ISSN 2221-3198

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА ЮГА РОССИИ

№ 4 / 2018

УДК 553:552.52:691

DOI:10.23671/VNC.2018.4.20155

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

**© 2018 Б.Д. Тотурбиев¹, д. т. н., проф., С.А. Мамаев¹, к. т. н.,
У.Д. Тотурбиева², к. т. н.**

¹ФГБУН Институт геологии Дагестанского научного центра РАН, Россия,
367010, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Ярагского, 75,
e-mail: dangeogis@mail. ru;

²Дагестанский государственный технический университет, Россия, 367015,
Республика Дагестан, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, д. 70

Отмечается актуальность разработки и внедрение инновационных наукоемких, энерго-ресурсосберегающих, экологически чистых, высоких технологий из минерального и техногенного сырья в различных отраслях промышленности. При этом важная роль в использовании сырьевых ресурсов в строительной отрасли принадлежит промышленности строительных материалов, особенно использованию природного сырья и в этой связи разработке инновационных проектов, позволяющих осуществлять освоение месторождений нерудного сырья, в том числе вскрышных пород, включая добычи, переработку и производство строительных материалов.

Практикой установлено, что производство строительных материалов из техногенного сырья обходится намного дешевле, чем использование природного нерудного сырья, поскольку некоторые отходы производства можно применять без соответствующей обработки, то есть исключаются технологические операции добычи, обработки, транспортировки, хранения, контроля, являющиеся частью общего производственного процесса.

Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований проведенных в Институте Геологии ДНЦ РАН с целью применения глинистых сланцев, аргиллитовых глин, кремнеземистого и техногенного сырья для изготовления вяжущих веществ, теплоизоляционных и стеновых материалов нового поколения, получаемых по инновационной, наукоемкой, низкообжиговой и безобжиговой, следовательно, энерго-ресурсосберегающей технологии.

Ключевые слова: глинистые сланцы, аргиллитовые глины, кремнеземистое и техногенное сырье, вяжущее, инновационный, наукоемкий, низкообжиговый, безобжиговый, нанодисперсный, композиции.

По мере развития современного производства с его масштабностью и темпами роста все большую актуальность приобретают разработка и внедрение инновационных наукоемких, энерго-ресурсосберегающих, экологически чистых, высоких технологий из минерального и техногенного сырья в различных отраслях промышленности [Воробьев, Джимиева, 2008; Путин, 1999].

Скорейшее их решение в ряде стран, особенно обладающие высоким научно-техническим и промышленным потенциалом, когда в мире нарастает экологическая напряженность, рассматривается как стратегическое направление рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды [Борталевич, 2014; Путин, 1999].

Одной из крупнейших наиболее материалоемких отраслей, относящаяся к крупным потребителям минерально-сырьевых ресурсов и в первую очередь нерудного сырья является строительная индустрия. При этом важная роль в использовании сырьевых ресурсов в строительной отрасли принадлежит промышленности строительных материалов, особенно использованию природного сырья.

Российская Федерация располагает значительными объемами разведанных и оцененных запасов полезных ископаемых, пригодных для производства строительных материалов. Их прогнозные ресурсы являются надежным резервом для восполнения перспективных потребностей строительной индустрии. Добыча минерального строительного сырья в России составляет более 80 процентов общего объема добычи нерудных полезных ископаемых [Воробьев, Джимиева, 2008]. Эффективное их расходование при производстве строительных материалов и конструкций является одной из важнейших задач, так как, в России, и за рубежом, постепенно возникает дефицит ряда ресурсов, таких, как древесина, минеральное сырье и пр., что приводит к повышению стоимости строительных материалов.

Поэтому в строительной отрасли минерально-сырьевые ресурсы занимают особое место, именно сегодня, когда из-за необратимых изменений в природной среде в процессе техногенного воздействия нарастают экологические проблемы. Следовательно, рациональное использование и эффективное сбережение природных ресурсов – важнейшая задача жизнедеятельности любого государства. Наилучшим решением может стать использование техногенного сырья (вторичные отходы), включающее комплекс самых разнообразных промышленных отходов и побочных продуктов: металлургических шлаков, бокситовых и других шламов, отходов горно-обогатительных комбинатов (ГОК), золу и золошлаковые отходы ТЭС, отходов углеобогащения, вторичных полимеров, продуктов переработки древесины и пр.

