

УДК 691.316

К ВОПРОСУ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АВТОКЛАВНЫХ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Володченко А.Н.

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»,
Белгород, e-mail: volodchenko@intbel.ru

Установлено, что глинистые включения, получаемые из отсева при обогащении песка можно использовать в качестве сырья для получения автоклавных силикатных материалов в виде известково-песчано-глинистого вяжущего, получаемого совместным помолом песчано-глинистой породы и негашеной извести. Рациональное содержание глинистой породы в сырьевой смеси для достижения максимальной прочности составляет 30–35 мас.%. Прочность сырца при этом увеличивается в 2 раза. Песчано-глинистая порода формирует цементирующее соединение на основе низкоосновных гидросиликатов кальция и гидрогранатов, обеспечивающее высокие физико-механические показатели силикатных материалов. Повышение прочности сырца позволит улучшить формуемость сырьевой смеси, снизить брак в процессе формования и облегчит выпуск эффективных высокопустотных силикатных материалов.

Ключевые слова: глинистые породы, известь, отсев обогащения песка, автоклавные силикатные материалы

TO INTEGRATED USE OF RAW MATERIALS PRODUCTION FOR AUTOCLAVE SILICATE MATERIALS

Volodchenko A.N.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod,
e-mail: volodchenko@intbel.ru

It was found that the inclusion of the clay obtained from dropping out in the beneficiation of sand can be used as raw material for produced autoclave silicate materials in the form of lime, sand-clay binder, the resulting joint grinding sand-shale and quicklime. Rational shale content in the raw mix to achieve maximum strength is 30–35 wt.%. Durability brick-raw thus increased by 2 times. Sand and clay mineral forms the cementitious compound based on calcium and low basicity hydrous calcium and hydrogarnets providing high physical and mechanical properties of silicate materials. Increasing the strength of raw-brick will improve the formability of the raws meal to reduce the marriage in the molding process and facilitate effective release of high cavitated silicate materials.

Keywords: clay rocks, lime, sifting sand enrichment, autoclave silicate materials

Для производства автоклавных силикатных материалов и, в частности, силикатного кирпича используются известь и кварцевый песок, запасы которого ограничены. В последние десятилетия доказана возможность использования в качестве сырья кремнеземсодержащих промышленных отходов и местного сырья. Наиболее перспективной сырьевой базой являются отходы горнодобывающей промышленности и, в частности, отложения незавершенной стадии глинообразования [1–8].

Глинистые породы отличаются по составу и свойствам, однако из всего их многообразия промышленностью используется незначительная часть, соответствующая нормативно-техническим документам. Такие глины используют для производства цемента, керамических материалов, а также их можно использовать как матрицу для получения металлокомпозитов [9–26]. Большая часть глинистых пород не соответствует нормативным требованиям, но благодаря своему вещественному составу пригодна для получения силикатных материалов гидротермального твердения.

Песок, используемый для производства силикатного кирпича, как правило,

содержит глинистые включения, которые предварительно отсеивают и выбрасывают в отвалы. Иногда эти включения в небольшом количестве добавляют в сырьевую смесь для повышения прочности сырца. Однако, учитывая, что не всегда такая добавка оказывает положительное влияние на физико-механические свойства готовых изделий, необходимо изучить влияние глинистого отсева на свойства силикатных материалов, так как очевидно целесообразность комплексного использования сырья.

Цель исследования

Изучение влияния песчано-глинистых пород, полученных из отсева обогащения песка на физико-механические свойства автоклавных силикатных материалов.

