

Ресурсный потенциал горной части Чеченской Республики для производства современных ремонтно-реставрационных вяжущих и составов

С.Г. Шеина², Д.К.-С. Батаев¹, А.А. Даукаев¹, П.Д. Батаева¹, А.Д. Батаев¹

¹Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН, Грозный
²Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Ремонтно-реставрационные вяжущие и составы на их основе необходимы прежде всего для ремонта, восстановления и реставрации объектов культурного наследия как Российской Федерации, так и зарубежья. К ним предъявляются особые требования, поэтому проведение сопутствующих инженерно-изыскательских, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ является важным условием для разработки современных научно выверенных, практически проверенных и востребованных на практике ремонтно-реставрационных материалов. Одним из главных условий для практической реализации предполагаемого инвестиционного проекта является наличие в регионе и стране минерально-сырьевой базы. Ресурсный потенциал карбонатных, галогенных и глинистых пород в полном объеме представлен в горной части Чеченской Республики (ЧР). На основе результатов исследовательских и поисковых работ, на территории ЧР выделены 6 прогнозных площадей, перспективных на выявление месторождений карбонатного, галогенного и глинистого сырья, в основном, в качестве известкового, цементного и многоцелевого назначения. В работе использованы методы аналитических исследований и научных обобщений, экспертных оценок, моделирования процессов и системного анализа. Выполнена классификация неорганических вяжущих веществ, в которую впервые вошли органические вяжущие и добавки в ремонтно-реставрационные вяжущие вещества и составы. В результате поисковых исследований предложено производить ремонт, восстановление и реставрацию памятников истории и культуры с применением разработанных в КНИИ имени Х.И. Ибрагимова РАН современных технологий и материалов для ремонтно-реставрационных работ. Для оценки и корректировки научной проблемы, связанной с разработкой ремонтно-реставрационных вяжущих и ремонтно-реставрационных составов, выполнен обзор исторического опыта. Разработана концепция развития нового научного направления «Высокопрочные композиционные материалы на основе известковых (гидравлических и гидратных), гипсовых (гипсовых и ангидритовых) и магнезиальных вяжущих веществ для ремонта и реставрации памятников культурного наследия».

Ключевые слова: ремонтно-реставрационные вяжущие, ремонтно-реставрационные составы, известь гидравлическая, известь гидратная, гипс, ангидрит, доломит, магнезиальные вяжущие, карбонизация, декарбонизация, карбонатное сырье, цементное сырье, глины, известняки.

В рамках проекта развития горных территорий Юга России исследованы основные составы и вяжущие вещества, используемые при ремонте и восстановлении объектов культурного наследия. В результате установлено, что существует множество разнообразных вяжущих веществ,

однако при ремонте и восстановлении памятников археологии, истории и культуры применяется лишь часть из них. Такие вяжущие вещества относят к ремонтно-реставрационным. А они, в свою очередь, подразделяются на минеральные вяжущие вещества, т.е. неорганические и органические вяжущие вещества. Минеральные (неорганические) вяжущие вещества – это порошковидные материалы, затвердевающие и образующие камень при смешивании с водой или растворами некоторых солей. Неорганические вяжущие используются, в основном, в смеси с водой и наполнителями и заполнителями, которые представляют собой органические и неорганические материалы разных размеров: отдельные зерна, куски, волокна и др. В некоторых случаях неорганические вяжущие используют в чистом виде без наполнителей и заполнителей.

Неорганические вяжущие вещества в зависимости от их основных свойств подразделяются на три основные группы: воздушные, гидравлические и кислотостойкие [1, 2]. Выполнена классификация неорганических вяжущих веществ, в которую впервые вошли органо-неорганические вяжущие и добавки в ремонтно-реставрационные вяжущие вещества и составы (Рисунок 1). Предложено производить ремонт, восстановление и реставрацию памятников истории и культуры с применением разработанных в КНИИ имени Х.И. Ибрагимова РАН ремонтно-реставрационных составов на основе белого цемента, гидратной и гидравлической известей, гипса, ангидритового вяжущего и доломитовой извести [3, 4].

