

Андреева А. В., мл. науч. сотр.
Буренина О. Н., ст. науч. сотр.
Институт проблем нефти и газа СО РАН

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОГО ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ ДЛЯ РЕГИОНОВ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА

aita1973@mail.ru

Исследовано влияние технологических параметров на физико-механические свойства строительных материалов из отходов деревообработки и глинистого сырья. Найдены оптимальные режимы и предложена технология изготовления мелкоштучных изделий для условий Севера.

Ключевые слова: предел прочности при сжатии, глинокомпози́ты, водопоглощение, морозостойкость.

Глинистый грунт в естественном состоянии, без искусственного изменения его физико-механических и химических свойств, применяется для строительства зданий редко. Прежде всего, при решении вопросов использования материалов из глинистого сырья в качестве стеновых, необходимо обеспечить устойчивость этих материалов к атмосферным факторам. И для этой цели требуется создание стабильных структур, которые позволят значительно повысить эксплуатационные характеристики, разрабатываемых материалов.

Для получения стабильных по свойствам материалов из глинистых грунтов необходимо модифицировать комплекс воздействий, включающий введение вяжущих веществ и других добавок в определенных соотношениях с выполнением необходимых технологических операций.

Известно использование для этой цели цемента в количестве 10-20 масс. %, который образует прочные и стойкие кристаллизационные связи с глинистым минералом, тем самым увеличивая прочность и снижая его гидратацию [1].

Объекты исследования. В качестве объектов исследования были выбраны глина месторождения Ой-Бесс Республики Саха (Якутия), опилки от механической обработки древесины хвойных пород и сухая бетонная смесь с полимерной фиброй «Ремстрим-100».

Глина обладает удовлетворительной формовочной способностью, средней пластичностью, а также характеризуется малой чувствительностью к сушке, малой воздушной и общей усадками. Данные гранулометрического анализа и химического состава глины приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Результаты гранулометрического анализа глины

Месторождение	Более 500 мкм	500-50 мкм	50-5 мкм	5-1 мкм	Менее 1 мкм
Ой-Бесское	-	31,4	-	51,9	16,7

Результаты гранулометрического анализа глин показали (табл. 1.), что в глинистом грунте имеется большое количество пылеватых частиц от 1 до 5 мкм, что обеспечивает заполнение промежутков между более крупными частицами

и повышает связующую способность глинистого материала, наличие тонкодисперсных частиц (менее 1 мкм) достаточно для изготовления из них материалов и изделий методом полусухого прессования.

Таблица 2

Результаты химического анализа глины

Химический состав	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	H ₂ O	FeO
%	55,6	0,73	14,40	3,79	0,008	3,50	4,24	2,27	2,8	-	0,11	1,93	1,86

Результаты химического анализа глинистого сырья показывают, что глина Ой-Бесского месторождения относится к каолинит-гидрослюдистым группам глин. Наличие в со-

ставе глинистых грунтов каолиновой группы со стабильной кристаллической решеткой и гидрофильностью создает удовлетворительную формовочную способность, среднюю пластич-

ность, характеризует малую воздушную и общую усадки, что дает возможность изготовления из них безобжиговых строительных материалов. Таким образом, глинистое сырье Ой-Бесского месторождения является пригодным для производства на его основе безобжиговых материалов.

В качестве органического заполнителя использовали древесные опилки от механической обработки древесины хвойных пород. Опилки соответствовали следующими требованиям: размеры опилок характеризовались полным прохождением через сито с размером отверстий 10 мм; содержание примесей коры в опилках не более 10 %, а хвои – 5 % к сухой смеси заполнителя; опилки не имели видимых признаков плесени и гнили, а также примесей инородных материалов.

В качестве модифицирующей минеральной добавки использовали сухую бетонную смесь с полимерной фиброй «Ремстрим-100» производства ТД «Стрим», которая обладает армировочными свойствами. «Ремстрим-100» обладает хорошей адгезией к бетону и металлу. Является водонепроницаемой и долговечной в высокоагрессивных средах. Не содержит металлических наполнителей и хлоридов. Относится к гидроизоляционным, антикоррозионным материалам, антисептик.

