

---

УДК 691.115:674.816.2

С. С. УДЕРБАЕВ, Ж. А. МУРАТ, Л. Б. БАУЫРЖАНОВА, А. АБЖАНОВА

(Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан)

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК В ТЕХНОЛОГИИ АРБОЛИТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Аннотация.** Разработан новый состав комплексной минеральной добавки, состоящей из силикатного и карбонатного компонентов. Техническая новизна подтверждена инновационным патентом Республики Казахстан. Разработанные технологические решения экономически выгодны за счет использования местных сырьевых ресурсов, таких как золы ТЭЦ, растительные отходы сельского хозяйства и некондиционные минеральные добавки.

**Ключевые слова:** арболит, комплексная минеральная добавка, натриевое жидкое стекло, рисовая лузга, прочность при сжатии.

**Тірек сөздер:** арболит, кешенді минералды қоспа, натрий сұйық шынысы, құріш қауызы, сығылу кезіндегі беріктілік

**Keywords:** the arbolite, complex mineral Supplement, sodium silicate, rice husk, the compressive strength.

В настоящее время актуальной проблемой является обеспечение строительной индустрии Казахстана эффективными стеновыми строительными материалами. Важную роль при производстве стеновых материалов играет использование отходов промышленности и сельского хозяйства. Одним из эффективных стеновых материалов является арболит. Технология изготовления изделий из арболита во многом приближается к технологии изделий из обычных бетонов. Предприятия по производству арболита в основном сосредоточены в регионах, где имеются большие ресурсы отходов деревообработки, лесопиления и лесозаготовок. В условиях же Казахстана и Средней Азии широкомасштабное производство арболита может базироваться на растительных отходах сельского хозяйства. Как известно, к таким сельскохозяйственным отходам относятся: сечка камыша, костра конопли или льна, рисовая лузга и солома, гуза-пая и др.

Несмотря на наличие многочисленных исследований в области совершенствования технологии арболита, дальнейшее изыскание путей эффективного использования отходов промышленности и сельского хозяйства и повышения тем самым качества выпускаемой продукции является весьма актуальным.

Поэтому в целях ресурсосбережения целесообразно наращивать темпы использования отходов промышленности и сельского хозяйства. Безусловно, такая программа будет содействовать существенному расширению номенклатуры строительных композитов на цементном вяжущем, производимых на новом техническом уровне, таких как, арболит, фибролит. В соответствии с этим направлением целесообразно изготовление арболитовых изделий для малоэтажного и сельского строительства.

Рациональное использование отходов промышленности и сельского хозяйства и создание на их основе материалов требует сочетания их прочности и теплопроводности с низкой объемной массой, долговечностью, звукопоглощаемостью и пожаробезопасностью. К таким материалам относится легкий бетон – арболит, предназначенный для возведения стен жилых и общественных зданий. Для разработки состава, технологии и исследования свойств потребовалось подобрать специальный состав и добавки, разработать эффективную технологию приготовления арболитовой массы с соответствующими их структурными особенностями.

Одним из значительных сырьевых ресурсов для производства композиционных материалов с использованием целлюлозосодержащих заполнителей, главным образом для производства арболита, являются отходы сельскохозяйственного производства [1]. В качестве в регионах Южного Казахстана можно применять отходы рисоперерабатывающих производств – рисовая лузга и солома, стебли хлопчатника, объемы которых значительны. Эффективность применения

арболитовых изделий доказана многочисленными исследованиями и практическим результатом внедрения в производство [2].

На практике строительных материалов применяется более 500 видов добавок различного назначения для придания и улучшения разных свойств вяжущих смесей, в том числе бетонов. В настоящее время на практике чаще используются комплексные добавки [3-10], применение которых обусловлено их эффективностью в отношении:

- полифункциональности действия, т.е. способности влиять сразу на несколько характеристик бетона, причём часто несвязанных друг с другом (и даже «дозировать» соотношения между ними в бетоне), а в некоторых случаях придавать им новые свойства (например, гидрофобность);
- возможности с их помощью существенно усилить и углубить какой-либо эффект, предельно достигаемый при введении однокомпонентной добавки;
- резкого уменьшения или практически полного устранения нежелательного действия каждой составляющей комплексной добавки.

