

УДК 691:553.575(470)

ББК 38.3

К-73

**Котляр Владимир Дмитриевич**, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Строительные материалы» Ростовского государственного строительного университета, e-mail: [diatomit\\_kvd@mail.ru](mailto:diatomit_kvd@mail.ru);

**Терёхина Юлия Викторовна**, аспирант кафедры «Строительные материалы» Ростовского государственного строительного университета, e-mail: [yuliya-2209@mail.ru](mailto:yuliya-2209@mail.ru);

**Котляр Антон Владимирович**, инженер кафедры «Строительные материалы» Ростовского государственного строительного университета, e-mail: [toss87@rambler.ru](mailto:toss87@rambler.ru);

**Шека Сергей Иванович**, старший преподаватель кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин Майкопского государственного технологического университета.

## ОПОКОВИДНЫЕ ПОРОДЫ ЮГА РОССИИ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ (рецензирована)

В статье дана краткая характеристика кремнистых опал-кристобалитовых опоковидных пород. Показаны наиболее перспективные направления их использования в производстве строительных материалов – стеновой керамики, лёгких заполнителей, композиционных вяжущих веществ и т.д. Обосновывается целесообразность вовлечения кремнистого опоковидного сырья юга России в промышленный оборот.

Ключевые слова: опока, опоковидные породы, стеновая керамика, лёгкие заполнители, плотность, прочность, вяжущие вещества, кремнезём, технология.

**Kotlyar Vladimir Dmitrievich**, Candidate of Technical Sciences, head of the department of Building Materials, Rostov State University of Civil Engineering, e-mail: [diatomit\\_kvd@mail.ru](mailto:diatomit_kvd@mail.ru);

**Terekhina Julia Victorovna**, post graduate student of the department of Building Materials, Rostov State University of Civil Engineering, e-mail: [yuliya-2209@mail.ru](mailto:yuliya-2209@mail.ru);

**Kotlyar Anton Vladimirovich**, an engineer of the department of Building Materials, Rostov State University of Civil Engineering, e-mail: [toss87@rambler.ru](mailto:toss87@rambler.ru);

**Sheka Sergei Ivanovich**, senior lecturer of the Department of Construction and General Professional Disciplines, Maikop State Technological University.

## SILICA CLAY ROCKS OF THE SOUTHERN RUSSIA AND FUTURE TRENDS OF THEIR USE IN THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS (Reviewed)

The article gives a brief description of the siliceous opal-cristobalite silica clay rocks. The most promising trends for their use in the production of building materials, such as wall ceramics, lightweight aggregates, composite binders, and others have been shown. The feasibility of the involvement of silica clay materials of the southern Russia into the industrial usage has been grounded.

Keywords: silica clay, silica clay rock, wall ceramics, lightweight aggregates, density, strength, binders, silica, technology.

Успешное развитие стройиндустрии в качестве первоочередной задачи выдвигает комплексную оценку состояния сырьевой базы минерального сырья и рационального её размещения с учётом горнотехнических, геологических, экономических, экологических и других условий всего региона. Применительно к новым условиям недропользования, успешное освоение новых месторождений в обстановке рыночных отношений, возможно только при комплексном использовании сырья с применением новых современных технологий. Особенно это важно относится для отрасли строительных материалов.

Юг России, является достаточно развитым регионом в промышленном отношении и располагает крупной сырьевой базой кремнистого опал-кристобалитового сырья, потенциал которого до настоящего времени мало используется. Особенно велики запасы опок и их разновидностей опоковидных пород. Имеются многочисленные разведанные месторождения Авило-Фёдоровское, Каменоломненское, Масловское, Журавское, Шахтинское, Несветаевское, Шевченковское, Нагольновское, Баканское, Губское, Шедокское, Натухаевское и др. Запасы, разведанные по

промышленным категориям, составляют около 60 млн. м<sup>3</sup>. Прогнозные запасы в несколько десятков раз больше. Имеется достаточное количество месторождений с неутверждёнными запасами, а также многочисленные крупные проявления и перспективные участки для поиска и разведки новых месторождений [1].

Опоки – лёгкие плотные микропористые породы, сложенные в основном мельчайшими (менее 0,005 мм) частицами опал-кристобалитового кремнезёма. В различном количестве присутствует обломочный (преимущественно полевошпатовый, кварцевый), карбонатный и глинистый материал. В связи с этим выделяются различные литологические разности кремнистых пород – глинистые, песчанистые, карбонатные и смешанные. В некоторых разновидностях (обычно слабокарбонатных) присутствует цеолитовый компонент (до 20%). Органические остатки (панцири диатомей, раковины радиолярий, спикулы губок) редки и плохой сохранности. Цвет от светло-серого, желтовато-серого, буровато-серого до темно-серого. Средняя плотность составляет 1100-1600 кг/м<sup>3</sup>, пористость достигает 40-55 %. Прочность «нормальных» разностей от 5 до 20 МПа, выветрелых (трепеловидных) – от 3 до 7 МПа. Разнообразие состава опок обуславливает широкий диапазон полезных свойств – различные физико-технические и технологические свойства, и как следствие, разносторонние области применения.

