

## Экскурсия 16

# НИГОЗЕРСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЧЕРНЫХ СЛАНЦЕВ (ГОРОД КОНДОПОГА)

### **А. В. Первунина**

Старший научный сотрудник,  
ученый секретарь ИГ КарНЦ РАН,  
канд. геол.-минер. наук, доцент ПетрГУ

### **О. В. Мясникова**

Научный сотрудник, канд. техн. наук,  
отдел минерального сырья ИГ КарНЦ РАН

**Место:** территория, прилегающая к г. Кондопоге

**Координаты:** 62.217377, 34.309354

**Как посетить:** самостоятельно



Посещение г. Кондопоги связано с проводимой нами экскурсией на Нигозерское месторождение черных (шунгитсодержащих) сланцев, расположенное северо-восточнее от центра города (координаты: 62.217377, 34.309354). Экскурсия на Нигозерское месторождение (рис. 1) укладывается в тематику объектов по маршруту, как природных, так и горно-индустриальных памятников, а также это традиционный экскурсионный объект студенческих горно-геологических практик.

**История изучения и практического использования шунгитсодержащих пород Карелии** насчитывает почти три столетия. Первые находки «углистых и древних глинистых черных сланцев Олонии» Заонежского полуострова известны с начала XVIII в. В 1792 г. черную олонецкую землю академик Н. Я. Озерецковский (рис. 2, а) назвал «земляным угольем». На первых геогностических картах Олонецкого горного округа, составленных Н. И. Комаровым в 1842 г. и Г. П. Гельмерсеном в 1860 г., шунгитсодержащие породы отмечались как «черный аспид», «рыхлое углистое вещество» или «глинистый сланец, изобилующий графитом». В 1885 г. в работе профессора Санкт-Петербургского университета А. А. Иностранцева «Геология. Общий курс» появляется термин «шунгит», по названию пос. Шуньга, где была обнаружена порода. Так называют все шунгитсодержащие породы, в которых присутствует некоторое количество *шунгитового вещества (ШВ)*, придающего породам черный цвет и определяющего физические и химические свойства. Географический термин впоследствии приобрел мировую известность, а шунгитсодержащие породы стали одной из достопримечательностей Карелии.

К концу 70-х гг. XIX в. «шуньгский антрацит» был известен как горючий материал, годный к использованию для нужд военно-морского флота. Война с Турцией, которую в те годы вела Россия,



Рис. 1. Панорама карьера Нигозерского месторождения

послужила причиной активного исследования черных сланцев в Олонецкой губернии. В 1876 г. образцы похожей на каменный уголь породы были отобраны в районе дер. Большой Двор Шуньгской волости и направлены в геологический кабинет Санкт-Петербургского университета А. А. Иностранцеву. По результатам исследования пород профессором было сделано сообщение о том, что в образцах «в среднем из двух анализов, в сухом виде: горючих веществ – 35.66%, золы – 64.34%... и ... эта порода, в сухом виде, дала в среднем из двух анализов: горючих веществ – 67.32%, золы – 32.68%». А. А. Иностранцев первым определил понятие «шунгитовое вещество» как *органическое вещество*, входящее в состав горных пород, которое является «крайним членом в ряду аморфного углерода». Он пришел к выводу, что «...этого минерала нельзя считать собственно каменным углем, как прежде полагали, так как он содержит незначительное количество горючего вещества, именно от 35 до 67% общего количества, а потому и достоинство его, как материала, могущего служить для топлива, очень низко». Таким образом, был развеян миф о шунгитовых породах – аналогах каменного угля и графита, что впоследствии подтвердилось рентгенометрическими и термическими исследованиями.

*Шунгитовое вещество (ШВ) по составу близко к природным битумам, среди техногенных продуктов аналогично коксам. Структура ШВ – колломорфная и скрытокристаллическая (шунгиты – это обобщенное название всех углеродсодержащих черных пород; черные по цвету сланцы называются также аспидными).*

А. А. Иностранцев впервые разделил шунгиты, установив четыре разновидности, отличающиеся по физическим свойствам:

– I – черный блестящий алмазно-металлический углерод, по твердости стоящий между 2–4 (по шкале Мооса); отдельные куски его представляют две ровных и параллельных друг другу поверхности с сильным блеском.

– II – более тяжелый с большим содержанием золы углерод, представляющий собой черную массу, с призматической отдельностью и слабым графитовым блеском.

– III – землистая разность. Порода имеет черный или черно-серый цвет, мягкая.

– IV – черный толсто-слоистый сланец, некоторые из его разновидностей напоминают лидит.

