

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 198–205.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 198–205.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 691.421.76

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-198-205

EDN: SBLOAD

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ БЕЛОЖГУЩЕЙСЯ ГЛИНЫ КОРНИЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Афанасий Саакович Апкарьян^{1,2}, Даниил Евгеньевич Куликов²

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
г. Томск, Россия

²Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия

Аннотация. Актуальность исследования глин Корниловского месторождения (Томская область) обусловлена необходимостью поиска альтернативных сырьевых ресурсов для промышленности, способных заменить импортируемые или дорогостоящие материалы, такие как шамотно-тальковый кирпич ШТЛ-0,6. Использование местных вскрышных пород может снизить экологическую нагрузку и экономические затраты, а также способствовать развитию региональных производственных технологий.

Цель работы заключается в проведении комплексного анализа физико-химических свойств глин (химический, минеральный, гранулометрический состав, пластичность, огнестойкость), оценке их технологического потенциала для применения в керамической, строительной, электротехнической и нефтяной отраслях, а также в сравнении характеристик материала с аналогом (ШТЛ-0,6) для обоснования конкурентоспособности.

Результаты. Установлено, что глины Корниловского месторождения обладают оптимальными параметрами водопоглощения, усадки и огнестойкости, что позволяет использовать их в производстве керамики, легких строительных материалов и теплоизоляционных компонентов. Сравнение с кирпичом ШТЛ-0,6 выявило сопоставимые или улучшенные технические свойства, включая сниженную плотность и повышенную термостойкость. Результаты подтверждают целесообразность внедрения глин в промышленность, что может способствовать развитию ресурсосберегающих технологий и расширению сырьевой базы региона.

Ключевые слова: беложгущаяся глина, керамика, Корниловское месторождение, физико-химический состав, композиционный материал, огнеупорность, водопоглощение, исследование, минеральный состав

Для цитирования: Апкарьян А.С., Куликов Д.Е. Исследование физико-технических свойств композиционного высокотемпературного теплоизоляционного материала на основе беложгущейся глины Корниловского месторождения Томской области // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 198–205. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-198-205. EDN: SBLOAD

ORIGINAL ARTICLE

PHYSICAL AND TECHNICAL PROPERTIES OF COMPOSITE HIGH-TEMPERATURE THERMAL INSULATION MATERIAL BASED ON WHITE- BURNING CLAY FROM KORNILOVSKY DEPOSIT IN THE TOMSK REGION

Afanasy S. Apkarian^{1,2}, Daniil E. Kulikov²

¹The Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Tomsk, Russia

²The Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russia

Abstract. The relevance of the study of clays from the Kornilovsky deposit (Tomsk Region) is due to the need to find alternative raw materials for industry that can replace imported or expensive materials such as chamotte-talc bricks SHTL-0.6. The use of local overburden can reduce the environmental burden and economic costs, and contribute to the development of regional production technologies.

Purpose: The comprehensive analysis of the physicochemical properties (chemical, mineral, granulometric composition, plasticity, fire resistance) of clays and evaluate their technological potential for the use in ceramic, construction, electrical engineering and petroleum industries. Comparison of the material characteristics with its analog (SHTL-0.6) to substantiate the competitiveness.

Research findings: It is shown that clays from the Kornilovsky deposit have the best parameters of water absorption, shrinkage and fire resistance that allows their use in the production of ceramics, lightweight building materials and thermal insulation components. Comparison with SHL-0.6 brick shows comparable or improved technical properties, including reduced density and increased heat resistance.

Value: The results confirm the feasibility of introducing clays into industry, which can contribute to the development of resource-saving technologies and the expansion of the region's raw material base.

Keywords: white-burning clay, ceramics, Kornilovskoye deposit, physicochemical composition, composite material, fire resistance, water absorption, research, mineral composition

For citation: Apkar'yan A.S., Kulikov D.E. Physical and Technical Properties of Composite High-Temperature Thermal Insulation Material based on White-Burning Clay from Kornilovsky Deposit in the Tomsk Region. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 198–205. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-198-205. EDN: SBLOAD

Введение

Беложгущаяся глина – уникальный природный материал, обладающий высокой пластичностью, прочностью после обжига и огнеупорностью.

