

УДК 691.3/5(571.56)

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ЯКУТИИ В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**Местников А.Е., Семенов С.С., Васильева Д.В.***ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: mestnikovae@mail.ru*

В настоящей статье рассматриваются пути рационального использования природного минерального сырья Якутии в технологии строительных материалов на основе инновационных подходов. Обоснована возможность расширения номенклатуры вяжущих веществ разработкой и освоением технологии производства специальных видов цемента, композиционных гипсовых вяжущих и эффективных строительных материалов на их основе. Отмечена целесообразность продвижения инновационных проектов СВФУ (кирпичный завод, производство автоклавного пенобетона и гранулированного пеностекла – пеноцеолита). Для труднодоступных районов Севера особую актуальность имеет создание быстроразворачиваемых производств тяжелого и легкого бетонов, стеновых изделий на основе ячеистого бетона, арболита и грунтобетона с использованием предлагаемых композиционных вяжущих на основе портландцемента, гипса, извести и активных минеральных добавок из кварцполевошпатового песка, горелых и цеолитсодержащих пород.

Ключевые слова: природное минеральное сырье, композиционные вяжущие вещества, строительные материалы, традиции и инновации

RATIONAL USE OF YAKUTIA'S MINERAL RESOURCES IN CONSTRUCTION MATERIALS TECHNOLOGY**Mestnikov A.E., Semenov S.S., Vasileva D.V.***Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov», Yakutsk, e-mail: mestnikovae@mail.ru*

This article discusses the possible rational uses of natural mineral raw materials of Yakutia in construction materials technology based on innovative approaches. We substantiate the possibility of expanding the application range of binding substances through development and adoption of special types of cement production technology, composite gypsum binders and efficient building materials on their basis. The practicability of NEFU's innovative projects promotion (brick factory, production of autoclaved foam concrete and foam glass granulate-foam zeolite). For hard to reach areas of the North, creation of rapidly deployable production of heavy and light concrete, wall products on the basis of aerated concrete, cement wood and soil-cement using the proposed composite binders based on portland cement, gypsum, lime and active mineral additives from quartz-feldspar sand, burnt and zeolite rocks is of particular importance.

Keywords: natural mineral raw materials, composite binding substances, construction materials, traditions and innovations

Разработка эффективных строительных материалов с использованием местной минерально-сырьевой базы регионов является одним из основных направлений инновационного развития Российской Федерации.

Известно, что территория Якутии богата минеральным сырьем для производства строительных материалов, что в настоящее время в полной мере не используется [1, 2]. С наступлением рыночных отношений в республике были закрыты многие энергоемкие производства эффективных строительных материалов, использующие природное минеральное сырье: кирпичные и керамзитовые заводы. Поэтому строительство полностью перешло на использование тяжелого бетона и привозных теплоизоляционных материалов и комплектующих, что сильно повлияло на повышение себестоимости строительства в целом. Возрождение традиционных технологий и производств на основе новых инновационных подходов, позволяющих производить высококачественные

стеновые и теплоизоляционные материалы из доступного минерального сырья и техногенных отходов, могло бы стать бы основой для строительства в первую очередь энергоэффективного доступного жилья.

В настоящей статье обобщены результаты исследований, выполненных в последние годы коллективом кафедры строительных материалов СВФУ, по изучению возможности рационального использования минерального сырья Республики Саха (Якутия) – известняков, гипсового камня, глинистого сырья, кварцполевошпатового песка, цеолитсодержащих пород при совершенствовании традиционных технологий производства строительных материалов.

Известняки и суглинки

Для производства основной номенклатуры строительных материалов невозможно обойтись без минеральных вяжущих веществ – цемента, гипса и извести. Основными традиционными видами природного

сырья для производства цемента являются известняк, гипсовый камень и глина.

АО ПО «Якутцемент» – флагман строительной индустрии республики является единственным производителем основного вяжущего вещества – портландцемента для изготовления бетонных изделий и конструкций. В производстве местного портландцемента используются известняки и суглинки Сасабытского месторождения, расположенного на территории Хангаласского района недалеко от поселка Мохсоголлох.

Балансовые запасы суглинков, учтенные Государственным балансом РФ, составляют 10942 тыс. т, известняков – 71320 тыс. т. У действующего завода «Якутцемент» имеются все возможности для выпуска строительной извести. Ранее проведенными исследованиями было установлено, что испытанная известь удовлетворяет требованиям ГОСТ 9179 «Известь строительная» [2]. Следует подчеркнуть, что производство строительной извести позволило бы организовать малоэнергоемкие производства силикатного кирпича и эффективных стеновых изделий из газо-, пеносиликата, а также сухих строительных смесей для кладки и оштукатуривания стен, бетонных растворов для заполнения скважин свайных фундаментов в условиях вечномерзлых грунтов.

