

# ШУНГИТОВЫЕ ПОРОДЫ: ГОРИЗОНТЫ НАУЧНОГО ПОИСКА

---

Доктор технических наук Юрий КАЛИНИН,  
генеральный директор Научно-производственного комплекса  
«Карбон-Шунгит»,

доктор геолого-минералогических наук  
Владимир КОВАЛЕВСКИЙ, заведующий лабораторией шунгитов  
Института геологии Карельского научного центра РАН  
(г. Петрозаводск, Республика Карелия)

---

**Древние углеродсодержащие формации Карелии —  
уникальные природные образования  
протерозойского возраста (около 2 млрд лет), не имеющие аналогов  
в геологической истории Земли.**

**В их составе распространены породы с широким диапазоном  
включения углеродистого вещества — от рассеянного  
с долей процента до соответствующих по концентрации углям.**

**Речь идет прежде всего о шунгитах.**

**На протяжении пятидесяти с лишним лет  
их изучают во всех аспектах с использованием современных  
методов исследований на родине материала —  
в Карельском научном центре РАН.**

**За эти годы минерал открыл свои тайны, стал известен в мире,  
заинтересовал людей широкими возможностями и в то же время остался  
во многом непознанным и обещающим новые прорывы.**

**Ш**унгитовые породы\* привлекают внимание специалистов уже более двух столетий. Первые отрывочные сведения о «черных землях» в Олонецком крае опубликовал в 1792 г. известный

\*См.: Ю. Калинин. Экологический потенциал шунгита. — Наука в России, 2008, № 6 (прим. ред.).

русский естествоиспытатель, член Петербургской АН Николай Озерецковский. Полвека спустя, в 1848 г., это сделал штабс-капитан корпуса горных инженеров Николай Комаров, обнаруживший в районе одного из самых древних поселений Заонежья — в поселке Шуньга Медвежьегорского района — крупные ско-



**Действующий карьер Научно-производственного комплекса «Карбон-Шунгит» на Зажогинском месторождении (поселок Толвуя Медвежьегорского района Карелии).**

пления «смолистой горной породы». Начало же систематическому изучению древних углеродистых соединений положил в 1879 г. профессор Санкт-Петербургского университета Александр Иностранцев. Он и предложил назвать этот минерал по месту первой находки шунгитом и определил его как крайний член в ряду природных некристаллических углеродов, не являющийся каменным углем. В 1928–1937 гг. в процессе геологического и технологического исследования в рамках государственного треста «Шунгит» удалось получить ценную информацию о составе и свойствах породы, а также показать: данное углеродсодержащее сырье может быть полезным ископаемым для различных отраслей народного хозяйства.

В 1956 г. разработку шунгитовой проблемы в секторе геологии Карело-Финской базы АН СССР (впоследствии Карельский филиал АН СССР, ныне Карельский научный центр РАН) возглавил выдающийся петрограф, доктор геолого-минералогических наук Петр Борисов. В 1962 г. через год после образования в филиале Института геологии под его научным руководством была создана лаборатория нерудного сырья (с 1975 г. лаборатория шунгитов), в сферу первоочередных задач которой входило изучение углеродистых сланцев Нигозерского месторождения

(г. Кондопога). Уже в первом отчете (1962 г.) специалисты показали: данные породы пригодны для получения легкого заполнителя типа керамзит, названного впоследствии шунгизитом. Эта работа дала толчок к освоению Нигозерского месторождения. Вблизи залежей появился Кондопожский шунгитовый завод по выпуску щебня, поставлявшегося на предприятия Северо-Западного, Центрального, Прибалтийского и других экономических районов СССР для производства шунгизита. Изначально гравий широко использовали в качестве пористого заполнителя бетонов для изготовления несущих конструкций, деталей сборного домостроя и теплоизоляционных засыпок. И хотя вскоре развитие технологий производства новых эффективных утеплителей вызвало падение спроса на данный материал, его применение тогда было экономически оправданным и важным этапом в развитии жилищного и промышленного строительства на северо-западе нашей страны.

