

АРБОЛИТ ИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ КАРАКАЛПАКСТАНА

*Асаматдинов Марат Орынбаевич¹, Надежда Захаровна Агафонова²,
Ергалий Каржаубаевич Жанабаев¹, Динара Маденбаевна Джолдасбаева¹.*

¹Каракалпакский государственный университет им. Бердаха.

*²Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет (НИУ МГСУ)*

Аннотация.

Qurilish materiallari texnologiyasi dastlab boshqa sanoat korxonalarining chiqindilarini yo'q qilish printsipini o'z ichiga oladi. Qishloq xo'jaligi rivojlangan va sanoat qayta ishlangan hududlar uchun qishloq xo'jaligi mahsulotlari an'anaviy ravishda bunday qayta ishlash chiqindilaridan foydalanish muhim ahamiyatga ega.

Tadqiqot maqsadi Qoraqalpog'iston qishloq xo'jaligi chiqindilarini qurilish materiallarining tarkibiy qismlari sifatida qo'llash imkoniyatlarini o'rganish. Ishning asosiy vazifasi qizil miya ildizini qayta ishlash chiqindilarini arbolitning organik tarkibiy qismi sifatida ishlatish imkoniyatlarini o'rganish edi. Qizil miyaning kimyoviy tarkibi aniqlandi: tsellyuloza 46,7%; lignin 25,2%; pentosan 24,4%; suvda eriydigan moddalar 3,7% va har bir komponentning arbolit organik agregatining xususiyatlariga ta'siri baholandi. Portlandsementining faolligini pasaytiradigan tarkibiy qism bo'lgan saxarozani zararsizlantirish BaCl₂ bariy xlorid qo'shilishi bilan amalga oshirildi. Arbolit namunalarini shakllantirish jarayonida yarim tayyor mahsulotni majburiy presslash maqsadga muvofiqligi tasdiqlandi. 250-260 kg/m³ organik plomba moddasii mineral modifikatsiyalangan biriktiruvchi-340-350 kg/m³ eng maqbul ekanligi aniqlandi. C-3 superplastifikatori qo'shilishi bilan qizilmiya ildizidan arbolit kuchini sinash natijalariga ko'ra, kuch 7,3 MPa ga ko'tariladi.

Kalit so'zlar: arbolit, tsellyuloza, lignin, saxaroz, qizilmiya ildizi, (qizilmiya).

Аннотация.

В технологии строительных материалов изначально заложен принцип возможной утилизации отходов других производств. Для регионов с развитым сельским хозяйством и промышленной переработкой сельхоз продукции традиционно является важным использование отходов такой переработки. Цель исследований — изучение возможности применения сельскохозяйственных отходов Каракалпакстана в качестве компонентов строительных материалов. Основной задачей исследований было исследование возможности применения отходов обработки корня лакрицы в качестве органического компонента арболита. Определен химический состав лакрицы: целлюлоза 46,7%; лигнин 25,2%; пентозан 24,4%; водорастворимые вещества 3,7% и оценено влияние каждого компонента на свойства органического заполнителя арболита. Нейтрализация сахарозы, являющейся компонентом, снижающим активность портландцемента, осуществлялась добавлением хлорида бария $BaCl_2$. Подтверждена целесообразность принудительного прессования полуфабриката в процессе формования образцов арболита. Установлено, что оптимальным является содержание органического заполнителя 250–260 кг/м³, минерального модифицированного вяжущего — 340–350 кг/м³. По результатам испытаний на прочность арболита из корня лакрицы с добавкой суперпластификатора С-3 прочность повышается до 7,3 МПа.

Ключевые слова: арболит, целлюлоза, лигнин, сахароза, корень лакрицы, (солодка).

Annotation.