Большая часть месторождений рассматриваемых кремнистых пород приурочена к морским отложениям, как платформенных областей, так и молодых геосинклиналей и предгорных прогибов. К этому типу относятся наиболее крупные продуктивные залежи. Их размеры в плане достигают сотен метров, иногда километров, мощность колеблется от единиц до десятков и даже сотен метров. Форма залежей преимущественно пластовая, в отдельных случаях (обычно в областях молодых прогибов) они имеют форму уплощённых линз со сравнительно выдержанной мощностью. Залегание залежей, расположенных в платформенных областях, горизонтальное, в пределах молодых прогибов нередко наблюдается падение в 12-25<sup>0</sup>, встречаются отдельные разрывные нарушения. Залежи кремнистых опал-кристобалитовых пород морского происхождения обычно характеризуются выдержанным составом. Связаны они с отложениями терригенно-кремнистой (преимущественно палеоценэоценовой) и терригенно-карбонатно-кремнистой (преимущественно верхнемеловой) формацией. Ассоциируют с кварцевыми и кварц-глауконитовыми, нередко фосфоритоносными песками, мел-мергельными породами, для карбонатных разновидностей характерна цеолитонность. Частое совместное нахождение кремнистых, мелмергельных и глинистых пород в едином структурно-вещественном комплексе благоприятствует созданию сырьевой базы для различных отраслей промышленности. Месторождения опок подразделяются по запасам (млн. м<sup>3</sup>) на весьма крупные (более 50), крупные (20-50), средние (3-20) и мелкие (менее 3).

Промышленное использование кремнистых пород основано на ряде их физических и химических свойств, из которых главными являются их высокая пористость, малая объемная масса, значительная термостойкость, наличие «активного» кремнезёма и химическая стойкость по отношению к кислотам. Эти уникальные свойства делают кремнистые породы сырьем многоцелевого назначения. Требования различных отраслей к кремнистому сырью, в зависимости от областей его применения, регламентируются соответствующими государственными и отраслевыми стандартами и техническими условиями.

Однако, использование кремнистых пород промышленностью строительных материалов юга России оставляет желать лучшего. Одной из причин этого, на наш взгляд, является широкий диапазон свойств данного вида сырья и слабая технологическая изученность. Кроме того, большинство месторождений были разведаны в 50-60-е годы, и оценка качества сырья проводилась по ныне отмененным ГОСТам и требованиям, вследствие чего все они нуждаются в доизучении. Поэтому первоочередной задачей в настоящее время является всестороннее изучение состава и свойств опоквидных пород, выбор оптимальных путей их использования, разработка конкретных технологических схем и нормативных документов.

На кафедре строительных материалов РГСУ на протяжении многих лет ведутся работы по изучению и использованию опоквидных пород в стройиндустрии. Проведенные работы позволили определить наиболее перспективные направления их использования, а также выявить минералогическо-технологические критерии применения в производстве строительных материалов. Установлено, что полученные на их основе обжиговые материалы обладают пониженной средней плотностью, улучшенными теплофизическими свойствами, высокой прочностью, светлой окраской черепка. Разработаны технологические режимы получения лёгких заполнителей на основе кремнистых и смешанных пород. Подтверждено промышленными испытаниями, что из кремнистых пород группы опок, сложенных опалом-КТ возможно получение высокопрочного, лёгкого и морозостойкого

материала – термолитового щебня и песка для производства лёгких конструкционных и конструкционно-теплоизоляционных бетонов и коррозионностойких фактурных материалов светлой окраски. Отмечено, что, благодаря высокой пористости и широкого интервала спекания, возможно проводить совместный обжиг мелких и крупных фракций с начальной карьерной влажностью. Это приводит к значительному снижению производственных затрат. Разработанные составы сырьевых смесей на основе кремнистых пород и топливных шлаков позволили получить новый вспученный материал – шлакотермолитовый гравий, выгодно отличающийся от керамзита повышенной коррозионной устойчивостью и «лучшим поведением» в легких бетонах.

