

• ISSN 2072-8158 •



ВОДА:

ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ

НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№3-2022



г. Москва



Всероссийский научно-практический журнал «Вода: Химия и Экология» публикует оригинальные научные статьи и обзоры теоретического и практического характера, посвященные:

- ✓ органической химии;
- ✓ биорганической химии;
- ✓ неорганической химии;
- ✓ процессов химической, мембранной технологии
- ✓ экологии;
- ✓ гидробиологии;
- ✓ исследованию новых перспективных материалов для химической и микробиологической очистки воды;
- ✓ технологическим инновациям в сфере промышленной и бытовой очистки вод;
- ✓ исследованиям в области гидробиологии;
- ✓ мониторингу водных объектов, экономике водной отрасли;
- ✓ обзору передовых российских и зарубежных разработок, существующих патентов и нормативной документации;
- ✓ чрезвычайным экологическим ситуациям;
- ✓ совершенствованию и разработке аналитических приборов;
- ✓ методическому и математическому обеспечению образования в области химии и экологии воды;

Миссия журнала: развитие фундаментальных и прикладных исследований в области химических, биологических наук и экологии, а также распространение оригинальных исследований в этих областях наук.

К публикации принимаются оригинальные исследования российских и зарубежных ученых, преподавателей, научных работников, аспирантов высших учебных заведений и научных организаций Российской Федерации, стран СНГ и дальнего зарубежья, ранее не опубликованные.

Настоящее издание включено в Перечень ведущих научных изданий, реферируемых Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Согласно паспорту Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, журнал рекомендован для публикации результатов научных исследований, выполняющихся в рамках подготовки диссертационных работ по следующим специальностям:

- ✓ 1.4.3. Органическая химия (химические науки),
- ✓ 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий (химические науки),
- ✓ 2.6.15. Мембраны и мембранная технология (химические науки)
- ✓ 1.4.9. Биорганическая химия (химические науки),

Редакция журнала ВОДА: ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ в том числе принимает оригинальные научные труды, касающиеся сферы биологических наук и экологии.

Язык: Русский, английский **Количество статей в журнале:** до 15.

Количество выпусков в год: 12, Журналу присвоен ISSN, 2072-8158

Регистрация СМИ: серия ПИ № ФС 77 - 31640 10.04.2008

Ссылка РИНЦ - https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=28251

Журнал печатается в г. Москве

Учредитель журнала: Мельников Игорь Олегович, кандидат химических наук

Адрес: 127473, Москва г., 3-й Самотечный пер., д. 23, кв. 48, **E-mail:** VAK-info@yandex.ru

Типография и издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Манускрипт" (ОГРН 1226100004679)

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Каленский Александр Васильевич: Доктор физико-математических наук, профессор, заведующего кафедрой химии твердого тела и химического материаловедения, член-корреспондент РАН, один из ведущих преподавателей Кемеровского Государственного Университета

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Баренбойм Григорий Матвеевич: Д-р физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук» (Москва)

Данилов-Данильян Виктор Иванович: Доктор экономических наук, Российский учёный, экономист, эколог, гидролог, член-корреспондент РАН. Специалист в области экономики природопользования, экономико-математического моделирования, теории устойчивого развития, Институт водных проблем РАН (Москва)

Еременко Игорь Леонидович: Советский и Российский химик, доктор химических наук член-корреспондент РАН с 1997 года, академик РАН с 2006 года, лауреат Государственной премии Российской Федерации, институт общей и неорганической химии им. н.с. курнакова РАН (Москва)

Койфман Оскар Иосифович, Доктор химических наук, Российский химик, специалист в области синтеза, изучения физико-химических свойств и практического использования порфиринов, металлопорфиринов, их структурных аналогов и жидкокристаллических соединений, ректор Ивановского государственного химико-технологического университета, Ивановский государственный химико-технологический университет (Иваново)

Колесников Владимир Александрович: Доктор технических наук, Российский учёный в области промышленной электрохимии, безопасности и ресурсосбережения применительно к процессам обработки современных материалов, создания экологически безопасных, ресурсосберегающих процессов в гальванотехнике, переработке жидких техногенных отходов и водообработке, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (Москва)

Мухин Виктор Михайлович: АО «Электростальское НПО «Неорганика» Ростеха; начальник лаборатории активных углей, эластичных сорбентов и катализаторов; доктор технических наук, профессор по специальности «Экология», лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники; заслуженный изобретатель РФ; почетный эколог, СВЕРДЛОВСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ - МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ЭКОЛОГИИ, БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ПРИРОДЫ; Почетный профессор Санкт-Петербургского государственного технологического института (Санкт-Петербург)

Новоторцев Владимир Михайлович: Доктор химических наук, Советский и российский химик. Академик РАН. Научный руководитель и заведующий лабораторией магнитных материалов, Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН (Москва)

Фролова Алла Константиновна, Советский и российский химик, доктор технических наук, МИРЭА-Российский технологический университет (Москва)

EDITOR-IN-CHIEF:

Kalensky Alexander Vasilyevich: Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Solid State Chemistry and Chemical Materials Science, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, one of the leading teachers of Kemerovo State University

EDITORIAL BOARD:

