации

Рекомендуется выступить с предложением к профильным органам управления Социалистической Республики Вьетнам (Министерству строительства, Министерству обороны и др.) рассмотреть возможность пилотного применения разработанного бесцементного бетона с использованием местных природных морских материалов для строительства некоторых реальных объектов на островах архипелага Трунг-Са и в прибрежной зоне Центрального Вьетнама. Принятие данного предложения станет основой для масштабирования программы по использованию местных строительных материалов, реализация которой будет способствовать устойчивому строительству объектов морской инфраструктуры в прибрежной и островной зонах Вьетнама.

Список литературы / References

1. Ngo Xuan Hung, et al., Study on the effects of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ diffusion and chloride ion penetration on the durability of reinforced concrete in marine environments. Ministerial-level scientific research project. *Ministry of Education and Training*. 2021. Code B2024-MDA-05. (In Vietnam).
2. Tang Van Lam, et al., Research on the production of high-strength concrete using non-cement binders for construction of structures exposed to seawater corrosion. Ministerial-level scientific research project.

Ministry of Education and Training. 2023. Code B2021-MDA-11. (In Vietnam).

3. Tang Van Lam, et al., Study on the effects of modified admixture systems on the properties of fine-grained high-performance concrete used in coastal and island structures. *Institutional-level scientific research project*. 2020. Code T20-17. (In Vietnam).
4. Зайцева Л.Р., Луцык Е.В., Латыпова Т.В., Латыпов В.М., Федоров П.А., Попов В.П. Влияние вида заполнителя из отходов производств на коррозионную стойкость бетона // *Строительные материалы*. 2021. № 11. С. 23–29. EDN: PLKQLJ. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-797-11-23-29>
4. Zaitseva L.R., Lutsyk E.V., Latypova T.V., Latypov V.M., Fedorov P.A., Popov V.P. Influence of the type of filler from industrial waste on the corrosion resistance of concrete. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2021. No. 11, pp. 23–29. (In Russian). EDN: PLKQLJ. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-797-11-23-29>
5. Ткач Е.В., Филимонова Ю.С., Шусев Г.А., Шейн А.Л. Улучшение гидрофизических показателей модифицированного тяжелого бетона, работающего в суровых условиях эксплуатации // *Строительство и реконструкция*. 2025. № 1 (117). С. 112–122. EDN: ORQORI. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2025-117-1-112-122>
5. Tkach E.V., Filimonova Yu.S., Shusev G.A., Shein A.L. Improving the hydrophysical properties of modified heavy concrete operating in harsh operating conditions. *Stroitel'stvo i Rekonstruktsiya*. 2025. No. 1 (117), pp. 112–122. (In Russian). EDN: ORQORI. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2025-117-1-112-122>
6. Мажитов Е.Б., Беляков А.Ю., Гуляков Е.Г., Хохряков О.В., Хозин В.Г. Цемент низкой водопотребности как малоклинкерное вяжущее для современных бетонов // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2025. № 2 (72). С. 133–144. EDN: HJGEVD. <https://doi.org/10.48612/NewsKSUAE/72.12>
6. Mazhitov E.B., Belyakov A.Yu., Gulyakov E.G., Khokhryakov O.V., Khozin V.G. Low-water-demand cement as a low-clinker binder for modern concrete. *Vestnik of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering*. 2025. No. 2 (72), pp. 133–144. (In Russian). EDN: HJGEVD. <https://doi.org/10.48612/NewsKSUAE/72.12>
7. Урханова Л.А., Иванов А.А., Лхасаранов С.А. Повышение эксплуатационных свойств гидротехнического бетона с применением ультра- и тонкодисперсных добавок // *Строительство и реконструкция*. 2024. № 6 (116). С. 110–121. EDN: FFKEME. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2024-116-6-110-121>
7. Urkhanova L.A., Ivanov A.A., Lhasaranov S.A. Improving the performance properties of hydraulic concrete using ultra- and finely dispersed additives. *Stroitel'stvo i Rekonstruktsiya*. 2024. No. 6 (116), pp. 110–121. (In Russian). EDN: FFKEME. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2024-116-6-110-121>