The technology of building materials is based on the principle of utilizing waste from other production processes. For the regions with developed agriculture and industrial processing of agricultural products traditionally it is important to use waste products of such processing. The purpose of the research was to study the possibility of using agricultural wastes in Karakalpakstan as components for

construction materials. The main objective of the research was to study the possibility of using waste products of liquorice root processing as an organic component of arbolite. We determined the chemical composition of liquorice: cellulose 46.7%; lignin 25.2%; pentosan 24.4%; water-soluble substances 3.7% and evaluated the effect of each component on the properties of the organic aggregate of arbolite. Neutralization of sucrose, which is a component reducing the activity of Portland cement, was carried out by adding barium chloride BaCl₂

It was proved the expediency of forced pressing of semi-finished product in the process of arbolite samples molding. It was found that the optimum content of organic aggregate is 250-260 kg/m³, mineral modified binder - 340-350 kg/m³. According to the results of strength tests of liquorice root arbolite with the addition of superplasticizer C-3, the strength is increased up to 7.3 MPa.

Keywords: arbolite, cellulose, lignin, sucrose, licorice root, (licorice).

ВВЕДЕНИЕ

Строительство и строительная наука являются весьма инерционными областями инженерной практики и знания. При этом есть характерные тенденции, которые реализуются в строительном комплексе постоянно и во все возрастающих объемах. Во-первых, это стремление к снижению массы несущих конструкций и в первую очередь, стен. Во-вторых, это повышение тепловой эффективности ограждающих конструкций с целью формирования комфортных условий в помещениях. В-третьих, это обоснованное использование отходов других производств. В этом отношении развитие технологий материалов группы арболита перспективно. Особенно эффективно применение изделий из арболита в сельской местности и при условии использования сельскохозяйственных целлюлозосодержащих отходов. Подобные отходы используются ограниченно, основной способ их утилизации, это использование в качестве твердого топлива. Арболит (ГОСТ 19222-84) используется в строительстве с 60х годов прошлого века. Этот материал относят к группе легких бетонов. Материал хорошо известен

строителям: в Австрии он называется «Велокс», в Германии — «Дюрипанель»; в Чехии и Словакии — «Пилинобетон», в Швейцарии — «Дюризол».

Основная особенность арболита — волокнистая структура. Эта композитная структура формируется за счет смешения двух основных компонентов: волокнистого органического заполнителя растительного происхождения и мелкозернистого бетона на основе вяжущих гидравлического твердения (в основном), или воздушного твердения в сухом климате и для интерьерных работ). Для повышения стойкости органических волокон к воздействию агрессивных сред и предотвращения загнивания или поражения биологическими агрессорами эти волокна обрабатывают растворами различных химических добавок. Важным является также предотвращение из органического материала компонентов, отрицательно влияющих на химические реакции в вяжущем гидравлического твердения. Связи между частицами обработанного органического заполнителя и минеральной матрицей начинают формироваться на стадии приготовления бетонной смеси: тесто на основе мелкозернистого бетона обволакивает поверхности частиц (волокон) органического заполнителя и проникает в неровности их структуры, микротрещины и поры [1, 2].

В странах европейской части СНГ (Россия, Беларусь,) в качестве органического заполнителя при производстве арболита в основном используются отходы древесины с обязательной химической обработкой или специально приготавливаемая древесная шерсть (древесная стружка длиной до 100 мм. В странах Центральной Азии ресурсы деловой древесины ограничены, поэтому при производстве арболита используют отходы местного сельского хозяйства и растениеводства. Известны разновидности арболита в которых применяются стебли хлопчатника, рисовая лузга, тростник камыша, копра конопли и льна, пшеничная и рисовая солома, шелуха грецкого ореха). При этом, не рекомендуется применять органические заполнители (отходы древесные, сельскохозяйственные или растениеводства)

после длительного хранения их на открытых площадках. Это ограничение связано с возможностью грибкового или биологического поражения материалов. Разработанные технологии производства арболита из древесного материала (отходов или деловой древесины), а также побочных продуктов сельского хозяйства, основаны на применении в качестве органического заполнителя относительно мягких и упруго-пластичных волокнистых органических материалов: стеблей хлопчатника, рисовой лузги, камыша, костры конопли, пшеничной или рисовой соломы [3, 4]. Использование более жестких материалов предполагает: во-первых, их дополнительную обработку, а во-вторых, применение других способов или режимов приготовления смесей и формования изделий.