Поисковые исследования на основе анализа отечественного и зарубежного опыта [5, 6] и выполненные нами лабораторные исследования позволили разработать концептуально «ромашку свойств и требований» ремонтно-реставрационных вяжущих и составов (Рисунок 2), которая в ядре определяет свойства и требования к РРС: долговечность, адгезия, сходство

свойств, оптимальная реология, экологичность, экономичность, эластичность, безусадочность, деформативность и водонепроницаемость. Из этой группы можно выделить четыре главных свойств и требований, это долговечность, адгезия и сходство свойств. Сходство свойств, в принципе, вбирает в себя оптимальную реологию, эластичность, безусадочность, деформативность и водонепроницаемость. А экологичность и экономичность можно отнести к оценке качества состава. Сформированные вокруг свойств и требований ремонтно-реставрационные составы можно разделить на три группы: на основе известковых (гидравлических и гидратных), гипсовых (гипсовых и ангидритовых) и магнезиальных вяжущих веществ [7, 8].

По предварительным расчетам количество РРС составляет 16, а если учитывать количество сочетаний из 16 составов по 3 компонента вяжущего в каждом получается число 80, определенное пока концептуально.

Необходимо отметить, что на основе известковых (гидравлических и гидратных), гипсовых (гипсовых и ангидритовых) и магнезиальных вяжущих веществ можно получать многокомпонентные известковые композиты (Рисунок 3), в том числе и высокопрочные с регулируемыми и управляемыми свойствами.

В качестве преимуществ известковых вяжущих веществ (гидравлических и гидратных), гипсовых вяжущих веществ (гипсовых и ангидритовых), магнезиальных вяжущих веществ следует отметить, что их себестоимость в 2 и более раза ниже цементных вяжущих, из-за низких затрат при производстве. Это видно, если сравнить температуры их обжига:

-цемент – 1450 – 2580 град,

-известь – 700 - 1100 град,

-гипс – 150-180 град.

Выбросы вредных веществ в атмосферу при производстве извести, гипса ниже. При оценке экологического вреда на окружающую среду при

производстве комплексных вяжущих и композиционных материалов из известковых, гипсовых (гипсовых и ангидритовых) и магниезальных пород необходимо учитывать международный протокол по углеродному балансу в природе. При производстве известковых и магниезальных вяжущих выделяется углерод (1,2,3), а при гидратации и твердении их - углерод поглощается (4,5), достигая со временем нулевой баланс. При производстве гипса углерод вовсе не выделяется, а выпаривается лишь $1,5 H_2O$ (6).