Barenboim Grigory Matveyevich: Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

Danilov-Danilyan Viktor Ivanovich: Doctor of Economics, Russian scientist, economist, ecologist, hydrologist, corresponding Member of the Russian Academy of Sciences. Specialist in the field of environmental economics, economic and mathematical modeling, theory of Sustainable Development, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

Eremenko Igor Leonidovich: Soviet and Russian chemist, Doctor of Chemical Sciences Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences since 1997, Academician of the Russian Academy of Sciences since 2006, laureate of the State Prize of the Russian Federation, N.S. Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

Koifman Oskar Iosifovich, Doctor of Chemical Sciences, Russian chemist, specialist in the field of synthesis, study of physico-chemical properties and practical use of porphyrins, metalloporphyrins, their structural analogues and liquid crystal compounds, Rector of Ivanovo State University of Chemical Technology, Ivanovo State University of Chemical Technology (Ivanovo)

Kolesnikov Vladimir Aleksandrovich: Doctor of Technical Sciences, Russian scientist in the field of industrial electrochemistry, safety and resource conservation in relation to the processes of processing modern materials, creating environmentally safe, resource-saving processes in electroplating, processing of liquid technogenic waste and water treatment, D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology (Moscow)

Mukhin Viktor Mikhailovich: ELEKTROSTAL SCIENTIFIC AND PRODUCTION ASSOCIATION "INORGANIC" Company; Head of the Laboratory of active coals, elastic sorbents and catalysts; Doctor of Technical Sciences, Professor in the specialty "Ecology", laureate of the prize of the Government of the Russian Federation in the field of science and technology; Honored Inventor of the Russian Federation. Honorary Ecologist, SVERDLOVSK REGIONAL BRANCH OF THE PUBLIC ORGANIZATION - INTERNATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF ECOLOGY, HUMAN SAFETY AND NATURE; Honorary Professor of the St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg)

Novotortsev Vladimir Mikhailovich: *Doctor of Chemical Sciences, Soviet and Russian chemist. Academician of the Russian Academy of Sciences. Scientific Supervisor and Head of the Laboratory of Magnetic Materials, N.S. Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences (Moscow)*

Frolova Alla Konstantinovna, *Soviet and Russian chemist, Doctor of Technical Sciences, MIREA-Russian Technological University (Moscow)*

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

Ержанов Сырымгали Ержанович, Садуакасов Медербай Сейсенбаевич, Лапин Владимир Алексеевич, Ермуханбет Мирас Аймаганбетович, Абаев Зейнолла Алтаевич, Токмаджешвили Георгий Гивиевич. СНИЖЕНИЕ УСАДКИ НЕАВТОКЛАВНЫХ ПЕНОБЕТОНОВ НА ОСНОВЕ БЕСЦЕМЕНТНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ	8
--	---

CONTENTS

Yerzhanov Syrymgali Yerzhanovich, Saduakasov Mederbay Seisenbaevich, Lapin Vladimir Alekseevich, Ermukhanbet Miras Aimaganbetovich, Abaev Zeynolla Altayevich, Tokmajeshvili Georgy Givievich. REDUCTION OF SHRINKAGE OF NON-AUTOCLAVED FOAM CONCRETE BASED ON CEMENT-FREE HYDRAULIC BINDERS FROM INDUSTRIAL WASTE	8
--	---

УДК 57.017

СНИЖЕНИЕ УСАДКИ НЕАВТОКЛАВНЫХ ПЕНОБЕТОНОВ НА ОСНОВЕ БЕСЦЕМЕНТНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ

**Ержанов С. Е., Садуакасов М. С., Лапин В. А., Ермуханбет М. А.,
Абаев З. А., Токмаджешвили Г. Г.**

В статье приведены результаты исследований по изучению усадки неавтоклавных пенобетонов, изготовленных на основе бесцементных гидравлических вяжущих. Установлен комплекс добавок обеспечивающий снижение усадки неавтоклавного пенобетона с 3,3 мм/м до 0,45 мм/м, что выводит их на уровень автоклавного газобетона по параметру усадки.

Ключевые слова. Пенобетон, плотность, волокна, усадка, прочность, целлюлоза, бесцементное гидравлическое вяжущее, доменный шлак, химический гипс.

В Казахской академии архитектуры и строительных наук разработан состав бесцементных гидравлических вяжущих, изготавливаемых на основе доменного гранулированного шлака, химического гипса – отхода завода по производству удобрений в г. Каратау (Казахстан) и 1,5-2% обожженной извести и комплекса добавок. Отличительной особенностью, кроме состава и применения гиперпластификаторов последнего поколения, является тонкий помол доменного гранулированного шлака, что обеспечивает его повышенную гидравлическую активность. Марка полученного вяжущего – М400.