Получение искусственного строительного конгломерата (ИСК) повышенной прочности в системе «органический заполнитель + минеральное вяжущее» затруднено из-за природного происхождения компонентов, которые не отвечают условиям изоморфности [11, 12]. Необходимо отметить, что заполнители в обычных бетонах помимо своего назначения вступают во взаимодействие с вяжущим веществом, образуя в местах соприкосновения с заполнителем комплексные гидратные соединения. В арболите прочность составляющих (древесины и цемента) велика – древесины 15, а у цемента 40 МПа. В то же время просность арболита практически на превышает 1,5 МПа. Следовательно, одним из факторов, определяющих прочность арболита, является прочность сцепления различного рода частиц в поверхностном слое, т.е. адгезионная прочность. Дальнейшее изучение адгезии контактной зоны цемент-органический заполнитель позволит определить факторы, влияющие на прочностные свойства, и установить наиболее эффективные приемы обработки органических частиц.

Добавочные вещества применяются при производстве арболита для повышения марочной прочности, ускорения процессов твердения, улучшения технологических свойств арболитовой смеси. Механизм действия основан на замедляющем действии экстрактивных веществ, содержащихся в целлюлозном заполнителе, или покрывающих его водонепроницаемой пленкой, препятствующей соприкосновению вредных веществ заполнителя с цементным тестом. Выбор химических добавок зависит от вида и качества целлюлозного заполнителя, а также плотности арболита [13, 14].

На практике химические вещества вводятся в арболитовую смесь двумя способами. Первый способ включает в себя приготовление химической добавки в виде водного раствора и перемешивание с предварительно увлажненным целлюлозосодержащим заполнителем, а во втором способе заполнитель вымачивается в водном растворе химической добавки.

Анализ зарубежного опыта показал, что основными «минерализаторами» при обработке заполнителя являются хлорид кальция, жидкое стекло, известковое молоко. В частности, в Чехии отдоизированные опилки и стружки высываются в мешалку, где они перемешиваются и «минерализуются» водным раствором хлорида кальция в течение 5-8 минут. Затем в смеситель подают цемент и перемешивают в течение 10-15 минут. В Германии вначале органический заполнитель подвергается механической деструкции, а далее подсушивается до влажности 20% и после этого происходит процесс минерализации раствором хлорида кальция плотностью 1,08 г/см<sup>3</sup> или раствором жидкого стекла плотностью 1,04 г/см<sup>3</sup> в специальной емкости. В последующем обработанный заполнитель в смесителе принудительного действия смешивается с портландцементом в течение 5 минут.

Обобщая вышеупомянутые обзоры исследований следует отметить:

1. Многие добавочные вещества в основном используется для ускорения твердения арболита и создания пленки на поверхности органического заполнителя. За счет этого прочность арболита увеличивается, но недостаточно высоко. Адгезионная прочность то же незначительно возрастает. Многие химические добавки не нашли широкого применения из-за сложности процессов обработки, присущим некоторым из минерализаторов, или дефицитности химических реагентов, удешевляющих производство.

2. Адгезию между структурными компонентами необходимо усилить за счет введения в систему промежуточной прослойки эффективного минерализатора, способной вступить в химическую связь с обеими частями и максимально упрочнить каркас структуры арболита.

Анализируя приведенные данные можно констатировать, что многие добавочные вещества не нашли широкого применения из-за сложности процессов обработки, присущих некоторым из минерализаторов, или дефицитности химических реагентов, удорожающих производство. Поэтому необходимо создание комплексной добавки с использованием местных сырьевых ресурсов с максимальным снижением расходов дорогих химических добавок.

Как было отмечено выше, недостатком композиционных материалов на основе отходов сельского хозяйства является их низкая прочность, поэтому была поставлена задача упрочнения каркас структуры за счет введения минеральных добавок. При проведении экспериментальных работ были положительные результаты получены за счет обработке поверхности мелко измельченными барханными песками, керамзитовой пылью и известнякового штыба в совокупности с натриевым жидким стеклом. Принятые меры позволили улучшить поверхность заполнителя, образуя, таким образом, минеральную пленку.

В начале были проведены рекогносцировочные эксперименты по применению комплексных минеральных добавок в технологии арболита. Добавки были использованы при следующих соотношениях, %: 1 состав – натриевое жидкое стекло – 3, измельченный барханный песок – 10, измельченный известняк – 15); 2 состав – натриевое жидкое стекло – 3, керамзитовая пыль – 8, измельченный известняк – 17).