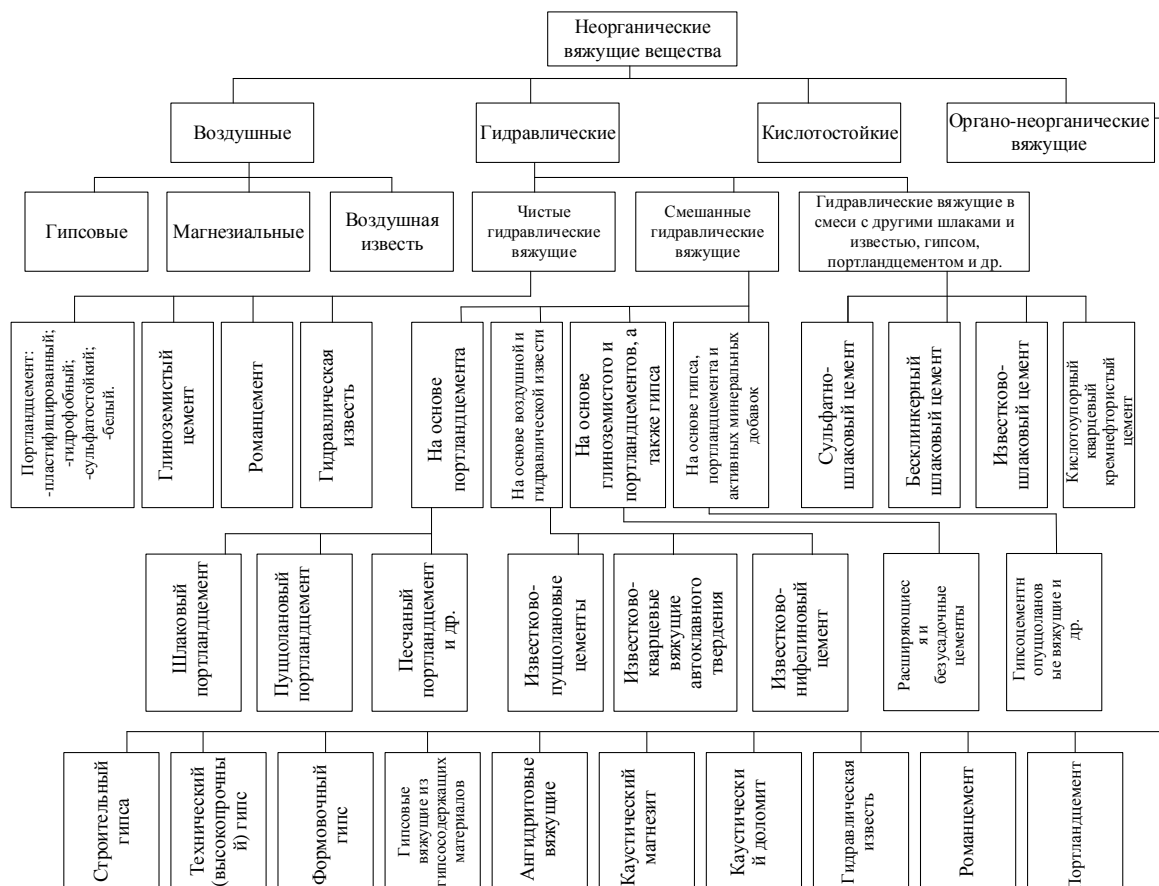
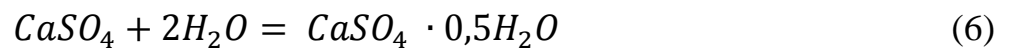
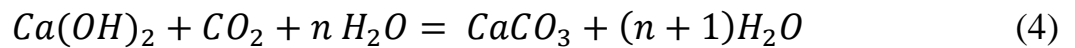
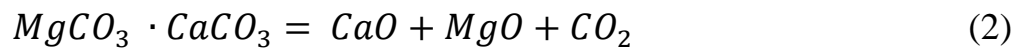