О том, что некоторые доменные гранулированные шлаки в тонкоизмельченном состоянии способны при затворении водой медленно схватываться и с течением времени твердеть, давая камень невысокой прочности, знали еще в XIX веке [1]. В конце XIX и начале XX века. измельченные шлаки стали добавлять к портландцементу, получая таким образом шлакопортландцемент. Дальнейшее развитие теории привело к получению новых видов цементов на основе шлаков, в частности сульфатно-шлаковому и известково-шлаковому цементам, а также шлакощелочному вяжущему [1-2]. Технология сульфатно-шлаковых и известково-шлаковых цементов не получила дальнейшего развития из-за их медленного твердения и невозможности получения цемента высоких марок (М400 и более), что объясняется состоянием уровня науки на тот период времени. Цементы высоких марок, в частности до М1000, получены на основе доменных гранулированных шлаков при добавлении в качестве активаторов твердения щелочей (едкого натра и калия, кальцинированной соды, поташа, растворимых стекол и др.) и получившие название шлакощелочных вяжущих, получены и детально исследованы в 70-80-х годах XX века в Киевском инженерно-строительном институте под руководством д.т.н. В.Д. Глуховского [3-5]. Впоследствии, исследования по теме шлакощелочных вяжущих проводились в Узбекистане [6-7], Казахстане [8-9], России [10]. Следует отметить, что несмотря на многочисленные работы по шлакощелочным вяжущим и бетонам на их основе, не известно о промышленном выпуске изделий, что может свидетельствовать о недостаточной технико-экономической эффективности этого вида вяжущего.

Необходимость развития технологии сульфатно-шлаковых цементов, кроме замены дорогостоящего цемента более дешевым продуктом, было продиктовано также желанием во внесении вклада в решение мировой проблемы, ориентированной на ресурсо-, энергосбережение и повышение экологической безопасности земной цивилизации путем пересмотра дальнейшей стратегии развития энерго-и материалоемких отраслей промышленности [10-13]. Одно из основных направлений «устойчивого развития» - сохранение природных ресурсов за счет увеличения объемов

использования отходов [10]. По прогнозу группы экспертов ООН во главе с В.Леонтьевым, сделанном еще в 1979 году, уже в 1-ой половине XXI века до 55% потребностей в природном сырье будут восполняться промышленными отходами [11-13]. Применение вместо цемента бесцементного гидравлического вяжущего позволит резко снизить выбросы в окружающую среду диоксида углерода, одного из основных загрязнителей. Согласно расчетам при производстве 1 т цементного клинкера в атмосферу выбрасывается около 1 т диоксида углерода [14], а всего мировой цементной промышленностью – более 7% от общего объема его выбросов всеми отраслями [10].

Одним из направлений применения бесцементных гидравлических вяжущих является получение пенобетонных панелей для устройства внутри- и межквартирных перегородок. Однако согласно казахстанскому стандарту не регламентируется изготовление крупноразмерных изделий из неавтоклавного ячеистого бетона. Причиной этого является значительная усадка, присущая этим видам бетонов, что с течением времени приводит к появлению сквозных трещин, которые в панелях недопустимы.

Наиболее действенным способом снижения усадки является применение дисперсного армирования. Обширный объем исследований по снижению усадки неавтоклавных пенобетонов проведены проф. Моргун Л.А. [15]. Ею теоретически обосновано применение дисперсного армирования пенобетона полиамидными волокнами, и при этом пенобетону присвоено название фибропенобетон. Можно отметить, что в настоящее время практически все производители вводят в небольшом количестве полипропиленовое волокно (900 г/м³, что составляет порядка 0,11% от массы сухих компонентов). Поэтому из-за десятых и сотых долей волокна в составе материала вряд ли оправдано добавление приставки фибро.

Изучением снижения усадочных деформаций неавтоклавного пенобетона занимались и другие ученые, общим выводом результатов работ которых является применение дисперсного армирования, а также правильный выбор цемента и вида пенообразователя [16-18].

МЕТОДЫ И ПРИНЦИПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В Казахской академии архитектуры и строительных наук опробовано большое количество функциональных добавок, различные виды дисперсных волокон, вид и расход пенообразователя на их влияние на ускорение твердения, повышение прочности и снижение усадки пенобетонов со средней плотностью 600-900 кг/м³ при естественном твердении.

Испытания добавками-электролитами показали возможность снижения усадочных деформаций с 3,2-3,3 мм/м до 2,4-2,6 мм/м (рис. 1а-2а). При этом видно, что величина снижения усадки пропорциональна величине снижения влажности пенобетона (рис. 1б-2б).

Хотя введение ускорителей и дало эффект по снижению усадочных деформаций, все же основным приемом снижения усадки является дисперсное армирование пенобетона на стадии приготовления смеси различными волокнистыми материалами. Для армирования бетонных, в том числе и пенобетонных смесей, применяют различные виды волокон как органического, так и минерального происхождения. Из минеральных волокон наиболее часто применяют стальные и стеклянные волокна, из органических – в основном синтетические, в частности полиэтиленовое, полипропиленовое и др. В табл. 1 представлены физико-механические характеристики различных видов волокон, используемых при дисперсном армировании бетонных смесей.

