

Шунгит

Шунгитовые породы — древние (2 млрд. лет) углеродсодержащие породы Карелии, являющиеся природными композиционными материалами. Шунгит является специфической формой углерода, представляющей собой неграфитируемый фуллереноподобный углерод, отличающийся от графитового на уровне надмолекулярной, атомной и зонной (электронной) структуры.

Специфическая структура шунгита и шунгитовой породы определяют их свойства. Шунгитовый углерод обладает высокой реакционной способностью в окислительно-восстановительных реакциях. В целом, уникальное сочетание физико-химических свойств шунгитовых пород определяет перспективы их практического использования во многих направлениях.

Запасы шунгита

В северо-западной части Онежского озера известны одни из самых больших в мире месторождений с утвержденными запасами:

1. Зажогинское, состоящее из Зажогинской (≈5 млн. т) и Максовская (≈30 млн. т) залежей. Породы месторождения различаются по содержанию углерода (10-45%), кварца (20-60%), спектру микропримесей, структурно-морфологическим особенностям, но сертифицированы только по химическому составу.

2. Залебяжское (≈18 млн. т).

3. Мироновское (≈14 млн. т).

4. Полежаевское (≈9 млн. т).

Суммарные прогнозные ресурсы шунгита составляют более 4 млрд. т углерода.

Преимущества шунгита

Шунгитовые породы могут быть использованы в производстве ферросплавов, футеровки алюминиевых электролизеров и в литейных технологиях, а также являются эффективными адсорбентами для процессов водоподготовки, способными поглощать фенолы, гумины и нефтепродукты. 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 также связан с их использованием в качестве активного наполнителя широкого класса композиционных материалов для придания им новых качеств: повышенной износостойкости, химической стойкости и электропроводности. Кроме того, были выявлены радиоэкранирующие свойства шунгита, что инициировало разработку технологии получения конструкционных материалов, обеспечивающих защиту человека от техногенных электромагнитных излучений.

А). Использование молотых и дробленых шунгитовых пород различных фракций.

• Щебень — для доменной металлургии (производство литейного и передельного чугуна, наведение гарнисажа в печах в процессе плавки), производство ферросплавов, желтого фосфора, электрометаллургии цветных металлов.

Шунгит, как одна из составляющих инновационного потенциала Карелии

• Пески — для подготовки питьевой воды (проточных фильтров и колодцев), очистке сточных и ливневых вод, очистке воды для бассейнов и ТЭЦ, для радиоэкранирования. Компонент для создания минеральных и органо-минеральных удобрений, искусственных почв.

• Порошки — для производства эластомеров, различных красок (строительных, художественных, электропроводных, противопожарных), в качестве наполнителей специальных материалов — радиопоглощающих и радиоэкранирующих.

Б). Применение шунгита для очистки стоков.

Шунгит активно внедряют и в процесс подготовки питьевой воды. Шунгитовые фильтры используются для очистки от нефтепродуктов, органических веществ (в т.ч. фенола, бензола), минеральных веществ (в т.ч. железосодержащих, мышьяка), от взвешенных веществ. Вода из шунгитовых фильтров соответствует ПДК рыбохозяйственных водоемов.

Результаты работы шунгитовых фильтров на МКАД при пересечении с р. Яузой приведены в таблице.

В г. Пушкино (Московская обл.) на этом материале работают фильтры городского водозабора.

Широко используют его в бытовых приборах, фильтрах по очистке сточных вод от нефтепродуктов.

В). Применение в качестве радиоэкранирующего материала.

Основные перспективы практического использования ценного сырья связаны с решением экологических проблем. Радиоэкранирующие материалы из него находят применение в здравоохранении.

В Военно-медицинской академии (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. В заключении отмечалось, что адаптационный эффект электромагнитной депривации (изоляции) пациентов в шунгитовой палате проявляется в значительном сокращении сроков реабилитации после отравлений и острых заболеваний. Экранирование от электромагнитного смога активирует систему иммунной защиты. Такие лечебные комнаты построены в санаториях Петрозаводска, Пятигорска, Сочи, Нижнего Новгорода и других городах.

На входе, мг/л	На выходе, мг/л
Нефтепродукты/ взвешенные вещества	Нефтепродукты/ взвешенные вещества
6,72/1025,0	0,06/6,6
3,23/372,5	0,15/1,2
1,61/1106,0	0,22/4,0

Г). Применение в качестве кормовой добавки.

Шунгит может быть использован в сельском хозяйстве как удобрение, повышающее урожайность и стойкость культур к заболеваниям, и как кормовая добавка к пище пушных зверей, свиней и птицы.