Рисунок 1. – Классификация неорганических вяжущих веществ

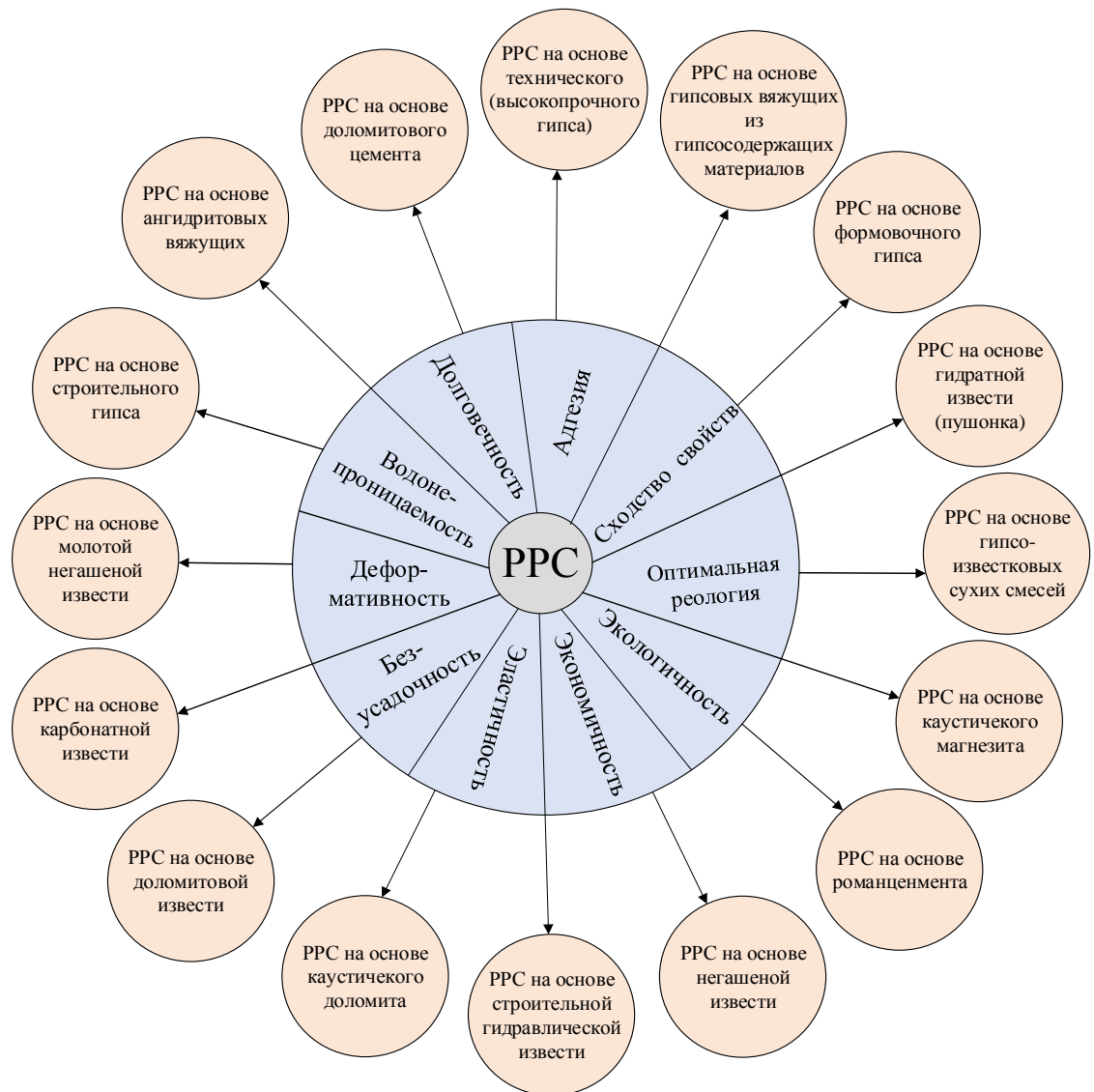


Рисунок 2. – Ремонтно-реставрационные вяжущие (РРВ) и составы (РРС)

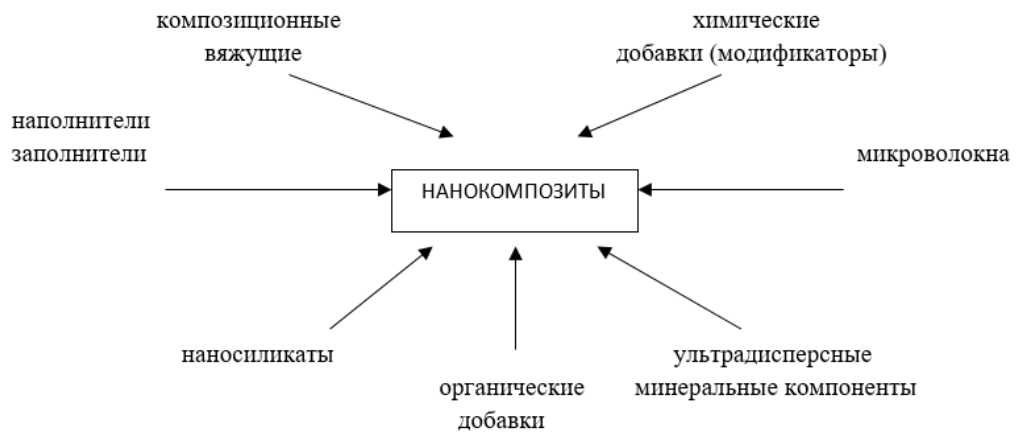


Рисунок 3. – Структура многокомпонентных известковых композитов

Известны три способа твердения извести (гидратной, гидравлической, магнезиальной) (Рисунок 4) и два вида ее карбонизации (Рисунок 5) [9].

Твердение известкового композита происходит в результате сращивания кристалликов, образующегося карбоната с частицами гидроксида кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) и заполнителя. При карбонизации гидрата окиси кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ объем твердой фазы увеличивается.