Установлены технологические режимы получения и исследованы процессы формирования структуры бетонов на обжиговой связке полученных на основе кремнистых пород региона. Определены литологические разновидности опок, которые являются пригодными для получения этих материалов на технологических линиях существующих керамических предприятий и проведена их промышленная апробация. Выявлен новый тип полезного ископаемого для стройиндустрии – смешанные карбонатно-кремнистые породы (хлидолиты), являющиеся природной шихтой для получения белитового вяжущего и синтетического волластонита ( $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ). Установлены площади распространения этих пород, определены закономерности вещественного состава. Приурочены, как правило, эти породы к переходным частям разрезов от карбонатных пород верхнемелового возраста к кремнистым породам палеоцена. Сформировались они в промежуточные эпохи от карбонатакопления к кремненакоплению. В это время в бассейнах осадконакопления еще не прекратилась садка карбонатного материала, и уже начались процессы кремненакопления, сопровождаемые синхронным формированием высококремнистых цеолитов. Такие породы являются естественной природной шихтой с необходимой стехиометрией  $1-2\text{CaO}:\text{SiO}_2$ .

Для получения синтетического волластонита из искусственных смесей карбонатных и кремнистых пород были разработаны оптимальные составы сырьевых шихт, температурные режимы синтеза и его дальнейшей переработки. Отличительными особенностями полученного волластонита являются относительно низкие температуры обжига (менее  $1100^\circ\text{C}$ ), светлые оттенки и невысокая прочность, позволяющая с минимальными затратами производить его дальнейший помол.

Впервые получен синтетический диопсид –  $(\text{CaO} \text{ MqO}) 2\text{SiO}_2$ . Кремнеземистой составляющей были выбраны опоки с максимальным содержанием кремнезёма, а кальций-магний-содержащей компонентой – доломиты Боснийского месторождения (Северная Осетия). На их основе разработаны оптимальные составы сырьевых смесей, режимы синтеза диопсида и направления дальнейшего использования. Все синтезированные минералы и сырьевые компоненты были детально исследованы с помощью рентгеноструктурного, термического и электронно-микроскопического анализов. Как синтезированный волластонит, так и диопсид являются высококачественными компонентами для получения безусадочных керамических масс, сырых и полуфриттованных глазурей и других перспективных материалов.

Экспериментально доказана возможность и разработаны технологии использования опок в качестве многоцелевой добавки при производстве стеновой керамики, так как большинство предприятий работает на высокочувствительных к сушке глинах. Отличительной особенностью разработанной технологии является совместный помол опок и глинистого сырья, что приводит к более высокому качеству получаемых изделий. Ввод опоки в состав сырьевых масс, кроме отощения, снижает плотность кирпича на  $150-200 \text{ кг/м}^3$  и улучшает его теплофизические свойства.

Опоки, обладая высокой пористостью, а отсюда и хорошими теплоизоляционными свойствами, могут использоваться как в естественном состоянии, так и в виде различных обжиговых изделий. Устойчивость к высоким температурам, позволяет применять их для изоляции поверхностей с температурой до  $900-1000^\circ\text{C}$ . Они обладают также высокой кислотостойкостью. В молотом виде могут употребляться для засыпки перекрытий, сводов печей, для утепления стен и т.д. Насыпная плотность таких засыпок составляет у чистых разновидностей обычно  $400-600 \text{ кг/м}^3$ , у «загрязненных» повышается до  $800 \text{ кг/м}^3$ . Для придания опоковому порошку водоустойчивости, неразмокаемости при изолировании поверхностей с небольшими температурами, в массу добавляют различные полимеры (полимеропоковые штукатурки). В качестве наполнителя (55-70 %) хорошие результаты показали опоки в ячеистых бетонах, приготовленные на основе портландцемента и извести. Такие бетоны характеризуются малой средней плотностью и значительной прочностью.

Перспективным является производство обжиговых теплоизоляционных изделий, как сыпучих, так и штучных, на базе существующих кирпичных заводов области [2, 3, 4]. В строительстве широкое применение найдет строительный опоковый кирпич, обожженный как с выгорающими добавками, так и без них. Такой кирпич легче обычного, удобен при кладке и обработке, по теплопроводности не

уступает дереву, характеризуется высокими звукоизоляционными свойствами. Качество такого кирпича зависит в основном от средней плотности исходного сырья и количества глинистой составляющей. Использоваться он может при малоэтажном строительстве в комбинации с обычным строительным кирпичом в качестве теплоизоляционного прослоя («тепловкладыша»). О применении кремнистых пород для снижения веса некоторых сооружений и конструкций известно еще со времен Римской империи. Проведенные в РГСУ работы показали весьма перспективным направлением производство кирпича полусухого прессования на основе опок. Его преимущества – невысокая средняя плотность черепка, широкая цветовая гамма, меньшие, в сравнении с глиняным кирпичом, производственные затраты. Он отвечает требованиям, предъявляемым к лицевому кирпичу.

