

УДК 691.32

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПРЕССУЮЩЕГО ДАВЛЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРЕССОВАННОГО ИСКУССТВЕННОГО КАМЕННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

¹Красикова О.В., ¹Черепов В.Д., ²Попова Д.В.¹ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола;
²ГБОУ Республики Марий Эл «Лицей информационно-вычислительных технологий «Мегатех», Йошкар-Ола, e-mail: cherepov.86@mail.ru

В данной статье изучено влияние величины прессующего давления на технико-эксплуатационные свойства двухкомпонентного искусственного каменного материала, изготовленного на основе отсевов дробления карбонатных пород (ОДКП) Памашьяльского месторождения Республики Марий Эл. Формовочное давление принималось равным 18 МПа, 21 МПа и 24 МПа. В ходе эксперимента в исследуемый состав был введен химический модификатор КТТРОН 51. Было установлено рациональное значение прессующего давления, равное 18 МПа, как для бездобавочных образцов, так и модифицированных. Экспериментально доказана эффективность введения добавки в исследуемый состав, с точки зрения формирования технико-эксплуатационных характеристик материала, в том числе коэффициента водостойкости, равного 0,63. Также, установлено положительное влияние химического модификатора на формирование прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП Памашьяльского карьера Республики Марий Эл.

Ключевые слова: прессующее давление, искусственный каменный материал, химический модификатор, отсевы дробления карбонатных пород, прочность при сжатии, коэффициент водостойкости, КТТРОН 51

INVESTIGATION OF VALUE OF THE PRESSING PRESSURE UPON FORMATION OF PROPERTIES OF THE PRESSED ARTIFICIAL STONE MATERIAL BASED ON THE SCREENINGS CRUSHING OF CARBONATE ROCKS

¹Krasikova O.V., ¹Cherepov V.D., ²Popova D.V.¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Volga State University of Technology», Yoshkar-Ola;²State Budgetary General Education Institution of Republic of Mari El «Lyceum of information and computing technology «Megatech», Yoshkar-Ola, Yoshkar-Ola, e-mail: cherepov.86@mail.ru

The article studies the effect of the value of pressure on technical and operational properties of two-component artificial stone material based on the screenings crushing of carbonate rocks (SCCR) of Pamashyalsky quarry, the Republic of Mari El. The molding pressure under study is 18 MPa, 21 MPa and 24 MPa. KTTRON 51 chemical modifier was added to composition. It has been found that 18 MPa is the best option for the pressure both for samples without KTTRON 51 and samples with it. The effect of the additive to the investigated composition was proven experimentally, showing improved technical and operational characteristics of the material, including the coefficient of water resistance which is 0.63. Also, it was found that the chemical modifier has a positive influence on the compressive strength in water-saturated state of pressed artificial stone material based on SCCR of the Pamashyalsky quarry.

Keywords: pressing pressure, artificial stone material, chemical modifier, screenings crushing of carbonate rocks, compressive strength, coefficient of water resistance, KTTRON 51

Применение местного минерального сырья в производстве современных строительных материалов является эффективным решением с позиции снижения себестоимости продукции за счет уменьшения транспортных расходов.

По информации, приведенной в научно-технической литературе [12] Республика Марий Эл обладает большими запасами минерального сырья, значительную долю в которых занимают карбонатные породы. На сегодняшний день по данным, представленным Марийским филиалом ФБУ «Территориальный фонд геологической инфор-

мации по Приволжскому федеральному округу» [3–10], в Республике Марий Эл функционируют восемь карьеров по производству карбонатного щебня. Общие объемы запасов рассматриваемого вида минерального сырья составляют 103280 тыс. м³. Наиболее крупными и активно разрабатываемыми месторождениями являются Чукшинское и Памашьяльское, общие запасы которых составляют 38860 тыс. м³ и 30913 тыс. м³ соответственно. Важнейшей отличительной чертой карбонатных пород месторождений Республики Марий Эл, сдерживающей их полномасштабное