Свойства заполнителей оказывают существенное влияние, во-первых, на эксплуатационные свойства арболита и нюансы его применения, а, во-вторых — на технологические особенности изготовления и, в-третьих — на процессы структурообразования композитов, состоящих из растительных компонентов и минерального вяжущего.

Необходимо, также иметь в виду, что древесина и другие растительные аналоги содержат вещества, замедляющие процессы гидролиза, и гидратации клинкерных минералов портландцемента. Это делает необходимым введение в арболит на основе портландцементаспециальных добавок: хлорида кальция, жидкого стекла, а также сернокислого глинозема с гидратной известью. Существуют и более радикальные методы обработки древесных волокон, например фтор- и борсодержащими синтетическими соединениями [5, 6].

Минеральная матрица материала формируется на основе мелкого заполнителя (наполнителя) и вяжущих различных типов: портландцемента, гипсового и глиногипсового, шлакощелочного вяжущее и др. Возможно использование в составе вяжущего вторичного переработанного бетона или отходов цементного производства [7, 8]. Теплоизоляционный арболит выпускают с дополнительной поризацией минеральной матрицы.

Свойства арболита зависят от вида вяжущего типа минерального

заполнителя и свойств органического компонента. Арболит подразделяется на два типа: конструкционно-теплоизоляционный, средней плотностью не менее 500 кг/м³ и теплоизоляционный — средней плотностью не более 500 кг/м³. Морозостойкость цементного арболита должна быть не менее F25. Классы арболита по прочности: от В0,35 до В3,5.

Регламентируется зерновой состав заполнителя, а его Содержание заполнителя в арболите — от 150 до 300 кг/м³. Расход портландцемента или гипсового (глиногипсового) вяжущего изменяется от 250 до 450 кг/м³. Для приготовления бетонных смесей используются смесители принудительного действия. Изделия могут изготавливаться прессованием, экструзией, заливкой без механического воздействия и др.

Прочность арболита регулируются качеством, видом, гранулометрическим составом, а также коэффициентом формы частиц (волокон) заполнителя, деформативностью используемого вяжущего, а также заполнителя растительного происхождения (табл. 1).

Таблица 1. Свойства арболита из различного сырья

Вид арболита	Класс по прочност и	Средняя плотность арболита кг/м ³			
		Измельчен ной древеси ны	Хлопчатн ика	Костра конопли	Рисовая солома
Теплоизоля ционный	В0,35	400–500	400–450	400–450	500
	В0,75	450–500	450–500	450–500	—
	В1	500	500	500	—
Конструкци онный	В1,5	500–650	550–650	550–650	600–700

	B2,0	500–700	600–700	600–700	–
	B2,5	600-750	700–800	–	–
	B3,5	700–850	–	–	–

Развитие аграрной отрасли в республике Каракалпакстан предполагает накопление сельскохозяйственных отходов:шелухи хлопчатника, риса и других культур, а также отходов обработки лакрицы. Лакрица (солodka) как пищевой и фармацевтический полуфабрикат востребована во многих странах. На территории Каракалпакстана существует 15 предприятий по переработке корня лакрицы (рис. 1). Учитывая то, что из 13 т корней лакрицы получают выход продукта в 3 т, а следовательно, 10 т отхода в одном цикле, то можно сделать вывод о масштабах проблемы по утилизации таких отходов.



Рис. 1 Совместное Узбекско-Китайское предприятие по переработке лакрицы

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На кафедре "Городское строительство и хозяйство" КГУ им. Бердаха и на кафедре Строительного материаловедения НИУ МГСУ начали проводить эксперименты по исследованию возможности применения сельскохозяйственных отходов Каракалпакстана в качестве компонентов строительных материалов. В частности, с применением отходов обработки

лакрицы изучается возможность получения арболита для его применения в качестве "несъемной опалубки" или арболитовых блоков для сельских сооружений.

Основной задачей исследований, изложенных в статье, было изучение возможности применения отходов обработки корня лакрицы (рис. 2, табл. 2) в качестве органического компонента арболита. Насыпная плотность лакрицы фракции 0-5 мм — 232 кг/м³; фракции 5-10 мм — 205 кг/м³; фракции 10-20 мм — 201 кг/м³.