Рисунок 4. – Типы твердения извести

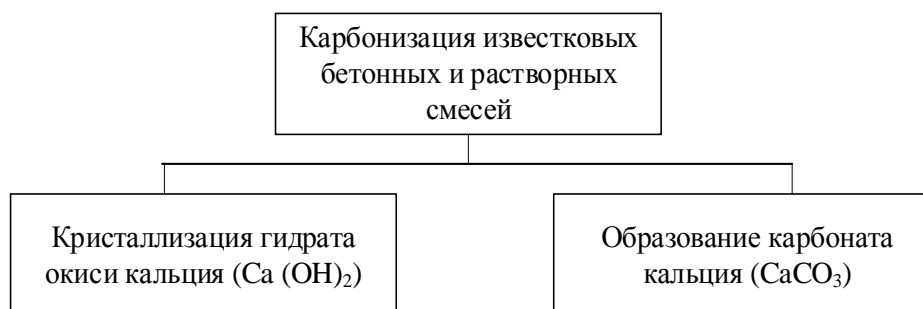


Рисунок 5. – Виды карбонизации известковых смесей

При увеличении объема твердой фазы дополнительно уплотняется и упрочняется твердеющий известковый композит. В процессе карбонизации образуются, наряду с карбонатом кальция, разные соединения типа $\text{CaCO}_3 \cdot n \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot m \text{H}_2\text{O}$.

При твердении известкового композита очень медленно испаряется вода и медленно протекает процесс карбонизации. Процесс карбонизации может занять несколько сотен лет. Объясняется это тем, что карбонизация захватывает, преимущественно, поверхностный слой при малой концентрации углекислого газа CO_2 (примерно 0,03 %), а большая плотность

пленки, образующегося карбоната, затрудняет дальнейшее проникание CO_2 во внутрь известкового композита. В начальный период твердения композитов из гашеной извести на рост их прочности влияют процессы высыхания и перекристаллизации частиц $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Таким образом, в процессах декарбонизации и карбонизации известковых вяжущих веществ и материалов присутствует тепломассообмен, так как обжиг известняка или доломита является основной технологической операцией, при которой происходит полное разложение CaCO_3 и $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ на CaO , MgO с выделением углекислого газа CO_2 . Тепломассообмен присутствует также и при тепловой и тепловлажностной обработке известковых композиционных материалов и изделий.

Как было сказано выше, реакция диссоциации и декарбонизации CaCO_3 и $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ имеет вид (1,2,3) и является обратимой реакцией. При решении прикладной задачи – обжиг известняка, возникает потребность оценки развития явления декарбонизации: скорости реакции, фронта разложения, границы разложения $\text{CaO} - \text{CaCO}_3$, времени диссоциации и др.

К главному преимуществу можно отнести долговечность композитов на основе комплексных известковых, гипсовых и магнезиальных вяжущих, которая на порядок выше современных композиционных материалов – 1000 лет и более.

К недостаткам комплексных известковых, гипсовых и магнезиальных вяжущих веществ следует отнести ограничение этажности строительства при их использовании – до 10-15 этажей, что вполне приемлемо для регионов с высокой сейсмической активностью, и широкий разброс прочностных показателей – от 15 кг/см^2 до 350 кг/см^2 .

При реализации проекта РРВ и РРС имеет место новое научное направление «Высокопрочные композиционные материалы на основе известковых (гидравлических и гидратных), гипсовых (гипсовых и

ангидритовых) и магнезиальных вяжущих веществ для ремонта и реставрации памятников истории и культуры», охватывающее научные специальности: «Технология и организация строительства», «Строительные материалы и изделия» и «Теоретическая теплофизика и теплотехника», по которым КНИИ имени Х.И. Ибрагимова РАН и ГГНТУ имени М.Д. Миллионщикова готовит кадры высшей квалификации в своих аспирантурах. Обозначенное научное направление может в будущем повлечь за собой создание на базе Отдела материаловедения КНИИ имени Х.И. Ибрагимова РАН, или отдельно, всероссийского, по масштабу, научно-исследовательского института неорганических и органических вяжущих веществ и композиционных материалов. Наукоемкий сектор экономики в Чеченской Республике имеется в части промышленности строительных материалов, что является основой для развития фундаментальной и прикладной науки отрасли.

Производство известковых, гипсовых и магнезиальных вяжущих веществ целесообразно наладить на базе Чири-Юртовского цементного завода или ИСТ «Казбек». Возможны варианты создания заводских мощностей ближе к месторождениям природного гипса, ангидрита, известняка и доломита. Природные залежи их достаточны на территории горной Чеченской Республики для промышленной разработки в масштабах Российской Федерации [10, 11].

На территории Чеченской Республики цементное сырье представлено в основном известково-мергельным комплексом пород позднемелового возраста. В качестве добавок используются глинистые породы и гипсы. На рисунке 6 приводится их краткое описание.