Таблица 1

Физико-механические свойства дисперсных волокон

Наименование волокна	Плотность, г/см ³	Модуль упругости, МПа	Прочность при растяжении, МПа	Удлинение при разрыве, %	Диаметр, мкм
Хризотил-асбест	2,6	164 000	3 100	2-3	0,2-0,4
Древесное	1,5	71 000	900	13-15	50-2 000
Целлюлозное	1,2	10 000	300-500	10-15	20-1 000
Углеродное	1,9	230 000	2 600	1	5-10

Стеклоанное	2,6	80 000	2 000-4 000	2-3,5	8-20
Стальное	7,8	200 000	500-2 000	0,5-3,5	5-500
Полиэтиленовое	0,95	300	0,7	8-12	50-200
Полипропиленовое	0,9	До 7 500	500-750	6-9	20-200
Полиамидное	1,14	До 8 000	800-1 000	4-15	10-25
Арамидное	1,45	До 135 000	3 500-4 000	2-4	5-10

При проведении экспериментальных исследований было решено использовать синтетические пропиленовые волокна, целлюлозные волокна и базальтовые волокна. Выбор этих видов волокон обосновывается следующими соображениями. В производстве пенобетона применяют исключительно пропиленовые волокна, которые производители специально для этих целей реализуют упакованными в пакеты массой материала 900 г, в расчете для употребления без лишних хлопот сразу в пенобетоносмеситель емкостью 1 м³. Это уже отработанная технология в сложившейся практике пенобетонной технологии, как в России, так и в РК. В расчете на сухую массу содержание волокна составляет около 0,11-0,13%.

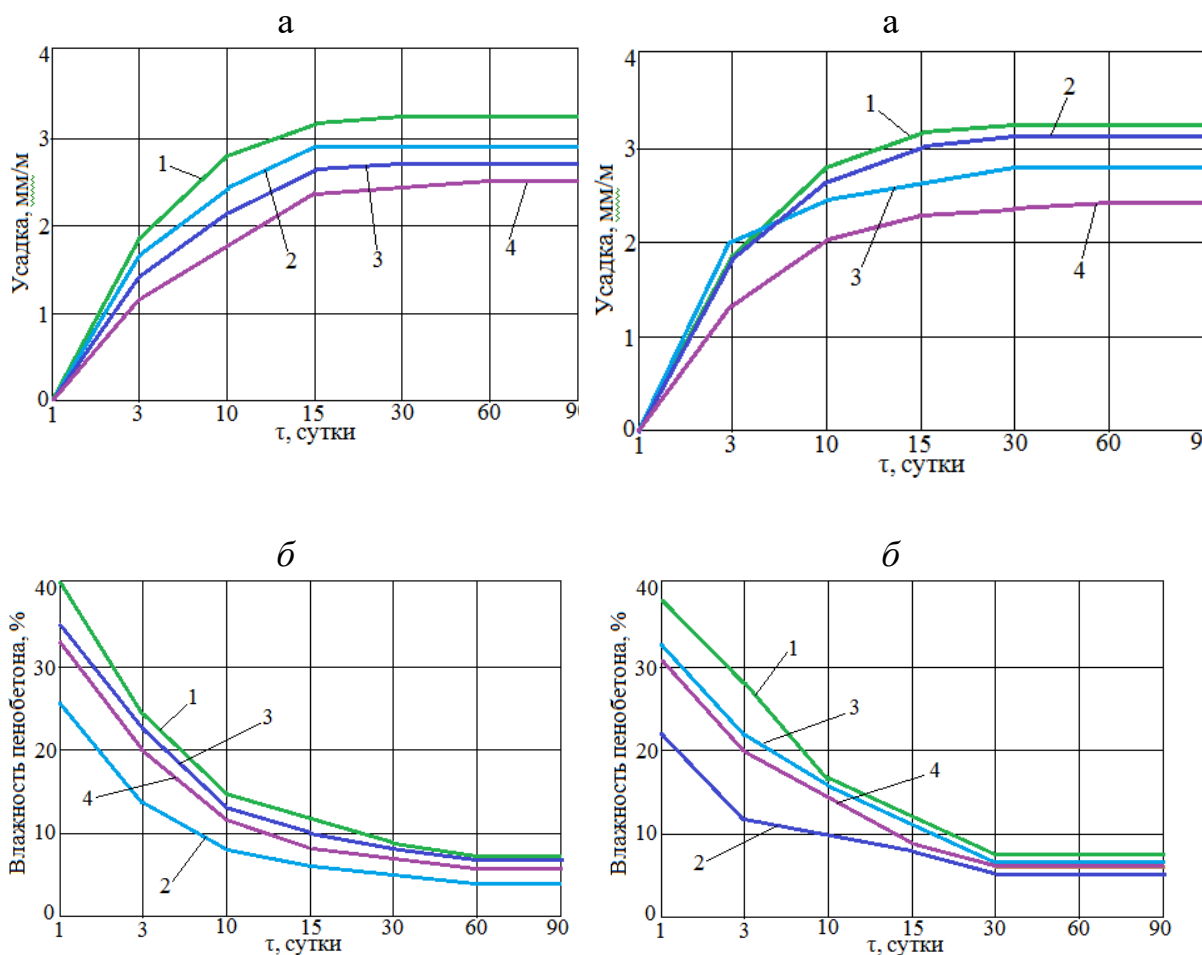


Рисунок 1 – Влияние на усадочные деформации (а) и изменение влажности пенобетона (б) с добавкой хлористого кальция. Содержание хлористого кальция, %: 1-0; 2-1; 3-2; 4-3.

