

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе
ФОМИЧЕВА Сергея Викторовича. «**Физико-химические основы
комплексной переработки габбро-базальтового сырья**»,
*представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по
специальности 02.00.04 - физическая химия*

Диссертационная работа Фомичева Сергея Викторовича посвящена проблеме рационального использования габбро-базальтового сырья, запасы которого представляются практически неограниченным сырьевым ресурсом.

Актуальность этого направления исследований обусловлена, в первую очередь, отсутствием законченных научных разработок и технологий, применимых к российскому базальтовому сырью. Можно утверждать, что сегодня в нашей стране, обладающей неограниченными запасами габбро-базальтового сырья, где были начаты и успешно проводились исследования по получению непрерывных минеральных волокон, до сих пор большинство месторождений этого сырья разрабатываются в основном лишь для получения щебня. Применение разработанных для других базальтов технологий к российскому сырью не возможно, так как большинство наших месторождений представлено «кислыми» породами. Исходя из этого, автор рассматриваемой работы совершенно оправдано представляет актуальным проведение целенаправленных исследований по созданию принципиально новых способов оценки технологических свойств габбро-базальтов, модифицирования их состава при разработке способов получения каменной керамики различного назначения в процессах комплексной переработки этого сырья.

Целью исследований являлось создание физико-химических основ комплексной переработки габбро-базальтового сырья и отходов на его основе. Это безусловно верная, но слишком лаконичная формулировка, которая не раскрывает всего объема выполненной соискателем работы, хотя задачи при ее выполнении, изложенные достаточно четко, более полно представляют намерения автора. При этом методологические подходы в диссертационной работе вполне обоснованно опираются на термодинамические расчеты технологических процессов и методы физико-химического моделирования природных систем, разработанных ранее.

Экспериментальные методы в работе достаточно разнообразны и современны. Используемая при этом высококлассная аппаратура обеспечила необходимую точность и воспроизводимость получаемых результатов.

Научная новизна, признаки которой наблюдаются в каждом разделе диссертации, состоит:

- в разработке методов: расчета минеральных составов магматических горных пород на основе данных их химического анализа;
- в рассмотрении особенностей модифицирования фазового состава габбро-базальтового сырья;
- в обосновании способа получения каменной керамики с использованием связующего компонента;
- в создании способа компьютерного моделирования процессов плавления габбро-базальтовых пород для получения минеральных волокон или целей петрургии;
- в физико-химическом обосновании процессов комплексной переработки габбро-базальтового сырья и отходов на его основе.

Практическая значимость, характеризующая каждый из полученных автором научных результатов, также не вызывает сомнений. Среди них, например, метод расчета минерального состава позволяет получить данные о свойствах сырья, которые незаменимы при определении областей его рационального использования; а метод компьютерного моделирования процессов формирования расплавов дает возможность определить оптимальные условия получения минеральных волокон.

В результате, **на защиту выносятся:** (1) физико-химические основы комплексной переработки габбро-базальтового сырья, отходов основных производств и его побочных продуктов; (2) «безподшихтовочные» методы модифицирования сырья; (3) способ получения керамических материалов из габбро-базальтовых пород с использованием связующего компонента; (4) метод расчета минерального состава магматических горных пород по данным их химического анализа; (5) метод формирования расплавов габбро-базальтовых пород для получения минеральных волокон и изделий каменного литья.

Апробация работы. Работа выполнялась в соответствии с планами научно-исследовательских работ ИОНХ РАН с 2007 г. по 2016 г. и поддерживалась программами: Президиума РАН, Отделения химии и наук о материалах и грантами РФФИ..

Общее число публикаций 73, из них: по материалам диссертации опубликовано 28 работ в журналах, рекомендованных ВАК, 2 патента Российской Федерации, 9 тезисов докладов на Международных и Всероссийских научных конференциях. Таким образом, содержание рассматриваемой работы в достаточной мере доведены до сведения научной общественности.

Личный вклад автора заключается в следующем:

1. Созданы физико-химические основы методов комплексной переработки габбро-базальтового сырья и их отходов.

2. Разработаны способы «безподшихтовочного» модифицирования состава сырья.

3. Предложен метод расчета минерального состава магматических горных пород на основе данных их химического состава.

