

Введение Магнезиальные вяжущие используются для получения различных строительных материалов. Среди них в последнее время особое внимание уделяется производству стекломagneзитового листа (СМЛ), который составляет достойную конкуренцию гипсокартону и другим листовым облицовочным материалам (ДВП, ДСП и др.) [(1,2)]. Практически единственным магнезиальным вяжущим является весьма дорогой и дефицитный каустический магнезит (ПМК-75), представляющий собой отход производства огнеупоров ООО «Магнезит» (г.Сатка) [3]. Проблема дефицита магнезиального сырья может быть решена путем замены магнезита на другие виды магнийсодержащего сырья – брусит, доломитизированный магнезит или доломит [4, 5]. При этом следует подчеркнуть, что в отличие от магнезита и брусита, месторождения доломита имеются практически во всех регионах страны. Путем его неполного обжига получают каустический доломит (КД) с содержанием 20-25% свободного MgO: $MgCO_3 \cdot CaCO_3 = [MgO + CaCO_3] + CO_2$. Однако при этом возникают некоторые проблемы, основной из них является возможность одновременного образования свободного CaO, наличие которого даже в небольших количествах приводит к резкому уменьшению прочности, растрескиванию и даже разрушению СМЛ (ГОСТ 1216-87 регламентирует содержание CaO не более 4,5 %). С целью предотвращения образования свободного CaO можно уменьшить температуру и продолжительность обжига доломита, однако при этом остается значительная часть неразложившегося MgCO₃. Другая, не менее важная проблема растрескивания и разрушения изделий, связана с содержанием в продуктах обжига активного MgO. Таким образом, в производстве магнезиальных вяжущих при замене дефицитного магнезита на дешевый доломит целевой продукт должен представлять собой активный каустический доломит с заданными параметрами, основными из которых являются: – максимальное содержание свободного MgO; – максимальное содержание активного MgO (т.е. минимальное количество пережога); – минимальное содержание остаточного MgCO₃; – минимальное содержание свободного CaO. Вопросы получения каустического доломита с максимальным содержанием свободного MgO, при заданном содержании некоторого допустимого количества остаточного MgCO₃, были рассмотрены нами в работе [2]. При этом отмечалось, что с целью предотвращения образования свободного CaO обжиг следует проводить при температуре ниже температуры начала разложения CaCO₃ (определяемой по термогравиграмме исходного доломита). Однако в указанной работе была оценена только степень полуобжига доломита, вопросы определения активности MgO в продуктах обжига при этом не рассматривались. Обзор литературы показывает, что в работах, посвященных технологии магнезиальных вяжущих, в большинстве случаев происходит смешение основных понятий, как «свободный MgO», «активность MgO», «степень гидратации MgO» и др. При этом в некоторых случаях «активным» называют также высокодисперсный MgO с

