

## V. ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

### ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРОВЕЛЬНЫХ ГРАНУЛ

© 2018 г. А. С. Алматов<sup>1</sup>, А. В. Кочергин<sup>2</sup>, Н. Р. Галимов<sup>2</sup>, Е. О. Калистратова<sup>2</sup>,  
С. В. Мичурин<sup>3</sup>, А. А. Гилязов<sup>2</sup>, И. А. Блинов<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Компания ТЕХНО-Николь, НИУ «НГСУ»

<sup>2</sup> ООО «Уральское горно-геологическое агентство»

<sup>3</sup> Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа

<sup>4</sup> Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс

В последние десятилетия в отечественной промышленности кровельных материалов значительную часть рынка завоевали полимерно-битумные мембраны и рулонные битумные материалы нового поколения, неотъемлемой частью которых является крупнозернистая посыпка, или кровельные гранулы. Основой гранулы является каменная крошка, получаемая путем дробления и разделения на фракции горных пород. Размерность частиц кровельных гранул, как правило, составляет 0,5–2,0 мм. Традиционно выделяются три типа гранул: сланцевая посыпка, минеральные неокрашенные гранулы и керамизированные окрашенные гранулы (гранулы из дробленных горных пород с окрашенной керамической оболочкой). Кровельные гранулы выполняют роль защитного и декоративного слоя на внешней поверхности гибкой черепицы и полимерно-битумных мембран. Гранулы защищают битум от разрушения и радуют глаз обилием различных цветов и сочетаний. Их общий объем потребления в России ежегодно составляет более 200 000 т.

В настоящий момент ведущим отечественным производителем кровельных гранул является ООО «Завод «Стройминерал» корпорации «ТехноНиколь» (промышленные площадки расположены на Южном Урале). Меньшие объемы производят ООО «Карелминерал» компании CARLAC GROUP (Франция) и «Tegola» (Италия). Кровельные гранулы — новое направление для отечественной промышленности, поэтому выработанные требования (ГОСТы и ТУ) к данному виду сырья отсутствуют.

В 2016 г. компанией «ТехноНиколь» в г. Учалы запущено производство кровельных керамизированных гранул, в которых в настоящее время в качестве минерального носителя в гранулах используются андезит-базальтовые порфириды Круторожинского месторождения Оренбургской области (г. Орск) и андезит-базальтовые туффиты Абзакского месторождения. При этом дальность перевозки сырья составляет до 600 км. К сожалению, сырье близрасположенных Учалинского и Сангалыкского месторождений строительного камня не соответствует требованиям к качеству сырья.

Изложенные факторы, а также благоприятные геологические предпосылки в пределах Учалинской площади заставляют компанию «ТехноНиколь» предпринять усилия по созданию собственной сырьевой базы в логистической близости к промышленной площадке в г. Учалы и проведению работ по выбору объектов лицензирования.

Комплекс выполненных технологических и минералогических исследований, практика компании «ТехноНиколь» и опыт других российских и зарубежных компаний свидетельствуют, что для получения минеральной основы кровельных гранул пригодна ограниченная группа горных пород, которые должны обеспечивать технологическую возможность получения гранул и способность выполнять свои функции на кровле не менее 30 лет. Они должны отвечать следующим требованиям: способностью давать при дроблении частички кубической формой (для обеспечения ровного

нанесения гранул, укрупности и последующего отсутствия бликов на крыше, вызванных дезориентированным положением граней), высокой плотностью (гранулы должны «утяжелять» черепицу, препятствовать задиранию ветром и удерживать в приклеенном состоянии кровельные материалы), прочностью, достаточной, для «прохождения» процессов технологического передела при транспортировке и нанесении на черепицу, термической стойкостью (в процессе производства гранулы нагреваются до 700°C), низкой пористостью (для минимального расхода красящей композиции), адгезией к связующему, способностью задерживать ультрафиолетовое излучение (не пропускать к битумной подложке), морозостойкостью, стойкостью к циклам намокания/высыхания, стойкостью к воздействию кислых вод; стойкостью к изменению цвета (появлению признаков «ржавления») и высолам [1–3]. Планируемые к использованию породы проходят ряд технологических тестов по указанным позициям.