4. Разработан метод формирования расплавов габбро-базальтовых пород при плавлении в окислительной, восстановительной и инертной атмосферах.

5. Разработан способ получения тонкодисперсных порошков базальта методом ультразвукового диспергирования в водной среде.

6. Предложены способы нанесения защитных и фрикционных покрытий из порошка базальта на керамические и металлические поверхности с использованием неорганических связующих.

Диссертационная работа С.В.Фомичева представляет собой завершенное научное исследование, изложенное на 231 странице, Оно включает 30 таблиц, 23 рисунка и списка цитируемой литературы, содержащего 162 наименования.

Во **введении** помимо кратких сведений о габбро-базальтовых породах дана характеристика петрургии и производства дискретных и непрерывных минеральных волокон, а также определены цели и задачи исследования, обосновываются актуальность и научная ценность работы, представляется практическая значимость полученных результатов.

Глава I диссертации содержит общие сведения о магматических горных породах, минералах, входящих в состав габбро-базальтового сырья, а также о наиболее распространенных в этом сырье аксессуарных металлах - марганце, хrome и ванадии. В этой связи не возникает никаких сомнений в необходимости и целесообразности проведения диссертационных исследований, включающих комплексную переработку габбро-базальтового сырья.

Глава II диссертации, посвящена разработке методов оценки и расчетам минеральных составов магматических горных пород. Автор справедливо подчеркивает необходимость первоначальной оценки пригодности рассматриваемого сырья для получения волокон или изделий каменного литья с использованием коэффициента кислотности, учитывающего все петрогенные оксиды, не ограничиваясь для этой цели лишь модулем кислотности шлаковой ваты. Тем более, что уже была установлена возможность использования габбро-базальтового сырья с коэффициентами кислотности в интервале 2.00÷2.35 для производства минеральных волокон и

в интервале 1.50÷1.80 для петрургии. Расчеты коэффициента кислотности в его различных выражениях, выполненные для 11 месторождений России, показали возможность получения оценочной информации о целесообразности использования различных видов габбро-базальтового сырья для получения минеральных волокон или для петрургии.

В этой главе также рассмотрены такие основные свойства габбро-базальтовых расплавов как жидкотекучесть, вязкость литейный интервал, усадка и кристаллизационная способность в зависимости от химического состава. Нельзя не согласиться с соискателем о том, что минеральный состав габбро-базальтов является основополагающим фактором качества конечной продукции. Связанные с этим обстоятельством результаты расчетов минеральных составов различных базальтов в рамках физико-химического моделирования имеют хорошую сходимость с экспериментом. Так при сравнении экспериментальных и расчетных данных с результатами по химическому и минеральному составам лунных оливиновых базальтов, доставленных экспедицией Apollo-12, также получена хорошая сходимость. При этом следует добавить, что достоверность результатов предложенного метода, не только декларируется, но и иллюстрируется целым рядом приведенных в работе дополнительных примеров.

Глава заканчивается разделом, в котором приведены результаты расчетов минеральных составов сырья месторождений РФ, представленных различными семействами и видами горных пород с минимальным и максимальным содержанием основных компонентов.

Глава III диссертации посвящена разработке методов модифицирования состава габбро-базальтового сырья. Эти исследования и полученные результаты относятся к наиболее значимым научным достижениям соискателя.

На основе рассмотрения процессов кристаллизационной и гравитационной дифференциации природных магм, приводящих к разделению (фракционированию) компонентов твердых и жидких фаз, а также последовательности кристаллизации минералов из магматических расплавов, диссертант экспериментально установил особенности этих процессов. В результате поверхностный слой расплава "обогащается" кремнием, алюминием, натрием и калием, а придонный - железом и магнием. Частичным отбором этих слоев осуществляется модифицирование состава расплава. Следует подчеркнуть, что оптимизацию состава можно проводить непосредственно в производственных плавильных печах. Метод позволяет исключить дорогостоящий процесс подшихтовки, снизить ресурсо- и энергозатраты, а также расширить области возможного применения сырья

конкретного месторождения.