большой удельной поверхностью. По мнению большинства исследователей под термином «активность MgO» следует понимать долю MgO от общего его количества, которая способна к химическому взаимодействию с водой. Однако некоторые существующие стандарты и методики рекомендуют оценивать активность MgO (или смеси MgO+CaO) по степени взаимодействия оксидов с другими веществами. В соответствии с ГОСТ 22688, например, в магнезиальной и доломитовой извести активность CaO оценивают по его взаимодействию с раствором сахарозы, а активность MgO – раствором трилона Б [6]. Следует подчеркнуть, что известь при этом предварительно растворяют соляной кислотой, следовательно, в раствор переходит не только «свободный» MgO, но и некоторое количество неразложившегося MgCO₃. Другим наиболее часто используемым экспресс-методом оценки активности MgO является определение так называемого «лимонного числа» [7], который также не дает объективной оценки качества магнезиальных вяжущих. В стандартах на каустический магнезит [3] регламентировано содержание лишь общего количества MgO_{ОБЩ}, что явно недостаточно при использовании его в качестве магнезиального вяжущего. Технические условия на магнезиальные вяжущие, разработанные Л.Я. Крамар с сотрудниками [8], предусматривают определение не только общего содержания MgO_{ОБЩ} (н.м. 75 %), но и количество пережога (не более 5%), однако при этом методика определения MgO_{НЕАКТ} не приводится. С учетом вышесказанного, целью данной работы является разработка методики определения активности MgO в магнезиальном вяжущем, полученном обжигом доломита и предназначенном для производства различных строительных изделий (СМЛ, магнезиальные плитки и т.д.). Экспериментальная часть В работе использовали доломит Киндерского – ДКинд (Татарстан) и Каменищинского – ДКам (Нижегородская обл.) месторождений. Термогравиметрический анализ доломита проводили на дериватографе Q-1500D (m = 100 мг, q = 100С/мин). Магнезиальное вяжущее заданного состава получали путем обжига доломита при температуре, соответствующей температуре максимальной скорости разложения MgCO₃ доломита (по данным ДТА). Продукты обжига охлаждали, помещали в герметичную посуду, далее подвергали гидратации (1000С, 2 час) для оценки степени гидратации и активности MgO. Условный оксидный состав исходного доломита, каустического доломита, а также потери при прокаливании продуктов гидратации определяли стандартными методами по ГОСТ 1216-87 [3]. Реальный оксидно-солевой состав продуктов обжига (КД) рассчитывали исходя из убыли массы доломита по разработанной нами методике и подробно описанной в работе [2]. Состав продуктов гидратации (ГКД) определяли расчетным путем в виде таблиц материального баланса (в EXCEL) по увеличению массы в процессе гидратации. Степень гидратации и активность каустического доломита определяли по методике, разработанной нами. При этом в зависимости от вида продукта обжига использовали следующие обозначения

указанных величин: – СГ(КД) – степень гидратации MgO каустического доломита; – А(КД) – активность MgO каустического доломита. Обсуждение результатов Как уже отмечалось, ГОСТ 1216-87 регламентирует определение потерь при прокаливании продуктов гидратации (ПППГКМ) лишь некоторых марок каустического магнезита (ПМК-90, ПМК-87, ПМКМк-80, ПМКМк-75), предназначенных для специальных целей. С учетом того, что при прокаливании продуктов гидратации убыль массы происходит за счет удаления воды $Mg(OH)_2$, данная величина (ПППГКМ) в некоторой степени может быть использована в качестве критерия активности оксида магния: $Mg(OH)_2 = MgO + H_2O$; $ППП(H_2O) = 31\%$. Следует подчеркнуть, что при гидратации каустического магнезита с водой в реакцию вступает лишь активная часть оксида магния ($MgO_{АКТ}$), а общее содержание $MgO_{ОБЩ}$ представляет собой сумму различных видов MgO : $MgO_{ОБЩ} = MgO_{СВЯЗ} + MgO_{СВОБ}$. Причем часть $MgO_{СВОБ}$ при этом может быть инертной (неактивной по отношению к воде): $MgO_{СВОБ} = MgO_{АКТ} + MgO_{НЕАКТ}$. Как уже отмечалось, активность магнезиальных вяжущих зависит, в первую очередь, от степени обжига магнийсодержащего сырья и содержания в нем $MgO_{СВОБ}$. В дальнейшем она определяется способностью $MgO_{СВОБ}$ взаимодействовать с водой или, например, в производстве СМЛ – с растворами солей магния. Однако при этом с водой взаимодействует и CaO, если в процессе обжига произошло разложение некоторой части $CaCO_3$ доломита (на верхних слоях кусков). Исходя из вышесказанного, можно предложить следующие определения величин, предназначенных для оценки качества магнезиальных вяжущих (каустического магнезита и каустического доломита): – степень гидратации MgO [СГ(MgO)] – это количество MgO (от общего его количества – $MgO_{ОБЩ}$), которое взаимодействует с водой или другими веществами (например, растворами солей) при различных условиях (температуре и времени). – активность MgO – А(MgO) – это максимальное количество MgO (от общего его количества – $MgO_{ОБЩ}$), которое способно к химическому взаимодействию с водой при кипячении в течение продолжительного времени. Активность следует рассматривать как максимальную степень гидратации в воде (практически достаточно кипячения в течение 2-3 час). При оценке активности каустического магнезита можно предложить следующую упрощенную формулу (с учетом того, что теоретическая потеря массы основного продукта гидратации – $Mg(OH)_2$ составляет 31 %): $A(MgO)_{КМ} = (ППП(ГКМ) / 31) \cdot 100, \%$; (ППП(ГКМ) – потери при прокаливании гидратированного каустического магнезита). Так, например, если для ПМКМк-85 и ПМКМк-75 величина ППП(ГКМ) регламентирована в пределах 25% и 22%, то их активность равна: $A(MgO)_{КПМКМк-85} = (25/31) \cdot 100 = 81\%$; $A(MgO)_{КПМКМк-75} = (22/31) \cdot 100 = 71\%$. Однако предлагаемая формула не учитывает реального содержания $MgO_{СВОБ}$ и неразложившегося $MgCO_3$ в магнезиальных вяжущих. При прокаливании продуктов гидратации при 900-1000°C убыль массы происходит также за счет удаления CO_2 неразложившегося