Как показывает практика, такими свойствами обладают магматические породы основного и среднего состава. Для указанных целей рекомендуется использовать базальты, андезиты, долериты, нефелиновые сиениты, габбро, диориты и другие магматические породы широкого химического состава (в мас. %):  $\text{SiO}_2$  — 45–72,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 12–21,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 3–15,  $\text{MgO}$  — 0,3–6,  $\text{CaO}$  — 0,5–11. Однако проведенные нами исследования отчетливо показывают, что ориентация на отнесение сырья к «правильному» петрографическому классу по химическому составу совершенно недостаточна. По химическому составу сложно понять причины негативных явлений в гранулах и целенаправленно прогнозировать и выбирать лучшее сырье для их получения. Ведущую роль в выборе играет ряд минералогических особенностей сырья.

1. Минеральный состав. Ни один из минералов при использовании в качестве мономинерального сырья не обладает полной комбинацией положительных свойств. Плаггиоклазы характеризуются отличной адгезией к связующему веществу, но низкой термической стойкостью. Пироксены непроницаемы для ультрафиолета, но отличаются низкой адгезией и т.п. В качестве приемлемого может рассматриваться естественная минеральная комбинация плаггиоклазов, пироксенов и амфиболов, с подчиненным количеством хлоритов, кварца и др.

2. Отсутствие примесей с отрицательными свойствами. В качестве таких примесей рассматриваются сульфиды (вызывают ржавление сырцовых гранул и окрашенной поверхности), кварц (пропускает ультрафиолет), карбонаты (способствуют появлению высолов, снижают прочность гранул). Гораздо меньшее отрицательное влияние оказывают железистые хлориты и актинолит. «Ржавление» в результате технологического нагрева неокрашенных гранул происходит за счет окисления сульфидов и карбонатов железа, в меньшей степени — за счет частичного окисления алюмосиликатов, содержащих железо в своей структуре. Оксиды железа (магнетит и гематит) ведут себя инертно и не изменяются в практически значимых объемах. Мартитизация магнетита незначительна и не влияет на качество продукции. «Ржавление» поверхности окрашенных гранул является исключительно результатом миграции продуктов термической деструкции сульфидов. По степени отрицательной активности сульфидные минералы располагаются в следующей последовательности (по возрастанию): пирит — пирротин — сульфиды цветных металлов. Гидрооксиды железа, образованные по алюмосиликатным минералам, остаются тесно связанными с материнскими минералами. Содержание в исходном сырье сульфидов железа должно рассматриваться как один из основных лимитирующих факторов при оценке возможности его использования в производстве кровельных гранул.

3. Отсутствие стекляной и стекловидной фазы, которые отрицательно сказываются на качестве гранул. Стекло характеризуется низкой термической стойкостью, склонно к плавлению в процессе технологического нагрева. Железистые стекла окисляются (после нагрева) с образованием гидрооксидов железа (происходит изменение цвета).

4. Размерность кристаллитов, которая не должна превышать 1,0 мм, а желательно быть ниже 0,5 мм. При этих условиях каждая гранула будет состоять из нескольких минералов. Особенно важна размерность для минералов с «отрицательным» диапазоном свойств: кварца, кальцита, сульфидов. Отрицательные свойства кварца нивелируются при размерности выделений менее 0,5 мм.

5. Структурная (минералогическая) форма нахождения железа в породе. Именно от нее, а не от общего содержания Fe, зависит процесс коррозии кровельных гранул. Нет прямой зависимости

между содержанием железа в породе в любой форме и степени окисления породы при нагревании. Например, при очень высоком содержании Fe в образцах эталонного Канадского месторождения они отличаются отсутствием признаков изменения цвета.

