

Аргиллитовые вскрышные породы угледобычи – техногенный сырьевой ресурс для производства гранулированного теплоизоляционного материала

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-108-112>



КАРА-САЛ Б.К.

Доктор техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Тувинский
государственный университет»,
главный научный сотрудник
Тувинского института
комплексного освоения
природных ресурсов СО РАН,
667007, г. Кызыл, Россия,
e-mail: silikat-tgu@mail.ru



СААЯ Б.О.

Старший преподаватель
ФГБОУ ВО «Тувинский
государственный университет»,
667007, г. Кызыл, Россия,
e-mail: silikat-tgu@mail.ru



СОЛДУП Ш.Н.

Младший научный сотрудник
Тувинского института комплексного
освоения природных ресурсов СО РАН,
667007, г. Кызыл, Россия,
e-mail: soldup18@mail.ru

Постепенное сокращение традиционных сырьевых материалов для производства минеральных пористых теплоизоляционных материалов вынуждает предприятия искать альтернативные виды сырья, в том числе из числа отходов. Разработки зарубежных и отечественных ученых показали возможности использования нетрадиционных сырьевых материалов природной и техногенной основы, что рассматривается как комплексное использование минерального сырья. Использование крупнотоннажных попутных продуктов промышленности в производстве минеральных теплоизоляционных материалов расширяет сырьевую базу, что способствует утилизации отходов промышленности и улучшает экологическую ситуацию в регионах. При применении попутных продуктов исключаются затраты на разработку месторождений, что уменьшает себестоимость продукции. В данной работе на основе вскрышных пород угледобычи – аргиллитов, кальцинированной соды и измельченного известняка получен гранулированный теплоизоляционный материал, характеристики которого значительно лучше, чем у традиционного керамзитового гравия, полученного из глинистых пород. Полученный пористый материал в виде гранул будет использован как эффективная теплоизоляционная засыпка и в качестве заполнителя при изготовлении легких бетонов.

Ключевые слова: аргиллиты, вскрышная порода угледобычи, гранулы, теплоизоляционный материал, свойства.

Для цитирования: Кара-сал Б.К., Саая Б.О., Солдуп Ш.Н. Аргиллитовые вскрышные породы угледобычи – техногенный сырьевой ресурс для производства гранулированного теплоизоляционного материала // Уголь. 2023. № 11. С. 108-112. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-108-112.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Республике Тыва идет масштабное освоение Улуг-Хемского угольного бассейна, где запасы каменного угля оценены в объеме более 3,0 млрд т [1].

Добыча твердого топлива на трех угольных разрезах ведется открытым способом, и, чтобы добраться до угольных пластов, разрабатывают и удаляют толстый массив пустых горных пород толщиной от 20 до 80 м [2]. В результате кардинально меняется облик природных ландшафтов с образованием глубоких выемок и искусственных горных массивов из отвалов вскрышных пород, которые занимают огромные территории и загрязняют окружающую среду. Общий объем отвалов трех угольных разрезов превышает более 300 млн т и ежегодно растет [3]. На вскрытие и удаление пустых вскрышных пород затрачивается от 40 до 60% себестоимости продукции. Накопленные с 1960-х годов отходы угледобычи практически не утилизируются.

В условиях рыночной экономики актуальным является комплексное использование природных сырьевых материалов, суть которого заключается в создании дополнительной продукции из попутных продуктов основного горного производства, что рассматривается как расширение сырьевой базы и как утилизация отходов промышленности [4, 5].

Опыт показывает, что наиболее потенциальным потребителем минеральных отходов производства является промышленность строительных материалов [6, 7].

В Республике Тыва отсутствует производство теплоизоляционных материалов, в том числе пористых заполнителей, которые можно использовать в качестве эффективной теплоизоляционной засыпки и как пористый заполнитель для изготовления легких бетонов. По комплексу характеристик, прежде всего таких, как средняя насыпная плотность, механическая прочность, теплопроводность, водопоглощение, негорючесть, длительный срок службы, минеральные пористые гранулированные материалы превосходят органические теплоизоляционные материалы [8, 9].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В связи с истощением запасов традиционного глинистого сырья для производства пористых заполнителей требуются поиск и исследование новых альтернативных видов сырьевых материалов природной и техногенной основы. Разработки зарубежных и отечественных ученых показали возможность применения нетрадиционных материалов, в том числе попутных продуктов промышленности, для производства пористых теплоизоляционных материалов, что рассматривается как утилизация отходов производства.