$MgCO_3$ (допустимое содержание которого в ПМК-75 равно 30 %): $MgCO_3 = MgO + CO_2$; $ППП(CO_2) = 52,4\%$. Расчеты показывают, что при учете наличия примесей в указанных выше марках магнезитовых порошков степень гидратации свободного MgO СВОБ достигает $\gg 95-100\%$. Таким образом, оценка качества каустических магнезитовых порошков по величине потерь при прокаливании продуктов гидратации (ПППГКМ) является неполной и не дает представления о составе продуктов гидратации и активности MgO . При оценке качества магнезиальных вяжущих, полученных полуобжигом доломита, задача усложняется из-за наличия большого количества $CaCO_3$ и возможностью образования свободного CaO . При взаимодействии каустического доломита с водой в реакцию вступает также лишь активная часть оксида магния (MgO АКТ), а свободный CaO СВОБ взаимодействует полностью: $140г (88,6\%) 18г (11,4\%) 158г (100\%) [MgO_{акт} + CaCO_3] + H_2O = [Mg(OH)_2 + CaCO_3]$; $75,7\% 24,3\% 100\%$ $CaO_{своб} + H_2O = Ca(OH)_2$. Следовательно, для оценки активности каустического доломита следует учитывать суммарную потерю массы продуктов гидратации, связанную с разложением $Mg(OH)_2$ и $CaCO_3$: $100\% 25,3\% 35,4\% 11,4\% 27,8\% [Mg(OH)_2 + CaCO_3] = MgO + CaO + H_2O + CO_2$; $ППП(H_2O+CO_2) = 39,2\%$. Тогда упрощенную формулу активности каустического доломита можно было бы представить в следующем виде: $A(MgO)_{КД} = (ППП(ГКД) / 39,2) \cdot 100, \%$; (ППП(ГКД) – потери при прокаливании гидратированного каустического доломита). Однако эта формула также не учитывает реального содержания MgO и различных примесей, следовательно, может быть использована лишь для предварительной ориентировочной оценки качества каустического доломита. При получении КД, учитывая примерно одинаковые температуры разложения магнезита и $MgCO_3$ доломита, вероятно, следует ожидать достаточно высокую активность MgO [$A(MgO)_{КД}$]. В случае доломитовой извести активность $A(MgO)_{ДИ}$, возможна, будет несколько ниже, что связано с более высокой температурой ее получения, следовательно, велика вероятность наличия некоторого количества пережога (MgO НЕАКТ) в ее составе. Таким образом можно констатировать, что используемая в промышленных условиях методика оценки качества магнезиальных вяжущих (каустического магнезита) требует значительного времени (анализы продуктов обжига, их гидратация, определение ППП продуктов гидратации с последующим пересчетом и т.д.), при этом дает информацию лишь об условно-оксидном составе продуктов и косвенную характеристику активности MgO [$A(MgO)_{КМ}$] по величине потерь при прокаливании продуктов гидратации. Разработанная нами методика определения степени гидратации и активности каустического доломита (а также расчета состава образовавшегося ГКД) представлена ниже на примере гидратации различных продуктов обжига Киндерского доломита (табл. 1).