Практика показала, что производство строительных материалов из техногенного сырья обходится намного дешевле, чем использование природного нерудного сырья, поскольку некоторые отходы производства можно применять без соответствующей обработки, то есть исключаются технологические операции добычи, обработки, транспортировки, хранения, контроля, являющиеся частью общего производственного процесса [Соколов, Мадаева, 2008; Мацапулин и др., 2015].

Использование техногенного сырья в производстве строительных материалов с позиции экологии дает возможность:

- резко сократить объемы добычи дефицитных природных строительных материалов;
- утилизации и осуществления химически прочных связей огромного количества загрязняющих окружающую среду промышленных отходов;
- освобождения ценных земельных участков, отчуждаемых под хвосто- и шламохранилища и пр.

Это наиболее оптимальный путь развития экономики, так как инвестиции, направляемые на осуществление ресурсосберегающих мероприятий чаще всего, в несколько раз ниже затрат, которые необходимы, чтобы увеличить добычу, производство и доставку потребителям необходимого количества соответствующих видов сырья.

Вот уже более шести лет в Институте геологии ДНЦ РАН проводятся научные исследования комплексного использования ресурсов нерудного сырья для строительной индустрии, на базе современных наукоемких, энерго- и ресурсосберегающих и высоких технологий.

По результатам исследований разработаны инновационные проекты, позволяющие осуществлять комплексное освоение месторождений нерудного сырья, в том числе вскрышных пород, включая добычу, переработку и производство строительных материалов.

К настоящему времени, результаты проведённых экспериментальных исследований глинистых сланцев Дагестанского месторождения показали возможность применения их для изготовления вяжущих веществ, получаемых по энергосберегающей, низкообжиговой технологии [Мацапулин и др., 2015].

Из глинистых сланцев разработан дегидратированный (200°C) и низкообжиговой (500–700°C) многофункциональный керамический наполнитель, на основе которого получены:

- насыпной теплоизоляционный материал – керамзитовый песок;
- теплоизоляционные и теплоизоляционно-конструкционные изделия плотностью 200–600 кг/м³;
- безklinkерное известково-пущолоановое вяжущее марки 200;
- портландцемент марки 400–500;
- вяжущее низкой водопотребности (ВНВ) марки 400–500.

Из-за высокого содержания оксида железа в составе низкообжигового (500–700°C) многофункционального керамического наполнителя рекомендовано использовать этот материал после соответствующего помола как пигмент для облицовочного материала в виде фактурного кирпича и керамических плиток, декоративных слоев для отделки наружных стеновых панелей и других поверхностей.

Проведенные комплексные исследования аргиллитовых глин показали, что глина представлена в основном монтмориллонитами, гидрослюдами и другими минералами, принимающими участие во вспучивании массы оптимальной вязкости. По химическому составу общее содержание оксидов необходимых для производства керамзита находится в пределах нормы, и характеризуется более или менее постоянным составом.

Исходя из вышеизложенного, мы предположили возможность получения керамзитового песка по упрощенной технологии во вращающейся печи.

Известно, что на практике на предприятиях керамзитовый песок получают при обжиге глинистой мелочи во вращающихся и шахтных печах или же дроблением более крупных кусков керамзитового гравия, преимущественно в валковых дробилках. Производство керамзитового песка по обычной технологии во вращающейся печи неэффективно. Некоторая примесь песчаной фракции получается при производстве керамзитового гравия за счет разрушения части гранул в процессе термообработки, однако он сравнительно тяжелый, так как мелкие частицы глинистого сырья практически не вспучиваются (резервы газообразования исчерпываются раньше, чем глина переходит в пиропластическое состояние). Кроме того, в зоне высоких температур мелкие гранулы разогреваются сильнее крупных, при этом, возможно, их оплавление и налипание на зерна гравия. А себестоимость дробленого керамзитового песка высока не только в связи с дополнительными затратами на дробление, но главным образом потому, что выход песка всегда меньше объема дробимого гравия. Коэффициент выхода песка составляет 0,4–0,7, т.е. в среднем из 1 м³ гравия получают только около 0,5 м³ дробленого керамзитового песка. При этом почти вдвое возрастает его насыпная плотность.

Используемые нами аргиллиты относятся к камнеподобному глинистому сырью, однородны по составу, в них нет вредных включений. Поэтому был приме-

нен наиболее упрощенный сухой способ получения керамзитового песка. Аргиллит дробится, отсеивается мелочь, слишком крупные куски направляются для повторного дробления, и затем обжигается во вращающейся печи при 1200°C.