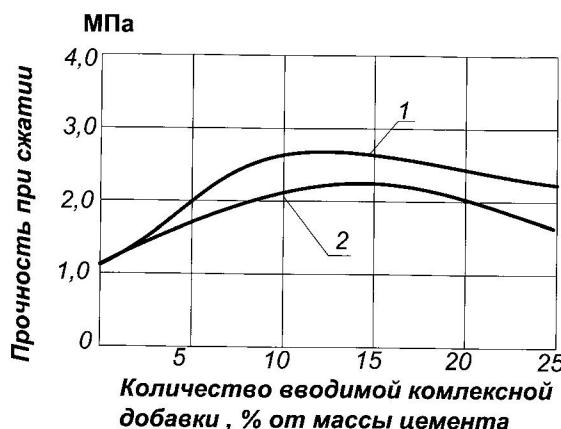


Рисунок 1 – Влияние комплексной добавки на прочность арболита при нормальном режиме твердения:  
1 – состав 2 ; 2 – состав 1

Как видно из рисунка наиболее оптимальное количественное содержание следующее: состав 1 12÷17, а второй состав 9÷15. Таким образом Введение комплексной добавки образует силикат кальция в результате взаимодействия натриевого жидкого стекла и диспергированных частиц известняка, который ускоряет кристаллообразование твердеющего вяжущего вещества.

Задача упрочнения каркаса структуры арболита достигнута введением уплотняющих минеральных добавок в виде тонкоизмельченных фракций комплексной добавки состоящей из барханного песка, известняка в совокупности с натриевым жидким стеклом [15-17]. Принятые меры позволили улучшить поверхность заполнителя, образуя, таким образом, минеральную пленку. В процессе твердения арболита с комплексными минеральными добавками с натриевым жидким стеклом образуется твердое вещество, упрочняющее его структуру. Упрочнение каркаса структуры композита, по-видимому, также происходит за счет аморфизацией поверхности комплексной добавки при совместном помоле известняка с барханным песком. В то же время улучшение сцепление в системе «рисовая лузга – цементный камень» происходит за счет большего количества растворной части и увеличения контактной зоны между отдельными структурными элементами.

При введении комплексной добавки образуется гидросиликат кальция в результате взаимодействия натриевого жидкого стекла и диспергированных частиц известняка, который ускоряет

кристаллообразование твердеющего вяжущего вещества. В то же время дисперсная фракция известняка, керамзита и жидкого стекла образуя минеральный слой на поверхности заполнителя, уменьшают возможность диффундирования легкогидролизуемых сахаров из заполнителя в золоцементное тесто. Улучшение сцепления в системе «рисовая лузга – цементный камень» происходит также за счет большего количества растворной части и увеличения контактной зоны между отдельными структурными элементами. Основным моментом является то, что комплексная минеральная добавка образует минеральную пленку на поверхности органического заполнителя. Как было отмечено образовавшиеся силикат кальция ускоряет процесс твердения по сравнению с контрольным арболитом без добавки.

В процессе перемешивания предложенного состава арболитовой смеси на поверхности органического заполнителя создается минеральный слой из силиката кальция, что благотворно влияет на процесс твердения арболита. При этом техническая новизна предложенного состава подтверждена предварительным патентом РК [17]. Принятые меры улучшают условия адгезии контактируемых поверхностей, следовательно, создает предпосылки повышения прочности арболита. Необходимо отметить, что энергию адгезионных процессов определяют следующие факторы: кинетика проникновения одного из приклеиваемых веществ в жидким состоянии в капиллярные поры другого пористого твердого тела, состояние строения вещества и его поверхностная энергия и поверхностное натяжение клеевого вещества в жидким состоянии, а также явление смачивания, характеризуемая краевым углом, жидкостью и твердым телом.

На рисунке 2 приведены зависимости содержания комплексной минеральной добавки на свойства арболита на различных видах органического заполнителя. Исследовано влияние количества введенной добавки на плотность и прочность арболита при сжатии 28 суточного твердения.