8. Hardjito D., Wallah S.E., Sumajouw D.M., Rangan B.V. On the development of fly ash-based geopolymer concrete. *ACI Materials Journal*. 2004. 101 (6), pp. 467–472.
9. Jadambaa T., Rickard W., Van Riessen A. Characterization of various fly ashes for preparation of geopolymers with advanced applications. *Advanced Powder Technology*. 2013. Vol. 24. Iss. 2, pp. 495–498. <https://doi.org/10.1016/j.apt.2013.01.013>
10. Nguyen Tien Dung, Nguyen Manh Tuan.. Research on geopolymer mortar using fly ash and blast furnace slag. In: *7th ACF Conference “Sustainable Concrete for the Present and the Future”*. Hanoi, Vietnam. 2016. (In Vietnam).
11. Тараканов О.В., Ивашенко Ю.Г., Ерофеева И.В. Расширение базы минеральных добавок для бетонов нового поколения // *Региональная архитектура и строительство*. 2025. № 3 (64). С. 54–64. EDN: EBAVJS. https://doi.org/10.54734/20722958_2025_3_54
11. Tarakanov O.V., Ivaschenko Yu.G., Erofeeva I.V. Expanding the base of mineral additives for new-generation concretes. *Regional'naya Arkhitektura i Stroitel'stvo*. 2025. No. 3 (64), pp. 54–64. (In Russian). EDN: EBAVJS. https://doi.org/10.54734/20722958_2025_3_54
12. Алфимова Н.И., Левицкая К.М., Елистраткин М.Ю., Никулин И.С., Бурьянов А.Ф. Бесцементное сульфатно-шлаковое вяжущее с повышенным содержанием фосфоангидрита // *Строительные материалы*. 2025. № 8. С. 37–44. EDN: FEKJWT. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2025-838-8-37-44>
12. Alfimova N.I., Levitskaya K.M., Elistratkin M.Yu., Nikulin I.S., Buryanov A.F. Cement-free sulfate-slag binder with increased phosphoanhydrite content. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2025. No. 8, pp. 37–44. (In Russian). EDN: FEKJWT. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2025-838-8-37-44>
13. Tang Van Lam, Bulgakov B.I. Feasibility of producing fine-grained high-strength concrete using non-cement binders. *Journal of Materials and Construction*. 2022. (In Vietnam).
14. Nguyen Tien Dung, Pham Huu Hanh, Luu Van Sang. (2016). Use of blast furnace slag in high-strength concrete for structures in marine environments. In: *7th ACF Conference “Sustainable Concrete for the Present and the Future”* (Vietnam). (In Vietnam).
15. Tang Van Lam, Nguyen Huu May. Incorporating industrial by-products into geopolymer mortar: Effects on strength and durability. *Materials*. 2023. Iss. 16 (12). 4406. <https://doi.org/10.3390/ma16124406>

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

МОНИТОРИНГ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Авторы: А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин, С.Г. Богов, В.А. Шашкин, М.А. Шашкин
(практическое руководство под редакцией д.г.-м.н. Шашкина А.Г.)
Санкт-Петербург: Георекострукция, 2021. 640 с.

В монографии раскрывается содержание мониторинга механической безопасности при новом строительстве, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений. Показывается значение мониторинга не только как средства контроля за сохранностью городской застройки, но и как профилактического средства, позволяющего своевременно обнаружить и диагностировать негативные тенденции и принять адекватные меры по нормализации технического состояния сооружения. Отмечается необходимость построения мониторинга как интерактивного процесса, базирующегося на компьютерной модели взаимодействия сооружения и основания. Это позволяет корректно интерпретировать результаты мониторинга, а также выполнять обратные расчеты для совершенствования исходных расчетных схем и физических моделей материалов и грунтов.



По вопросам приобретения обращайтесь:
E-mail: geoconstruction@gmail.com WWW: geo-bookstore.ru

Учебное пособие «Промышленное и гражданское строительство. Введение в профессию»

Авторы: Грызлов В.С., Ворожбянов В.Н., Гендлина Ю.Б., Залипаева О.А., Каптюшина А.Г.,
Медведева Н.В., Петровская А.А., Поварова О.А., Чорная Т.Н.
Научный редактор – д-р техн. наук, проф. В.С. Грызлов
Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 276 с.

Дана общая характеристика профессии строитель. Приведены сведения из истории развития строительной отрасли. Предложено краткое описание видов строительной продукции, особенностей проектирования строительных объектов, технологии и порядка организации возведения зданий и сооружений; раскрыты вопросы менеджмента в строительстве. Подчеркнута важность строительной науки и цифровизации строительной деятельности. Отдельная глава посвящена особенностям организации инженерно-строительного обучения. Для студентов бакалавриата, начавших обучение по направлению «Строительство». Может быть использовано для профориентационной работы с выпускниками школ.



По вопросам приобретения обращайтесь в издательство «Инфра-Инженерия»