Рисунок 2 – Влияние на усадочные деформации (а) и изменение влажности пенобетона (б) с добавкой жидкого стекла. Содержание жидкого стекла, %: 1-0; 2-1; 3-2; 4-5.

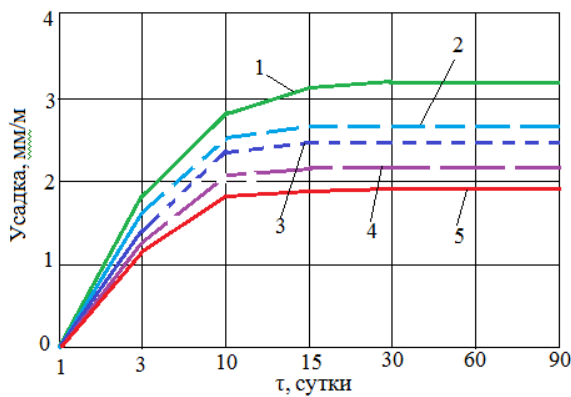


Рисунок 5 – Влияние на усадочные деформации пенобетона добавки полипропиленовых волокон (2,3) и базальтовых (4,5)
1 – с контрольным составом

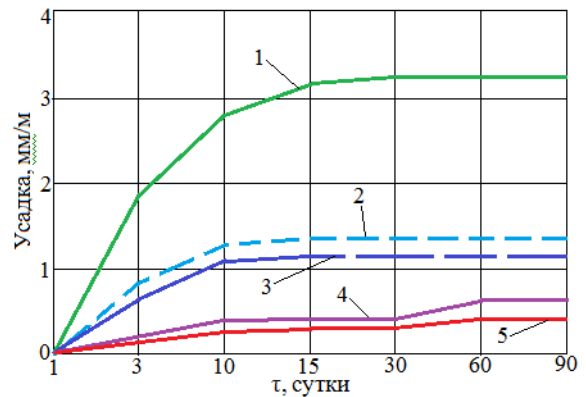


Рисунок 6 – Влияние на усадочные деформации комплекса добавок (2-5)
1 - с контрольным составом, 4 - газобетон фирмы "МВТ"

Интерес к целлюлозному волокну обоснован тем, что его широко применяют в сухих строительных смесях: штукатурных, шпаклевочных, клеевых. Ранее в отечественной промышленности строительных материалов данный вид волокон не применялся из-за их отсутствия на строительном рынке. В последние годы германская фирма «ЙРС» (г.Розенберг-Хольцмюле) начала через своих лидеров поставлять целлюлозные волокна в страны СНГ, в т.ч. и в Казахстан под торговым названием «Арбоцель». Его получают путем глубокой переработки древесины, включающей химическую (обработка кислотой, гидролиз, промывка, нейтрализация) и физико-механических (размол, рассеивание, воздушная сепарация) обработку сырьевого материала. Полученный продукт не водорастворим (фирма ЙРС просит в своих рекламных проспектах не путать их с водорастворимыми эфирами целлюлозы, т.е. с МЦ и КМЦ), имеет тончайшие размеры в диаметре (10-1000 мкм) при длине от 10 до 2000 мкм, обладает способностью пропускать через себя капиллярную влагу. Особенностью целлюлозных волокон является также то, что, вода, проникающая в капилляры волокна замерзает начиная только с температуры -70 оС (рекламный проспект фирмы ЙРС) и благодаря водородным мостиковым связям между целлюлозой и водой, структура воды меняется таким образом, что при отрицательных температурах вода приобретает даже более компактный вид, чем в жидкой форме. На практике это означает защиту от замерзания волокон арбоцель и в случае образования льда разрушение материала исключается (рис. 3-4).

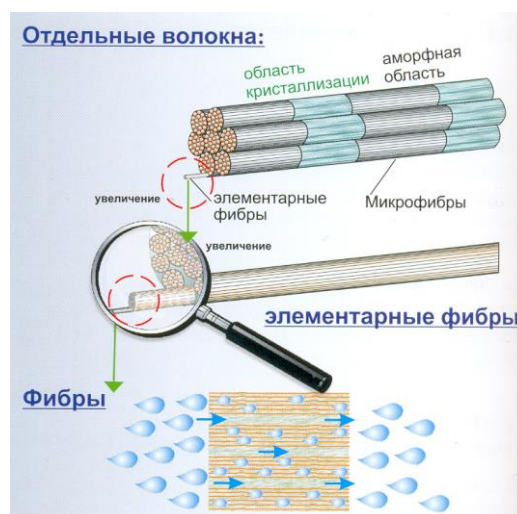


Рисунок 3 – Структура целлюлозного волокна «арбоцель»