Материалы и методы исследования

В исследованиях использовалась глинистая порода, которая представляет собой отсев обогащения песка, используемого в производстве силикатного кирпича в г. Боровичи Новгородской области. Визуально глина представляет собой рыхлую породу коричневого цвета. По гранулометрическому составу это псаммо-алевритовое отложение и классифицируется как пылеватое (табл. 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав песчано-глинистого сырья

Содержание фракций в мас. %, размер сит, мм							
более 0,63	0,63–0,315	0,315–0,16	0,16–0,10	0,10–0,04	0,04–0,01	0,01–0,005	менее 0,005
0,18	3,5	8,21	21,12	26,41	30,91	2,68	6,99

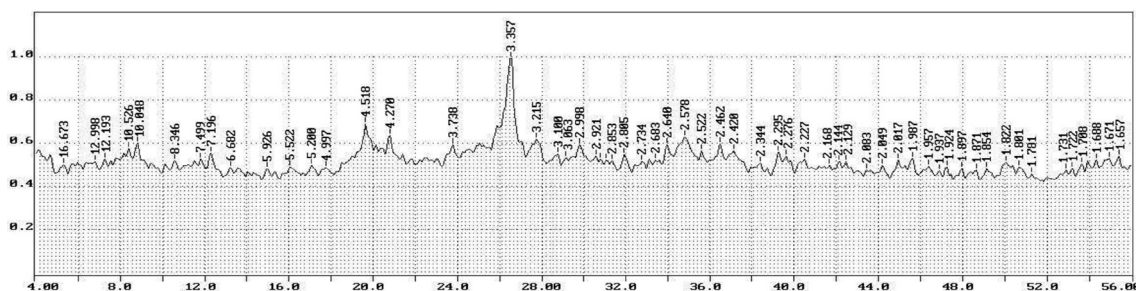


Рис. 1. Рентгенограмма глинистой породы из отсева песка фракции меньше 0,005 мм

Таблица 2

Условия планирования эксперимента

Факторы	Уровни варьирования			Интервал варьирования
	– 1	0	+ 1	
Содержание глинистой породы, мас. % (x_1)	10	35	60	25
Длительность изотермической выдержки, ч (x_2)	2	5	8	3
Давление автоклавирования, МПа (x_3)	0,6	0,9	1,2	0,3
Содержание $\text{CaO}_{\text{акт}}$, мас. % (x_4)	4	7	10	3

По химическому составу порода относится к категории кислых, содержание кремнезема составляет 80,5 мас. %.

Фракция породы менее 0,005 мм содержит тонкодисперсный кварц и глинистые минералы. Кварц фиксируется по отражениям 4,27-3,35–1,82 Å (рис. 1). Глинистые минералы представлены каолинитом (7,196 Å) и гидрослюдой (10,048 и 4,997 Å). Серия рефлексов на рентгенограмме в области углов отражения $\Theta = 8-18^\circ$ позволяет предположить о наличии смешаннослойных образований.

В качестве кремнеземистого компонента использовали песок, полученный после отсева глинистых включений. Глинистую породу использовали в виде известково-песчано-глинистого вяжущего, полученного совместным помолом негашеной извести и породы. Образцы формовали из смеси с влажностью 10% при давлении 20 МПа.

Результаты исследования и их обсуждение

Эксперимент проводили с использованием метода математического планирования. Проводилась оценка содержания глинистой породы, содержания $\text{CaO}_{\text{акт}}$, длительности изотермической выдержки и давления в автоклаве (табл. 2).

Получены уравнения регрессии и построены графики (рис. 2–5), описывающие

влияние содержания глинистой породы из отсева песка, содержания $\text{CaO}_{\text{акт}}$, длительности изотермической выдержки и давления автоклавирования на предел прочности при сжатии ($R_{\text{сж}}$), среднюю плотность (ρ), водопоглощение (ω) и коэффициент размягчения ($K_{\text{раз}}$) силикатных материалов.

$$R_{\text{сж}} = 21,84 + 1,29x_1 + 4,24x_2 + 3,78x_3 + 4,35x_4 - 2,58x_1^2 + 2,8x_2^2 - 3,49x_3^2 - 1,17x_4^2 - 0,74x_1x_2 + 0,43x_1x_3 - 0,4x_1x_4 + 0,22x_2x_3 + 1,92x_2x_4 + 1,46x_3x_4$$