Цель работы: на основе аргиллитовой вскрышной породы угледобычи получить гранулированный теплоизоляционный материал с улучшенными показателями и низкой температурой обжига без применения природного традиционного сырья.



Рис. 1. Отвалы аргиллитовых вскрышных пород угледобычи
Fig. 1. Argillite overburden dumps from coal mining

МАТЕРИАЛЫ

В качестве основного сырья для получения пористого теплоизоляционного материала в работе использована вскрышная порода угледобычи Чаданского угольного разреза (Республика Тыва), которая представляет собой уплотненный каменный материал, содержащий глинистые минералы и классифицирующийся как аргиллит (рис. 1).

Применение отходов угледобычи в производстве пористого теплоизоляционного материала в виде гранул связано с алюмосиликатной основой химического состава породы, что способствует интенсификации процесса спекания и вспучивания массы при переходе в пиропластичное состояние [10]. Кроме того, применение отходов угледобычи обеспечивает комплексность использования сырья и снижение себестоимости продукции, так как исключается разработка месторождения сырьевого материала [11].

Аргиллитовая вскрышная порода угледобычи в отвалах находится в виде песка, щебня и валунов. Цвет породы серый и темно-серый. Средняя насыпная плотность щебенистой фракции породы (размеры 10-40 мм) равна 1560 кг/м³. Водопоглощение кусков породы – 3,6-4,2%. Механическая прочность породы при сжатии колеблется в пределах 54-57 МПа.

В качестве плавни для активации спекания и расплавления, а также снижения вязкости пиропластической массы принята кальцинированная сода, характеристики которой регламентируются ГОСТом 5100-85.

Как источник газообразования и вспенивания расплавленной массы использован местный известняк месторождения «Чаданское».

Таблица 1

Химический состав сырьевых материалов
Chemical composition of raw materials

Наименование материалов	Содержание оксидов, в масс. %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	п.п.п.
Аргиллитовая порода	61,87	12,73	5,84	2,53	1,30	2,78	2,41	10,94
Известняк	0,84	0,63	0,12	54,17	0,74	0,09	0,07	43,34

Из анализа химического состава сырьевых материалов, представленного в *табл. 1*, следует, что содержание основных оксидов в аргиллитовой породе характерно для глинистых пород.

В аргиллитовой породе содержание SiO_2 более 61%, что на уровне чистых глинистых пород. Доля оксида алюминия – менее 13%, поэтому порода относится к кислым. Железистые соединения в достаточно высоком количестве (более 5%). Наличие щелочных оксидов K_2O и Na_2O которые влияют на спекание масс при обжиге, выше среднего. Потери при прокальвании (п.п.п.) аргиллитовой породы – более 10%, что связано с присутствием химически связанной воды в глинистых минералах и выгоранием углистых веществ.

Местный известняк относится к числу чистых карбонатных пород, так как содержание оксида кальция (54,17%) ближе к теоретической величине.

Из исследования минералогического состава аргиллитовой породы следует, что в ней кроме глинистого минерала иллит (d/n : 0,998; 0,447; 0,331; 0,256; 0,238) присутствуют кварц, альбит, гидроксид железа и хлорит. Выявлено, что содержание глинистых минералов в аргиллите колеблется в пределах 18-22%, что соответствует присутствию глинистых минералов в тяжелых суглинках.

Следует отметить, что в вещественном составе аргиллитовой породы наряду с минеральными составляющими зафиксировано наличие органических углистых частиц, доля которых измельчается в пределах 4-7%, которые попадают в состав вскрышных пород при разработке массива пород, лежащих над угольными пластами. Присутствие органических веществ в массе способствует спеканию и вспучиванию массы при термической обработке.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При выполнении работы принята следующая методика. Щебенистая фракция аргиллитовых пород (размеры 10-40 мм) сначала измельчена в щековой дробилке. Затем полученный материал подвергнут тонкому помолу в шаровой мельнице в течение 3 ч. Таким же образом дроблен и измельчен известняк. Затем компоненты в соотношениях, представленных в *табл. 2*, тщательно перемешивали.

Из полученной массы путем добавления воды (18%) на грануляторе получены гранулы размером 6-10 мм, которые после сушки подвергались термической обработке при 900°C, где происходили быстрый нагрев, спекание и расплавление массы, а также вспучивание гранул при декарбонизации карбонатного составляющего массы.