Зерновой состав полученного керамзитового песка составляет фракции 0,16-5,0 мм со следующими физико-механическими свойствами: средняя насыпная плотность 650 кг/м³, теплопроводность 0,13-0,15, прочность 33-45 кг/см² и водопоглощение до 10% [Тотурбиев и др., 2018а, б].

Из аргиллитовых глин по критической технологии получен стеновой материал – строительный кирпич, при этом расход топливно-энергетических ресурсов сокращается в 1,5 раза, увеличивается производительность технологического процесса в 2 раза, себестоимость продукции снижается в 1,5. Данный технический результат достигается тем, что обжиг глинистого сырья осуществляется до формования изделий при довольно низкой температуре 550°C. После дозирования смесь размалывается в мельнице до удельной поверхности 2500 см²/г, затем увлажняется водой и выдерживается в течение 30 минут. Из полученной массы пластическим способом формуется изделия, твердение которых осуществляется в естественных условиях.

Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена, возможность получения безобжигового пенодиатомитового теплоизоляционного материала из кремнистых пород с использованием в качестве связующего вещества нанодисперсной композиции [Тотурбиев и др., 2014, 2016а, б].

Плотность полученного теплоизоляционного материала полностью регулируется количеством пены (856-686 л), введенной в состав диатомитовой нанодисперсной композиции и составляет от 300 до 700 кг/м³.

Арболитобетон, полученный на основе дробленой виноградной лозы и силикат-натриевого композиционного вяжущего, изготовленного из карбонатных отходов производства камнепиления и силикат глыбы с кремнеземистым модулем 2,7...3,0, по прочности превышает арболитобетоны из других видов вяжущих веществ и органических заполнителей растительного происхождения.

Из оптимальных составов арболитобетона можно получать, как теплоизоляционные, так и конструктивно-теплоизоляционные изделия плотностью 400...800 кг/м³ с достаточно высокой прочностью 1,95-6,75 МПа и низкой теплопроводностью 0,085-0,164 в зависимости от плотности изделий.

В состав разработанного арболитобетона при изготовлении не вводятся минерализаторы и ускорители твердения. А также нет необходимости предварительного вымачивания органического заполнителя.

В его структуре преобладает объем закрытых пор, который способствует повышению прочности и улучшению теплотехнических характеристик материала.

Из природного нанодисперсного кремнеземистого сырья, карбонатных пород и низкообжиговых высокопластичных глин, путем совместного сухого помола без введения химических добавок получены экологически чистые сухие смеси низкой себестоимости.

К другому направлению исследований относятся нанодисперсные полисиликатные системы, обладающие уникальными связующими свойствами, обеспечивающие комплексное применение нерудного сырья и отходов производства в композициях с различным целевым назначением.

По результатам этих исследований разработаны: безобжиговый теплоизоляционный материал на основе гидрофобного перлитового песка с насыпной плотно-

стью 75-150 кг/м³, с использованием в качестве связующего вещества нанодисперсного полисиликата натрия, получаемого путем совместного синтеза кремнезоля и безводного силиката натрия, кремнеземистый ячеистый теплоизоляционный бетон нового поколения с использованием в качестве связующего вещества нанодисперсного полисиликата натрия, полученного путем синтеза аморфного нанодисперсного природного кремнеземистого сырья и тонкодисперсного безводного силиката натрия [Тотурбиев и др., 2014; Юсупов и др., 2017].

Таким образом, разработка и внедрение строительных материалов экологически чистого нового поколения по вышеуказанным технологиям с использованием природного минерального и техногенного сырья, становится очевидной необходимой задачей для развития современной экономики в этой области.