$$\rho_{\text{ср}} = 1876,93 + 2,95x_1 + 0,72x_2 - 9,06x_3 + 11,79x_4 - 0,36x_1^2 + 11,65x_2^2 - 67,36x_3^2 - 8,86x_4^2 - 6,13x_1x_2 + 4x_1x_3 - 8,63x_1x_4 + 6x_2x_3 + 8,38x_2x_4 + 3,5x_3x_4$$

$$\omega = 13,19 + 0,25x_1 + 0,13x_2 + 0,72x_3 - 0,22x_4 + 0,75x_1^2 - 0,29x_2^2 + 0,18x_3^2 - 0,39x_4^2 - 0,17x_1x_3 + 0,13x_1x_4 - 0,34x_2x_3 + 0,25x_2x_4 - 0,04x_3x_4$$

$$K_{\text{раз}} = 0,79 + 0,03(x_2 - x_3^2 - 2x_2x_3) + 0,02(x_3 + 2x_2^2 + x_4^2 - x_1x_4 - 2x_3x_4) - 0,01(x_2^2 - x_1x_2)$$

С увеличением содержания в составе вяжущего глинистой породы из отсева песка предел прочности при сжатии силикатных материалов повышается, причем максимальное повышение прочности соответствует содержанию 30–35 мас. %. При

данном содержании породы наблюдается минимальное водопоглощение и максимальное значение коэффициента размягчения. Дальнейшее повышение содержания породы в смеси приводит к снижению прочности. При этом увеличивается водопоглощение и уменьшается водостойкость. Значение $K_{раз}$ меняется в зависимости от длительности изотермической выдержки и давления автоклавирования. При невысоком давлении автоклавирования водостойкие образцы получаются только при большой продолжительности этого процесса. С увеличением давления в автоклавирова-

ния наибольший коэффициент размягчения наблюдается у образцов при непродолжительном времени автоклавирования.

Использование математической модели позволяет провести расчет технологических параметров с целью получения изделий с заданными свойствами. Меняя соотношения компонентов в сырьевой смеси, технологические параметры, можно обеспечить требуемые физико-механические показатели при минимальных содержаниях дорогостоящих компонентов или сокращения энергозатрат, что в свою очередь приведет к снижению себестоимости силикатных изделий.

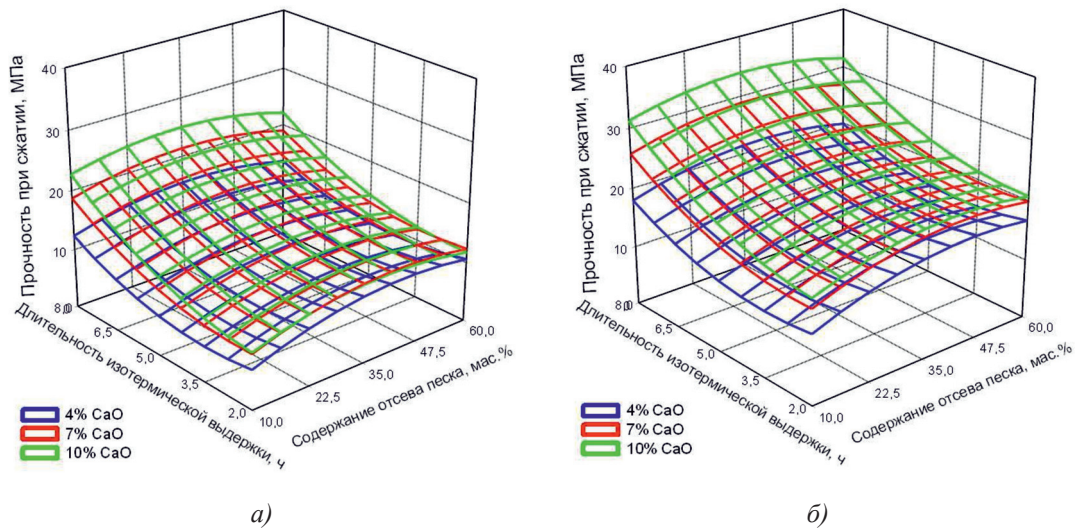


Рис. 2. Предел прочности при сжатии силикатных материалов в зависимости от содержания глинистой породы из отсева песка, содержания CaO и длительности изотермической выдержки: давление автоклавирования, МПа: а – 0,6; б – 0,9