6. Рекомендации по ограничению содержания в сырье оксидов магния и кальция, без учета минеральной их формы фиксации не могут быть приняты. Эти показатели имеют смысл, при присутствии в сырье значимых объемов карбонатов. Если же CaO и MgO зафиксированы в силикатах, они не имеют отрицательного влияния.

Установленные минералогические критерии использованы в процессе поиска сырьевых источников в пределах Учалинской площади для обеспечения потребностей производства керамизированных кровельных гранул в г. Учалы. Продуктивные породы должны «давать» крупные, относительно однородные геологические тела, локализованные в простых горно-ландшафтных условиях, пригодных для открытой добычи. На поиске таких тел и были сконцентрированы работы в пределах Учалинской площади, которая расположена в весьма благоприятных геологических условиях для решения поставленной задачи. Она охватывает северную часть Магнитогорского синклинория и фрагменты Уралтауского и Башкирского антиклинориев на западном склоне Южного Урала. В пределах площади предшественниками закартировано 42 подразделения на уровне свит и магматических комплексов, включающих тела базальтоидов, андезито-базальтов, габброидов и диоритов. Основываясь на этих данных, нами выделены комплексы, характеризующиеся значительной мощностью и площадью развития магматических пород среднего – основного состава, присутствием потоковых лавовых фаций вулканитов и мелкозернистых однородных разностей интрузивов.

В качестве отрицательных факторов рассматривались: присутствие экстрозивных образований, грубых вулканогенно-обломочных разностей, силицитов (яшм, яшмоидов, радиоляритов и др.), развитие наложенных метасоматических процессов (окварцевания, пропилитизации), присутствие кальцита и других слабоустойчивых минералов, присутствие железистого хлорита, а также слоистость разреза, особенно тонкая ритмичная.

Основываясь на вышеприведенных факторах, пригодными для опробования признаны образования:

- Поляковского вулканического комплекса. Положительные факторы: наличие афировых (мелкозернистых однородных) разностей, значительные поля развития;
- Ирендыкский вулканогенный комплекс. Огромные ресурсы на хребте Ирендык, присутствие потоковых, лавовых фаций, мелкозернистых туффитов;
- Карамалыташский вулканогенно-плутоногенный комплекс. Широкое развитие на площади, присутствие потоковых фаций;
- Худолазовский интрузивный комплекс. Присутствие однородных долеритов;
- Петропавловский интрузивный комплекс. Здесь прогнозировалось присутствие роговообманковых габбро;
- Сакмарский и Салаватский интрузивные комплексы, точнее, некоторые тела, относимые к ним.

Всего было выделено, обследовано и закартировано 42 потенциально перспективных участка, на которых отобраны бороздовые пробы для получения сырцовых гранул. Последние были подвергнуты технологическим испытаниям в лабораториях компании Техно-Николь, минералогическим исследованиям в отделе вещественного состава ООО «УГГА», в лабораториях Института Геологии УФИЦ РАН (г. Уфа) и Института Минералогии УрО РАН (г. Миасс).

На основании результатов исследований выделено три типа потенциально продуктивных образований — долериты карамалыташской свиты южнее пос. Буйда, долериты (базальты) низов поляковской свиты и микрогаббро, относимые на современных картах к Сакмарскому, Худолазовскому, Карамалыташскому интрузивному комплексам.

Долериты карамалыташской свиты (александринской толщи, по С.Г. Жданову) Зириклинского участка представляют собой серые с зеленоватым оттенком сланцеватые породы, состоящими из микрокристаллического плагиоклаза (до 0.5 мм по удлинению) и пироксена (0.2–0.3 мм, максимумом 0.8×1.2 мм), между которыми развиты еще более дисперсные агрегаты хлорита и эпидота, а также встречаются единичные чешуйки биотита. Отрицательной особенностью пород участка

является присутствие агрегатов мелкокристаллического кальцита. Кальцит в виде агрегативных выделений размером до 0.7 мм участвует в строении породы и выполняет гнезда и редкие кальцит-эпидотовые прожилки.