Одним из существенных недостатков портландцемента является потеря его активности при длительном хранении. Потеря активности цемента происходит в процессе его длительной доставки в отдаленные районы посредством водного и автомобильного транспорта, а чаще всего из-за значительной продолжительности зимнего периода до начала строительного сезона (9 и более месяцев). В таких условиях высококачественный композиционный портландцемент целесообразно получать совместным помолом заранее доставленного клинкера, срок хранения которого практически не ограничен, с активными минеральными добавками до

40 % по массе вяжущего из местного сырья. Производство композиционного цемента на месте строительства позволит значительно снизить себестоимость строительства за счет значительного сокращения энергоемкости производства и транспортных расходов [3–5].

Исследования, проведенные специалистами СВФУ [6], показали соответствие прочностных характеристик образцов на основе композиционного портландцемента (клинкер + активная минеральная добавка + гипсовый камень) прочностным показателям контрольных образцов, изготовленных на портландцементе марки ЦЕМ I 42,5Б АО ПО «Якутцемент» (таблица).

Горелые породы

Исследована возможность использования горелых пород в создании сульфатостойких бетонов [6, 7, с. 268]. Карьер горелых пород Кильдямского месторождения расположен в 30...32 км к северо-западу от города Якутска. Его запасы по категории A_2 составляют 87,7 тысячи m^3 , по категории C_1 – 2,3 тысячи m^3 [2].

Химико-минералогический состав горелых пород Кильдямского месторождения содержит, % мас.: SiO_2 – 81,00; Al_2O_3 – 9,61; K_2O – 3,37; Fe_2O_3 – 3,26; Na_2O – 1,27; CaO – 0,54.

Для приготовления сульфатостойкого цемента портландцементный клинкер, сульфат кальция (природный или промышленный гипс) и добавку алюмосиликатной горелой породы совместно измельчали до удельной поверхности 280–320 m^2/kg [8, с. 276]. Полученные образцы цементного камня подвергали к длительному воздействию сульфатов. Полученные экспериментальные зависимости показали, что предел прочности при сжатии образцов в стандартном возрасте при содержании добавки в количестве 15 % имеет максимальную прочность 29 МПа, в возрасте 56 суток прочность возрастает до 35 МПа.

Прочностные характеристики образцов из композиционного портландцемента на основе клинкера и активных минеральных добавок, МПа

Состав тонкомолотого вяжущего	Количество добавки, % от массы вяжущего		
	5	7	10
28 суток естественного твердения			
Клинкер + кварцполевошпатовый песок + гипсовый камень	48,89	50,09	52,38
Клинкер + цеолитсодержащая порода + гипсовый камень	46,47	47,76	47,18
Тепло-влажностная обработка			
Клинкер + кварцполевошпатовый песок + гипсовый камень	47,19	49,09	50,76
Клинкер + цеолитсодержащая порода + гипсовый камень	45,48	46,29	46,09

Таким образом, разработанная добавка улучшает свойства бетонов при экономии портландцемента в бетоне не менее 15% мас., а также вовлекается неиспользуемое минеральное сырье – горелые породы.

Целесообразность производства специальных видов цементов на месте применения подчеркивает тот факт, что АК «АЛРОСА» в г. Мирный в собственном помольном цехе производит сульфатостойкий цемент для закладочных растворов на основе привозного портландцементного клинкера Якутцемента, цеолитсодержащей породы Сунтарского месторождения и местного минерального сырья. Научная основа получения сульфатостойкого портландцемента разработана в ведущих институтах республики – ЯкутНИИПроалмаз [5] и ЯкутПНИИС [9].

Гипсовый камень

Минерально-сырьевая база для производства гипса представлена двумя месторождениями в Олекминском улусе с запасами по категориям А + В + С₁ в размере 11 251 тыс. т. В промышленном освоении находится месторождение «Олёмкинское» с балансовыми запасами гипса 9009 тыс. т. Ежегодная добыча составляет около 20 тыс. т. [1]. Олекминский гипсовый завод в настоящее время не работает. Гипсовый камень добывается в малых объемах для применения в сельском хозяйстве и производстве портландцемента с доставкой водным транспортом до пос. Мохсоголлох. Поэтому предприятие «Якутцемент» имеет все возможности для освоения производства композиционного гипсового вяжущего (КГВ).

В отличие от обычных гипсовых материалов на основе КГВ появляется возможность изготовления эффективных стеновых изделий и панелей повышенной водо- и морозостойкости для малоэтажного строительства в условиях сурового климата Севера.