Полученные пористые круглые гранулы испытывались в соответствии с требованиями ГОСТ 9758-86 «Пористые заполнители неорганические для строительных работ». Коэффициент теплопроводности гранул определялся с помощью прибора ИТП-МГ-4.

Исследование показало, что при быстром нагревании до 900°C и последующей изотермической выдержке в результате совпадения процессов спекания и расплавления массы с разложением известняка происходит вспучивание гранул с образованием пористой структуры (*рис. 2*).

Выявлено, что переход массы в пиропластическое состояние и степень вспучивания гранул зависят от содержания щелочного компонента шихты.



Рис. 2. Гранулы до и после обжига

Fig. 2. Pellets before and after firing

Таблица 2

Составы масс

Compositions of masses

Компоненты	Массовое содержание компонентов, % в составах		
	1	2	3
Аргиллит	85	80	75
Сода кальцинированная	10	15	20
Известняк	5	5	5

Таблица 3

Физико-механические свойства гранул Physical and mechanical properties of pellets

Характеристики	Составы		
	1	2	3
Средняя насыпная плотность, кг/м ³	412	361	284
Водопоглощение, %	26,4	22,9	18,7
Прочность при сжатии, МПа	3,1	2,6	1,8
Коэффициент теплопроводности	0,091	0,824	0,065

В *табл. 3* приведены физико-механические характеристики гранул.

Как следует из *табл. 3*, при увеличении содержания щелочного компонента – соды от 10 до 20% средняя насыпная плотность гранул уменьшается с 412 до 284 кг/м³, а водопоглощение снижается с 26,4 до 18,7%, что связано с частичным образованием стекловидного покрытия на поверхности гранул, которое меньше поглощает воду [12, 13].

В то же время увеличение содержания соды до 20% (состав 3) приводит к росту размеров пор и снижает толщину перегородок между порами, что снижает прочность гранул с 3,1 до 1,8 МПа.

Сравнительный анализ с показателями традиционного керамзитового гравия из глины показал [14], что при равной средней насыпной плотности (280-400 кг/м³) водопоглощение гранул на основе аргиллитовой вскрышной породы уменьшается с 34-23 до 26-18%, а прочность при сжатии повышается с 1,1-2,4 до 1,8-3,1 МПа. При этом температура обжига понижена с 1200-1250°C до 900°C, что существенно уменьшает энергетические затраты.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны составы масс для производства пористо-теплоизоляционного материала в виде гранул на основе аргиллитовых вскрышных пород угледобычи.

2. Полученный гранулированный теплоизоляционный материал отличается от традиционного керамзитового гравия более высокой механической прочностью и низким водопоглощением, а также значительно пониженной температурой обжига.

3. Использование отходов угледобычи при получении пористых теплоизоляционных заполнителей способствует утилизации промышленных отходов; охране окружающей среды, расширению сырьевой базы для производства минеральных теплоизоляционных материалов.

Список литературы

- Охрана окружающей среды в Республике Тыва: Статистический сборник. Кызыл.: Тывастат, 2015. 78 с.
- Кара-сал Б.К., Саая С.С., Сапелкина Т.В. Физико-механические свойства вскрышных пород угледобычи Тувы // Естественные и технические науки. 2018. № 2. С. 180-184.
- Кара-сал Б.К. Минеральные попутные продукты промышленности Тувы. Кызыл.: Изд-во ТувГУ, 2020. 109 с.
- Байджанов Д.О., Нугужинов Ж.С., Федорченко В.И. Теплоизоляционный материал на основе местного техногенного сырья // Стекло и керамика. 2016. № 11. С. 40-42.
- Zeolitic Tuffs as Raw Materials for Lightweight Aggregates / M. Doldi, P. Cappellet, G. Cerri et al. // Key Engineering Materials. 2004. 25(1): 71-81.
- Казанцева Л.К., Стороженко Г.И., Никитин А.И. Теплоизоляционный материал на основе опокового сырья // Строительные материалы. 2013. № 5. С. 85-87.
- Яценко Е.А., Зубехин А.П., Смолий В.А. Ресурсосберегающая технология теплоизоляционно-декоративного стеклокомпозиционного материала на основе золошлаковых отходов // Стекло и керамика. 2015. № 6. С. 34-38.
- Смолий В.А., Яценко Е.А., Гольцман Б.М. Влияние гранулометрического состава шихты на технологические и физико-химические свойства гранулированного пористого силикатного заполнителя // Стекло и керамика. 2017. № 8. С. 12-14.
- Никитин А.И., Казанцева Л.К., Верещагин В.И. Теплоизоляционные материалы и изделия на основе трекел Потанинского месторождения // Строительные материалы. 2014. № 8. С.34-36.
- Жималов А.А., Никишонкова О.А., Спиридонов Ю.А., Кособудский И.Д. Физико-химические исследования альтернативных сырьевых материалов – опок для производства пеностекла и пеноматериалов // Стекло и керамика. 2018. № 10. С. 15-18.
- Казьмина О.В., Верещагин В.И., Абиака А.Н. Расширение сырьевой базы для производства пеностеклокристаллических материалов // Строительные материалы. 2009. № 7. С. 54-56.
- Bai J., Yang X., Xu S. Preparation of foam glass from waste glass and fly ash // Materials Letters. 2014. Vol. 136. P. 52-54.
- Chen X., Lu A., Qu G. Preparation and characterization of foam ceramics from red mud and fly ash using sodium silicate as foaming agent // Ceramics International. 2013. Vol. 39. No 2. P. 1923-1929.
- Горяйнов К.Э., Горяйнова С.К. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. М.: Стройиздат, 1982. 376 с.