Таблица 1 – Состав Киндерского доломита и продуктов его обжига ($l=2$ см)

Услов-ное обозна-чение Условия обжига $CO_{Обж}(MgCO_3), \%$ $CO_{Обж}(CaCO_3), \%$

Состав, % Т,0С t, мин MgCO₃ CaCO₃ MgO CaO прочие ДКинд - - - - 43,45 54,24 0 0 2,31 1. КД-1 700 30 50 - 24,51 61,21 11,67 0 2,6 2. КД-2 700 90 70 - 15,5 64,52 17,23 0 2,75 3. КД-3 800 30 80 - 10,62 66,32 20,24 0 2,82 4. ДИ-1 800 90 100 40 0 48,07 30,56 18,0 3,41 5. КД-4 750 60 100 0 0 70,1 26,6 0 3,26 6. ДИ-2 765 66 100 15 0 62,59 28,09 6,19 3,13 7. ДИ-3 780 72 100 27 0 55,93 29,22 11,59 3,26

При этом были приняты следующие допущения: - выбранные условия гидратации каустического доломита ($t=1000\text{C}$ и $t = 120$ мин по ГОСТ 1216) достаточны для полной гидратация активной части свободного MgOСвоб(КД): $\text{СГMgOСвоб(КД)} \gg 100\%$; - в доломитовой извести при аналогичных условиях полностью гидратируется лишь CaOСвоб(ДИ), а гидратация свободного MgOСвоб(ДИ) может быть неполной (из-за возможного наличия пережога): $\text{СГCaOСвоб(ДИ)} = 100\%$; $\text{СГMgOСвоб(ДИ)} \leq 100\%$. Необходимо отметить, что указанные выше условия гидратации с целью определения активности MgO ($t=1000\text{C}$, $t = 120$ мин) регламентированы для магнезитовых порошков. Вполне возможно, что при определении активности других видов магнезиальных вяжущих (обоженный брусит, каустический доломит и др.) оптимальное время гидратации может быть несколько иным. Следовательно, результаты, полученные при других условиях гидратации ($T > 1000\text{C}$ или $T 1000\text{C}$) необходимо рассматривать как степень гидратации MgO. При проведении расчетов были приняты следующие условные буквенные обозначения: X - процентный состав КД (MgOСВОБ - X1; MgCO₃ - X2; CaCO₃ - X3; прочие примеси - X4); Y - масса компонентов продуктов гидратации, г; Z - процентный состав компонентов от общей массы целевого продукта (при $m_{\text{ГКД}} = 100 \%$). При этом искомые величины рассчитываются методом постепенных приближений, задаваясь ориентировочной степенью гидратации. Проверка правильности расчетов осуществляется сопоставлением расчетной величины ПППГКД(расч) с экспериментальной ПППГКД(эксп), т.е должно выполняться условие: $\text{ПППГКД(эксп)} \gg \text{ПППГКД(расч)}$!

Пример 1. Расчет активности MgO в каустическом доломите (при заданной СГ(КД)(задан) = 90%) Условия обжига доломита (образец КД-2): $t=7000\text{C}$; $t = 90$ мин; $l = 2$ см (степень обжига СОбж(MgCO₃) = 70%); Дано: 1) Условно-оксидный состав КД-2 (7000С; 90 мин): MgO -17,23% (X1); MgCO₃ - 15,5% (X2); CaCO₃ - 64,52% (X3); примеси(КД) - 2,75% (X4); 2) Условия гидратации: $t = 1000\text{C}$; $t = 120$ мин; 3) Масса продуктов гидратации: $m_{\text{ГКД(эксп)}} = 107$ г (при исходной массе КД $m_{\text{КД}} = 100$ г); 4) ППП продуктов гидратации ПППГКД(эксп)= 40,60%. 5) Задаваемая величина степени гидратации СГ(КД)(задан)=90 % (в интервале 0-100% - в зависимости от степени обжига КД). Найти: А) реальный состав продуктов гидратации ГКД-2; Б) расчетную степень гидратации - СГ(КД)(расч), %; В) активность КД - А(КД), %.