Так, в заключении Всероссийского научно-исследовательского и технологического института птицеводства (ГНУВНИТИП) было отмечено, что шунгит Зажогинского месторождения рекомендуется для использования птицефабрикам страны в качестве минеральной добавки, способствующей удешевлению стоимости комбикормов, а также как средства неспецифической стимуляции роста птицы (2-3%) и профилактики хронических микотоксикозов (3-4%).

Д). Применение в медицинских целях.

Согласно выводам исследований ФГУП «25 Государственный научно-исследовательский институт Минобороны России» и Института общей и неорганической химии им Н. С. Курнакова РАН «использование природного сорбционного материала шунгита для обезвреживания грунтов от гептила позволяет повысить безопасность эксплуатации компонентов жидкого ракетного топлива. Так уже через одни сутки концентрация загрязнителя в грунте снижается в 1000 раз.

Среди продуктов трансформации гептила на природном сорбционном материале шунгите отсутствуют высокотоксичные соединения такие как нитрозодиметиламин и тетраметилтетразен.

Е). Наноструктурирование шунгитовых пород.

Природные особенности шунгитовых пород позволяют получать несколько типов новых продуктов с различными соотношением, морфологией и размерами фуллероидных наноструктур и нановолокнистых карбидов кремния

Ж). Новый композиционный материал на основе терморезистивного углеволокна (ЭПАН) с наноструктурированным шунгитовым наполнителем.

З). Создание нового композиционного материала на основе алюминиевого сплава

Состав композита	Прочность на сжатие (Мпа)	Абразивный износ (мм ³ /м)
Исходный материал (ЭПАН)	137 (100%)	26,3 (100%)
ЭПАН + исходная шунгитовая порода (10 вес. %)	157 (114%)	24,2 (92%)
ЭПАН + наноструктурированная шунгитовая порода (10 вес. %)	199 (145%)	20,5 (78%)

АТ2Мг с наноструктурированным шунгитовым наполнителем (ИМЕТ РАН).

И). Перспективные направления использования наноструктурированных шунгитовых пород.

Производство новых поколений наноструктурированных металлических материалов на основе алюминия, титана и пр. для применения в авиа-, авто-, судостроении и энергетике (ИМЕТ РАН, ООО «Новомет»).

Производство новых материалов на основе полимерных и керамических матриц для применения в машиностроении (ООО «Бум-маштехнолог»).

Производство перспективных материалов для использования в резинотехнической промышленности и отраслях стройиндустрии (НИИШП).

Получение новых материалов с перспективными электро-физическими свойствами.

К). Перспективные направления практического использования исходных и модифицированных шунгитовых пород.

1. Исходная шунгитовая порода:

- Камнеобработка для получения декоративных элементов.

- Отсыпка фундаментов и оснований дорог.

2. Шунгитовый щебень:

- 10-100 мм, — черная и цветная металлургия, производство желтого фосфора, производство карбида кремния;

- 0-5 мм, — строительство (кирпич, бетон, плиты), дорожное строительство (специальные асфальты), удобрения, кормовые добавки, адсорбенты для очистки воды и газов (нефтепереработка, химическое производство, металлургия и т.д.).

3. Шунгитовые порошки:

- 5-20 мкм, — автошины, резины и РТИ, полимерные композиты и пластики, противопожарные краски и пасты (замениватель графита), электропроводные краски и эмали, наполнитель радиоэкранирующих и радиопоглощающих материалов в широком частотном диапазоне, лакокрасочная промышленность (пигмент черного цвета), косметология и медицина (пасты, мази, настои);

- менее 5 мкм, — активные адсорбенты и катализаторы в широком диапазоне применения, наполнитель в красках, клеях, полимерных композитах и концентратах черного цвета.

4. Модифицированный шунгит :

- 10-1000 нм, — композиционные материалы (металлы, полимеры, керамика и др.), синтез высокопрочных, термо- и химически стойких материалов и покрытий, фотоника (световые сенсоры), биомедицина, тонкие методы водоочистки и водоподготовки, строительство (нанобетон, специализированные сухие строительные смеси и др.), прочие наноматериалы.