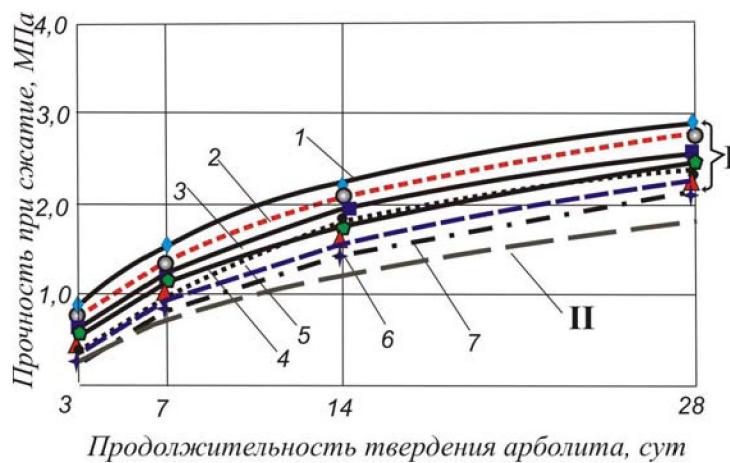


Рисунок 2 – График нарастания прочности арболита на различных видах органического заполнителя:

I – на основе комплексной минеральной добавки; II – контрольный арболит на древесной дробленке без комплексной минеральной добавки; 1 – на рисовой лузге; 2 – на древесной дробленке; 3 – на сечке рисовой соломы; 4 – на подсолнечной лузге; 5 – на гуза-пай; 6 – на лозе виноградника; 7 – на измельченной стебле камыши

Как видно из рисунка 2 прочность арболита повышается на различных видах органического заполнителя, в частности на рисовой лузге получен максимальный эффект – 2,8 МПа.

Многие добавочные вещества не нашли широкого применения из-за сложности процессов обработки, присущих некоторым из минерализаторов, или дефицитности химических реагентов, удорожающих производство. Обобщая проведенные экспериментальные работы необходимо отметить, что введение комплексной минеральной добавки повышает механическую прочность арболита по сравнению с контрольным образцом в зависимости от вида заполнителя на 30-50%. Если сравнивать с образцами на древесной дробленке прирост прочность составило 1,1 МПа. В результате применения этой добавки достигнут эффект модификации поверхности заполнителя за счет образования минеральной пленки. В процессе твердения арболита на этой комплексной минеральной добавке с натриевым жидким стеклом образуется твердое вещество – гидросиликат кальция.

*Acknowledgements.* Выражаю свою искреннюю признательность за научную консультацию д.т.н., профессору Акчабаеву Альберту Алишевичу.