В 1960-х годах началось широкое апробирование шунгитовых пород в технологиях по использованию в качестве минерального пигмента (1965 г.), сырья для получения карбида кремния и металлического кремния (1967 г.), наполнителя материалов, стойких в производствах фосфора, фосфорной, серной и других кислот (1970 г.). В 1971 г. в справке «Шунгиты —



*Погрузка шунгитовой породы,  
добытой на предприятии  
«Карбон-Шунгит».*



**Шунгизит —  
наполнитель легких бетонов.**

новое комплексное сырье» впервые была дана технологическая классификация минерала и названы возможные сферы его применения: в изготовлении фосфора, штучных термокислотоупоров, в литейном производстве как заменитель графита, в строительной отрасли как пигмент, наполнитель кислотоупоров, облицовочный материал, легкий заполнитель (шунгизит), поделочный и пробирный камень. При этом авторы отмечали: «Перечисленные направления... не охватывают всех возможных сфер использования, а отражают лишь результаты начального этапа работ по внедрению в народное хозяйство этих уникальных пород».

Принципиально важным для развития стал выход в 1972 г. постановления Совета Министров СССР, где речь шла о «необходимости комплексного исследования углеродсодержащих нерудных полезных ископаемых Карелии — шунгитов, прогнозные запасы которых достигают сотен миллионов тонн». К этой работе

были привлечены многочисленные организации Карелии и Советского Союза: государственное предприятие «Росорттехстром», Ленинградский горный, Днепропетровский металлургический и Петрозаводский проектно-конструкторско-технологический институты, УралНИИИстромпроект (Челябинск), НИИ бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева (Москва), Специальное конструкторско-технологическое бюро «Дезинтегратор» (Таллин, Эстония), НИИ мостов Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта, Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В.А. Кучеренко (Москва), Инженерно-строительный институт (Ленинград), Ленинградский технологический институт им. Ленсовета, Петрозаводский государственный университет и, конечно же, подразделения Карельского филиала АН СССР — Институты геологии, биологии, леса, экономики, водных проблем Севера, при этом первый был опре-

**Использование шунгитовой породы  
как заменителя кокса и кварцита  
в металлургических процессах.**



делен головной организацией в области комплексного исследования шунгитов.

С постановки этой темы в лаборатории Института геологии начался второй этап изучения шунгитовых пород. Тогда, в начале 1970-х годов, была выработана геолого-промышленная классификация минерала, определен состав твердой фазы и летучих соединений, проведены структурные исследования с помощью электронной микроскопии и дериватографии\*, изучены его основные свойства — плотность, тепловое расширение и термическая стойкость, теплотворная способность, адсорбция, взаимодействие с кислотами и щелочами. Одновременно специалисты лаборатории показали: шунгитовые породы могут быть использованы в производстве ферросплавов, футеровки алюминиевых электролизеров и в литейных технологиях. В обосновании этих выводов участвовали также сотрудники Всесоюзного алюмо-магниевого института (Ленинград). Для решения экспериментальных задач в поселке Толвуя (Медвежьегорский район) вблизи залежей шунгита появилась геолого-технологическая база. Она и стала тем полигоном, где прошли апробацию многие разработки по применению углеродсодержащих пород.

В 1980-х годах под руководством Юрия Калинина, возглавившего лабораторию в 1964 г., начался поиск новых областей практического использования шунгитовых пород. В частности, тогда установили: высокоуглеродистые соединения являются эффективными адсорбентами для процессов водоподготовки,

способными поглощать фенолы, гумины и нефтепродукты, а материалы на их основе проявляют высокую каталитическую активность в процессах органического синтеза циклических углеводородов, разложения перекиси водорода, что важно для создания экологически чистых химических производств. Большой практический выход сулило также их использование в качестве активного наполнителя широкого класса композиционных материалов для придания им новых качеств: повышенной износостойкости, химической стойкости и электропроводности.