Одной из общепринятых является классификация П. А. Борисова (Борисов, 1956), согласно которой шунгитсодержащие породы разделяются на пять групп в зависимости от содержания свободного углерода: I – > 80% C<sub>св</sub>;



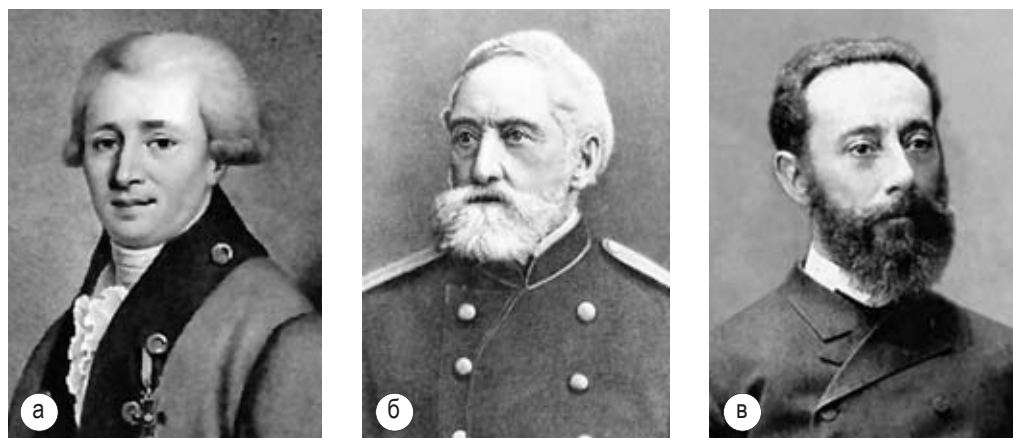


Рис. 2. Исследователи шунгитов Карелии: Н. Я. Озерецковский (1750–1827) – естествоиспытатель, член Петербургской Академии наук и Российской академии (а); Г. П. Гельмерсен (1803–1885) – директор Горного института, академик Императорской Петербургской Академии наук (б); А. А. Иностранцев (1843–1919) – профессор геологии Петербургского университета, член-корреспондент Петербургской Академии наук (в)

II – 35–80%  $C_{CB}$ ; III – 20–35%  $C_{CB}$ ; IV – 10–20%  $C_{CB}$ ; V – < 10%  $C_{CB}$ . В развитие классификации шунгитосодержащих пород в разные годы свой вклад внесли ученые ИГ КарНЦ РАН (г. Петрозаводск): Л. П. Галдобина, В. А. Соколов, В. И. Горлов, М. М. Филиппов, Ю. К. Калинин.

Шунгитосодержащие породы Карелии развиты преимущественно в пределах Онежской палеопротерозойской структуры в составе людиковийского (2100–1920 млн лет) и калевийского (1920–1800 млн лет) надгоризонтов. Людиковийский надгоризонт представлен

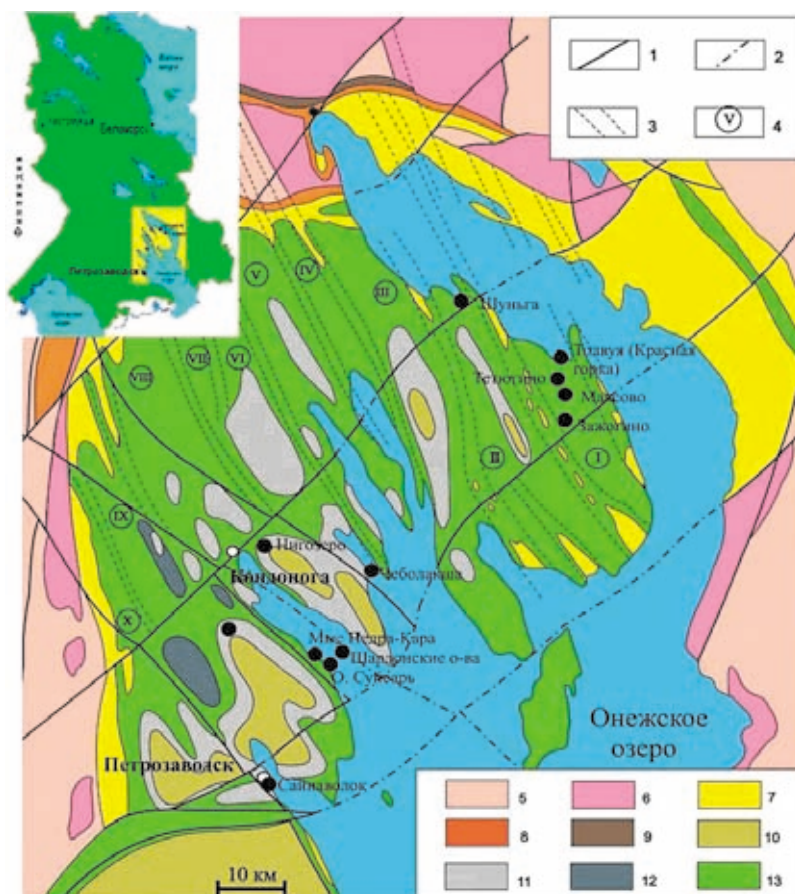


Рис. 3. Схематическая геологическая карта Онежской структуры (по: Билибина и др., 1991):