Химический состав лакрицы: целлюлоза 46,7%; лигнин 25,2%; пентозан 24,4%; водорастворимые вещества 3,7%. Каждый из компонентов лакрицы как химического вещества ответственен за свойства волокна и его способность подвергаться химической модификации. Целлюлоза, это главная составная часть клеточных оболочек всех высших растений; белое твёрдое вещество, нерастворимое в воде. Молекулы целлюлозы — неразветвлённые цепочки из остатков β-глюкозы, соединённых гликозидными связями. Лигнин— вещество, характеризующее одревеневшие стенки растительных клеток. Лигнин имеет высокую прочность и при определенных условиях термообработки может выделять смолистые вещества, влияние которых на процессы гидратации и твердения вяжущего находится на стадии изучения.



Рис. 2. Корень лакрицы, фракции: а – 0-5мм; б – 5-10 мм; в – 10-20мм

Для арболита с применением отходов обработки корня лакрицы использовали в качестве вяжущего портландцемент (ГОСТ 31108-2020) типа ТITANCEMENT цемII /А - И 32,5 Н, имеющий следующие характеристики: начало схватывания - 4 ч 35 мин; конец схватывания 8 ч 5 мин; насыпная плотность - 1,082 гр/см³; прочность портландцемента при 28 суточном твердении изгиб 10,2 МПа, на сжатие 28,3 МПа. В качестве добавок использовали CemPlast; PolyPlast и суперпластификатор С-3.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Смесь минерального вяжущего, мелкого минерального заполнителя и обработанного корня лакрицы готовили путем перемешивания в течение 10 минут. Смесь укладывали в формы кубы размером 100×100×100мм в два слоя высотой по 5 см и каждый слой уплотняли путем трамбования. Образцы (рис. 3) твердели при нормальных условиях.



а



б

Рис. 4. Образцы арболита: а – после формования; б – после твердения

Таблица 2. Прочность арболита из корней лакрицы 28-ми суточная прочность из кубов 10x10x10x см.

Вид добавки суперпластификатора	Средняя плотность, ρ_m , кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа
Без добавок	866	1,91
CemPlast	880	4,9
Poly Plast	870	2,9
C - 3	923	7.3

По результатам испытаний на прочность (табл. 2) образцов арболита из корня лакрицы с добавкой суперпластификатора С-3 прочность повышается с 1,91 МПа до 7,3 МПа. Оптимальным соотношением органического заполнителя к вяжущей смеси является $254/340 = 0,73-0,74$.

В ходе экспериментов по изготовлению арболита выявилась очень серьезная проблема, решение которой нашли с большим трудом. Дело в том, что при перемешивании древесной щепы, цемента и водного раствора с минерализаторами происходил процесс набухания щепы, т.е. ее увеличение в размерах. Эта особенность арболита затрудняла совмещение разноскоростных процессов, ведь скорость набухания щепы была очень медленной и длилась до 12 часов, а схватывание цементного камня происходило намного быстрее, в течение нескольких часов. Все это приводило к тому, что после изготовления арболита щепка продолжала увеличиваться в объеме (разбухать), частично разрывая еще не застывший цементный камень, что приводило к снижению прочности материала

Нейтрализацию сахарозы, присутствующую в составе целлюлозного компонента, проводили хлоридом бария $BaCl_2$. Установлено, что добавка до 1,0% хлорида бария не только обеспечивает нейтрализацию сахарозы в составе органического заполнителя, но и способствует увеличению прочности при сжатии образцов арболитана 18–20%. Это происходит в связи

с тем, что введение $BaCl_2$ помимо прямого эффекта способствует к размягчению вещества корня солодки и улучшает формуемость изделий.

Предел адгезионной прочности повышается до 0,28 МПа увеличением срока твердения. Определены теплопроводность, водопоглощение и морозостойкость арболита по стандартной методике согласно ГОСТ 30256, ГОСТ 8269, 9758 и ГОСТ 10060.3. Изучаемые образцы отвечают требованиям ГОСТ 19222-2019: теплопроводность арболита составляет 0,15–0,20 Вт/(м^{°С}); водопоглощение до 41% и морозостойкость не менее 35 циклов.