Для проведения исследований были изготовлены цилиндрические образцы диаметром 54 мм на технологическом оборудовании, разработанном в Институте неметаллических материалов СО РАН [2]. Формовочная влажность (W) варьировалась от 8 до 12 масс. %, усилие прессования (P) – от 5 до 15 МПа, содержание органических добавок – от 5 до 15 масс. %, содержание «Ремстрим-100» – от 3 до 30 масс. %. Продолжительность сушки составляла 28 суток. Было исследовано влияние технологических параметров на прочность при сжатии разрабатываемых материалов и определены их оптимальные значения для получения изделий с высоким комплексом свойств.

Обсуждение результатов. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что прочность при сжатии образцов повышается с увеличением давления прессования от 5 до 10 МПа, а при 15 МПа наблюдается ее снижение. При усилии прессования 10 МПа композиты имеют прочность при сжатии 3,9 МПа, что на 56 % и 8 % больше прочности при сжатии образцов, полученных при усилии прессования 5 МПа и 15 МПа соответственно (рис. 1). Таким образом, выбрано оптимальное усилие прессования, равное 10 МПа.

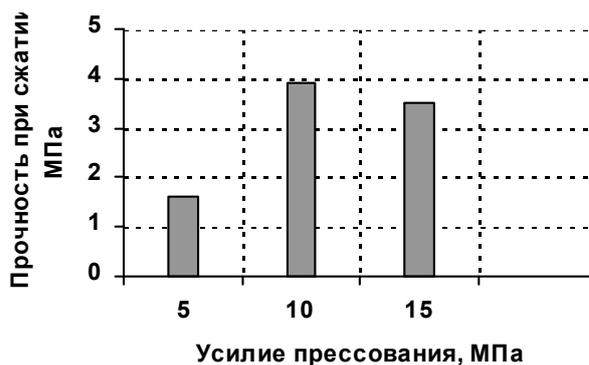


Рисунок 1. Зависимость предела прочности при сжатии от давления прессования

При повышении формовочной влажности от 8 до 12 масс. % предел прочности при сжатии увеличивается линейно, а от 12 до 17 масс. % снижается (рис. 2). Дальнейшее увлажнение образцов приводит к их разрушению при выемке из пресс-формы. Таким образом, оптимальной формовочной влажностью выбрано 12 %.

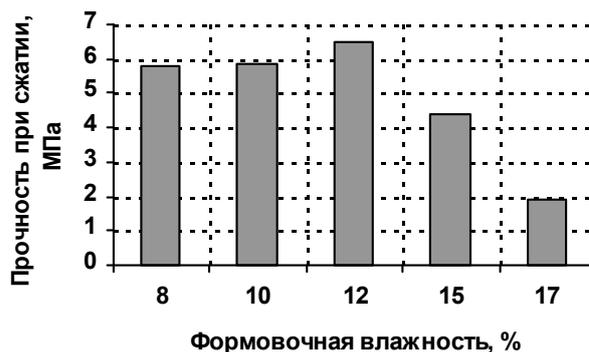


Рисунок 2. Зависимость предела прочности при сжатии от формовочной влажности

Для улучшения физико-механических показателей безобжиговых строительных материалов нами были проведены исследования по модификации этих материалов органическими и минеральными добавками и определено их влияние на прочность при сжатии. Дальнейшие исследования были проведены на композиционных глиноопилочных образцах, изготовленных при оптимальной формовочной влажности 12 % и давлении прессования 10 МПа.

Анализ полученных результатов показал, что прочность при сжатии образцов снижается линейно при увеличении количества вводимых древесных опилок от 5 до 15 масс. % на 20 % (рис. 3).

Таким образом, было выбрано оптимальное количество вводимой добавки – 5 масс. % древесных опилок.