Решение: А) Реальный состав продуктов гидратации Расчет реального состава продуктов гидратации каустического доломита подразумевает определение основных веществ: Mg(OH)₂, остаток MgOHEAKT , MgCO₃ и CaCO₃. 1) Рассчитывают количество MgOAKT (часть MgOСВОБ, взаимодействовавшего с

водой) при заданной степени гидратации - 90%): $Y_1 = X_1 \cdot \text{СГ(КД)}(\text{задан}) / 100 = 17,23 \cdot 90 / 100 = 15,51$ г. 2) Следовательно, содержание MgОНЕАКТ равно: $Y_2 = X_1 - Y_1 = 17,23 - 15,51 = 1,72$ г. 3) Рассчитывают количество H₂O, связанного с MgОАКТ: 40 г (69%) 18 г (31 %) 58 г (100 %) MgОАКТ + H₂O = Mg(ОН)₂ (КД) Y_1 Y_3 Y_4 $Y_3 = Y_1 \cdot 18 / 40 = 15,51 \cdot 18 / 40 = 6,98$ г. 4) Аналогично рассчитывают массу образующегося Mg(ОН)₂(КД): $Y_4 = Y_1 \cdot 58 / 40 = 15,51 \cdot 58 / 40 = 22,49$ г или $Y_4 = Y_1 + Y_3 = 15,51 + 6,98 = 22,49$ г. 5) Следовательно, масса продукта гидратации равна: $m_{\text{ГКД}}(\text{расч}) = Y_2 + Y_4 + X_2 + X_3 + X_4 = 1,72 + 22,49 + 15,51 + 64,52 + 2,75 = 106,98$ г или $m_{\text{ГКД}}(\text{расч}) = m_{\text{КД}} + Y_3 = 100 + 6,98 = 106,98$ г. 6) Доля MgОНЕАКТ в составе ГКД равна: $Z_1 = Y_2 \cdot 100 / m_{\text{ГКД}} = 1,72 \cdot 100 / 106,98 = 1,61\%$. 7) Доля Mg(ОН)₂(КД) в составе ГКД: $Z_2 = Y_4 \cdot 100 / m_{\text{ГКД}} = 22,49 \cdot 100 / 106,98 = 21,02\%$. 8) Доля MgСО₃ в составе ГКД: $Z_3 = X_2 \cdot 100 / m_{\text{ГКД}} = 15,5 \cdot 100 / 106,98 = 14,49\%$. 9) Доля СаСО₃ в составе ГКД: $Z_4 = X_3 \cdot 100 / m_{\text{ГКД}} = 64,5 \cdot 100 / 106,98 = 60,31\%$. 10) Доля примесей в составе ГКД: $Z_5 = X_4 \cdot 100 / m_{\text{ГКД}} = 2,75 \cdot 100 / 106,98 = 2,57\%$. Б) Условно-оксидный состав продуктов гидратации Процентное содержание условных оксидов рассчитывают аналогичным образом. 11) Доля MgОАКТ в составе ГКД: $Z_2(1) = Y_1 \cdot 100 / m_{\text{ГКД}} = 15,51 \cdot 100 / 106,98 = 14,5\%$. 12) Доля H₂O MgO(акт) в составе ГКД: $Z_2(2) = Y_3 \cdot 100 / m_{\text{ГКД}} = 6,98 \cdot 100 / 106,98 = 6,52\%$. Проверка: $Z_2 = Z_2(1) + Z_2(2) = 14,5 + 6,52 = 21,02\%$. 