В качестве легких заполнителей для бетонов могут применяться необожженные и обожженные породы (термолиты). Водостойкие разности могут применяться в качестве заполнителя для бетонов, к которым не предъявляются требования по морозостойкости (внутренние стены, межкомнатные перегородки и др.). В качестве вяжущего используются гипсовые и смешанные. В России и за рубежом имеются предприятия выпускающие плиты для межкомнатных перегородок на основе кремнистых пород. Часто существенным недостатком кремнистых пород в естественном виде является их невысокая морозостойкость. Разработки, проведенные в последнее время, показали, что её можно значительно повысить обработкой заполнителя различными полимеризующими составами. При обжиге кремнистых пород повышается их прочность, морозостойкость и наиболее перспективным в этом направлении является производство термолитовых песков в коротких печах «кипящего слоя». При замене в бетонах кварцевого песка термолитовым, средняя плотность бетона снижается на 300-450 кг/м<sup>3</sup>. Таким образом, могут быть получены бетоны различного назначения. Кремнистые породы, содержащие от 2 до 14 % оксида железа, дают при обжиге термолитовый песок желтого, палевого, фишашкового, розового, коричневого, малинового, черного и других цветов. При насыщении песков в растворах солей металлов меди, кобальта, хрома и других, а также жидком стекле с последующим их обжигом получают цветные пески почти всех расцветок, которые используются для декоративной отделки стен, орнаментальной мозаики, художественной стеновой росписи. Цветные пески также применяются для мозаичных бетонов, декоративных штукатурок – «байрамикс» и др. Для жаростойких бетонов применяются весьма дефицитные и дорогостоящие заполнители (шамот и др.). Применение термолитового щебня для жаростойких бетонов позволяет использовать широко распространенное местное и более дешёвое сырье. Известно применение кремнистых пород в качестве наполнителей при изготовлении асфальтобетонов. В том же качестве используются в лакокрасочной промышленности, при производстве пластмасс. При этом они играют не только роль инертного вещества. С введением опокового порошка происходит улучшение свойств самого материала и изделий из него.

Основным критерием качества применения кремнистых пород в качестве гидравлических добавок служит содержание аморфной кремнекислоты и в связи с этим их гидравлическая активность. Они могут использоваться для получения известковых, смешанных вяжущих, а также в весьма перспективном направлении – производстве сухих строительных смесей (облегченные гипсовые штукатурные растворы, теплые растворы и др.). Прибавление 5-10 % опок по весу к гипсовым штукатуркам увеличивает гладкость и свойство штукатурки расширяться, уменьшает плотность с последующим повышением теплоизоляционных свойств и прочности. Известковые растворы с добавкой опок приобретают большую водостойкость и прочность. В зависимости от назначения раствора количество опоки в растворах может быть вдвое-втрое больше, чем извести. Состав 0,3 – 0,7 – 1,3 (известь – опока – нормальный песок) показали через 14 дней прочность 10,5 МПа, через 6 месяцев – 20,5 МПа. Ускорение твердения растворов и изделий может быть достигнуто путём их пропаривания (с давлением или без давления).

Помимо сырья для строительных материалов они находят применение в качестве адсорбентов, осушителей газов, фильтровальных материалов, в химической, абразивной, пищевой промышленности. Следует отметить, что успешное решение задачи вовлечения кремнистых пород в производство зависит во многом от комплексности их использования.

#### *Литература:*

1. Котляр В.Д. Стеновая керамика на основе кремнистых опал-кристобалитовых пород – опок. Ростов н/Д.: РИЦ РГСУ, 2011. 278 с.
2. Котляр В.Д., Галпа Б.В. Опоки – перспективное сырье для стеновой керамики // Строительные материалы. 2007. №2. С. 31-33.
3. Котляр В.Д. Классификация кремнистых опоковидных пород как сырья для

производства стеновой керамики // Там же. 2009. №3. С. 36-39.

4. Котляр В.Д., Козлов Г.А., Козлов А.В. Особенности получения эффективного пористого заполнителя из кремнистых пород Ростовской области // Там же. №6. С. 88-89.

**References:**

1. Kotlyar V.D. *Wall ceramics based on siliceous opal-cristobalite rocks – flasks. Rostov-on-Don: RRC RSICE, 2011. 278 p.*

2. Kotlyar V.D., Talpa B.V. *Silica clay - promising raw material for wall ceramics production // Building Materials. 2007. № 2. P. 31-33.*

3. Kotlyar V.D. *Classification of silica clay siliceous rocks as raw material for the production of wall ceramics // Building Materials. 2009. № 3. P. 36-39.*

4. Kotlyar V.D., Kozlov G.A., Kozlov A.V. *Peculiarities of obtaining effective porous aggregate of siliceous rocks of the Rostov region // Building Materials. 2009. № 6. P. 88-89.*