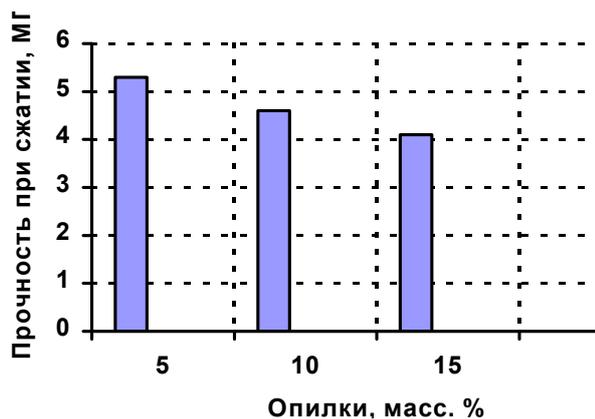


Рисунок 3. Зависимость предела прочности при сжатии от содержания опилок

На основании полученных результатов (рис. 4) заключили, что увеличение количества минеральной добавки приводит к линейному повышению прочности композитов, однако, учитывая показатели ГОСТ для глиносырцовых материалов (3,5 МПа), экономически выгодно использовать композиты с добавкой «Ремстрим-100» в количестве 3 масс. % для изготовления строительных материалов для малоэтажного домостроения (рис. 4).

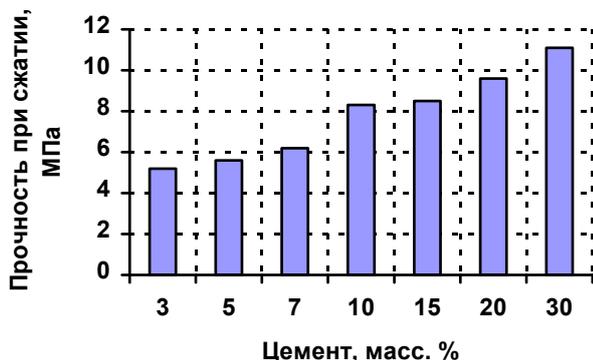


Рисунок 4. Зависимость предела прочности от содержания цемента

Дальнейшие исследования заключались в исследовании свойств композитов при использовании комплекса добавок для выбора оптимального состава с наилучшим показателем по прочности при сжатии при исходной влажности от 8 до 12 масс. %. Исследования проводились на образцах следующего состава: опилки-5,10, 15 масс. %, цемент – 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30 масс. %, формовочная влажность – 8, 10, 12 %. Давление прессования составляло 10 МПа.

Анализ полученных результатов показал, что при увеличении исходной влажности предел прочности при сжатии образцов всех составов повышается. При увеличении органической добавки – опилок – наблюдается уменьшение показателей пределов прочности при сжатии образцов.

Тем не менее, прочность при сжатии образцов всех исследуемых рецептур увеличивается в среднем на 35 - 45% по сравнению с прочностью немодифицированных глиноопилочных образцов и соответствует рекомендуемым нормам для малоэтажного строительства.

Для регионов холодного климата важны не только механические свойства материалов строительного назначения, но и такие показатели как, влаго- и морозостойкость. В связи с этим были проведены исследования по определению влагопоглощения и морозостойкости.

Проведение исследований строительных материалов из глинистого сырья по существующему стандарту ГОСТ 7025-91 не представлялось возможным из-за растворения и размягчения образцов при выдержке их в воде. Поэтому, определение влагопоглощения, скорости сорбции воды оценивали при выдержке образцов в среде с относительной влажностью воздуха 98 %. Увлажнение проводили в эксикаторах над насыщенным раствором соли $\text{CuSO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Для определения морозостойкости материала был использован оригинальный метод, позволяющий в короткие сроки получить оценку морозостойкости материала [3].

Физической основой метода является наличие корреляционной зависимости между изменением поврежденности, пористости материала и его сорбционной емкости или скорости водопоглощения. Степень морозостойкости материала определяли по соотношению двух величин:

$$Q = W_{\text{вт}} / W_{\text{исх}},$$

где Q – степень морозостойкости;

$W_{\text{вт}}$ – скорость влагопоглощения образца после промораживания его в увлажненном состоянии и последующей сушки, %;

$W_{\text{исх}}$ – скорость влагопоглощения образца в исходном состоянии в среде с относительной влажностью 98 %.

Меньшее значение Q соответствует большей устойчивости материала к одновременному воздействию влаги и низких температур или морозостойкости [4].