Гипсо-ангидритовая толща титонского яруса верхней юры прослеживается по р. Чанты-Аргун и включает слои гипса с толщиной от нескольких метров до 30-35 м и ангидрита с мощностью до 20 м.

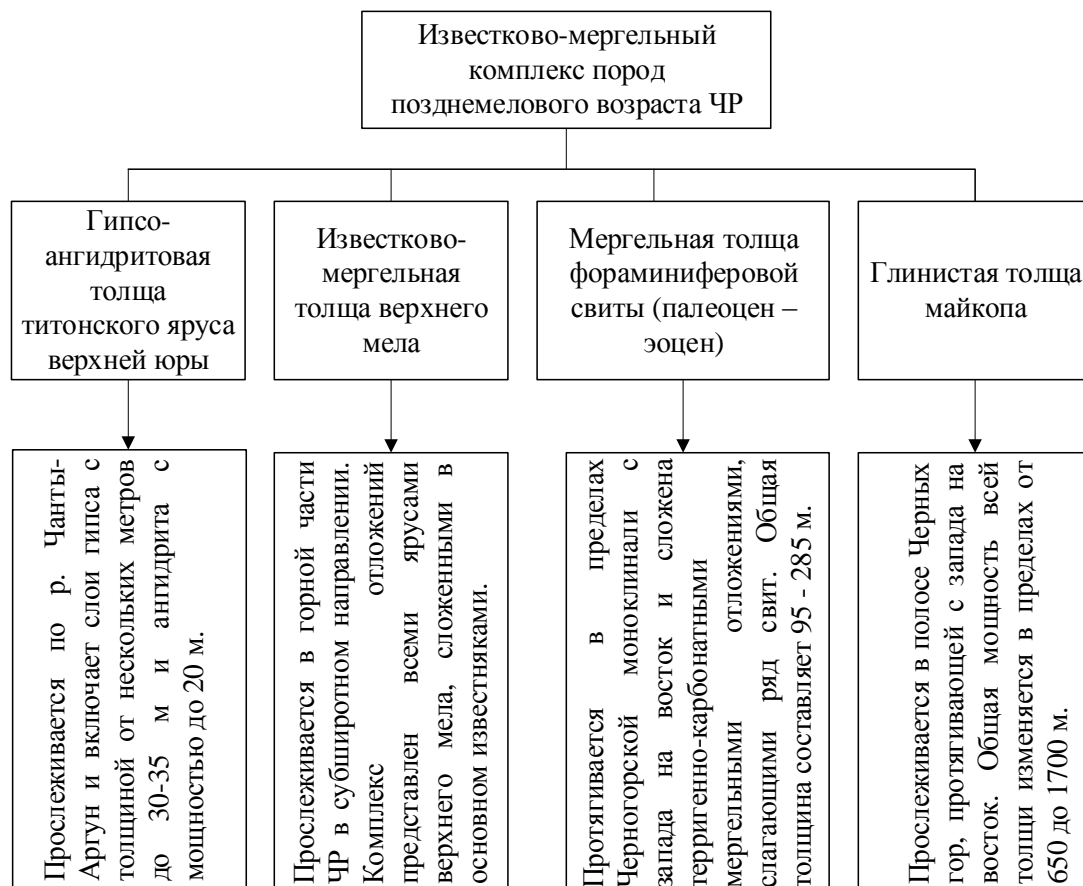


Рисунок 6. – Известково-мергельный комплекс пород поздне мелового возраста

Согласно техническим условиям Гипроцемента карбонатные разности пород для производства цемента и извести должны отвечать требованиям, представленным в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к минеральному сырью для производства цемента и извести

CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , F ₂ O ₃
не менее 43,5	не более 2,95	не более 1,66	не более 1	не более 0,44	0,88-1,07

Карбонатные породы по степени пригодности для производства разных видов цемента подразделяются на две группы (Рисунок 7).