13) Доля MgO(CO₂) в составе ГКД: $Z_3(1) = X_2(1) \cdot 100 / m_{\text{ГКД}} = 7,38 \cdot 100 / 106,98 = 6,90\%$. 14) Доля CO₂(MgO) в составе ГКД: $Z_3(2) = X_2(2) \cdot 100 / m_{\text{ГКД}} = 8,12 \cdot 100 / 106,98 = 7,59\%$. Проверка: $Z_3 = Z_3(1) + Z_3(2) = 6,9 + 7,59 = 14,49\%$. 15) Доля СаO(CO₂) в составе ГКД: $Z_4(1) = X_3(1) \cdot 100 / m_{\text{ГКД}} = 36,16 \cdot 100 / 106,98 = 33,8\%$. 16) Доля CO₂(СаO) в составе ГКД: $Z_4(2) = X_3(2) \cdot 100 / m_{\text{ГКД}} = 28,36 \cdot 100 / 106,98 = 26,51\%$. Проверка: $Z_4 = Z_4(1) + Z_4(2) = 33,8 + 26,51 = 60,31\%$. В) Расчетная степень гидратации КД Расчет степени гидратации каустического доломита подразумевает определение соотношения: Mg(ОН)₂ (КД) / Mg(ОН)₂(СВОБ) при условии MgОАКТ = MgОСВОБ (т.е. при отсутствии пережога): 17) Максимально возможная масса Mg(ОН)₂(СВОБ) (при условии MgОАКТ = MgОСВОБ): $Mg(ОН)_2(\text{СВОБ}) = X_1 \cdot 58 / 40 = 17,23 \cdot 58 / 40 = 25$ г. 18) Следовательно, степень гидратации КД равна $\text{СГ(КД)}(\text{расч}) = Y_4 / Mg(ОН)_2(\text{СВОБ}) = 22,49 / 25 = 90\%$. Г) Активность каустического доломита Расчет активности каустического доломита подразумевает определение соотношения: Mg(ОН)₂ (КД) / Mg(ОН)₂(ОБЩ) при условии MgОАКТ = MgООБЩ (т.е. при отсутствии недожога и пережога): 19) Суммарное содержание MgООБЩ: $MgООБЩ = X_1 + X_2(1) = 17,23 + 7,38 = 24,61$ г. 20) Максимально возможная масса Mg(ОН)₂(ОБЩ) (при условии MgОАКТ = MgООБЩ): $Mg(ОН)_2(\text{ОБЩ}) = MgООБЩ \cdot 58 / 40 = 24,61 \cdot 58 / 40 = 35,68$ г. 21) Следовательно, активность КД равна: $A(\text{КД}) = Y_4 / Mg(ОН)_2(\text{ОБЩ}) = 22,49 / 35,68 = 63\%$. Д) Проверка расчетов Сущность проверки правильности расчетов заключается в сопоставлении расчетных величин с экспериментальными (или заданными): $\text{ПППГКД}(\text{расч}) \text{ ® ПППГКД}(\text{эксп}); \text{СГ(КД)}(\text{расч}) \text{ ® СГ(КД)}(\text{задан}). 22)$