Кроме того, исследователи выявили радиоэкранирующие свойства шунгитовых пород, что инициировало разработку технологии получения конструкционных материалов, обеспечивающих защиту человека от техногенных электромагнитных излучений. Эти особенности нерудных полезных ископаемых привлекли внимание ряда отечественных министерств — радиоэлектронной и авиационной промышленности, среднего машиностроения и обороны. Центральное конструкторское бюро радиоматериалов (Москва), представляющее интересы данных ведомств, заключило с лабораторией шунгитов договор на разработку промышленных технологий радиоэкранирующих материалов (РЭМ), строительство экспериментальных сооружений и их радиотехнические испытания. Опытная партия РЭМ, выпущенная на Петрозаводском заводе силикатного кирпича, получила признание в оборонных ведомствах. Из кирпичей с шунгитовым наполнителем были построены экранированные помещения в Петрозаводске, Москве, Ленинграде, Пензе, Куйбышеве, а также за рубежом — в Болгарии.

\*Дериватография — метод исследования химических и физико-химических процессов, происходящих в веществе в условиях изменения температурного режима. Основан на сочетании дифференциального термического анализа с термогравиметрией (прим. ред.).



**Водоочистные сооружения  
с использованием шунгитовой породы  
в г. Пушкино (Московская область).**

В конце 1980-х годов Министерство промышленности строительных материалов СССР, планируя широкомасштабное производство РЭМ, выдало задание на геологическую разведку Зажогинского месторождения шунгитовых пород, расположенного в Медвежьегорском районе в 5 км от судоходной губы Онежского озера, где сосредоточена значительная часть ресурсного потенциала высокоуглеродистых формаций Карелии — свыше 30 млн т. Однако отсутствие промышленной цепочки по разработке месторождения, добыче сырья, его первичной подготовке (дробление и разделение по фракциям), складированию и отгрузке потребителю сдерживало применение полезного ископаемого. Именно для создания такого цикла и освоения Зажогинского месторождения один из авторов этой статьи ушел из Института геологии и в 1991 г. создал компанию «Карбон-Шунгит», а руководство лабораторией передал кандидату химических наук Евгению Дюккиеву (с 1995 г. коллективом руководит доктор геолого-минералогических наук Владимир Ковалевский).

В 1990-х годах, когда отсутствовало стабильное финансирование, интересы лаборатории были направлены только на изучение структуры и электрофизических свойств шунгитового углерода. И в этот период ученые получили данные, кардинально меняющие представления о минерале, его свойствах и генезисе (происхождении).

Согласно современным представлениям шунгит — неграфитирующееся углеродистое вещество, основной структурной единицей которого является глобула — фуллереноподобное образование размером ~10 нм, состоящее из фрагментов трехмерных замкнутых оболочек или плавно изогнутых пакетов

углеродных слоев, охватывающих наноразмерную пору. С молекулярной точки зрения шунгит — графитоподобная структура, искаженная как в плоскости слоя, так и перпендикулярно ему, причем таким образом, что его гексагональная симметрия понижается до тригональной. Причем нарушения периодичности в графеновых слоях могут быть вызваны неуглеродными включениями и наличием негексагональных углеродных колец. В рассматриваемых породах выявлены высшие фуллерены, а также фуллереноподобные структуры, обособленные или связанные с минералами. Углерод, подобный шунгиту, обнаружен не только в Карелии. Он встречается, например, в выходе пиробитумов ударного кратера Садбери (Канада), сформировавшегося в результате падения кометы диаметром 10 км 1,85 млрд лет назад, и на некоторых золоторудных месторождениях — крупнейшего на территории России Советского (Енисейский кряж) и Эриксон (Канада). Но именно карельское месторождение уникально по форме проявлений и гигантским промышленным запасам.