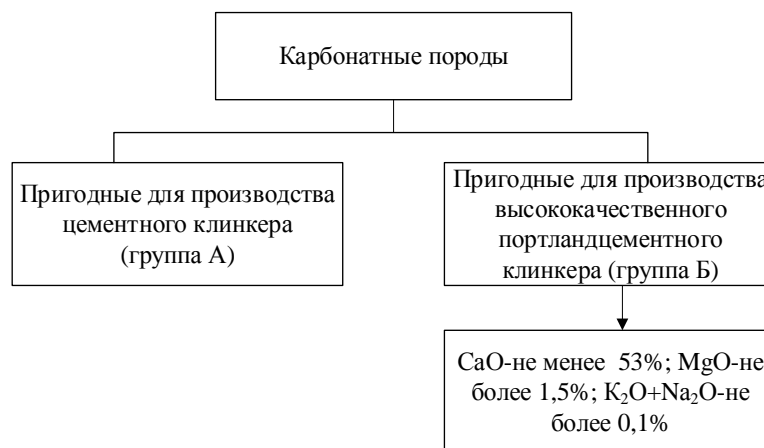


Рисунок 7. – Классификация карбонатных горных пород по степени пригодности для производства разных видов цемента

На рисунке 8 приводятся краткие сведения о месторождениях и перспективных площадях цементного сырья на территории ЧР.



Рисунок 8. – Краткие сведения о месторождениях и перспективных площадях цементного сырья на территории ЧР

Перспективной на глины для производства вяжущих является Дуба-Юрт – Новоатагинская прогнозная площадь, расположенная в нижнем течении р. Аргун. Карбонатные породы, представленные известняками и мергелистыми известняками, распространены в пределах Фортанга-

Шароаргунской и Шатой-Ярыш-Мордынской прогнозных площадей. Глины и известняки могут быть использованы для производства портландцемента марок 400-600; известняки – также в качестве строительного щебня марки 200 и выше. Суммарные прогнозные ресурсы цементного сырья оцениваются в 2696 млн. м³, из них по категории Р2 глины – 94, известняки – 980, Р3–1622 (известняки). Перспективы для выявления гипса связаны с Кенхийской, Кирийской, Дайской прогнозными площадям.

Доломиты пользуются широким распространением среди пород оксфордского и титонского ярусов верхней юры (J3). В настоящее время известны Шаро-Аргунское, Ушкалойское, Нашахаламское, Рошни-Чуйское и Пешхойское проявления высокомагнезиальных доломитов, пригодных в качестве флюсов для металлургии и производства магнезиальной и строительной извести.

В 2012-14 гг. сотрудниками ОАО «Севкавгеология» (г. Ессентуки) и ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» (г. Казань) проведены ревизионные и поисковые работы на наиболее перспективных площадях развития доломитов многоцелевого использования: Ушкалойской (площадь 18 км²) и Шаро-Аргунской (95 км²).

Прогнозные ресурсы Шаро-Аргунской площади оцениваются по категории Р1 в 10,4 млн т, Р2–21 млн т.

В пределах Ушкалойской площади продуктивная толща доломитов и известковистых доломитов мощностью 30-100 м прослежена на 5,4 км. Прогнозные ресурсы доломитов категории Р2 оценены в 10,7 млн т. Также, вышеупомянутыми организациями были проведены прогнозно-минерагенические исследования, в результате которых выделена Асса-Шаро-Аргунская прогнозная площадь (58 км²). Прогнозные ресурсы категории Р3 площади оценены в 580 млн.м³.

Проведенные лабораторно-технологические испытания (ФГУП «ЦНИИгеолнеруд») показали, что изученное сырье после обжига пригодно для получения металлургического доломита. Высокие содержания MgO (более 20%) и CaO (29–31%) в породах свидетельствуют о возможности получения качественного доломитового вяжущего (доломитового цемента), воздушной доломитовой извести 1 и 2 сортов и высокоогнеупорных изделий для футеровки кислородных конверторов, а также известкования кислых почв и производства стекла.

Литература

1. Ильясов Л.Ч. Тени вечности. Чеченцы: материальная культура, история, духовные ценности/ Российская Академия наук, Ин-т этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая. Изд. 2-е, испр. и доп. М., 2021. С. 173-233.
2. Керимов И.А., Аксенов Е.М., Антонов В.А., Арютина В.П., Бачаева Т.Х., Беляев Е.В., Власова Р.Г., Висмурадов А.В., Даукаев Х.А., Егорова Н.Г., Корнилов А.В., Курбанова М.М., Лыгина Т.А., Сабитов А.А., Савин А.С., Садыков Р.К., Сенаторов П.П., Тимербаева Э.А. Минерально-сырьевые ресурсы Чеченской Республики. Изд. 2-е, доп. Грозный: АН ЧР. 2016. 523 с.
3. Bazhenov Yu.M., Bataev D.K-S., Mazhiev H.N. Bataeva P.D. Prospects for the Development of Nanostructured Polymer Composites in the Chechen Republic // International journal of environmental & science education 2016, vol. 11, no. 18, 12687-12697. С. 283-292.
4. Батаева П.Д. Магнезиальное вяжущее для приготовления ремонтно-реставрационного состава // Вестник Комплексного научно-исследовательского института им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук. 2020. № 4. С. 43-49.