С аналогичных позиций, очевидно, следует рассматривать и результаты исследования процессов выщелачивания базальта хлороводородной и ортофосфорной кислотами, а также впервые показанную эффективность магнитной сепарации как методы модифицирования состава габбро-базальтовых пород для получения материалов с требуемыми свойствами.

Основу **IV Главы** составляют результаты по разработке способов получения керамических материалов из габбро-базальтового сырья, используемого в качестве наполнителя, и ортофосфорной кислоты, образующей в результате взаимодействия в этой смеси связующие компоненты. Этот способ позволяет получать как пористые образцы плотностью 0.7 г/см^3 , так и образцы с плотностью до 2.4 г/см^3 , обладающие твердостью 330 НВ после термической обработки при $200-400^\circ\text{C}$. Использование высокодисперсных порошков базальта, полученных способом ультразвукового диспергирования в водной среде, позволило изготовить образцы, имеющие более высокую плотность (2.95 против 2.4 г/см^3) и твердость (419 против 330 НВ). Следует подчеркнуть при этом, что плотность образцов из высокодисперсного порошка базальта значительно превышает плотность и прочность исходной породы, что позволяет рекомендовать эти материалы в пленочном состоянии в качестве защитных и фрикционных покрытий на различных поверхностях. В этой связи, решение ЮНЕСКО о запрещении асбеста, который до сих пор использовался для изготовления фрикционных материалов, безусловно, стимулирует его замену другими экологически чистыми материалами, среди которых достойное место могут занять порошки и базальтовые непрерывные волокна для армирования фрикционных поверхностей.

В **V Главе** изложены физико-химические основы процессов при пиро- и гидрометаллургической переработке габбро-базальтов, а также приводится подробное описание комплексной схемы этих процессов с извлечением аксессуарных металлов (Mn, Cr, V). По результатам физико-химического моделирования сплавление базальта с карбонатом натрия при $1000-1200^\circ\text{C}$ обеспечивает получение промежуточных продуктов для последующей гидрометаллургической переработки с выделением кремнезема SiO_2 и концентрата, содержащего соединения Al, Fe, Mg, Ca, Mn, Cr и V.

Не останавливаясь на этой схеме, скажу только, что в тексте диссертации дается четкое описание стадий, принципиально решающих проблему комплексной переработки отходов габбро-базальтовых производств.

Выводы и общая оценка работы. Рассматриваемая диссертация является законченным исследованием, направленным на решение важной и актуальной проблемы. Оно выполнено на высоком научном уровне с использованием современных методов, новых оригинальных методик НИРовских работ и представляет серьезный вклад в создание физико-химических основ процессов комплексной переработки габбро-базальтового сырья с извлечением акцессорных металлов (Mn, Cr, V). Автором предложен оригинальный способ расчета минеральных составов магматических горных пород; разработаны и экспериментально подтверждены методы модифицирования минерального и химического состава габбро-базальтового сырья, способы получения каменной керамики различного назначения и фрикционных покрытий с использованием связующего компонента; созданы физико-химические основы комплексной схемы переработки базальтов и их отходов.

Выводы и следствия по всем защищаемым положениям убедительны и обоснованы.

Публикации автора и текст автореферата достаточно полно отражают содержание диссертации.

Вместе с тем при ознакомлении с диссертационным исследованием Фомичева С.В. возникли некоторые **вопросы и замечания**.

1. Хотелось бы уточнить, что побудило автора взяться за проблему переработки «части земной коры»: необходимость использования этого сложнейшего многофазного объекта для физикохимии разнообразных процессов, либо для оценки ее как неограниченного сырьевого источника?

2. И в том, и в другом случае, на мой взгляд, нельзя исключать экономическую составляющую целесообразности работы.

3. Довольно частое использование автором понятий с добавлением «инновационное...» требует поясняющей расшифровки.

4. Вызывает определенное сомнение в справедливости утверждения о ресурсо- и энергосберегающем методе модифицирования габбро-базальтового сырья через использование расплавленного состояния и частичного его отбора после фракционирования по удельному весу.

5. Как предполагается решать экологические проблемы при использовании гидрохимического метода модифицирования базальтов?

6. Остались без обсуждения процессы взаимодействия габбро-базальта и порошков на его основе с ортофосфорной кислотой в качестве связующего, а также желательны пояснения по механизму повышения активности HCl в присутствии апротонного растворителя.