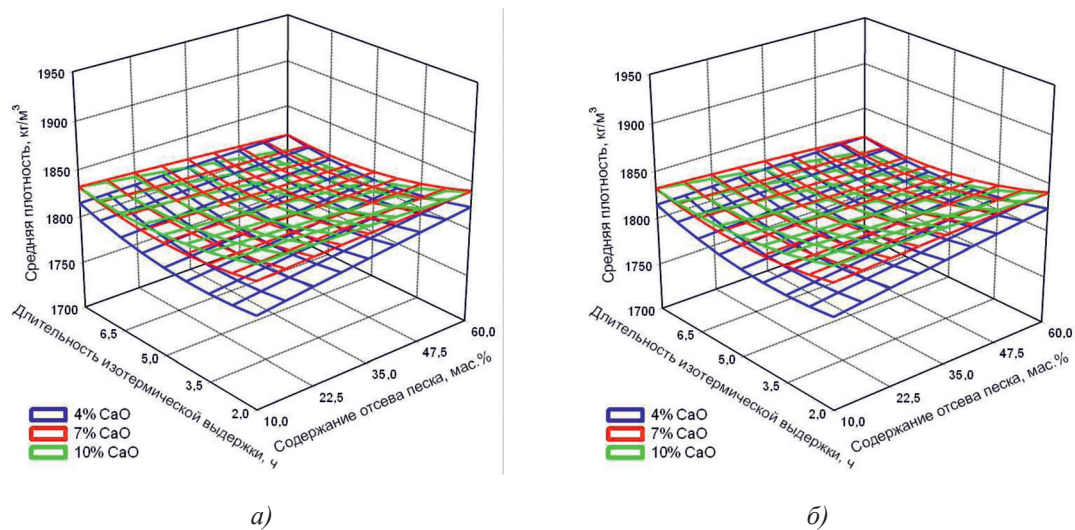


Рис. 3. Средняя плотность силикатных материалов в зависимости от содержания глинистой породы из отсева песка, содержания CaO и длительности изотермической выдержки: давление автоклавирования, МПа: а – 0,6; б – 0,9

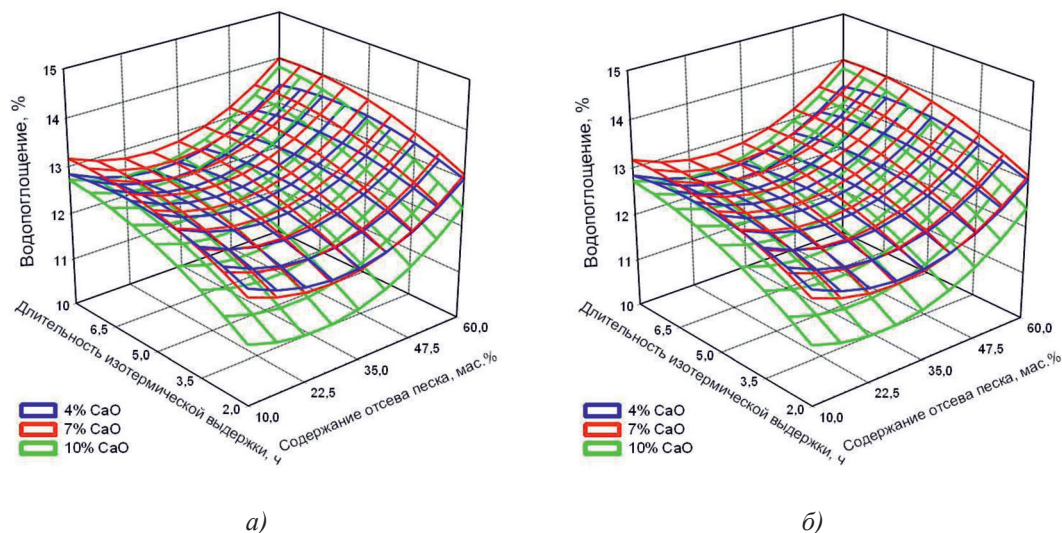


Рис. 4. Водопоглощение силикатных материалов в зависимости от содержания глинистой породы из отсева песка, содержания $\text{CaO}_{\text{акт}}$ и длительности изотермической выдержки: давление автоклавирования, МПа: а – 0,6; б – 0,9