На кафедре строительных материалов СВФУ разработаны два вида КГВ: гипсоцементно-цеолитовое (ГЦЦВ) и гипсоизвестково-цеолитовое (ГИЦВ) вяжущее повышенной водостойкости (таблица), что может быть научной основой для расширения номенклатуры продукции АО ПО «Якутцемент» [10, 11].

На основе разработанных составов КГВ возможно изготовление конструкционно-теплоизоляционного арболита плотностью 700–800 кг/м³ и прочностью на сжатие 2,5–3,5 МПа [8, с. 175]. В производстве легких бетонов на основе КГВ для сельского строительства могут быть привлечены дополни-

тельные природные сырьевые ресурсы, как солома и мох, так и отходы переработки древесины – щепа, кора и опилки. Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективности использования стеновых изделий на основе композиционных гипсовых вяжущих в малоэтажном строительстве.

Глинистое сырье

В советское время было подготовлено к промышленному освоению 27 месторождений кирпичного сырья, суммарные балансы которых по категориям А + В + С₁ составляют 49648 тыс. м³, 19 месторождений керамзитового сырья с суммарными запасами по категориям А + В + С₁ в количестве 30289 тыс. м³, одно (Кангаласское) месторождение тугоплавких глин с запасами по категориям А + В 81 тыс. м³ [1]. Однако производства кирпича и керамзита давно закрылись, хотя потребность в таких эффективных материалах существует и растет с каждым днем в связи с постоянным повышением объемов жилищного строительства.

СВФУ принял на себя ответственность инициатора и координатора проекта создания кирпичного завода при поддержке Президента и Правительства РС(Я).

На сегодня университет выполняет научно-техническое сопровождение предпроектной подготовкой документов, получены предварительные результаты по оптимизации составов, структуры и свойств керамического кирпича с повышенными строительно-эксплуатационными характеристиками на основе глинистого сырья Санниковского месторождения с применением тонкомолотого цеолита и пластифицирующих добавок [8, с. 211]. Результаты НИР должны обеспечивать показатели, отвечающие требованиям ГОСТ 530-2007 «Кирпич и камни керамические. Технические условия», вступившего в силу с 01.03.2008 в РФ и приближенного к европейским стандартам. В новых требованиях исключены марки кирпича по прочности М75 и морозостойкости F15, для лицевого кирпича нижним пределом является марка М150.

В сельской местности небольшие объемы глинистого сырья могут быть привлечены для производства грунтобетона и стеновых изделий на его основе для индивидуального малоэтажного строительства.

Кварцполевошпатовые (речные) пески

Насчитывается 24 месторождения речных песков строительного назначения с неограниченными запасами, из них 9 месторождений в распределенном фонде недр. Предварительно оценены ресурсы на более

чем 40 месторождения суммарной мощностью более 200 млн куб. м.

Кроме традиционного применения пещек в качестве мелкого заполнителя бетонов, как показывают исследования специалистов СВФУ [7, 8], их целесообразно использовать в производстве механоактивированных сухих смесей для изготовления широкой номенклатуры бетонных изделий и конструкций, в том числе ячеистых бетонов.

СВФУ имеет достаточный научный и практический опыт производства автоклавного пенобетона из кварцполевошпатового доступного речного песка. Инновационно-технологический центр запустил пилотное производство автоклавного пенобетона. На его основе построены два девятиэтажных жилых здания высокой энергоэффективности, ряд индивидуальных домов в Якутске, пос. Нижний Бестях, с. Олекминск и др.

На сегодняшний день СВФУ продвигает проект по автоклавному пенобетону с размещением производства в пос. Нижний Бестях, в последующем в г. Ленск и Вилюйск. Проект направлен на создание в заречной группе районов опорной точки по производству эффективных стеновых строительных материалов для обеспечения строительства объектов социальной инфраструктуры и индивидуального жилья.

Общий объем инвестиций проекта составляет 112 млн рублей при годовом объеме выпуска изделий 20 тыс. м³ и окупаемости производства в 4,3 года.

Цеолитсодержащая порода

В настоящее время СВФУ совместно ООО «Сунтарцеолит» и ООО «Модис» (г. Рыбинск) продвигается инновационный проект организации производства гранулированного пеностекла – пеноцеолита из цеолитсодержащих пород Сунтарского месторождения [8]. Выбор цеолита обусловлен доступностью и огромным запасом природного сырья, низкой энергоемкостью его переработки из-за «мягкости» исходной горной породы. На сегодня разведаны и утверждены запасы в 11465 тысяч тонн [1].