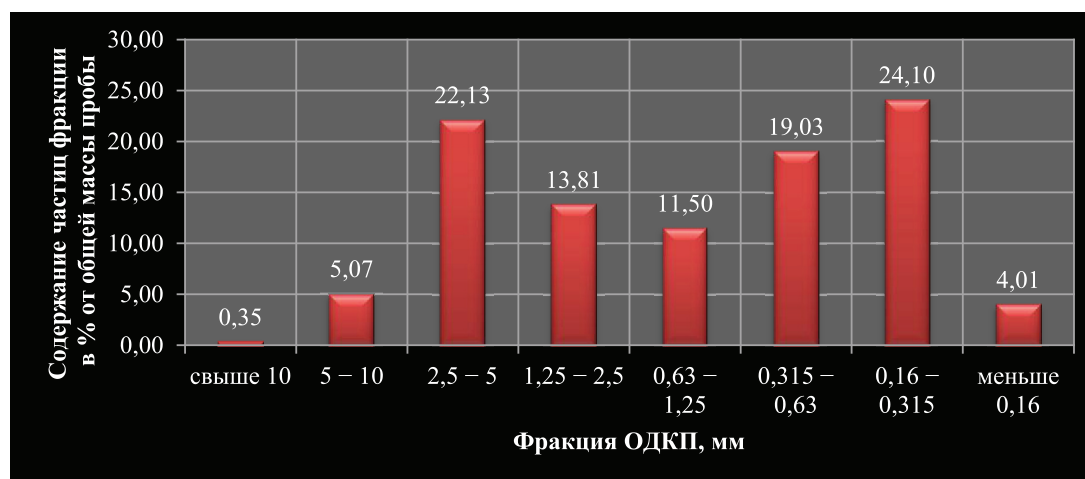


Рис. 1. Гранулометрический состав ОДКП Памашьяльского карьера РМЭ

Кроме того, не менее важной составляющей актуальности настоящей проблемы является фактор потенциальной экологической угрозы многолетних скоплений – отвалов ОДКП, занимающих значительные площади земель, выражающийся в увеличении пылевой нагрузки на окружающую среду [13] и избыточном известковании почв в районах расположения карьеров, в том числе на территориях сельскохозяйственного назначения. На сегодняшний день существует незначительное количество вариантов использования ОДКП в сельском хозяйстве, в частности для известкования кислых почв. При этом объемы их использования в данном направлении крайне малы и не решают задачу ликвидации уже существующих накоплений.

В последние годы в научной литературе появились исследования, направленные на выявление возможностей применения карбонатных пород при производстве мелкоштучного стенового строительного материала, с использованием методов химической и механохимической активации [1, 2, 14, 15]. Ряд исследований [1, 2, 15] посвящен проблемам утилизации ОДКП Коркатовского карьера Республики Марий Эл. Однако в контексте существенной неоднородности свойств и состава карбонатных пород различных месторождений поиск решений, в том числе более экономически эффективных, включающих разработку рецептурно-технологических параметров изготовления искусственного каменного материала на основе отсеков дробления карбонатных пород других месторождений региона, не утратил своей значимости.

Цель настоящего исследования состояла в анализе зависимости прочностных характеристик малоцементного модифици-

рованного каменного материала на основе отсеков дробления карбонатных пород от величины прессующего давления.

Исследовано влияние величины прессующего давления на формирование технико-эксплуатационных свойств прессованного искусственного каменного материала, изготавливаемого на основе отсеков дробления карбонатных пород Памашьяльского карьера Республики Марий Эл, в присутствии химического модификатора КТТРОН 51.

В качестве вяжущего был использован портландцемент ЦЕМ 1 42,5 (ПЦ М500). Содержание цемента во всех составах составляло 10% от массы сухих компонентов. В качестве заполнителя применялись отсеки дробления карбонатных пород Памашьяльского карьера Республики Марий Эл.

Результаты исследования гранулометрического состава применяемых ОДКП в виде диаграммы отражены на рис. 1.

Гранулометрический состав рассматриваемых ОДКП перед проведением экспериментальных исследований подверглся корректировке, состоящей в удалении фракций 10–20 мм. Результаты исследования фазового состава, применяемого в исследованиях ОДКП, представлены в табл. 2.

В результате определения условной эффективной активности естественных радионуклидов отсеков дробления карбонатных пород Памашьяльского карьера было установлено, что рассматриваемые ОДКП соответствуют 1 классу строительных материалов ($A_{\text{эф}}$ не превышает 370 Бк/кг), согласно п. 5.3.4 [11]. Таким образом, ОДКП, применяемые для изготовления прессованного искусственного каменного материала, являются экологически чистыми.