Заключение и выводы.

Указанные замечания носят, скорее характер пожеланий. Они не снижают научный уровень и не влияют на общую высокую оценку выполненных исследований. Диссертация хорошо структурирована, грамотно оформлена и **полностью соответствует паспорту заявленной специальности 02.00.04 – Физическая химия**. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Приведенные в заключении выводы закономерно следуют из полученных в работе результатов.

Считаю, что рассматриваемая диссертационная работа представляет собой законченное исследование, свидетельствующее о большом вкладе соискателя в развитие современной физической химии, и соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 29.09.2013 г. №842, с изменениями от 21.04.2016 г №335, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук. Ее автор, Фомичев Сергей Викторович, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия.

Главный научный сотрудник лаборатории химии РЗЭ
Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт химии
твердого тела» (ИХТТ УрО РАН), доктор химических наук по специальности 02.00.01 –
Неорганическая химия, профессор, член-корр. РАН



Бамбуров Виталий Григорьевич

адрес ИХТТ УрО РАН: 620990, Россия, г.Екатеринбург, ГСП-145, ул. Первомайская, 91

тел. +7 (343) 374-5952

E-mail: bam@ihim.uran.ru

10.10.2017 г.

Подпись руки Бамбурова В.Г. удостоверяю:

ученый секретарь ИХТТ УрО РАН

доктор химических наук

10.10.2017 г.



Т.А.Денисова

Сведения об оппоненте

по диссертационной работе Фомичева Сергея Викторовича «Физико-химические основы комплексной переработки габбро-базальтового сырья» представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия (химические науки).

Фамилия Имя Отчество	Бамбуров Виталий Григорьевич
Шифр и наименование специальности, по которой защищена диссертация	02.00.01 – Неорганическая химия
Ученая степень и отрасль науки	Доктор химических наук, неорганическая химия
Ученое звание	Профессор, член-корр. РАН
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы оппонента	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химии твердого тела» Уральского отделения Российской академии наук (ИХТТ УрО РАН)
Занимаемая должность	Главный научный сотрудник лаборатории химии соединений РЗЭ
Почтовый индекс, адрес	620990, Россия, г.Екатеринбург, ГСП-145, ул. Первомайская, 91
Телефон	+7 (343) 374-5952
Адрес электронной почты	bam@ihim.uran.ru
Список основных публикаций официального оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных журналах за последние 5 лет (не более 15 публикаций)	<p>1. Владимирова Е.В., Васильев В.Г., Носов А.П., Карпов Т.С., Бамбуров В.Г., Пирогидролизный синтез сплава железо-кобальт, ДАН (Техническая физика), 2013, , т.449, № 1, с. 28-31</p> <p>2. Гырдасова О.И., Бакланова И.В., Мелкозерова М.А., Красильников В.Н., Бамбуров В.Г., Синтез, оптические свойства и дефектная структура диоксида титана, допированного углеродом, ДАН (Химия), 2014, т.452, № 1, с. 42-46</p> <p>3. Магарил Е.Р., Магарил Р.З. Бамбуров В.Г., Особенности процесса горения в бензиновых двигателях внутреннего сгорания, Физика горения и взрыва, 2014, т. 50, % 1, с. 85-89</p>

4. Халиулин Ш.М., Бамбуров В.Г., Русских О.В., Остроушко А.А., Журавлев В.Д., Синтез CaZrO_3 в реакциях горения с глицином, ДАН, 2015, т.461, с 1-3.

5. Picalova E.Yu., Kolchugin A.A., Bamburov V.G., Ceria-based Materials for High-temperature Electrochemistry Application, International Journal of Energy Production and Management, 2016, V.1, № 3, P. 272-283

6. Попов И.С., Кожевникова Н.С., Еняшин А.Н., Бамбуров В.Г., Квантово-химическое исследование структурных и электронных свойств нового полиморфа моносulfида олова (пи-SnS), Доклады РАН, 2017, т.472, № 4, с.416-419

Сведения заверяю

ученый секретарь ИХТТ УрО РАН

доктор химических наук



T.A. Denisova

Т.А.Денисова