Физико-механические характеристики пеноцеолита соответствуют требованиям ТУ 5914-001-15068529-2006 «Универсальный пористый материал термоизоляционный УПМ «Термоизол»: насыпная плотность составляет 150–350 кг/м³ в зависимости от фракции 0,5–10 мм, коэффициент теплопроводности – 0,06–0,10 Вт/(м·К). На основе пеноцеолита изготовлены и испытаны образцы легких бетонов со следующими характеристиками: при средней плотности 400 кг/м³

класс бетона составляет В1,5, 500 кг/м³ – В2,5 и 600 кг/м³ – В3,5 [8, с. 157].

Общая сумма необходимого финансирования проекта составляет 65 800 тыс. рублей. Финансовые средства будут направлены на оплату капитальных вложений в сумме 59 650 тыс. рублей и формирование первоначальных оборотных средств в размере 6 150 тыс. рублей.

Заключение

Для рационального использования природного минерального сырья в производстве строительных материалов Якутии целесообразно развивать и использовать как традиционные, так и инновационные строительные технологии, в том числе следует отметить:

- возможность расширения номенклатуры продукции АО ПО «Якутцемент» освоением специальных видов цемента (сульфатостойкого, расширяющегося и др.), а также сопутствующего производства извести, гипса и композиционных гипсовых вяжущих;

- целесообразность продвижения инновационных проектов СВФУ (кирпичный завод на основе глинистого сырья Санниковского месторождения, производство автоклавного пенобетона с использованием кварцполевошпатового речного песка, выпуск гранулированного пеностекла – пеноцеолита на основе цеолитсодержащих пород Сунтарского месторождения) с учетом наличия и пригодности минерального сырья;

- технико-экономическую эффективность создания быстроразворачиваемых производств тяжелого и легкого бетонов, стеновых изделий на основе ячеистого бетона, арболита и грунтобетона с использованием предлагаемых композиционных вяжущих веществ и местных заполнителей для малоэтажного строительства в сельской местности.

Список литературы

1. Стратегия развития промышленности строительных материалов Республики Саха (Якутия) на период до 2020 года / Минстрой РС(Я). URL: <https://minstroy.sakha.gov.ru/> (дата обращения: 21.10.2017).
2. Пояснительная записка к обзорной карте месторождений строительных материалов Якутской АССР масштаба 1:2500000. Т. 1 и 2. – М.: Объединение «Союзгеолфонд», 1988. – 421 с.
3. Бердов Г.И., Ильина Л.В. Активация цементов действием минеральных добавок // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 9. – С. 55–58.
4. Бикбау М.Я. Бетоны на наноцементях: свойства и перспективы / М.Я. Бикбау, Д.В. Высоцкий, И.В. Тихомиров // Технологии бетонов. – 2011. – № 11–12. – С. 31–34.
5. Монтянова А.Н. Специфические особенности складочных работ на руднике «Мир» алмазодобывающей АК

«АПРОСА» / А.Н. Монтянова, Д.С. Кириллов, И.В. Штауб, Е.В. Бильдушкинов // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2012. – № 4. – С. 10–14.

6. Рожин В.Н., Местников А.Е. Пенобетоны на быстротвердеющем цементе из местного сырья Якутии // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 2–1. – С. 86–89.

7. Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережение. Сб. материалов III Всерос. научно-практ. конф. Якутск, Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова [Электронный ресурс]. – 2014. – С. 327–331. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22217845> (Дата обращения: 21.10.2017).

8. Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережения: сб. статей IV Всерос. научно-практ. конф., посвященной 60-летию Инженерно-технического института СВФУ им. М.К.Аммосова. под ред. доц. А.Е. Саввиной [Электрон-

ный ресурс]. – 2016. – С. 432–437. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27590406> (дата обращения: 21.10.2017).

9. Федорова Г.Д., Матвеева О.И., Павлюкова И.Р., Васильев И.Г. Высококачественные бетоны для конструкций мостов и гидротехнических сооружений, эксплуатируемых в климатических условиях Якутии // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: научные труды III Всероссийской (международной) конференции по бетону и железобетону (Москва, 12–16 мая 2014 г.) – Т. 5. – Москва: МГСУ, 2014. – С. 72–85.

10. Куба В.В., Егорова С.Ю., Егорова А.Д. Факторы, влияющие на прочность арболита на основе гипсоцементно-цеолитового вяжущего // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 8. – С. 42–45.

11. Богдокумова С.В., Егорова А.Д. Композиционные гипсовые вяжущие с применением горелых пород для пенобетонов // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. XXVI междунар. студ. науч.-практ. конф. – 2017. – № 11(25). URL: [http://sibac.info/archive/technic/11\(25\).pdf](http://sibac.info/archive/technic/11(25).pdf) (дата обращения: 29.10.2017).