Таблица 2

Фазовый состав ОДКП Памашьяльского карьера

Наименование месторождения	Фазовый состав, % мас.
Памашьяльское	Кальцит – 81, доломит – 12, глинистые минералы – 5, полевые шпаты – 1, кварц – 1

Таблица 3

Рецептура составов сырьевой смеси

№ п/п	Содержание компонентов, % от массы сухих материалов			Величина прессующего давления, МПа	Содержание КТТРОН 51, % от массы цемента
	Цемент	ОДКП	Вода		
1	10	90	7,2	18	1
2	10	90	7,2	21	1
3	10	90	7,2	24	1
4	10	90	7,2	18	0
5	10	90	7,2	21	0
6	10	90	7,2	24	0

Примечание. Из представленных составов прессованием изготавливались образцы – цилиндры диаметром 70 мм и высотой 70 мм.

Таблица 4

Результаты экспериментальных исследований

Величина прессующего давления, МПа	Рсж. образцов, твердеющих в нормальных условиях, МПа		Рсж. образцов в сухом состоянии, МПа		Рсж. образцов в водонасыщенном состоянии, МПа		
	Модифицированных добавкой КТ ТРОН 51	Контрольных образцов	Модифицированных добавкой КТ ТРОН 51	Контрольных образцов	Модифицированных добавкой КТ ТРОН 51	Контрольных образцов	Твердевших в водной среде
18	18,43	18,34	29,12	29,38	17,05	14,29	17,67
21	19,09	19,21	30,03	30,15	18,05	15,67	18,91
24	21,02	21,84	30,21	30,78	20,11	18,48	20,87

Влажность подбиралась исходя из удобоформируемости смеси и во всех составах принималась равной 7,2% от массы сухих материалов.

Количество вводимого модификатора во всех составах принималось одинаковым и составляло 1% от массы цемента. Выбор уровня содержания добавки КТТРОН 51 соответствовал минимальной границе диапазона применения данного модификатора, рекомендованного производителем.

В ходе проведения экспериментальных исследований оценивалась эффективность введения химического модификатора КТТРОН 51 в количестве 1% от массы цемента на технико-эксплуатационные характеристики прессованного искусственного каменного материала, изготавливаемого на основе ОДКП Памашьяльского карьера Республики Марий Эл в зависимости от величины прессующего давления. Значение

переменного фактора принималось равным 18, 21 и 24 МПа.

Рецептурно-технологические параметры исследуемых составов представлены в табл. 3.

Кроме того, с целью проверки гипотезы о повышении эффективности введения химического модификатора КТТРОН 51 при твердении образцов в водной среде, часть образцов на 5 сутки твердения в нормальных условиях была помещена в водную среду.

Результаты проведенного комплекса экспериментальных исследований представлены в табл. 4 и на рис. 2–5.

Результаты исследования формирования прочности при сжатии разрабатываемого материала в зависимости от величины прессующего давления и введения химического модификатора КТТРОН 51 представлены на рис. 2.

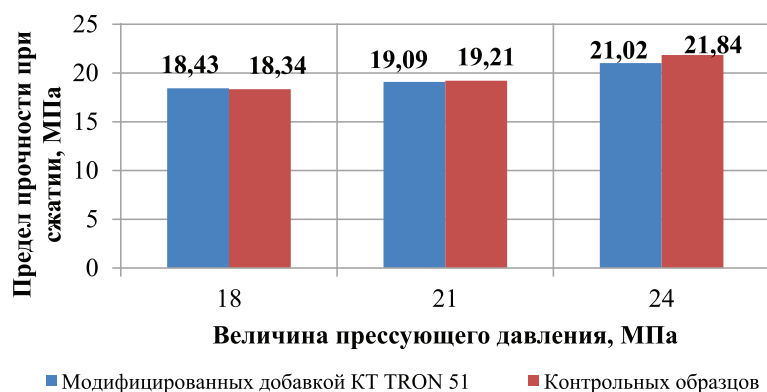


Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии от величины прессующего давления

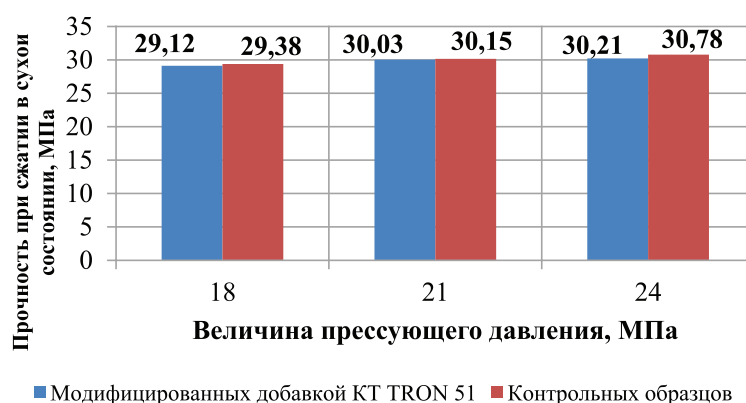


Рис. 3. Влияние величины прессующего давления на прочность при сжатии образцов в сухом состоянии