1–2 – транс- и межблоковые разломы: 1 – установленные, 2 – предполагаемые; 3 – зоны тектонических нарушений; 4 – синклиналильные структуры, в т. ч.: I – Толвуйская; 5 – лопийский и сумийский комплексы, нерасчлененные; 6 – верхнеархейские граниты; 7–12 – свиты: 7 – туломозерская, 8 – янгозерская и медвежьегорская, 9 – кумсинская и пальеозерская, 10 – шокшинская, петрозаводская и вашозерская, 11 – кондопожская; 12 – суйсарская, 13 – заонежская. На врезке показано географическое положение Онежской структуры. Черные точки – месторождения и проявления шунгитовых и шунгитосодержащих пород

разнообразными вулканогенно-осадочными породами, разрез калевия включает флише-идные терригенные толщи. По минеральному составу шунгитсодержащие породы подразделяются на кремнистые (лидиты), карбонатные (известняки, доломиты), глинистые (алевролиты) и вулканогенно-осадочные (туфопесчаники, туфоалевролиты, туфопелиты).

В настоящее время шунгитсодержащие породы с содержанием шунгитового вещества (ШВ) от 0.1 % до 96 % подразделяются: низкоуглеродистые (до 5 %  $C_{CB}$ ), углеродистые (5–25 %  $C_{CB}$ ) и высокоуглеродистые (25–80 %  $C_{CB}$ ). Породы Нигозерского месторождения являются низкоуглеродистыми, так как содержат ШВ в пределах от 0.5 до 2.5 %.

Нигозерское месторождение расположено в 1–1,5 км на восток от административного центра г. Кондопоги Республики Карелия, в двух километрах на северо-восток от северной оконечности Кондопожской губы Онежского озера (рис. 3). Географические координаты месторождения 62°05' с. ш. и 34°30' в. д. В 3 км к северу от Кондопоги находится оз. Нигозеро, на восточном берегу которого в 1.5 км от уреза воды и располагается месторождение низкоуглеродистых пород. Кондопожская губа Онежского озера и оз. Нигозеро соединены каналом. Нигозерское месторождение приурочено к кряжу северо-западного простирания с пологими юго-западными склонами.

Породы Нигозерского месторождения представлены пологозалегающей линзой переслаивающихся низкоуглеродистых аргиллитов, алевролитов и песчаников калевийского надгоризонта кондопожской свиты. По литологическим признакам кондопожская свита разделяется на нижнюю и верхнюю подсвиты, каждая из которых подразделяется на три пачки. Общая мощность свиты составляет 530 м. В строении кондопожской свиты принимают участие терригенные породы, представленные преимущественно вулканомиктовыми, граувакковыми, полимиктовыми песчаниками и алевролитами, ритмично переслаивающимися с аргиллитами и линзами конгломератов, иногда встречаются карбонатные прослои. На некоторых поверхностях плитчатой отдельности терригенных пород присутствуют волноприбойные знаки, следы обезвоживания глинистых осадков под влиянием нагрузки вышележащих пород – гиероглифы.

Гиероглифы (рис. 4) – это полигональные ячейки разных размеров с выпуклыми или вогнутыми сторонами.

К основанию элементарных ритмов приурочены *конгломераты* галечной (1–15 см) и гравийной (0.2–1 см) размерности. Гальки в конгломератах представлены в основном шунгито-глинистыми сланцами и черными доломитизированными известняками заонежской свиты. Окатанность галек от средней до хорошей. Цемент конгломератов представлен серыми средне- и крупнозернистыми песчаниками.