Расчетная масса потерь при прокаливании гидратированного каустического доломита ПППГКД(расч) составляет:

$ПППГКД(расч) = Z2(2) + Z3(2) + Z4(2) = 6,52 + 7,59 + 26,51 = 40,62\%$ следовательно, выполняются условия: $ПППГКД(расч) = ПППГКД(эксп) 40,62\% \gg 40,60\%$;

$СГ(КД)(расч) \approx СГ(КД)(задан) 90\% = 90\%$. Пример 2. Расчет активности MgO в каустическом доломите (при $СГ(КД)(задан) = 100\%$) Условия задачи аналогичны примеру 1, за исключением предполагаемой величины степени гидратации - $СГ(КД)(задан) = 100\%$. Все расчеты проводятся аналогично примеру 1.

Расчетная масса потерь при прокаливании гидратированного каустического доломита в данном случае составляет:

$ПППГКД(расч) = Z2(2) + Z3(2) + Z4(2) = 7,2 + 7,53 + 26,32 = 41,05\%$ т.е. основное

условие не выполняется: $ПППГКД(расч) \neq ПППГКД(эксп) 41,05\% \neq 40,60\%$. Как видно, методика расчета степени гидратации и реального состава всего лишь одного продукта гидратации КД (полученного при определенной температуре и продолжительности) занимает много времени, достаточно сложна и при этом не гарантирует точности (при отсутствии баланса сырья и продуктов необходимо делать перерасчет). Все вышеуказанные сложности расчетов можно избежать, если производить их в таблицах EXCEL (на основе химического состава каустического доломита) в виде материальных балансов. При этом в качестве основных следует выбрать следующие параметры: - исходный состав доломита (X1 - MgO; X2 - MgCO₃; X3 - CaCO₃; X4 - примеси); - входные параметры: температура и время гидратации; - выходной параметр: масса продуктов гидратации (Y); - критерий оптимизации: степень гидратации MgO каустического доломита СГ(КД) и активность А(КД). При этом оптимальными можно считать такие параметры получения магниевых вяжущих, которые обеспечивают максимальные значения выбранных критериев. Следует еще раз подчеркнуть, что основным показателем качества магниевых вяжущих является не столько степень гидратации свободного MgOСВОБ, а величина активности, учитывающий наличие недожога - MgO(CO₂). Предлагаемый вариант методики расчета состава продуктов гидратации магниевых вяжущих (образец КД-2 получен обжигом Киндерского доломита при 7000С, 90 мин) и активности представлен ниже (табл. 2-5). При этом в табл. 2 приводятся следующие обязательные исходные данные: - масса сырья (каустического доломита); - состав КД (MgO - X1, MgCO₃ - X2, CaCO₃ - X3, примеси - X4); - масса продуктов гидратации mГКД(эксп) (в ячейке № I 8). Таблица 2 - Исходные данные для расчетов 1A B C D E F G H I J 2 Гидратация каустического доломита (КД-2) 3 Дано: Масса КД-2, г 100 4 Состав, г (%): MgO 17,23 X1 5 MgCO₃ 15,5 X2 6 CaCO₃ 64,52 X3 7 примеси 2,75 X4 8 Масса продуктов гидратации, г 107 mГКД(эксп) 9 Найти: 10 А(КД) = ? 11 Решение: 12 Подбор СГ(КД) 90 (0-100%) 13 (при mГКД(эксп) = mГКД(расч): табл. 4, ячейка I22) 14 40 г 18 г 58 г 15 MgO + H₂O = Mg(OH)₂ 16 56,01 г 18 г 74,01 г 17 CaO + H₂O = Ca(OH)₂ Таблица 3 -

Материальный баланс (приход) 18 В С D E F G 19 ПРИХОД Обозначение 20 Наименование Масса, кг % 21 сырье веществ при- меси 22 1. Доломит 100 93,5 23 в т.ч. MgOСВОБ 17,23 16,1 24 в т.ч. MgCO₃ 15,5 14,5 25 в т.ч. CaCO₃ 64,5 60,3 26 в т.ч. примеси 2,75 2,6 27 28 в т.ч. MgOАКТ 15,51 Y1 29 в т.ч. MgOHEАКТ 1,72 Y2 30 31 2. H₂O MgO(акт) 6,98 6,98 6,5 Y3 32 33 34 Сумма, кг 106,98 104,2 2,75 35 Сумма, % 100