Анализ представленных данных показал, что при увеличении прессующего давления предел прочности при сжатии образцов, модифицированных добавкой КТTRON 51 и контрольных образцов, растет незначительно и в равных пропорциях. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что формование искусственного каменного материала при большом значении прессующего давления нецелесообразно с точки зрения энергозатрат, напрямую связанных с себестоимостью разрабатываемого материала.

Результаты исследования зависимости прочности при сжатии разрабатываемого материала в сухом состоянии от величины прессующего давления, представленные на рис. 3, показали, что в контрольных образцах и в образцах, имеющих в своем составе химический модификатор, увеличение значения прессующего давления не привело к росту исследуемого параметра.

Результаты исследования формирования прочности при сжатии малоцементного мо-

дифицированного искусственного каменного материала в водонасыщенном состоянии в зависимости от величины прессующего давления и условий твердения образцов представлены на рис. 4.

Анализ представленного графика позволяет утверждать, что увеличение прессующего давления способствует росту прочности при сжатии исследуемого материала в водонасыщенном состоянии. В частности, рост анализируемого параметра в немодифицированных (контрольных) образцах при увеличении прессующего давления с 18 МПа до 24 МПа, составил 29%. В составах, модифицированных добавкой КТTRON51, прирост прочности в водонасыщенном состоянии при изменении значения прессующего давления в исследуемом диапазоне составил 18%. Кроме того, немаловажным является факт роста анализируемого параметра модифицированных образцов по сравнению с контрольными. Так, введение в состав малоцементного искусственного каменного материала добавки КТTRON51

в количестве 1 % от массы цемента способствовало увеличению прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии образцов, изготавливаемых при величине прессующего давления 18 МПа, 21 МПа, 24 МПа на 19%, 15%, 9% соответственно.

В ходе эксперимента был проведен анализ зависимости коэффициента водостойкости мелкоштучного искусственного каменного материала от величины прессующего давления.

Влияние прессующего давления на исследуемый показатель представлено на рис. 5.

Результаты, представленные на диаграмме, позволяют сделать вывод, что увеличение прессующего давления в рассматриваемом диапазоне способствует росту коэффициента водостойкости контрольных и модифицированных образцов искусственного каменного материала на 22% и 13,05% до значения 0,6 и 0,67 соответственно. Введение химического модификатора KTTRON51 в количестве 1% от массы цемента приводит к росту исследуемого параметра образцов искусствен-

ного каменного материала на основе ОДКП Памашьяльского карьера Республики Марий Эл, изготавливаемых при величине прессующего давления 18 МПа, 21 МПа, 24 МПа на 20%, 21%, 11,7% соответственно.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что наиболее рациональное значение прессующего давления с точки зрения формирования прочности при сжатии искусственного каменного материала на основе ОДКП Памашьяльского карьера РМЭ составляет 18 МПа.

2. Установлена возможность получения экологически чистого прессованного искусственного каменного материала с прочностью при сжатии до 18 МПа и коэффициентом водостойкости 0,49 из двухкомпонентных составов с содержанием цемента и ОДКП Памашьяльского карьера РМЭ 10% и 90% от массы сухих материалов соответственно, при величине влажности формовочной смеси 7,2% и величине прессующего давления 18 МПа.