В настоящее время большинство промышленных предприятий России, занимающихся производством огнеупоров, хозяйственного и технического фарфора, а также электротехнической керамики и изделий для нефтегазовой отрасли, используют легковесный шамотно-тальковый кирпич ШТЛ-0,6. Однако высокая стоимость транспортировки этого материала для компаний Сибири и Дальнего Востока создает необходимость поиска более доступных аналогов из местных ресурсов. Поэтому возникает актуальная задача замены на глины, добываемые в местных месторождениях [1].

По итогам анализа состояния минерально-сырьевой базы Томской области на 15 марта 2021 г. в регионе выявлено 8 месторождений тугоплавких глин. Среди них Корниловское месторождение считается одним из самых перспективных, его запасы составляют 1,55 млн т [2].

Цель настоящей работы заключается в исследовании химических и физико-механических характеристик глинистого сырья, добываемого на Корниловском месторождении Томской области, а также в оценке его потенциала для применения в производстве высокотемпературных теплоизоляционных материалов.

Материалы и методы исследований

Для проведения исследования было использовано пять образцов глин из Корниловского месторождения и один образец ШТЛ-0,6. Пробы Корниловской глины были обозначены как КГОП-1, КГОП-2, КГОП-3, КГОП-4 и КГОП-5, а проба сравниваемого образца – ШТЛ-0,6. Площадь, с которой извлекались образцы КГОП, составила 1300×2600 м, а сами образцы были получены на глубине 9 м. Проба КГОП-1 была взята из центральной части выработки, остальные – КГОП-2, КГОП-3, КГОП-4 и КГОП-5 – на разных участках вдоль периметра.

Огнеупорные свойства проб оценивались согласно ГОСТ 4069–2020 и пункту 5.5 ГОСТ 21216–2014. Химический состав определялся с помощью АЭС на спектрометре OPTIMA 2000DV. Минеральный состав и дисперсия проб – согласно ГОСТ 9169–2021 и пункту 5.2 ГОСТ 21216–2014. Подготовка образцов для определения пластичности проводилась по пункту 5.3 ГОСТ 21216–2014, а исследования сушильных свойств – по пункту 5.32 того же стандарта. Механические испытания проводились на образцах размером 70×40×20 мм при обжиге от 1000 до 1280 °С.

Результаты эксперимента и их обсуждение

Теплоизоляционный материал представляет собой высокопористое изделие. Для образования пор в процессе обжига используют различного рода газообразователи. В настоящей работе были применены древесные опилки листовых пород.

Для исследования использовали шихту пяти проб Корниловского месторождения Томской области и газообразователь (табл. 1).

Таблица 1

Шихта с разным составом

Table 1

Different mixture compositions

№ пробы	Глина, % (вес)	Газообразователь (опилки), % (вес)
КГОП-1	100	0
КГОП-2	92	2
КГОП-3	95	5
КГОП-4	90	10
КГОП-5	85	15

Химический состав образцов был определен на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 и спектрометре OPTIMA 2000DV (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав изделий

Table 2

Chemical composition of products

№ пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	п.п.п.
КГОП-1	67,43	1,03	14,30	5,80	0,09	1,23	1,78	1,24	2,06	0,14	< 0,05	4,83
КГОП-2	67,23	1,02	14,35	5,78	0,09	1,31	1,78	1,24	2,06	0,14	< 0,05	4,78
КГОП-3	67,32	1,03	14,36	5,71	0,09	1,32	1,78	1,23	2,08	0,14	< 0,05	4,72
КГОП-4	67,13	1,02	14,41	5,60	0,1	1,35	1,78	1,25	2,10	0,15	< 0,05	4,69
КГОП-5	67,16	1,04	14,45	5,63	0,1	1,37	1,79	1,27	2,12	0,15	< 0,05	4,67
ШТЛ-0,6	50,6	0,68	28,1	1,56	0,07	0,45	0,19	0,12	0,85	0,09	< 0,05	4,7