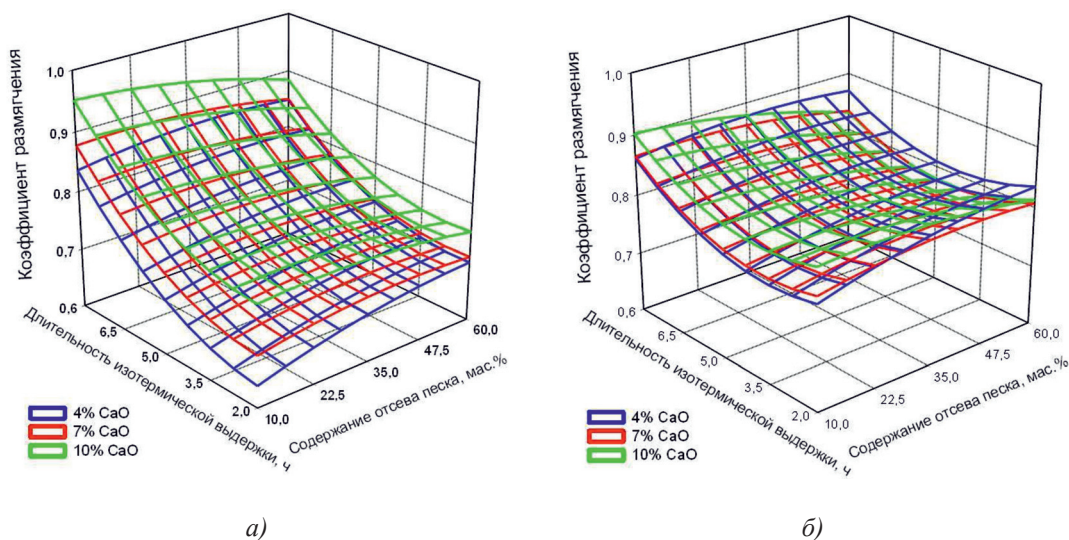


Рис. 5. Коэффициент размягчения силикатных материалов в зависимости от содержания глинистой породы из отсева песка, содержания $\text{CaO}_{\text{акт}}$ и длительности изотермической выдержки: давление автоклавирования, МПа: а – 0,6; б – 0,9

Глинистая порода из отсева обогащения песка способствует синтезу низкоосновных гидросиликатов кальция и гидрогранатов. Данный фазовый состав цементирующего соединения обеспечивает высокие физико-механические показатели силикатных материалов.

Прочность сырца при сжатии на традиционной известково-песчаной смеси составила 0,43 МПа. Добавка глинистой породы из отсева песка в количестве 30 мас. % повысила прочность сырца до 0,93 МПа, т.е.

более чем в 2 раза. Это позволит снизить брак во время формования и облегчит производство эффективного высокопустотного кирпича.

Заключение

Глинистые включения, получаемые из отсева при обогащении песка можно использовать в качестве сырья для получения автоклавных силикатных материалов в виде известково-песчано-глинистого вяжущего, получаемого совместным помолом глини-

стой породы и негашеной извести. Для изучаемой глинистой породы рациональное содержание сырьевой смеси составляет 30–35 мас.%. Прочность сырца при этом увеличивается в 2 раза. Исследуемая порода формирует цементирующее соединение на основе низкоосновных гидросиликатов кальция и гидрогранатов, обеспечивающее высокие физико-механические показатели силикатных материалов. Высокая прочность сырца позволит облегчить выпуск эффективных высокопустотных силикатных материалов.