Шунгит — один из наиболее интригующих типов свободного углерода, вызвавших появление разнообразных точек зрения на происхождение минерала. Их можно разделить на две большие группы — биогенную и абиогенную. По мнению одних исследователей (в частности, Иностранцева), он не является каменным углем, а по заключениям других (например, профессора Ленинградского государственного университета Владимира Тимофеева), напротив, представляет собой битуминозный каменный уголь и даже демонстрирует признаки древесного каменного угля. Сторонники биогенного направления сопоставляют шунгит с керогеном (полимерные органи-

**Очистные сооружения стоков  
на берегу реки Яуза  
(Московская кольцевая автодорога).**



ческие материалы, одна из форм нетрадиционной нефти) докембрийского возраста из хлоритовой зоны, пиробитумом и антраксолитом. Согласно абиогенным представлениям он мог появиться в результате карбонизации углеводородов или продуктов активной мантийной дегазации, а также вследствие глубинных процессов горения или преобразования ванадиевой нефти. Но существуют и иные мнения. Скажем, один из наиболее крупных в России специалистов в области геохимии осадочных пород доктор геолого-минералогических наук Яков Юдович считает: шунгит мог сформироваться в результате наложения биогенных и абиогенных процессов. Более того, некоторые ученые предполагают возможность импактного (ударного) воздействия на процесс его образования.

С нашей точки зрения, шунгитовый углерод устойчив против перехода в графит и сохраняет стабильность фуллереноподобной структуры в течение 2 млрд лет. Не обнаружены геологические факторы и для превращения представителей графитоподобного углерода в шунгит. Эти обстоятельства свидетельствуют: данное соединение относится к самостоятельному семейству углерода наравне с графитовым и алмазным. Его образование не могло произойти путем трансформации из членов графитового семейства в поверхностных зонах Земли.

Шунгитовая порода имеет специфичное строение. Входящий в ее состав углерод создает матрицу с равномерно распределенными минеральными образованиями среднего размера (~1 мкм). Среди осадочных пород аналогов таким структурам ни по высокой дисперсности силикатов, ни по форме распределения углерода нет. Подобные образования можно

найти, пожалуй, среди технических продуктов — стеклокристаллических материалов, полученных при кристаллизации высоковязких гомогенных стекол. Есть основания полагать, что шунгитовые породы сформированы аналогичным образом из вязких хемогенных магм. В таком очаге в присутствии S и Cl между составляющим его основу базитом (продукт кристаллизации расплавов) и шунгитом происходят разнообразные химические (в том числе окислительно-восстановительные) реакции и ликвационные (расслоение, распад) процессы, в ходе которых образуются новые продукты — шунгиты разнообразного состава от предельно насыщенных углеродом (70%) до базитов с составом шунгитовой золы, карбонатные породы, сульфиды, соли. Перечисленный набор соединений позволяет рассматривать, по мнению одного из авторов статьи Юрия Калинина, шунгиты и породы загогинской свиты в целом как продукты хемогенных карбонатитовых (магматических) толщ. Это новый взгляд на генезис и к нему следует приглядеться, поскольку карбонатиты — природная кладовая многих полезных ископаемых и в этой толще уже обнаружены необычные находки.

Уникальные свойства соединения определяются его специфической структурой. Благодаря шунгитовой матрице контактная поверхность между входящими в его состав углеродом и силикатами достигает 20 м<sup>2</sup>/г. Вследствие этого окислительно-восстановительные реакции между ними протекают исключительно интенсивно, причем при более низких температурах по сравнению с традиционными процессами и высокими КПД. Скажем, при выплавке литейного чугуна в доменных печах для синтеза кремния 1 кг шунгитового углерода эквивалентен по эффекту 3—

4 кг коксового. Или другой пример: получение карбида кремния в традиционной шихте обычно происходит при температурах 1600–2500 °С. С использованием в качестве сырья неграфитирующегося углерода эти цифры будут на 300–500°С ниже.