Для проведения анализа сравнения физико-технических характеристик был использован выпускаемый промышленностью легковесный теплоизоляционный материал ШТЛ-0,6, который изготовлен на основе шамота и талька [3]. Данный материал применяется для защиты той части рабочей зоны печи, которая не подвергается воздействию высокотемпературных расплавов шлака, металла, стекла, глазури, а также не подвержена истирающим усилиям, механическим ударам или служит для создания промежуточного слоя теплоизоляции.

Сравнивая данные в табл. 2, отметим следующие особенности материала из беложгущейся глины Корниловского месторождения:

– материал имеет большое содержание оксида кремния (SiO₂) – 67,43 %, что способствует его высоким теплоизоляционным свойствам [4]. Это более высокое значение, чем у шамотного теплоизоляционного кирпича (50,6 %), но при этом содержание оксида алюминия низкое;

– материал из беложгущейся глины содержит меньшее количество оксида железа (Fe₂O₃) – 1,56 %, чем шамотный кирпич (5,8 %), что способствует повышению его огнеупорности;

– оба материала имеют близкие значения показателя упругости, что указывает на их способность восстанавливаться после деформации.

Определение огнеупорности легкоплавких изделий (табл. 3) дает представление о свойстве материала при высоких температурах.

На основании полученных результатов следует, что изделия, изготовленные на основе глин Корниловского месторождения, обладают более высокой огнеупорностью (1550 °С), чем шамотный кирпич (1180 °С). Это подтверждает, что материал сохраняет свою структуру и свойства при более высоких температурах.

Минералогический анализ выполнен оптико-минералогическим и дифракционно-рентгеновским методами (ГОСТ 9169–2021). Результаты представлены в табл. 4.

Основными минералами, составляющими все изделия, являются кварц и каолинит, в значительно меньших количествах определен плагиоклаз. Ма-

териал из беложгущейся глины Корниловского месторождения имеет значительно меньше плагиоклаза, чем шамотный кирпич, тем самым уступает ШТЛ-0,6 по теплоизоляционным свойствам. Следует обратить внимание на большое содержание каолинита в изделиях Корниловского месторождения, за счет этого шихта из глины Корниловского месторождения обладает высокой пластичностью.

Таблица 3

Результаты определения огнеупорности материала

Table 3

The material refractoriness

№ пробы	Содержание опилок, %	Показатель огнеупорности, °С	Классификация по огнеупорности	Коэффициент теплопроводности Вт/(м·К)
КГОП-1	0	1550	Тугоплавкий	0,23
КГОП-2	2	1550	Тугоплавкий	0,23
КГОП-3	5	1550	Тугоплавкий	0,24
КГОП-4	10	1550	Тугоплавкий	0,24
КГОП-5	15	1550	Тугоплавкий	0,23
ШТЛ-0,6	—	1180	Легкоплавкий	0,24

Таблица 4

Результаты дифракционного рентгеновского анализа

Table 4

Results of X-ray diffraction analysis

№ пробы	Минеральный состав, %			
	Содержание опилок	Плагиоклаз	Кварц	Каолинит
КГОП-1	0	2	28	31
КГОП-2	2	1	27	33
КГОП-3	5	~ 0	26	35
КГОП-4	10	~ 0	24	37
КГОП-5	15	~ 0	21	38
ШТЛ-0,6	—	47	34	—

Механическая прочность изделий характеризуется способностью сопротивляться различным внешним механическим воздействиям. Результаты прочности смеси беложгущейся глины Корниловского месторождения и газообразователя показаны на рис. 1.