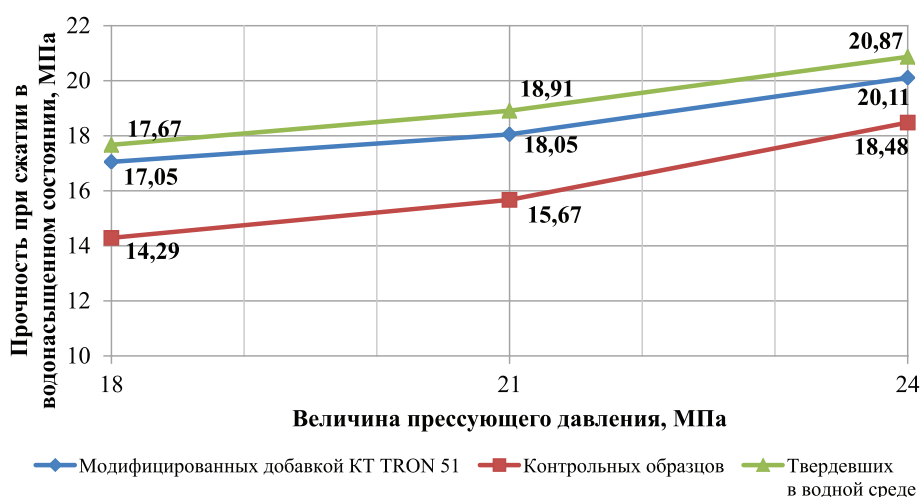


Рис. 4. Зависимость прочности при сжатии образцов в водонасыщенном состоянии от величины прессующего давления

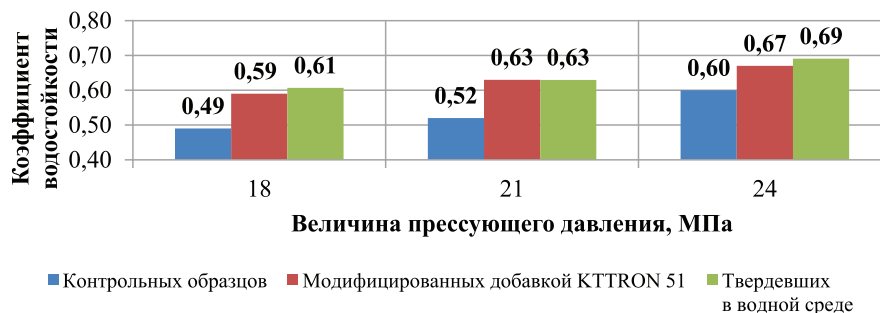


Рис. 5. Зависимость коэффициента водостойкости от величины прессующего давления

3. Установлено положительное влияние химического модификатора КТТРОН 51 на формирование прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП Памашьяльского карьера РМЭ.

Список литературы

1. Кононова О.В., Черепов В.Д. Модифицированный искусственный камень на основе отсевов дробления карбонатных пород [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1; Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8295>.
2. Кононова О.В., Черепов В.Д. Структурообразование искусственного камня на основе отсевов дробления карбонатных пород [Электронный ресурс] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–6. – С. 1200–1204; Режим доступа: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35038>.
3. Паспорт месторождения неметаллических полезных ископаемых № 88-Б-00084 (месторождение Ировское), Мариjsкий филиал ФБУ «ТФГИ по ПФО», 2013.
4. Паспорт месторождения неметаллических полезных ископаемых № 43 (№ 671) (месторождение Коркатовское), Мариjsкий филиал ФБУ «ТФГИ по ПФО», 1994.
5. Паспорт месторождения неметаллических полезных ископаемых № 36 (№ 324) (месторождение Новоторьяльское, участок Северный), Мариjsкий филиал ФБУ «ТФГИ по ПФО», 1994.
6. Паспорт месторождения неметаллических полезных ископаемых № 38 (месторождение Памашьяльское), Мариjsкий филиал ФБУ «ТФГИ по ПФО», 2004.
7. Паспорт месторождения неметаллических полезных ископаемых № 88-Б-00076 (месторождение Ронгинское), Мариjsкий филиал ФБУ «ТФГИ по ПФО», 1997.
8. Паспорт месторождения неметаллических полезных ископаемых № 88-Б-00053 (№ 643-Б-22948) (месторождение Чодраляльское), Мариjsкий филиал ФБУ «ТФГИ по ПФО», 2015.
9. Паспорт месторождения неметаллических полезных ископаемых № 41 (№ 17248) (месторождение Чукшинское-I), Мариjsкий филиал ФБУ «ТФГИ по ПФО», 2011.
10. Паспорт месторождения неметаллических полезных ископаемых № 37 (№ 330) (месторождение Юрдурское), Мариjsкий филиал ФБУ «ТФГИ по ПФО», 1994.
11. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.6.1.2523–09 Нормы радиационной безопасности НРБ–99/2009. – М.: Издательство стандартов, 2009. – С. 65.
12. Сычева М.Д. Объяснительная записка к обзорной карте месторождений строительных материалов Мариjsкой АССР / Сост. М.Д. Сычева, А.И. Белянина, А.В. Гришанина. – М.: Геологический фонд РФ, 1984. – С. 127.
13. Талпа, Б.В. Новые виды минерального сырья на Юге России / Б.В. Талпа, Н.И. Бойко // Изв. вузов. Северо-Кавказский Регион. – 1995. – № 1.
14. Форопонов, К.С. Прессованный кирпич на основе мягкого мела и мелоподобных горных пород Ростовской об-