Для испытаний были изготовлены цилиндрические образцы полусухого прессования диаметром 54 мм и высотой 50 мм оптимального состава: отходы древесины - 5 масс. %, цемента – 3 масс. %, формовочная влажность – 12 %. Давление прессования составляло 10 МПа. Время естественной сушки – 28 суток.

Определяли кинетическую кривую десорбции исходных образцов до момента влагопоглощения - 1 цикл (рис.5). Анализ показывает, что основное количество влаги удаляется в пер-

вые пять суток, при этом влажность снижается почти на 40 %.

Далее высушенные образцы подвергались увлажнению. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что величина влагопоглощения увеличивается линейно с увеличением времени и достигает равновесного значения по истечении 77 суток. Скорость сорбции

максимальна в течение первых 7 суток, при этом величина влагопоглощения стабилизированных образцов снижается в 1,6 раза по сравнению с исходными (рис.6). Далее влагонасыщенные образцы промораживали в климатической камере при температуре -60°C в течение 4 часов, после чего снимали кривую десорбции образцов (рис. 5).

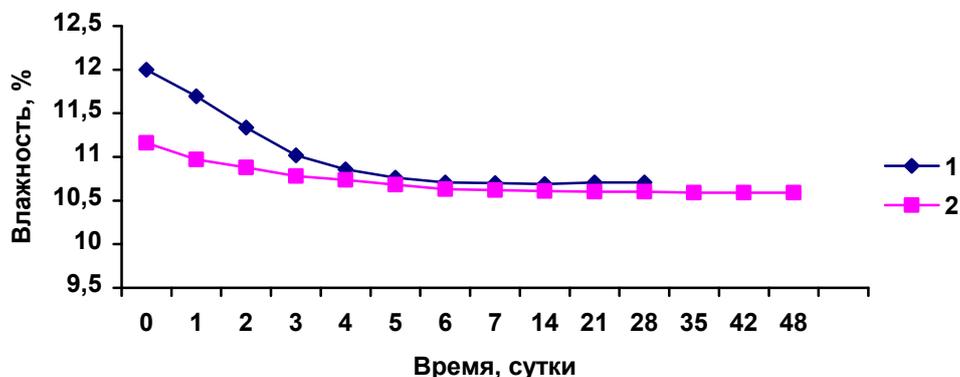


Рисунок 5. Кривые десорбции образцов до (1) и после (2) промораживания

Анализ проведенных экспериментальных данных показал, что образцы, замороженные в увлажненном состоянии достигают постоянного веса по истечении 3х недель. Наибольшая скорость десорбции наблюдается в первые 7 суток. Наличие прямого участка на кривой говорит о линейном падении влажности. Затем образцы вновь насыщали влагой (2 цикл). Сопоставляя, первоначальные скорости влагонасыщения исходных образцов $W_{исх}$ и образцов, подвергшихся воздействию низкой температуры $W_{вт}$, определяли степень морозостойкости (Q). Критерием оценки морозостойкости является изменение скорости влагопоглощения на начальном участке кривой сорбции.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что скорость влагопоглощения и максимальное равновесное влагопоглощение совпадают для двух кривых исходного и замороженного образцов обоих составов. Совпадение кинетических кривых свидетельствует об отсутствии разрушения материалов в результате промораживания во влагонасыщенном состоянии. Скорость влагопоглощения исходных материалов равна скорости влагопоглощения образцов, замороженных в увлажненном состоянии, поэтому коэффициент морозостойкости для стабилизированных образцов близок к единице (рис. 6).