Проблемы использования

Вместе с тем в практическом использовании шунгитовых пород возникает ряд проблем, основная из которых — неоднородность сырья в пределах месторождения (и даже в пределах одной залежи), как по химическому составу, так по структурным

параметрам углерода и пород в целом. И если по химическому составу разработаны и доступны сертификационные требования к сырью, то по структурным параметрам такие требования даже не рассматриваются. А именно структура углерода, как например, для графита и алмаза, определяет основные свойства шунгитовых пород. Такое положение приводит к тому, что одна партия шунгитового сырья демонстрирует отличные свойства, например, при использовании в металлургических процессах, другая удовлетворительные, а третья вообще приводит к рекламации.

Перспективы дальнейших работ

Основное направление дальнейшей разработки вопросов использования шунгита должно быть направлено на внедрение инновационных способов оценки и сертификации шунгитового сырья, которое позволит более эффективно использовать уже существующий промышленный потенциал шунгитовых пород. Здесь можно выделить две составляющих.

Первая составляющая проекта направлена на разработку инновационных способов оценки и сертификации шунгитового сырья, которая позволит более эффективно использовать уже существующий промышленный потенциал шунгитовых пород.

Для этого необходимо:

1. Определить перспективные отрасли использования шунгитовых пород (например, металлургия, шинную промышленность, водоподготовку, создание композиционных материалов и пр.) и сертификационные требования к сырью по каждому направлению.

2. Выявить критически важные свойства шунгитовых пород для конкретных направлений использования (например, химический состав, минералогический состав, структурные параметры углерода и пород) и экспресс методы их определения.

3. Разработать сертификационные требования к шунгитовым породам для конкретных направлений использования.

4. Провести ревизию полученных ранее геологических, физико-химических и технологических данных по имеющимся месторождениям с целью создания реестра пригодности залегающих шунгитовых пород к конкретным направлениям использования.

Вторая составляющая проекта определяется возможностью изменять (модифицировать) шунгитовые породы в нужном направлении.

В частности:

1. Для ряда направлений практического использования шунгитовых пород все более актуальным становится их разделение и обогащение на микро- и нано-размерные компоненты, что позволяет активировать шунгитовый углерод, раскрыть его новые возможности, и, в целом, расширить области использования шунгитовых пород в наукоемких технологиях, в том числе, нанотехнологиях. Все известные способы измельчения и обогащения, опробованные на шунгитовых породах, можно условно разделить на две

большие группы: с применением активных воздействий (дробление, механоактивация, диспергация, ряд физико-химических процессов, и пр.) и с применением пассивных воздействий (изменение внешних условий: температуры, давления). При сверхтонком измельчении происходит некоторое обогащение порошков углеродом, хотя мелкодисперсное распределение минеральных компонентов и не позволяет сделать этот процесс достаточно эффективным. Также на основе чередования термической, автоклавной и химической обработок возможно получение высокоуглеродистых концентратов из шунгитовых пород, которые могут найти применение в композиционных материалах, лаках, мастиках, в адсорбционной технике и пр.

2. Перспективно использование методов обогащения и выделения из шунгитовых пород нужных составляющих. Например, обогащение углеродом шунгитовых пород, богатых сульфидами металлов, позволит избавиться от примесей (сульфидов), вредных для ряда производств, но, в тоже время, получить ценное сырье (те же сульфиды).

3. В последние годы в Институте геологии и ООО «Шунгитон» разработан способ наноструктурирования шунгитовых пород, позволяющий получать принципиально новые продукты, содержащие гиперфуллереновые углеродные структуры и нановолокнистые карбиды кремния. Наноструктурированный шунгитовый продукт предполагается использовать в качестве основного компонента инновационных материалов, в частности, нанолитителя и модификатора новых поколений композиционных и функциональных материалов.

Использование шунгита и экология

Поскольку основные месторождения шунгитовых пород расположены в Заонежье, в зоне перспективных ООПТ регионального значения, то необходимо еще раз отметить, что без реформирования нормативно-правовой базы, регулирующей функционирование ООПТ, невозможно дальнейшее развитие изучения и разработки новых месторождений, увязывая их с федеральными и региональными ООПТ. Реформирование должно быть направлено на внесение комплексных поправок в действующее законодательство, которое обеспечивает базу для формирования стройной, эффективной системы управления ООПТ. Необходима правильная расстановка приоритетов всех федеральных служб на этой территории и их согласование в законах. Только в этом случае возможно согласование рационального использования на территории ООПТ природных богатств, при условии сохранения экологического баланса данных территорий.

Соблюдение баланса интересов всех сторон, участвующих в процессе создания ООПТ, учитывая доминирующую роль импортозамещения — вот ключ к экономически правильному, рачительному отношению к природе и полезным ископаемым нашей страны. ■

Ковалевский В. В., Шишков А. Ю.,
Щипцов В. В.