Исходя из полученных результатов заметим, что минимальная механическая прочность образца отмечается при содержании 15 % опилок в составе глины, максимальная механическая прочность образца – при содержании 0 % опилок в составе глины. Сравним образец КГОП-5 (содержание 15 % газообразователя) и ШТЛ-0,6, который имеет механическую прочность 2,5 МПа [5]. Из проведенных исследований следует, что образец из глины имеет повышенную механическую прочность по сравнению с шамотным теплоизоляционным кирпичом.

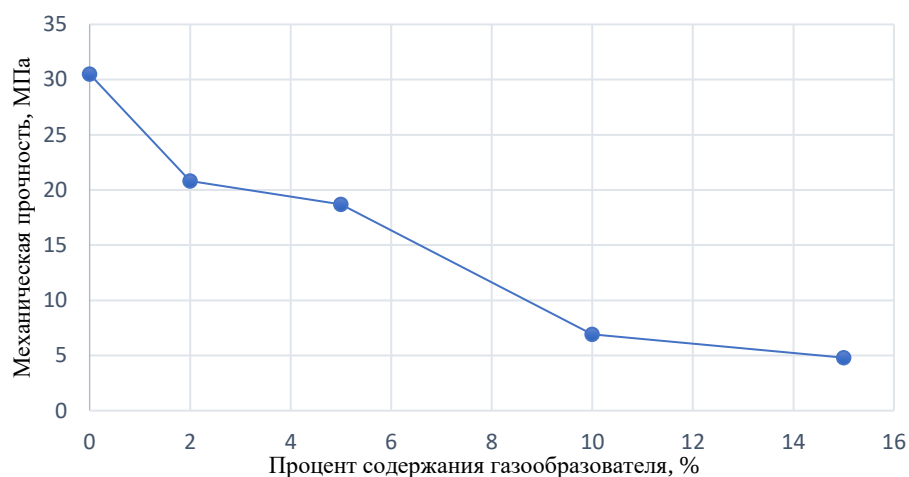


Рис. 1. Механическая прочность в зависимости от содержания газообразователя

Fig. 1. Mechanical strength depending on the content of gas-forming agent

Исследование водопоглощения глины проводилось на протяжении пяти суток. Образец был помещен в контейнер с водой. В течение первых суток наблюдалось максимальное поглощение воды, после чего скорость этого процесса начала снижаться на протяжении следующих 42 ч. На четвертые сутки было зафиксировано предельное значение водопоглощения – 34,7 %. После этого образец был извлечен из воды, избыточная влага удалена, записана конечная масса глины. Дополнительное нахождение образца в воде в течение двух суток не оказало влияния на этот параметр. Полученные данные анализировались для определения характеристик водопоглощения глины, включая её пластичность и проницаемость. Динамика изменений водопоглощения представлена на рис. 2.

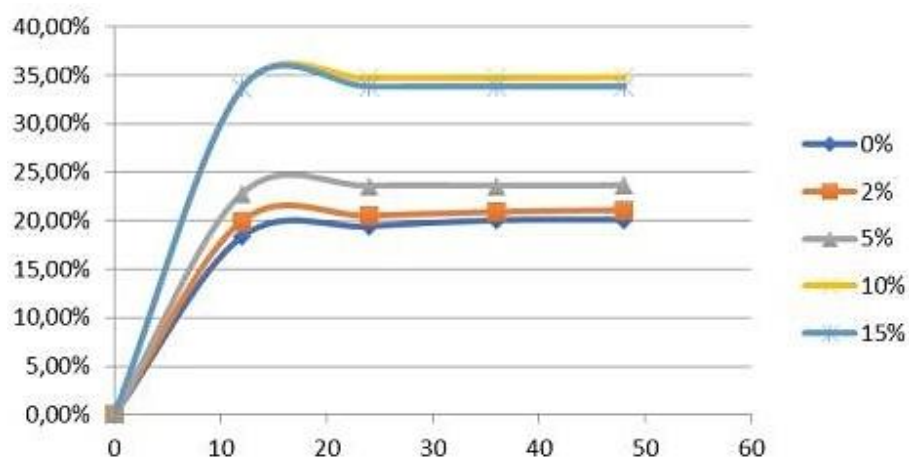


Рис. 2. Динамика водопоглощения образцов

Fig. 2. Dynamics of water absorption of samples

Исследования показали, что у образца без содержания газообразователя минимальное водопоглощение 18,27 %, а максимальное водопоглощение 34,78 % наблюдалось у образца с содержанием 10 % газообразователя. Все исследуемые образцы обильно поглощали влагу в течение суток до максимального значения [6]. После достижения предельного значения водопоглощения оно переставало увеличиваться, даже если образцы продолжали находиться в воде.