Original Paper

UDC 666.691 © B.K. Kara-sal, B.O. Saaya, Sh.N. Soldup, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 108-112
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-108-112>

Title

ARGILLITE OVERBURDEN OF COAL MINING AS A TECHNOGENIC RAW MATERIAL RESOURCE FOR THE PRODUCTION OF GRANULAR THERMAL INSULATION MATERIAL

Authors

Kara-sal B.K.^{1,2}, Saaya B.O.¹, Soldup Sh.N.²

¹ Tuvian State University, Kyzyl, 667007, Russian Federation

² Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kyzyl, 667007, Russian Federation

Authors Information

Kara-sal B.K., Doctor of Engineering sciences, Professor, Chief Scientific Officer, e-mail: silikat-tgu@mail.ru

Saaya B.O., Senior lecturer, e-mail: silikat-tgu@mail.ru

Soldup Sh.N., Junior Researcher, e-mail: soldup18@mail.ru

Abstract

The gradual reduction of traditional raw materials for the production of mineral porous thermal insulation materials forces enterprises to look for alternative types of raw materials, including those from waste. The developments of foreign and domestic scientists have shown the possibilities of using unconventional raw materials of natural and man-made basis, which is considered as a complex use of mineral raw materials. The use of large-tonnage by-products of industry in the production of mineral thermal insulation materials expands the raw material base which contributes to the disposal of industrial waste and improves the environmental situation in the regions. When using associated products, the costs of field development are excluded, which reduces the cost of production. In this work, on the basis of overburden rocks of coal

mining – mudstones, soda ash and crushed limestone, a granular thermal insulation material was obtained, the characteristics of which are much better than traditional expanded clay gravel obtained from clay rocks. The resulting porous material in the form of granules will be used as an effective thermal insulation filling and as a filler in the manufacture of light concrete.

Keywords

Mudstones, Coal mining overburden, Granules, Thermal insulation material, Properties.

References

- Environmental protection in the Republic of Tyva: Statistical Compilation. Kyzyl, Tyvastat Publ., 2015, 78 p. (In Russ.).
- Kara-sal B.K., Saaya S.S. & Sapelkina T.V. Physical and mechanical properties of overburden rocks from coal mining in Tuva. *Estestvennye i tehnicheckie nauki*, 2018, (2), pp.180-184. (In Russ.).
- Kara-sal B.K. Mineral by-products of the Tuva industry, Kyzyl, Tuva State University Publ., 2020, 109 p. (In Russ.).