Литература

1. Борталевич С. И. Управление энергобезопасностью регионов // III Международный форум «Россия в XXI веке: Глобальные вызовы и перспективы развития», Москва, 21-22 октября 2014 г. – М. – 2014. – С. 599-607.
2. Воробьев А. Е., Джимиева Р. Б. Современные методы прогнозирования возможного развития технологий недропользования // VII Международная конференция «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», Москва, 15-19 сентября, 2008 г. – М. – 2008. – С. 86-88.
3. Мацапулин В. У., Тотурбиев А. Б., Черкашин В. И. Глинистые сланцы – эффективное минеральное сырье для изготовления строительных материалов // Вестник ДГТУ. – 2015. – № 38 (3). – С. 119-127.
4. Путин В. В. Минерально-сырьевые ресурсы в стратегии развития Российской экономики // Записки Горного института. – 1999. – Т. 144 (1). – С. 1-11.
5. Соколов И. В., Мадаева М. З. Оценка уровня экологической и промышленной безопасности горных ландшафтов Северного Кавказа // VII Международная конференция «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», Москва, 15-19 сентября, 2008 г. – М. – 2008. С. 276-278.
6. Тотурбиев А. Б., Абдуллаев М. А., Черкашин В. И., Тотурбиев Б. Д. Безобжиговый пенодиатомитовый теплоизоляционный материал на местном природном кремнистом сырье // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 3. – С. 76-79.
7. Тотурбиев А. Б., Черкашин В. И., Тотурбиев Б. Д., Тотурбиева У. Д. Перлитовый теплоизоляционный материал на нанодисперсном полисиликатнатриевом вяжущем // Промышленное и гражданское строительство. – 2016а. – № 3. – С. 59-61.
8. Тотурбиев А. Б., Черкашин В. И., Тотурбиев Б. Д., Мацапулин В. У., Тотурбиева У. Д. Использование местного природного кремнистого сырья и отходов производства для получения теплоизоляционного пенобетона // Вестник ДГТУ. – 2016б. – № 4. Т. 39. – С. 136-144.
9. Тотурбиев Б. Д., Тотурбиев А. Б., Абдулаев М. Ш., Абдулганиева Т. И. Использование аргиллитовых глин для производства керамзита // Горный журнал. – 2018а. – № 3. – С. 58-62.
10. Тотурбиев Б. Д., Мамаев С. А., Тотурбиев А. Б. Наноструктурированные жаростойкие бетоны с повышенными эксплуатационными свойствами // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли в Российской

Федерации в 2017 году: Сб. научных трудов РААСН. Т. 2. – М.: Издательство АСВ, 2018б. – С. 463-469.

11. Юсупов А. Р., Черкашин В. И., Атемов М. С., Мамаев С. А. Укрупнение грунтов модифицирующей добавкой «ДС-35» при строительстве сельских дорог. // Труды Института геологии ДНЦ РАН. – 2017. – № 4. – С. 32-35.

INNOVATIVE PRODUCTION TECHNOLOGY OF NEW GENERATION BUILDING MATERIALS

© 2018 B.D. Toturbiev¹, Sc. Doctor (Tech.), Prof., S.A. Mamaev¹, Sc. Candidate (Tech.), U.D. Toturbieva², Sc. Candidate (Tech.)

¹Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the RAS, Russia, 367010, Republic of Dagestan, Makhachkala, Yaragskiy Str., 75, e-mail: dangeogis@mail.ru;

²Daghestan State Technical University, Russia, 367015, Republic of Dagestan, Makhachkala, Imam Shamil Avenue, 70

The relevance of the development and implementation of innovative high-tech, energy-resource-saving, environmentally friendly, high technologies from mineral and industrial raw materials in various industries is noted. At the same time, an important role in the use of raw materials in the construction industry belongs to the building materials industry, especially the use of natural raw materials and, in this regard, the development of innovative projects that allow the integrated development of nonmetallic deposits, including overburden, including mining, processing and production of building materials.

It has been established by practice that the production of building materials from technogenic raw materials is much cheaper than using natural non-metallic raw materials, since some production wastes can be used without proper processing, that is, technological operations of extraction, processing, transportation, storage, and control, which are part of the overall production process, are excluded.

The results of theoretical and experimental studies carried out at the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences with the aim of using shale, argillite clay, silica and technogenic raw materials for the manufacture of binders, heat-insulating and wall materials of the new generation, are obtained from innovative, high-tech, low-firing and unburned, therefore, energy resource-saving technology.

Keywords: shale, argillite clay, silica and man-made materials, binder, innovative, high-tech, low-firing, unburned, nano-dispersed, composition.