Закключение

Исходя из результатов анализа следует отметить, что изделия, изготовленные на основе беложгущейся глины Корниловского месторождения с использованием газообразователя, являются перспективным высокотемпературным теплоизоляционным материалом и имеют ряд положительных характеристик в сравнении с ШТЛ-0,6:

- высокая огнеупорность – 1550 °С;
- механическая прочность – 4,8 МПа.

Огнеупорные изделия на основе глин Корниловского месторождения могут найти свое применение также и в высокотемпературных технологиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анкарьян А.С., Саблина Т.Ю. Физико-технические свойства глины Корниловского месторождения Томской области // Известия вузов. Физика. 2022. Т. 65. № 7. С. 35–41. DOI: 10.17223/00213411/65/7/35
2. Шамотный теплоизоляционный легковесный кирпич // Комбинат огнеупорных материалов. URL: <https://shamot.sushamotnyj-teploizolyacionnyj-kirpic>
3. Лаптева Л.И., Овчинников В.В. Строительство и химические материалы // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2004. № 1 (2). С. 60–63.
4. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. Москва : ГЕОС, 2013. 578 с.
5. Ультралегковесный кирпич – ШТЛ-0,6 // Огнеупорные материалы. URL: <https://ogneypor.ru/ultralegkovesnyj-kirpich-shtl-06>
6. Яковлева А.А., Немчинова Н.В. Перспективы использования глин локального проявления в металлургической практике // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2019. № 2 (145). С. 415–425. DOI: 10.21285/1814-3520-2019-2-415-425

REFERENCES

1. Apkar'yan A.S., Sablina T.Yu. Physical and Technical Properties of Clays from the Kornilovskoye Deposit of the Tomsk Region. *Russian Physics Journal*. 2022; 65 (7): 1102–1108.
2. Fireclay heat-insulating lightweight brick. Available: <https://shamot.sushamotnyj-teploizolyacionnyj-kirpic> (In Russian)
3. Lapteva L.I., Ovchinnikov V.V. Construction and Chemical Materials. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2004; (2): 60–63 (In Russian)
4. Osipov V.I., Sokolov V.N. Clays and Their Properties. Composition, Structure and Property Formation. Moscow: GEOS, 2013. 578 p. (In Russian)
5. Ultralight brick-SHTL-0.6. Available: <https://ogneypor.ru/ultralegkovesnyj-kirpich-shtl-06>. (In Russian)
6. Yakovleva A.A., Nemchinova N.V. Prospects of using Local Clays in Metallurgy. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2019; 2 (145): 415–425. DOI: 10.21285/1814-3520-2019-2-415-425 (In Russian)

Сведения об авторах

Апкарьян Афанасий Саакович, докт. техн. наук, профессор, Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, asa490@mail.ru

Куликов Даниил Евгеньевич, магистрант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, daniil1870@mail.ru

Authors Details

Afanasy S. Apkarian, DSc, Professor, The Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, 8/2, Akademicheskii Ave., 634021, Tomsk, Russia, The Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40, Lenin Ave., 634050, Tomsk, Russia, asa490@mail.ru

Daniil E. Kulikov, Graduate Student, The Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40, Lenin Ave., 634050, Tomsk, Russia, daniil1870@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 03.02.2025
Одобрена после рецензирования 18.02.2025
Принята к публикации 19.02.2025

Submitted for publication 03.02.2025
Approved after review 18.02.2025
Accepted for publication 19.02.2025