5. Котляр, В.Д., Братский Д.И., Устинов А.В. Вещественный состав и дообжиговые керамические свойства глинистых опок // Инженерный вестник Дона, 2010, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/249
6. Несветаев Г.В., Та Ван Фан. Влияние белой сажи и метакаолина на прочность и деформационные свойства цементного камня // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1110
7. Stark J. Recent advances in the field of cement hydration and microstructure analysis // Cement and Concrete Research. 2011. N 41. pp. 666-678.
8. Tomaszewski A. Politika ochrony dóbr kultury w polsce // Ochrona zabytków. 1995. № 3-4. pp. 249-252.
9. Bataev D.K-S., Murtazaev S-A.J., Mazhiev Kh.N., Maloroev M.M., Bataev G.K-S., Goitemirov R.U., Gaziev M.A., Bataeva P.D. Organic-inorganic composition for stone masonry walls of ancient tower and necropolis buildings in the North Caucasus/ // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1103, International Scientific Conference Interstroyemh (ISM 2020). – Samara. – PP. 224-232.
10. Шелихов Н.С., Рахимов Р.З. Комплексное использование карбонатного сырья для производства строительных материалов// Строительные материалы. 2006. №9. С. 40-42.
11. Шелихов Н.С., Рахимов Р.З. Гидравлическая известь и романцемент из минерального сырья Татарстана// Строительный вестник Татарстана. 2002. №2. С. 48-53.

References

1. Pyasov L.Ch. Teni vechnosti. Chechency: material`naya kul`tura, istoriya, duxovny`e cennosti/ Rossijskaya Akademiya nauk [Shadows of eternity. Chechens: material culture, history, spiritual values]. M., 2021. pp. 173-233.
-

2. Kerimov I.A., Aksenov E.M., Antonov V.A., Aryutina V.P., Bachaeva T.H., Belyaev E.V., Vlasova R.G., Vismuradov A.V., Daukaev H.A., Egorova N.G., Kornilov A.V., Kurbanova M.M., Lygina T.A., Sabitov A.A., Savin A.S., Sadykov R.K., Senatorov P.P., Timerbaeva E.A. Mineral`no-sy`r`evy`e resursy` Chechenskoj Respubliki. [Mineral resources of the Chechen Republic]. Grozny`j: AN ChR. 2016. 523 p.
3. Bazhenov Yu.M., Bataev D.K-S., Mazhiev H.N. Bataeva P.D. International journal of environmental & science education 2016, vol. 11, no. 18, pp. 12687-12697. pp. 283-292.
4. Bataeva P.D. Vestnik Kompleksnogo nauchno-issledovatel`skogo instituta im. X.I. Ibragimova Rossijskoj akademii nauk. 2020. № 4. pp. 43-49.
5. Kotlyar, V.D., Bratsky D.I., Ustinov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2010, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/249
6. Nesvetaev G.V., Ta Wang Fan. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012, № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1110
7. Stark J. Cement and Concrete Research. 2011. N 41. pp. 666-678.
8. Tomaszewski A. Ochrona zabytków. 1995. № 3-4. pp. 249-252.
9. Bataev D.K-S., Murtazaev S-A.J., Mazhiev Kh.N., Maloroev M.M., Bataev G.K-S., Goitemirov R.U., Gaziev M.A., Bataeva P.D. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1103, International Scientific Conference Interstroyemeh (ISM 2020). Samara. pp. 224-232.
10. Shelixov N.S., Raximov R.Z. Stroitel`ny`e materialy`. 2006. №9. pp. 40-42.
11. Shelixov N.S., Raximov R.Z. Stroitel`ny`j vestnik Tatarstana. 2002. № 2. pp. 48-53.