Сущность всех расчетов (активности и состава продуктов гидратации) в таблице EXCEL заключается в подборе величины СГ(КД) в интервале 0-100 % (табл. 2, ячейка № I 12) таким образом, чтобы удовлетворялось условие: $m_{\text{КД(эксп)}} = m_{\text{КД(расч)}}$. В рассматриваемом примере это достигается путем постановки в ячейку № I 12 числа 90: $m_{\text{КД(эксп)}} = m_{\text{КД(расч)}} 107 \text{ г} \gg 106,98 \text{ г}$ (табл. 2, ячейка № I 8) (табл. 4, ячейка № I 22). Расчеты достаточно проводит в двух основных таблицах EXCEL: - материальный баланс получения ГКД (из 100 кг сырья) - [табл. №3 (приход) и табл. №4 (расход)]; - расчетный состав продуктов гидратации (табл. №5). Реальный (оксидно-солевой) состав продуктов гидратации каустического доломита (образцы КД-1, КД-2, КД-3 и КД-5) представлен в табл. 5. В вариантах опытов № 4, 6 и 7 продукты гидратации содержат значительное количество Ca(OH)₂ и, следовательно, использование их для производства магниевых изделий (СМЛ) нецелесообразно. При необходимости расчет активности доломитовой извести А(ДИ) может быть осуществлен по аналогичной методике. Как видно из таблицы 5, наиболее оптимальным является состав каустического доломита КД-5, в котором отсутствуют неразложившийся MgCO₃ и свободный CaO. Расчетная масса потерь при прокаливании гидратированного продукта практически совпадает с экспериментальной: ПППГКД(эксп) = ПППГКД(расч) 38,3 г \gg 38,2 г; следовательно: СГ(КД) = А(КД) = 100 %.

Таблица 4 - Материальный баланс (расход) 18 H I J K L M 19 РАСХОД Обозначение % обозначение 20 Наименование Масса, кг 21 продукты компоненты 22 1. КД 106,98 23 в т.ч. MgOHEАКТ 1,72 Y2 1,61 Z1 24 в т.ч. Mg(OH)₂(КД) 22,49 Y4 21,02 Z2 25 в т.ч. MgCO₃(КД) 15,5 X2 14,49 Z3 26 в т.ч. CaCO₃(КД) 64,5 X3 60,31 Z4 27 в т.ч. примеси(КД) 2,75 X4 2,57 Z5 28 в т.ч. MgOАКТ 15,51 Y1 14,5 Z2(1) 29 в т.ч. H₂O MgO(акт) 6,98 Y3 6,52 Z2(2) 30 в т.ч. MgO(CO₂) 7,38 X2(1) 6,9 Z3(1) 31 в т.ч. CO₂(MgO) 8,12 X2(2) 7,59 Z3(2) 32 в т.ч. CaO(CO₂) 36,16 X3(1) 33,8 Z4(1) 33 в т.ч. CO₂(CaO) 28,36 X3(2) 26,51 Z4(2) 34 Сумма, кг 106,98 106,98 35 Сумма, % 100

Таблица 5 - Состав продуктов гидратации Обозначение Состав ГКД, % ПППГКД эксп. /(расч.) СГ(КД),% А(КД),% MgOнеакт Mg(OH)₂ MgCO₃ CaCO₃ прочие ДКинд - - 43,45 54,24 2,31 46,6 1. КД-1 0 16,08 23,29 58,16 43,8 (42,7) 100 50 2. КД-2 1,61 21,02 14,49 60,31 40,6 (40,6) 90 63 3. КД-3 2,82 23,15 9,86 61,55 38,0 (39,4) 85 68 4. ДИ-1 33 (33) - - 5. КД-4 0 34,47 0 62,62 38,3 (38,2) 100 100 6. ДИ-2 35,8 (35,8) - - 7. ДИ-3 35,0 (35,0) - -

Выводы
Таким образом, на основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы: - предложена экспресс-методика оценки степени гидратации и активности каустического доломита, предназначенного в качестве

магнезиального вяжущего для производства различных строительных изделий (на основе цемента Сореля); – установлена корреляционная зависимость степени обжига исходного каустического доломита со степенью его гидратации (следовательно, активностью); – предложенная методика позволяет контролировать активность КД по величине одной лишь массы продуктов его гидратации; при этом одновременно осуществляется расчет химического состава продуктов гидратации (в таблице EXCEL).