---

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Удербаев С.С. Отходы рисоводства – эффективное сырье для производства легкого бетона арболита // Технологии бетонов. – М., 2009. – № 3. – С. 24-25.
- 2 Акчабаев А.А. Основы прогрессивной технологии прессуемого арболита: Дис.... докт. техн. наук. ЛИСИ. – СПб., 1992. – 297 с.
- 3 Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. – М.: Стройиздат, 1973. – 207 с.
- 4 Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. – М.: Стройиздат, 1990. – 400 с.
- 5 Массаза Ф., Тестолин М. Последние достижения в применении добавок для цемента и бетона / Пер. с англ. // Cemeuto. – 1980. – № 2.
- 6 Гладков В.С. Добавка в производстве морозостойких бетонов // Бетон и железобетон. – 1977. – № 7.
- 7 Гамова И.А., Каменков С.Д. Повышение качества композиционных материалов путем применения совмещенных олигомеров // Обзорн. информ. ВНИИЛеспром. – М., 1987.
- 8 Бутерин В.М., Щербаков А.С. Ускорение твердения арболита химическими добавками // Научн. труды МЛТИ. – 1986. – Вып. 93. – С. 106.
- 9 Kohno Kiyoshi, Amoh Kazuo, Kodama Akihiko. Состав и прочность при сжатии бетона с добавкой осиботонкомолотого кремнезема. Composition and strength of concrete with the hyperfine silica additive at compression // Онода кэнкю хококу = J. Res. Onoda Cem. Co. – 1991. – Vol. 43, N 124. – С. 15-21.
- 10 Дибров Г.Д., Сергеев А.М. Эффективность применения зол ТЭС в цементных композициях. Efficiency of application of fly ash of power stations in cement compositions // Энергетическое строительство. – 1982. – № 4. – С. 5-7.
- 11 Рыбьев И.А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ: (искусственные строительные конгломераты): Учеб. пособие для вузов. – М.: Выssh. школа, 1978. – 309 с.
- 12 Арсенцев В.А., Щербаков А.С., Якунин Н.К. М. Арболит. Производство и применение. – М.: СИ, 1977. – 348 с.
- 13 Наназашвили И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции. – Ленинград: СИ, 1990. – 418 с.
- 14 Удербаев С.С. Усовершенствование технологии арболита на основе растительного сырья Республики Казахстан // Вестник НАН РК. – 2005. – № 4. – С. 47-51.
- 15 Удербаев С.С. Разработка технологии арболита с комплексным использованием отходов ТЭЦ и сельского хозяйства // Комплексное использование минерального сырья. – Алматы, 2005. – № 5(242). – С. 83-86.
- 16 Акчабаев А.А. и др. Изделия из арболита на рисовой соломе // Арболит и его применение. – Саратов, 1976. – С. 58-65.
- 17 Хрулев В.М., Рыков Р.И. Обработка древесины полимерами. – Улан-Удэ: Бурятское книжное изд-во, 1984. – 144 с.
- 18 Воробьева Л.С. Строительные материалы из местного сырья и отходов промышленности Казахстана. – М., 1976. – 230 с.
- 19 Чистяков А., Суворова Л. Эффективные изделия на основе рисовой соломы. – Л.: Сельск. стр-во, 1982. – № 2. – С. 15-16.
- 20 Дерягин Б.В., Кротова Н.А., Смилга В.П. Адгезия твердых тел. – М.: Наука, 1973. – С. 27.
- 21 Удербаев С.С. Упрочнение каркаса структуры конструкционно-теплоизоляционного арболита // Вестник Национальной инженерной Академии РК. – Алматы, 2005. – № 3(17). – С. 101-104.
- 22 Удербаев С.С. Разработка технологии арболита с комплексным использованием отходов ТЭЦ и сельского хозяйства // Комплексное использование минерального сырья. – Алматы, 2005. – № 5(242). – С. 83-86.
- 23 Пред. пат. 19572 РК. Арболитовая смесь / Бисенов К.А., Удербаев С.С.; опубл. 25.03.2008, Бюл. № 3.- 3 с.

## REFERENCES

- 1 Uderbaev S.S. Othody risovodstva – jeffektivnoe sy're dlja proizvodstva legkogo betona arbolita. Tehnologii betonov. M., 2009. № 3. S. 24-25.
- 2 Akchabaev A.A. Osnovy progressivnoj tehnologii pressuemogo arbolita: Dis.... dokt. tehn. nauk. LISI. SPb., 1992. 297 s.
- 3 Ratinov V.B., Rozenberg T.I. Dobavki v beton. M.: Strojizdat, 1973. 207 s.
- 4 Batrakov V.G. Modificirovannye betony M.: Strojizdat, 1990. 400 s.
- 5 Massaza F., Testolin M. Poslednie dostizhenija v primenenii dobavok dlja cementa i betona. Per. s angl. Cemeuto. – 1980. – № 2.
- 6 Gladkov V.S. Dobavka v proizvodstve morozostojkih betonov. Beton i zhelezobeton. 1977. № 7.
- 7 Gamova I.A., Kamenkov S.D. Povyshenie kachestva kompozicionnyh materialov putem primenenija sovmeshhennyh oligomerov. Obzorn. inform. VNIILesprom. M., 1987.
- 8 Buterin V.M., Shherbakov A.S. Uskorenje tverdenija arbolita himicheskimi dobavkami. Nauchn. trudy MLTI. 1986. Vyp. 93. S. 106.
- 9 Kohno Kiyoshi, Amoh Kazuo, Kodama Akihiko. Sostav i prochnost' pri szhatii betona s dobavkoj osobotonkomolotogo kremnезema. Composition and strength of concrete with the hyperfine silica additive at compression // Onoda kjenkju hokoku = J. Res. Onoda Cem. Co. 1991. Vol. 43, N 124. C. 15-21.
- 10 Dibrov G.D., Sergeev A.M. Jeffektivnost' primenenija zol TJeS v cementnyh kompozicijah. Efficiency of application of fly ash of power stations in cement compositions. Jenergeticheskoe stroitel'stvo. 1982. № 4. S. 5-7.
- 11 Ryb'ev I.A. Stroitel'nye materialy na osnove vjazhushhih veshhestv: (iskusstvennye stroitel'nye konglomeraty): Ucheb. posobie dlja vuzov. M.: Vyssh. shkola, 1978. 309 s.
- 12 Arsencev V.A., Shherbakov A.S., Jakunin N.K. M. Arbolit. Proizvodstvo i primenenie. M.: SI, 1977. 348 s.
- 13 Nanazashvili I.H. Stroitel'nye materialy iz drevesno-cementnoj kompozicii. Leningrad: SI, 1990. 418 s.