Шунгитовые породы, если их сравнивать с графитом, обладают большей химической стойкостью в агрессивных средах, например, в расплавах алюминиевых электролизеров. Они также проявляют высокие сорбционные свойства, иногда превосходящие активированные угли. Это зафиксировано, в частности, при очистке питьевой воды от свободных радикалов и нефтепродуктов. При этом повышенная восстановительная реакция соединений определяет антиоксидантные качества водных настоев. Кроме того, они обладают способностью к саморегенерации сорбционных свойств.

Новейший этап исследований связан в первую очередь с проблемой изучения и использования продуктов глубокой модификации шунгитовых пород, базирующейся на современных фундаментальных знаниях о структуре и свойствах минерала. Речь идет прежде всего о температурной обработке, изменении окислительно-восстановительного потенциала среды, инициировании каталитических процессов преобразования углерода и роста неуглеродных аутоморфов.

В последние годы в ходе изучения процессов термических и барических преобразований шунгитовых пород разработан способ их наноструктурирования, приводящий к слиянию полых глобул в более крупные частицы и росту нановолокнистых карбидов кремния, разрывающих в свою очередь монолит шунгитовой породы на отдельные наноразмерные компоненты. Он лег в основу технологии, оформленной в 2008 г. в патент (авторы Владимир Ковалевский и Александр Сафронов), позволяющей получать принципиально новый продукт — шунгитон, содержащий гиперфуллереновые углеродные структуры и нановолокнистые карбиды кремния. По экспертному заключению ЗАО «Инновации ленинградских институтов и предприятий» (Санкт-Петербург) он не имеет прямых аналогов в мировой практике. Совместные работы с ООО «БуммашТехнолог» (Петрозаводск) показали: при введении 10% наполнителя прочность термореактивных композитов повышается на 45% при значительном увеличении износостойкости (свыше 20%). В НИИ шинной промышленности (Москва), где был опробован новый продукт, подтвердили его перспективность для использования в составе шинных резин. Доказано также (совместно с московским Институтом металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН и пермским Научно-техническим центром ООО «Новомет») влияние углеродсодержащих наполнителей на структуру и свойства алюминия и нержавеющей стали. В 2010 г.

коммерческая реализация разработки шунгитона была включена в десятку перспективных инновационных проектов Республики Карелия.

Сейчас шунгиты масштабно используют в металлургии, в частности в доменной выплавке литейных чугунов. Его применяют здесь в качестве сырья для синтеза металлического кремния, т.е. он выполняет роль легирующей добавки. Получение Si из карельского минерала происходит значительно эффективнее, чем по традиционной технологии. При выплавке передельного чугуна шунгит участвует в доменном процессе для наведения SiC, который садится на стенки домны, создавая своего рода защитную оболочку для нее. Такой способ «лечения» печей действует сегодня практически на всех металлургических комбинатах нашей страны и в Германии.

Основные перспективы практического использования ценного сырья связаны с решением экологических проблем. Радиоэкранирующие материалы из него находят применение в здравоохранении. В Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург), где построены две палаты для шунгитовой терапии, проходили лечение ликвидаторы аварии на Чернобыльской АЭС, работники атомных станций и нефтеперерабатывающих заводов, больные с сердечно-сосудистой патологией. Заключение: адаптационный эффект электромагнитной депривации (изоляции) пациентов в шунгитовой палате проявляется в значительном сокращении сроков реабилитации после отравлений и острых заболеваний. Экранирование от электромагнитного смога активизирует систему иммунной защиты. Такие лечебные комнаты построены в санаториях Петрозаводска, Пятигорска, Сочи, Нижнего Новгорода и других городах.

Шунгит, способный глубоко чистить воду от различных органических и некоторых неорганических веществ, активно внедряют в процесс подготовки питьевой воды. В г. Пушкино (Московская область) на этом материале работают фильтры городского водозабора. Широко используют его в бытовых приборах, фильтрах по очистке сточных вод от нефтепродуктов, в сельском хозяйстве как удобрение, повышающее урожайность и стойкость культур к заболеваниям, и как кормовая добавка к пище пушных зверей, свиней и птицы.