References

1. Bortalevich S.I. Upravlenie energobezопасnost'yu regionov [Regional Energy Security Management]. III Mezhduna-rodnyj forum "Rossiya v XXI veke: Global'nye vyzovy i perspektivy razvitiya", Moskva, 21-22 oktyabrya 2014 g. M. 2014. Pp. 599-607. (in Russian)
2. Vorob'ev A. E., Dzhimieva R.B. Sovremennye metody prognozirovaniya voz-mozhnogo razvitiya tehnologij nedropol'zovaniya [Modern prognosis methods of the

possible development of subsoil use technologies]. VII Mezhdunarodnaya konferenciya “Resursovosproizvodyashchie, malootherodnye i prirodoohrannye tehnologii osvoeniya nedr”, Moskva, 15-19 sentyabrya, 2008 g. M. 2008. Pp. 86-88. (in Russian)

3. Macapulin V.U., Toturbiev A.B., Cherkashin V.I. Glinistye slancy – effek-tivnoe mineral’noe syr’e dlya izgotovleniya stroitel’nyh materialov [Clay shales – effective mineral raw materials for the manufacture of building materials]. Vestnik DGTU. 2015. No. 38 (3). Pp. 119-127. (in Russian)

4. Putin V.V. Mineral’no-syr’evye resursy v strategii razvitiya Rossijskoj ekonomiki [Mineral resources in the development strategy of the Russian economy]. Zapiski Gornogo instituta. 1999. Vol. 144 (1). Pp. 1-11. (in Russian)

5. Sokolov I.V., Madaeva M.Z. Ocenka urovnya ekologicheskoy i promyshlennoj bezopasnosti gornyh landshaftov Severnogo Kavkaza [Assessment of the level of environmental and industrial safety of mountain landscapes of the North Caucasus]. VII Mezhdunarodnaya konferenciya “Resursovosproizvodyashchie, malootherodnye i prirodoohrannye tehnologii osvoeniya nedr”, Moskva, 15-19 sentyabrya, 2008 g. M. 2008. Pp. 276-278. (in Russian)

6. Toturbiev A.B., Abdullaev M.A., Cherkashin V. I., Toturbiev B. D. Bezobzhigovyj penodiatomitovyj teploizolyacionnyj material na mestnom prirodnom kremni-stom syr’e [Unbaked foam-diatomite thermal insulation material on local natural siliceous raw materials]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel’sтво. 2014. No. 3. Pp. 76-79. (in Russian)

7. Toturbiev A.B., Cherkashin V. I., Toturbiev B.D., Toturbieva U.D. Perlitovyj teploizolyacionnyj material na nanodispersnom polisilikatnatrievom vyazhushchem [Perlite thermal insulation material on nano dispersed polysilicate sodium binder]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel’sтво. 2016a. No. 3. Pp. 59-61. (in Russian)

8. Toturbiev A.B., Cherkashin V. I., Toturbiev B.D., Macapulin V.U., Toturbieva U.D. Ispol’zovanie mestnogo prirodnogo kremnistogo syr’ya i othodov proizvodstva dlya polucheniya teploizolyacionnogo penobetona [Use of local natural siliceous raw materials and production wastes for obtaining heat insulating foam concrete]. Vestnik DGTU. 2016b. No. 4. Vol. 39. Pp. 136-144. (in Russian)

9. Toturbiev B.D., Toturbiev A.B., Abdullaev M. Sh., Abdulganieva T.I. Ispol’zovaniya argillitovyh glin dlya proizvodstva keramzita [The use of argillite clay for the production of expanded clay]. Gornyj zhurnal. 2018a. No. 3. Pp. 58-62. (in Russian)

10. Toturbiev B.D., Mamaev S.A., Toturbiev A.B. Nanostrukturirovannye zharostojkie betony s povyshennymi ekspluatacionnymi svojstvami [Nanostructured heat-resistant concretes with enhanced performance properties]. Fundamental’nye, poiskovyie i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arhitektury, gradostroitel’sтва i stroitel’noj otrasli v Rossijskoj Federacii v 2017 godu: Sb. nauchnyh trudov RAASN. Vol. 2. M.: Izdatel’sтво ASV, 2018b. Pp. 463-469. (in Russian)

11. Yusupov A. R., Cherkashin V. I., Atemov M. S., Mamaev S. A. Ukrupnenie gruntov modificiruyushchej dobavkoj «DS-35» pri stroitel’sтve sel’skih dorog. [Consolidation of soil modifying additive “DS-35” in the construction of rural roads]. Trudy Instituta geologii DNC RAN. 2017. No. 4. Pp. 32-35. (in Russian)