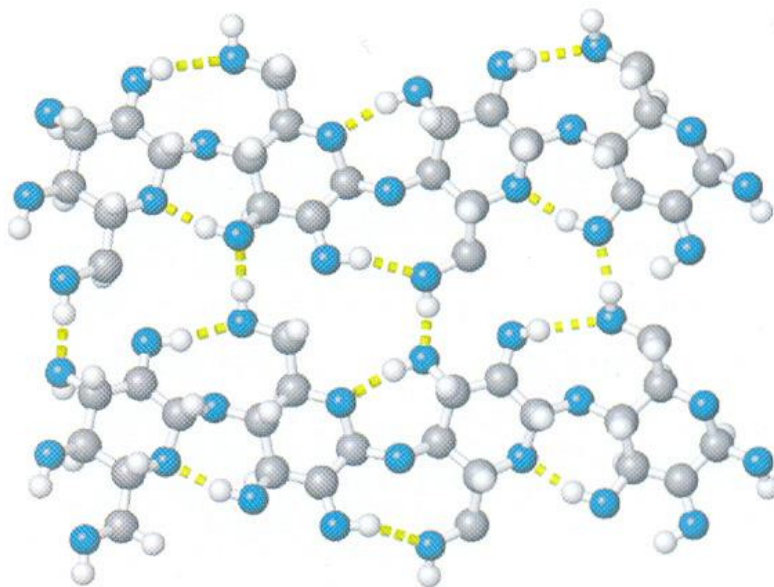


Рисунок 4 – Молекулярная структура целлюлозы

Из молекулярной структуры целлюлозы видно, что она характеризуется пространственным расположением молекул, что способствует связыванию жидкости в этой структуре. В этом плане функциональное свойство целлюлозного волокна по водоудерживающей способности, играет положительную роль при твердении пенобетонных материалов. Как известно, при твердении в естественных условиях происходит достаточно быстрое обезвоживание пенобетонных блоков, что приводит к замедлению и даже к временному прекращению процесса гидратации цемента. В связи с этим применение арбоцеля должно, кроме армирующего эффекта, также способствовать более полной гидратации цемента, что в комплексе будет способствовать не только повышению прочности пенобетона на изгиб, но и повышению в целом механических свойств материала.

Выбор базальтовых волокон обосновывается следующим. Как известно, цементные и гипсовые растворы не характеризуются достаточно высокими адгезионными свойствами к полимерным материалам, к которым относятся пропиленовые волокна. В то же время, продукты гидратации цемента очень прочно связываются с каменными материалами; иначе не было бы бетонов и растворов – самого великого достижения в строительной технологии. Поэтому можно предположить, что вследствие повышенной адгезии к базальтовым волокнам, по сравнению к пропиленовым, усадка пенобетона будет характеризоваться меньшими значениями.

При проведении экспериментов выяснилось, что введение целлюлозных волокон значительно повышает водопотребность смеси. Так, В/Ц от оптимального значения, равной 0,8, при добавке 0,5% арбоцеля увеличивается до 0,95, а при добавке 1% волокна – до 1,15. Вследствие того, что В/Ц смеси и так является достаточно высоким – было признано нецелесообразным использование целлюлозных волокон.

Результаты экспериментов по изучению влияния полипропиленовых и базальтовых волокон на усадку пенобетона показали, что более эффективным армирующим действием обладают базальтовые волокна (рис. 5-6). Следует отметить, что добавка 0,5% базальтового волокна дала такой же эффект как добавка 5% жидкого стекла совместно с 3% хлористого кальция (1,85 мм/м), что экономически несопоставимо выгодней. Поэтому для дисперсного армирования пенобетонных смесей рекомендуется использование базальтовых волокон.

Обобщая результаты исследований с добавками ускорителями схватывания и твердения пенобетона и армирующими добавками можно отметить следующее: в целом, хотя значения усадки и удовлетворяют требованиям стандарта (менее 3 мм/м), тем не менее желательно, чтобы значения усадки соответствовали требованиям, предъявляемым к автоклавным ячеистым бетонам (менее 0,5 мм/м).

С учетом результатов ранее проведенных исследований представляется эффективным приемом совместное введение добавок-ускорителей с базальтовым волокном.

Результаты экспериментов подтвердили наше предположение: усадка пенобетона с комплексом добавок составила 0,5 мм/м, что соответствует усадке автоклавного газобетона.

Учитывая важность для производства вопрос скорости набора прочности, в особенности с новым соотношением добавок, были проведены исследования по изучению искомых показателей в течение времени.

Исследования, табл. 2 показали, что скорость набора прочности пенобетона в первые сутки твердения значительно превышает аналогичные показатели бездобавочного пенобетона, но затем, к 14 суткам – набор прочности бездобавочного пенобетона также значительно ускоряется.

Таблица 2 – Изменение прочности на сжатие пенобетонных образцов в течение времени

Состав пенобетона	Показатели	Свойства пенобетона через, сутки			
		3	7	14	28
без добавок	ρ , кг/м ³	920	915	920	925
	Rсж, МПа	0,44	0,66	1,48	1,82
с комплек-сом добавок	ρ , кг/м ³	950	960	950	950
	Rсж, МПа	0,58	1,02	1,55	2,7