ласти: дис. канд. техн. наук: 05.23.05 / К.С. Форопонов. – Ростов н/Д, 2010. – 212 с.

15. Черепов В.Д. Искусственный каменный материал на основе отсевов дробления карбонатных пород: Автореф. дис. канд.тех.наук. – Иваново, 2015. – 18 с.

References

1. Kononova O.V., Cherepov V.D. Modificirovannyj iskusstvennyj kamen na osnove otsefov droblenija karbonatnyh porod [Elektronnyj resurs] // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2013. no. 1; Rezhim dostupa: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8295>.
2. Kononova O.V., Cherepov V.D. Strukturnoobrazovanie iskusstvennogo kamnja na osnove otsefov droblenija karbonatnyh porod [Elektronnyj resurs] // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 9–6. pp. 1200–1204; Rezhim dostupa: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35038>.
3. Pasport mestorozhdenija nemetallicheskih poleznyh iskopaemyh no. 88-B-00084 (mestorozhdenie Irovskoe), Marijskij filial FBU «TFGI po PFO», 2013.
4. Pasport mestorozhdenija nemetallicheskih poleznyh iskopaemyh no. 43 (no. 671) (mestorozhdenie Korkatovskoe), Marijskij filial FBU «TFGI po PFO», 1994.
5. Pasport mestorozhdenija nemetallicheskih poleznyh iskopaemyh no. 36 (no. 324) (mestorozhdenie Novotorjalskoe, uchastok Severnyj), Marijskij filial FBU «TFGI po PFO», 1994.
6. Pasport mestorozhdenija nemetallicheskih poleznyh iskopaemyh no. 38 (mestorozhdenie Pamashjalskoe), Marijskij filial FBU «TFGI po PFO», 2004.
7. Pasport mestorozhdenija nemetallicheskih poleznyh iskopaemyh no. 88-B-00076 (mestorozhdenie Ronginskoe), Marijskij filial FBU «TFGI po PFO», 1997.
8. Pasport mestorozhdenija nemetallicheskih poleznyh iskopaemyh no. 88-B-00053 (no. 643-B-22948) (mestorozhdenie Chodrajalskoe), Marijskij filial FBU «TFGI po PFO», 2015.
9. Pasport mestorozhdenija nemetallicheskih poleznyh iskopaemyh no. 41 (no. 17248) (mestorozhdenie Chukshinskoe-I), Marijskij filial FBU «TFGI po PFO», 2011.
10. Pasport mestorozhdenija nemetallicheskih poleznyh iskopaemyh no. 37 (no. 330) (mestorozhdenie Jurdurskoe), Marijskij filial FBU «TFGI po PFO», 1994.
11. Sanitarnye pravila i normy: SanPiN 2.6.1.2523–09 Normy radiacionnoj bezopasnosti NRB–99/2009. M.: Izdatel'stvo standartov, 2009. pp. 65.
12. Sycheva M.D. Objasnitelnaja zapiska k obzornoj karte mestorozhdenij stroitelnyh materialov Marijskoj ASSR / Sost. M.D. Sycheva, A.I. Beljanina, A.V. Grishanina. M.: Geologicheskij fond RF, 1984. pp. 127.
13. Talpa, B.V. Novye vidy mineralnogo syrja na Juge Rossii / B.V. Talpa, N.I. Bojko // Izv. vuzov. Severo-Kavkazskij Region. 1995. no. 1.
14. Foroponov, K.S. Pressovannyj kirpich na osnove mjagkogo mela i melopodobnyh gornyh porod Rostovskoj oblasti: dis. kand. tehn. nauk: 05.23.05 / K.S. Foroponov. Rostov n/D, 2010. 212 p.
15. Cherepov V.D. Iskusstvennyj kamennyj material na osnove otsefov droblenija karbonatnyh porod: Avtoref. dis. kand. teh.nauk. Ivanovo, 2015. 18 p.