Долериты поляковской свиты — это темно-серые мелко-скрытокристаллические породы темно-серого до черного цвета с характерным вишневым оттенком, реже вишнево-серые породы. Базальтоиды до значительных глубин (более 40 м) превращены в щебнистую массу. Петрографически это довольно однородные, равномернозернистые породы, состоящие преимущественно из плагиоклаза и пироксена с размерами кристаллов 0.1–0.2 мм. Плагиоклаз в виде вытянутых призматических кристаллов в значительной степени сосюритизирован. Пироксен субидиоморфен. Хлорит развит в межзерновом пространстве в виде тонкочешуйчатых агрегатов, а также выполняет миндалины размером до 1.2 мм. Породы характеризуются несколько повышенным содержанием сульфидов и в единичных пробах карбонатов. Отрицательными факторами являются присутствие в толще прослоев силицитов и сильная тектоническая нарушенность, сопровождающаяся процессами окварцевания, хлоритизации, сульфидизации.

Микрогаббро ранее относились к различным магматическим комплексам: Сакмарскому, Худолазовскому, Карамалыташскому. Однако все тела габброидов, оцененные как перспективные, однотипны и локализованы в близких геологических условиях, что заставляет их рассматривать как единый породный комплекс. Они представляют собой породы темно-серого цвета, однородные с неясно выраженной полосчатостью. Среди них встречаются и мелкозернистые и (реже) среднезернистые разности. Характерной особенностью комплекса является его полосчатый (псевдослоистый) характер. Наблюдается «переслаивание» габброидов и базальтоидов разного типа, при мощностях «слоев» первые метры. Породы состоят в основном из плагиоклаза, клинопироксена, амфибола, эпидота, хлорита. Кристаллы плагиоклаза размерами до 2 мм по удлинению, сосюритизированы. Клинопироксен в виде короткостолбчатых кристаллов размером до 0.8–1.2 мм по удлинению хлоритизирован, как правило, в центральной части. Амфибол встречается двух видов: вытянутые призматические кристаллы роговой обманки размером до 0.4×0.8 мм, в значительной степени замещенной хлоритом и эпидотом, и тонкие бесцветные чешуйки актинолита. Хлорит мелкочешуйчатый. Эпидот в виде зерен и субидиоморфных кристаллов светло-желтого цвета.

Взаимоотношения базальтов поляковской свиты и продуктивных габброидов не укладываются в принятые стратиграфические схемы. На наш взгляд, это единый вулканогенно-осадочно-интрузивный комплекс. По-видимому, мы имеем дело с образованиями, сформировавшимися в пределах зоны срединно-океанического хребта Уральского палеоокеана. Предлагаем выделить Поляковский комплекс, включающий собственно поляковскую свиту и габброиды этого комплекса.

Таким образом, в качестве обязательных при изучении возможности использования минерального сырья для нужд кровельной промышленности должны рассматриваться минералогические методы изучения. В результате проведенных работ для обеспечения потребностей производства керамизированных кровельных гранул выделены Буйдинская и Кунакбаевская перспективные площади, предложенные к лицензированию.

#### Литература:

1. Akbari H., Levinson R., Berdahl P. A Review of Methods for the Manufacture of Residential Roofing Materials. — Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720, 2003. — P. 8.
2. Jewett C.L. Roofing Granules // Industrial minerals and Rocks / S.J. Lefond, ed. — AIME, NY, 1983. — P. 15–19.
3. Kalyoncu D.M. Construction Materials: Roofing Granules // Encyclopedia of Materials Science and Engineering / M.B. Bever, ed. — Pentagon, Oxford, 1986. — V. 2. — P. 73–75.