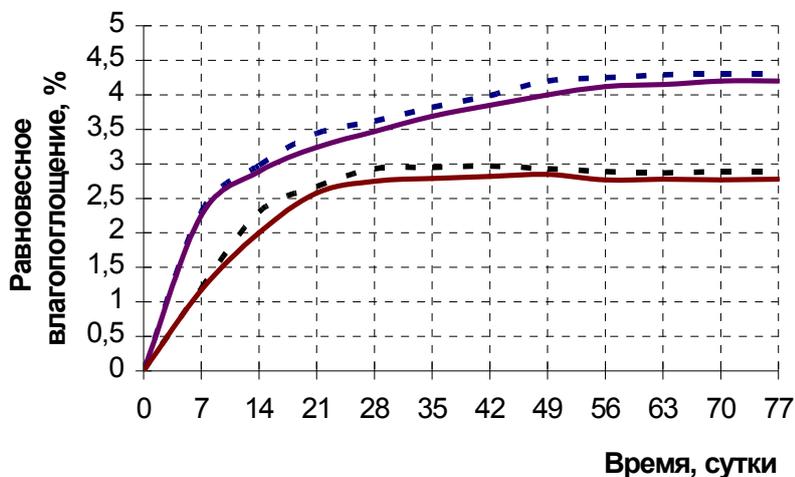


Рисунок 6. Кривые сорбции образцов: 1- глина; 2-глина+ «Ремстрим-100»;
 ----- исходные; - промороженные в насыщенном состоянии

Установлено, что потеря прочности при сжатии образцов после влагопоглощения и про-

мораживания составляет 17 % и 10 %, соответственно.

Таким образом, установлено, что разработанные материалы обладают высокими показателями свойств (табл. 3) и могут быть использо-

ваны для производства стеновых материалов для малоэтажного строительства.

Таблица 3

Сравнительная таблица результатов исследований физико-механических свойств разработанных композитов и исходного глинистого сырья

№	Свойства	Плотность (кг/м ³)	Прочность на сжатие (МПа)	Влагопоглощение, (%)	Теплопроводность, (Вт/мК)
1.	Кирпич глиносырцовый	1900-1932	2,60-5,88	7,15-8,61	0,62
2.	Композит из глинистого сырья	1310-1860	2,3-5,2	5,47-6,72	0,18-0,44
3.	Композит из глинистого сырья, опилок и цемента	1210	9,3	3,47	0,35

Из табл. 3 видно, что разработанный по данной технологии композиционный строительный материал по сравнению с исходным глинистым сырьем обладает лучшими физико-механическими свойствами:

- плотность разработанного материала ниже в среднем на 30 %;
- прочность при сжатии возрастает на 41 %;
- водопоглощение снижается в среднем в 1,6 раза;
- теплопроводность – примерно снижается на 30,5 %.

Проведенные экспериментальные исследования решают ряд важных задач по производству и применению строительных материалов для малоэтажного строительства и позволяют сделать следующие выводы:

– разработаны оптимальный состав и технологические режимы для производства мелкоштучных строительных материалов для малоэтажного строительства: глина – 80 масс. %, опилки – 5 масс. %, цемент – 3 масс. %, формовочная влажность – 12 %, оптимальное усилие прессования – 10 МПа;

– разработана ресурсо- и энергосберегающая технология переработки отходов древесины методом полусухого прессования, позволяющая получать композиционные стеновые материалы для малоэтажного строительства с высоким

комплексом свойств и частично решить проблему утилизации отходов древесины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева А.В., Буренина О.Н. Технология изготовления строительных материалов на основе древесных опилок методом полусухого прессования. – Композиционные материалы в промышленности. Трубопроводы из полимерных композиционных материалов: изготовление, проектирование, строительство, эксплуатация: Материалы 29 международной конференции и семинара 1-5 июня 2009 г., Ялта-Киев: УИЦ «НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИЯ», 2009, С. 504-507.
2. Попов С.Н., Степанов И.И., Черский И.Н. Оборудование для полусухого прессования мелкоштучных строительных материалов // Неметаллические материалы и конструкции для условий Севера. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1996. – С.81-87.
3. Патент 2090876 РФ, МКИ 84 с. Способ определения морозовлагодостойкости спрессованных дисперсных изделий / Игошин В.А., Егоров Е.Н., Иванова Т.Н., Старженецкая Т.А., Виноградов А.В. (СССР). – 6 с.
4. А.С. 1481657 СССР, МКИ 84 с. Способ определения морозостойкости гидрофильных материалов / Старженецкая Т.А., Булманис В.Н., Попов Н.С. (СССР). – 8 с.