ВЫВОДЫ

Отходы промышленной обработки корня лакрицы могут использоваться для изготовления арболита. Оптимальным соотношением органического заполнителя к вяжущей смеси является соотношение 0,73–0,74. Подтверждена целесообразность прессования полуфабриката в процессе формирования образцов арболита. По результатам испытаний на прочность арболита из корня лакрицы с добавкой суперпластификатора С-3 прочность повышается до 7,3 МПа.

Полученный арболит (мелкозернистый бетон на основе модифицированного портландцемента, мелкого минерального заполнителя и органического заполнителя на основе корня лакрицы) вместе с решением вопроса экономии ресурсов также способствует улучшению экологической ситуации в регионе за счет снижения отвалов отходов производства лакрицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акулова М.В., Исакулов Б.Р., Джумабаев М.Д., Толеуов Т.Ж. Получение легкого арболитобетона на основе цементнозольношламового вяжущего и органического заполнителя из скорлупы грецкого ореха // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №4 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/07TVN416.pdf>.

2. А.С. Жив, С. Галевуй, Б.Р. Исакулов. Ресурсосберегающие технологии получения арболита на основе отходов промышленности и местных

сырьевых ресурсов Азии и Африки. – Москва: Механизация строительства №3 (825), 2013. – с. 14.

3. Исакулов Б.Р. Исследование золошламовых вяжущих на основе отходов топливно-энергетического комплекса Казахстана / Б.Р. Исакулов, А.С. Жив // Научный вестник ВГАСУ. - Воронеж, 2012. №3 (27). – с. 66-74.

4. *Aleksey Zhukov, Irina Stepina and Sofia Bazhenova. Ensuring the Durability of Buildings through the Use of Insulation Systems Based on Polyethylene Foam. Buildings 2022, 12(11), 1937; <https://doi.org/10.3390/buildings12111937> - 10 Nov 2022*

5. *Stepina, I. V. Change in crystalline structure of cellulose caused by wood preservation / I. V. Stepina // Materials Science Forum. – 2018. – Vol. 923. – P. 51-55. – DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.923.51*

6. *Velichko, E., Shokodko, E. Reactive powder concrete based on multi component cement systems with multilevel optimization of the disperse composition. MATEC Web of Conferences 251, 01042 (2018). <https://doi.org/10.1051/matecconf/201825101042>*

7. *Сулейменов С.Т. Физико-химические процессы структурообразования в строительных материалах из минеральных отходов промышленности. - М.: Манускрипт, 1996. – с. 128, 133-138.*

8. *Муртазаев С.-А.Ю. Мелкозернистые бетоны на основе наполнителей из вторичного сырья: научное издание / С.-А.Ю. Муртазаев, Д.К.-С. Батаев, З.Х. Исмаилова. – М.: Комтехпринт, 2017. – 142 с.*

9. *Щербаков А.С., Запруднов В.И., Кучерявый В.И., Мирошникова Е.Ф. Разработка стеновых панелей из арболита и их внедрение в производство Сборник: Комплексное использование древесины при производстве композиционных материалов. Сер. "Научные труды Московского государственного университета леса" Москва, 1997. С. 5-13.*

10. *Артамонова Е.Г., Буданова М.В., Артамонов П.А. Применение экстремального моделирования при производстве арболита. Сборник: Вызовы цифровой экономики: импортозамещение и стратегические приоритеты развития. Сборник статей V Юбилейной Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Брянск, 2022. С. 632-636.*

11. *Обрезкова, В. А. Исследование изгибаемых предварительно напряженных конструкций из поризованного арболита : специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» : автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук / В. А. Обрезкова. – Самара : СГАСУ, 2005. – 20 с.*

12. *Наназашвили, И. Х. Древесные отходы – вторая жизнь. Арболитовые стеновые блоки / И. Х. Наназашвили, А. А. Соколов, Р. А. Марченков // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2011. – № 7 (150). – С. 24–25.*