COAL PREPARATION

4. Baydjanov D.O., Nuguzhinov Zh.S. & Fedorchenko V.I. Thermal insulation material based on local man-made raw materials. *Steklo i keramika*, 2016, (11), pp. 40-42. (In Russ.).
5. Doldi M., Cappelletti P., Cerri G. et al. Zeolitic Tuffs as Raw Materials for Lightweight Aggregates. *Key Engineering Materials*, 2004, 25(1): 71-81.
6. Kazantseva L.K., Storozhenko G.I. & Nikitin A.I. Heat-insulating material based on gaize raw materials. *Stroitel'nye materialy*, 2013, (5), pp. 85-87. (In Russ.).
7. Yatsenko E.A., Zubekhin A.P. & Smoliy V.A. Resource-saving technology of heat-insulating decorative glass-composite material based on ash-and-slag wastes. *Steklo i keramika*, 2015, (6), pp. 34-38. (In Russ.).
8. Smoliy V.A., Yatsenko E.A. & Goltsman B.M. Impact of particle size distribution of the charge mixture on technological and physicochemical properties of granulated porous silicate aggregates. *Steklo i keramika*, 2017, (8), pp. 12-14. (In Russ.).
9. Nikitin A.I., Kazantseva L.K. & Vereshchagin V.I. Thermal insulating materials and products based on berg-meals of the Potaninskoye deposit. *Stroitel'nye materialy*, 2014, (8), pp.34-36. (In Russ.).
10. Zhimalov A.A., Nikishonkova O.A., Spiridonov Yu.A. & Kosobudskiy I.D. Physical and chemical studies of alternative raw materials: gaize for manufacturing of cellular glass and foam materials. *Steklo i keramika*, 2018, (10), pp. 15-18. (In Russ.).

11. Kazmina O.V., Vereshchagin V.I. & Abiaka A.N. Expanding the raw material base for manufacturing cellular glass crystalline materials. *Stroitel'nye materialy*, 2009, (7), pp. 54-56. (In Russ.).
12. Bai J., Yang X. & Xu S. Preparation of foam glass from waste glass and fly ash. *Materials Letters*, 2014, (136), pp. 52-54.
13. Chen X., Lu A. & Qu G. Preparation and characterization of foam ceramics from red mud and fly ash using sodium silicate as foaming agent. *Ceramics International*, 2013, Vol. 39, (2), pp. 1923-1929.
14. Goryainov K.E. & Goryainova S.K. Technology of heat-insulating materials and products, Moscow, Stroyizdat Publ., 1982, 376 p. (In Russ.).

For citation

Kara-sal B.K., Saaya B.O. & Soldup Sh.N. Argillite overburden of coal mining as a technogenic raw material resource for the production of granular thermal insulation material. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 108-112. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-108-112.

Paper info

Received September 4, 2023
 Reviewed October 13, 2023
 Accepted October 26, 2023

Социально значимые проекты СУЭК получили высшую оценку в российском ТЭК

СУЭК продолжает вносить весомый вклад не только в экономическое, но и в социальное развитие регионов Сибири и Дальнего Востока. Два социально значимых проекта, реализуемых Компанией, получили высшую оценку жюри авторитетного конкурса «Кон-ТЭКст».

Это один из старейших и наиболее престижных конкурсов в российском ТЭК, который ежегодно определяет самые успешные и важные для развития топливно-энергетического комплекса проекты. Премия проводится при поддержке Минэнерго РФ, Государственной Думы, Совета Федерации, РАСО и Союза журналистов.

В конкурсе принимают участие 300 энергокомпаний, жюри оценило за эти годы 4 413 представленных за-

явок. В этом году в финал вышли около 50 проектов, среди победителей, помимо СУЭК, такие компании, как ПАО «Газпром», ИнтерРАО, Т Плюс, Мосэнерго и другие лидеры отечественного ТЭК.

Одним из победителей стало бездымное топливо СУЭК. Это продукт глубокой переработки угля. В процессе переработки из угля удаляются так называемые «летучие» вещества, в остатке, как говорят специалисты, получается практически чистый углерод. Затем получившийся мелкозернистый кокс прессуется в брикеты, которые можно применять в бытовых печах без ущерба для экологии и с плюсом по энергоэффективности.

Другой отмеченный отраслевым сообществом проект – «Академия карбона», разработанный СУЭК уникальный образовательный ресурс для детей и взрослых, в увлекательной интерак-

тивной форме рассказывающий об угле, его происхождении, значении для человечества, о шахтерской профессии и о перспективах угля как одного из важнейших и самых надежных источников энергии для человечества.

Оба проекта неоднократно побеждали в федеральных конкурсах. Так, бездымное топливо в июле текущего года стало победителем экологической премии «ЭКОТЕХ-ЛИДЕР» в номинации «Сокращение вредных выбросов в атмосферу». А проект «Академия карбона» в 2022 г. был удостоен авторитетной премии «HR-бренд».



Пресс-служба АО «СУЭК»