Список литературы

1. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Материалы автоклавного твердения с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 6–3. – С. 525–529.
2. Вишневецкая Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2011. – № 3. – С. 53–56.
3. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Володченко А.А. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. – 2007. – № 10. – С. 4–10.
4. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные материалы автоклавного твердения на основе алюмосиликатного сырья как фактор оптимизации системы «человек-материал-среда обитания» // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. – 2014. – № 3. – С. 27–33.
5. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные автоклавные материалы с использованием нанодисперсного сырья // *Строительные материалы*. – 2008. – № 11. – С. 42–44.
6. Володченко А.Н. Особенности взаимодействия магnezальной глины с гидроксидом кальция при синтезе новообразований и формирование микроструктуры // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2011. – № 2. – С. 51–55.
7. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х., Прасолова Е.О., Чхин С. Нетрадиционное глинистое сырье как компонент неорганических дисперсных систем // *Вестник МГСУ*. – 2014. – № 9. – С. 67–75.
8. Володченко А.А., Лесовик В.С., Чхин С. Повышение эксплуатационных характеристик стеновых материалов // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2014. – № 3. – С. 29–34.
9. Klyuchnikova N.V., Lyumar' E.A. Production of metal composite materials // *Glass and Ceramics*. – 2006. – Т. 63, № 1–2. – С. 68–69.
10. Klyuchnikova N.V., Lyumar' E.A. The effect of metal filler on structure formation of composite materials // *Glass and Ceramics*. – 2005. – Т. 62, № 9–10. – С. 319–320.
11. Ключникова Н.В. Рентгенофазовый анализ композиционных материалов на основе глин // *Сборник научных трудов Sworld*. – 2013. – Т. 7, № 1. – С. 3–10.
12. Klyuchnikova N.V. Interaction between components at metal composites production // *European Journal of Natural History*. – 2007. – № 6. – С. 110–111.
13. Ключникова Н.В. Выбор компонентов как важное условие создания композитов с заданными свойствами // *Сборник научных трудов Sworld*. – 2013. – Т. 43, № 1. – С. 16–21.
14. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А. Влияние металлического наполнителя на стадии структурообразования композиционных материалов на основе керамической матрицы // *Стекло и керамика*. – 2005. – № 10. – С. 19.
15. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М. Особенности создания композитов строительного назначения на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2003. – № 5. – С. 61.
16. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М. Перспективность использования металло-композитов на предприятиях энергетического профиля // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2004. – № 8. – С. 26.
17. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А. Конструкционная металлокерамика – один из перспективных материалов современной техники // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2005. – № 9. – С. 111.
18. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М. Строительные материалы на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя // *Успехи современного естествознания*. – 2003. – № 12. – С. 79.
19. Ключникова Н.В. Влияние металлического компонента на свойства керамометаллических композитов // *Сборник научных трудов Sworld*. – 2013. – Т. 39, № 2. – С. 54–60.
20. Ключникова Н.В. Исследование физико-механических свойств керамометаллического композита // *Сборник научных трудов Sworld*. – 2013. – Т. 7, № 1. – С. 10–15.
21. Ключникова Н.В. Эксплуатационные характеристики строительных композиционных материалов // *Сборник научных трудов Sworld*. – 2013. – Т. 50, № 3. – С. 3–8.
22. Ключникова Н.В. Композиционные системы с металлическими компонентами // *Сборник научных трудов Sworld*. – 2014. – Т. 19, № 1. – С. 12–18.
23. Ключникова Н.В. Адаптация поверхности глинистого компонента к металлической составляющей // *Сборник научных трудов Sworld*. – 2014. – Т. 36, № 1. – С. 24–31.
24. Klyuchnikova N.V. Modification of components used for making a metal-ceramic composite // *Последние тенденции в области науки и технологий управления*. – 2013. – Т. 1. – С. 192–197.
25. Ключникова Н.В. Особенности создания композиционных материалов с использованием разнородных компонентов // *Актуальные вопросы современной науки*. – 2014. – № 34. – С. 168–176.
26. Klyuchnikova N.V. New building materials on the basis of various components // *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*. – 2014. – № 7–8. – С. 100–103.