Таким образом, в результате проведенных исследований разработан новый технологический прием и новое сочетание добавок, позволяющее на порядок снизить усадочные деформации неавтоклавного пенобетона и вывести их на уровень автоклавного газобетона.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Пашенко А.А., Сербин В.П., Старчевская Е.А. Вяжущие материалы. – Киев: Вища школа. 1975. – С. 315.
2. Бутт Ю.М., Окороков С.Д., Сычев М.М., Тимашев В.В. Технология вяжущих веществ. – М.: Высшая школа, 1965. – С. 584-590.
3. Глуховский В.Д., Пахомов В.А. Шлакощелочные цементы и бетоны. – Киев: Будивельник, 1978. – 184 с.
4. Глуховский В.Д., Волянский А.В., Гончаров В.А. и др. Щелочные и щелочно-земельные гидравлические вяжущие и бетоны. – Киев: Вища школа, 1979. – 231 с.
5. Шлакощелочные бетоны на мелкозернистых заполнителях: Монография/Под ред. проф. В.Д. Глуховского. – Киев: Вища школа, 1981. – 224 с.
6. Глуховский В.Д., Тулаганов А.А., Румына Г.В., Касимов И.К. Шлакощелочные легкие бетоны. – Ташкент: ФАН, 1992. – 152 с.
7. Тулаганов А.А. Высокопрочный шлакощелочной керамзитобетон Дисс. ... канд. техн. наук. – Киев, 1985. – 152 с.
8. Сарсенбаев Б. Шлакощелочные бетоны на основе электротермофосфорных шлаков для сельского строительства : Дисс. ... канд. техн. наук. - Киев, 1987. - 182 с.
9. Исакулов Б.Р. Получение высокопрочных арболитобетонов на основе композиционных шлакощелочных и серосодержащих вяжущих. Дисс. ... д-ра техн. наук. – Иваново, 2015. –
10. Рахимова Н.Р. Шлакощелочные вяжущие и бетоны с силикатными и алюмосиликатными минеральными добавками. Дисс. ... д-ра техн. наук. –Казань, 2010. -267 с.
11. Будущее мировой экономики. Доклад группы экспертов ООН во главе с В.Леонтьевым // М.: Международные отношения. 1979. - 212с.
12. Pricc, B. Cem II cements in the UK: the way vorward / B.Pricc // Concrete. 2007. - vol.41. №2. - P.36-38.
13. Hardjito, D. On the development of fly ash-based geopolymers concrete / D. Hardjito, S. Wallah, D. Sumajouw, B. Rangan // ACJ Materials Journal. 2004. -vol.101. №6. -P.467-472.
14. Передельский Л.В., Приходченко О.Е. Строительная экология. - Ростов н/Д: Феникс, 2003.- 320 с.

15. Моргун Л.В. Структурообразование и свойства фибропенобетонов неавтоклавного твердения. Дисс. д-ра техн. наук. – Ростов-на-Дону, Ростовский государственный строительный университет. – 2004. – 336 с.
16. Моргун В.Н., Талпа Б.В. Влияние вида дисперсной арматуры на свойства пенобетонов//Строительные материалы. - № 6, 2008. – С. 48-49.
17. Пустовгар А.П., Абрамова А.Ю., Еремина Н.Е. Коррозионное воздействие продуктов гидратации портландцемента на армирующие волокна различных видов//Технологии бетонов. – № 1-2, 2020. – С. 36-44.
18. Шахова Л.Д., Самборский С.А., Палалане Ж.А. Причины деформационных усадок пенобетонов//Строительные материалы. - № 3, 2010. – С. 84-86.
19. Пустовгар А.П., Абрамова А.Ю., Еремина Н.Е. Эффективность использования дисперсного армирования бетонов и строительных растворов полипропиленовой и базальтовой фиброй//Технологии бетонов. – № 7-8, 2019. – С. 34-42.
20. Лобанов И.А., Пухаренко Ю.В., Моргун Л.В. Безавтоклавные ячеистые бетоны, армированные синтетическими волокнами//Бетон и железобетон. № 8, 1983. – С. 28-30.
21. Садуакасов М.С., Шойбеков Б.М., Токмаджешвили Г., Айтбаев Д.Н., Ермуханбет М.А. Putzmeister: новая технология пенобетона/Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2017, № 9-10. - С.
22. Садуакасов М.С., Шойбекова А.М., Токмаджешвили Г.Г. Монолитная теплоизоляция на основе быстротвердеющей легкобетонной смеси/Технологии бетонов, № 1-2, 2016. – С.
23. Садуакасов М.С., Шойбекова А.М., Токмаджешвили Г.Г., Ауельбеков О. Роли пенообразователя в составе особо легкого пенобетона// Междунар.научно-техн.конф.: Композиционные строительные материалы.Теория и практика.- Пенза, 2015. - С.
24. Чистов Ю.Д. Неавтоклавные бетоны плотной и ячеистой структуры на основе мелких песков: Автореферат дисс. ... д-ра техн. наук. – М., 1995. – 36 с.
25. Моргун Л.В. Структурообразование и свойства фибропенобетонов неавтоклавного твердения: Дисс. ... д-ра техн. наук. – Ростов-на-Дону, 2005. – 336 с.
26. Чернышев Е.М., Славичева Г.С. Оценка гигрометрических, прочностных, деформативных и теплофизических характеристик поризованных бетонов/Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2003, № 5. С. 175-185.
27. Чернаков В.А. Влияние природы заполнителя на свойства пенобетонов: Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. – ГУПС, СПб., 2000. – 27 с.
28. Лобанов И.А. Основы технологии дисперсно армированных бетонов – фибробетонов: Автореферат дисс. ... д-р техн. наук. – ЛИСИ, Л., 1983. – 48 с.