- 14 Uderbaev S.S. Usovershenstvovanie tehnologii arbolita na osnove rastitel'nogo syr'ja Respubliki Kazahstan. Vestnik NAN RK. 2005. № 4. S. 47-51.
- 15 Uderbaev S.S. Razrabotka tehnologii arbolita s kompleksnym ispol'zovaniem othodov TJeC i sel'skogo hozjajstva. Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja. Almaty, 2005. № 5(242). S. 83-86.
- 16 Akchabaev A.A. i dr. Izdelija iz arbolita na risovoj solome. Arbolit i ego primenenie. Saratov, 1976. S. 58-65.
- 17 Hrulev V.M., Rykov R.I. Obrabotka drevesiny polimerami. Ulan-Udje: Burjatskoe knizhnoe izd-vo, 1984. 144 s.
- 18 Vorob'eva L.S. Stroitel'nye materialy iz mestnogo syr'ja i othodov promyshlennosti Kazahstana. M., 1976. 230 s.
- 19 Chistjakov A., Suvorova L. Jeffektivnye izdelija na osnove risovoj solomy. L.: Sel'sk. str-vo, 1982. № 2. S. 15-16.
- 20 Derjagin B.V., Krotova N.A., Smilga V.P. Adgezija tverdyh tel. M.: Nauka, 1973. S. 27.
- 21 Uderbaev S.S. Uprichnenie karkasa struktury konstrukcionno-teploizoljacionnogo arbolita. Vestnik Nacional'noj inzhenernoj Akademii RK. Almaty, 2005. № 3(17). S. 101-104.
- 22 Uderbaev S.S. Razrabotka tehnologii arbolita s kompleksnym ispol'zovaniem othodov TJeC i sel'skogo hozjajstva. Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja. Almaty, 2005. № 5(242). S. 83-86.
- 23 Pred. pat. 19572 RK. Arbolitovaja smes'. Bisenov K.A., Uderbaev S.S.; opubl. 25.03.2008, Bjul. № 3. 3 s.

### Резюме

*C. С. Удербаев, Ж. А. Мұрат, Л. Б. Бауыржанова, А. Әбжанова*

(Коркыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті, Қызылорда, Қазақстан)

### КЕШЕНДІ МИНЕРАЛДЫ ҚОСПАЛАРДЫ АРБОЛИТ БҰЙЫМДАРЫ ТЕХНОЛОГИЯСЫНДА ҚОЛДАНУ ТУРАЛЫ

Силикатты және карбонатты компоненттерден тұратын кешенді минералды қоспаның жаңа құрамы жасалды. Техникалық жаңалығы Қазақстан Республикасының инновациялық патентімен расталған. Жасалған технологиялық шешімдер экономикалық тиімді болып жергілікті шикізат ресурстарын, яғни ЖЭО құлін, өсімдік ауыл шаруашылық қалдықтарын және кондициялық емес минералды қоспаларды қолдану арқылы іске асырылады.

**Тірек сөздер:** арболит, кешенді минералды қоспа, натрий сұйық шынысы, күріш қауызы, сығылу кезіндегі беріктілік

### Summary

*S. S. Uderbayev, Zh. A. Murat, L. B. Bauyrzhanova, A. Abzhanova*

(Korkyt Ata Kyzylorda state university. Kyzylorda, Kazakhstan)

### APPLICATION OF COMPLEX MINERAL ADDITIVES IN TECHNOLOGY OF LIGHT CONCRETE – WOOD CONCRETE

The new structure of the complex mineral additive consisting of silicate and carbonate components is developed. Technical novelty is confirmed innovative patents of the Republic of Kazakhstan. Developed technological solutions are cost effective due to the use of local raw materials, such as thermal power station ash, vegetable waste from agriculture and off-grade mineral supplements.

**Keywords:** the arbolite, complex mineral Supplement, sodium silicate, rice husk, the compressive strength.

*Поступила 14.03.2014 г.*