REDUCTION OF SHRINKAGE OF NON-AUTOCCLAVED FOAM CONCRETE BASED ON CEMENT-FREE HYDRAULIC BINDERS FROM INDUSTRIAL WASTE

Yerzhanov S. Y., Saduakasov M. S., Lapin V. A., Ermukhanbet M. A.
Abaev Z. A., Tokmajeshvili G. G.

The article presents the results of research on the study of shrinkage of non-autoclaved foam concrete made on the basis of cement-free hydraulic binders. A complex of additives has been installed to reduce the shrinkage of non-autoclaved foam concrete from 3.3 mm/m to 0.45 mm/m, which brings them to the level of autoclaved aerated concrete according to the shrinkage parameter.

Keywords. Foam concrete, density, fibers, shrinkage, strength, cellulose, cement-free hydraulic binder, blast furnace slag, chemical gypsum

Сведения об авторах:

Ержанов Сырымгали Ержанович

Кандидат технических наук, первый вице-президент, Республиканское общественное объединение «Казахская академия архитектуры и строительных наук»

E-mail: abai_ata@mail.ru

Садуакасов Медербай Сейсенбаевич

Доктор технических наук, Республиканское общественное объединение «Казахская академия архитектуры и строительных наук»

E-mail: saduakassov@mail.ru

Лапин Владимир Алексеевич

Кандидат технических наук, ученый секретарь, АО «Казахский научно-исследовательский и проектный институт строительства и архитектуры»

E-mail: vlapin@kazniisa.kz

Ермуханбет Мирас Аймаганбетович

Магистр, Казахский национальный технический исследовательский университет им. К.Сатпаева

Абаев Зейнолла Алтаевич

Казахский научно-исследовательский и проектный институт строительства и архитектуры

E-mail: zabaev@kazniisa.kz

Токмаджешвили Георгий Гивиевич

Архитектор, Республиканское общественное объединение «Казахская академия архитектуры и строительных наук»

Учредитель журнала: Мельников Игорь Олегович, кандидат химических наук

Издатель: Общество с ограниченной ответственностью
"Издательство "Манускрипт" (ОГРН 1226100004679)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), Свидетельство серия серия ПИ № ФС 77 - 31640 10.04.2008, **Адрес:** 127473, Москва г., 3-й Самотечный пер., д. 23, кв. 48

Тел. +7 951 528 22 82 E-mail: VAK-info@yandex.ru

Отпечатано в типографии ООО «Издательство «Манускрипт»

Подписано в печать 10.11.2022. Выход в свет 15.11. 2022г.

Тираж 150 экз. Заказ № 11-22/16 РСТ-22. Цена свободная

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Статья, направляемая в журнал «ВОДА: ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ», предоставляется в электронном виде в текстовом редакторе Microsoft Word по e-mail: VAK-info@yandex.ru

Файл с текстом статьи должен иметь расширение *.doc или *.docx. Разметка страницы: поля со всех сторон 2 см, ориентация книжная, формат А4. Текст набирается шрифтом Times New Roman, размер (кегель) 14, абзацный отступ 1,25 см, межстрочный интервал полуторный с использованием автоматической расстановки переносов. Аннотация (от 100 до 150 слов); ключевые слова на русском языке (5-8 слов). Название статьи, аннотация, ключевые слова, сведения об авторах должны быть переведены на английский язык.

Исключить громоздкие цифровые и формульные таблицы, а также рисунки, более, чем на 0,5 страницы. Все таблицы и рисунки должны быть в тексте, подписаны, ссылки на них по тексту обязательны.

Список использованной литературы составляется по алфавиту в конце статьи в соответствии с ГОСТ. Ссылки на литературу в тексте отмечаются арабскими цифрами в квадратных скобках.

В статье должны быть указаны следующие сведения о каждом авторе: фамилия, имя, отчество (полностью); место работы и должность; ученая степень; домашний адрес (если необходимо почтовый экземпляр); контактный телефон; адрес электронной почты. Название ВУЗов полностью, без сокращений.

Таким образом, файл должен содержать:

- ✓ индекс УДК
- ✓ аннотацию – 100-150 слов
- ✓ ключевые слова (не более 5-8 на русском и английском языках)
- ✓ название
- ✓ основной текст статьи
- ✓ список литературы

Основной текст рукописи экспериментальной статьи рекомендуется излагать в следующей последовательности:

- **введение** с четким и кратким изложением состояния рассматриваемого вопроса и анализом литературных данных, постановкой цели и задач данного исследования;
- **экспериментальная часть** (применяемые аппаратура, материалы, химические реактивы и методика проведения эксперимента в кратком изложении);
- **результаты** проведенных исследований и их обсуждение;

Все статьи проверяются на ПЛАГИАТ. Процент авторского текста должен составлять не менее 75%. Цитирования не более 25%.

Все поступающие в редакцию материалы должны быть проверены на наличие заимствований из открытых источников (попросту – плагиат), проверка выполняется с помощью системы AntiPlagiat.ru.

Контактные лица:

Ответственный редактор: Жанна Сергеевна, тел., воцап +7951 528 22 82

E-mail: VAK-info@yandex.ru