*Песчаники* по составу подразделяются на граувакковые, преимущественно в нижней части разреза, и полимиктовые – в верхней части, между которыми существуют переходные разности. Текстура пород массивная, полосчатая. Главные породообразующие минералы хлорит 36–65 %, плагиоклаз-альбит 10–20 %, кварц 1–3 %, карбонат – до 3 % и ШВ до 2.5 %, вторичные минералы – карбонат и лимонит. *Граувакковые песчаники* серого, зеленовато-серого, темно-серого до почти черного цвета имеют параллельную, горизонтальную, реже волнистую или косую слоистость. Окатанность зерен в песчаниках средняя, реже встречаются полуокатанные и угловатые зерна. Обломочный материал этих песчаников представлен различными породами основного состава преимущественно эффузивными и пирокластическими (базальтами, андезибазальтами, пикробазальтами и т. д.). *Полимиктовые песчаники* – породы серые до светло-серых, зерна полуокатанные, иногда встречаются угловатые и хорошо окатанные зерна. В сравнении

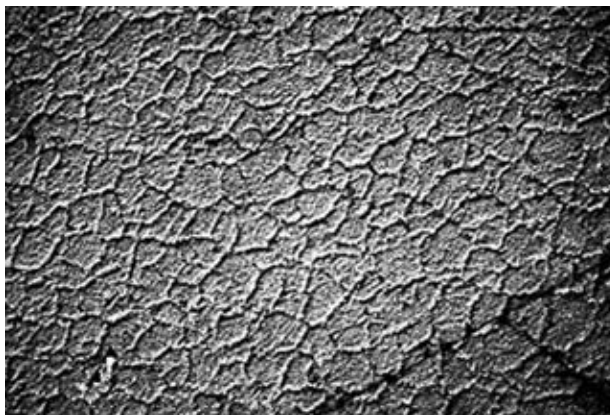


Рис. 4. Полигональные структуры на поверхностях напластования песчаников Нигозерского месторождения (Филиппов, 2007)





Рис. 5. Ритмичнослоистые песчаники с медной зеленью

с граувакковыми песчаниками, в полимиктовых заметно меньше обломков вулканогенных пород и существенно больше зерен полевых шпатов и кварца. Повсеместно в песчаниках месторождения встречаются проявления медной минерализации – медная зелень и примазки хризоколлы (рис. 5).

*Глинистые алевролиты и аргиллиты* имеют слоистую, неяснослоистую, реже массивную текстуру. Главные породообразующие минералы – хлорит 40% (иногда до 72%), плагиоклаз-альбит 15–25%, кварц 2–4%, ШВ – до 4%, карбонат 1–5%. Вторичные минералы: лимонит, ярозит, карбонат.

*Алевролиты* серого, темно-серого до черного цвета имеют среднюю и плохую сортировку слагающих зерен. Зерна, как правило, плохо окатанные, нередко угловатые, реже среднеокатанные. Обломочный материал представ-

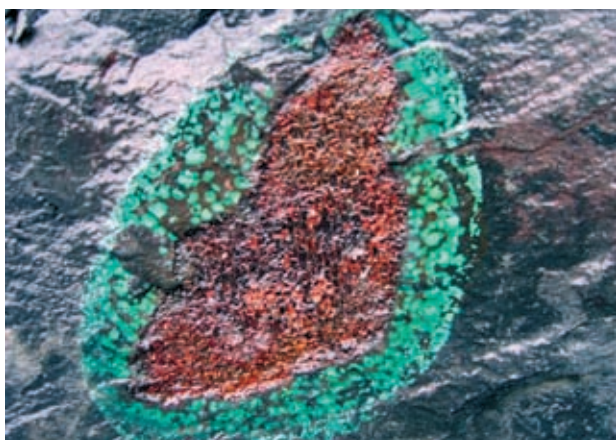


Рис. 6. Битумная «лепешка», окруженная хризоколой ( $(\text{Cu},\text{Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (стенка карьера)

лен кварцем, полевым шпатом, тонкозернистым хлоритовым агрегатом, реже встречается карбонат.

*Аргиллиты* серые, темно-серые до черных, иногда с буроватым оттенком. В нижней части разреза аргиллиты сложены преимущественно хлоритом или серицит-хлоритовым агрегатом, в верхней части – кварц-серицит-хлоритовым агрегатом. В качестве примеси встречаются скопления лейкоксена и тонкое рассеянное ШВ.

*ШВ в породах месторождения* является переотложенным и определяется составом более древних подстилающих разрушаемых пород, чем обусловлено его малое количество. Наиболее распространенная форма нахождения ШВ в породах месторождения – это равномерно-распыленная вкрапленность размером от 1 до 10 микрон. Часто ШВ образует вытянутые по слоистости тонкие линзы мощностью до 0.05 мм. Нередко в слоистых породах месторождения встречаются округлые линзовидные стяжения твердых битумов (антраксолитов), содержащих  $S_{\text{св}}$  около 86%. Горизонт стяжений приурочен к средней части кондопожской свиты ритмично переслаивающихся песчаников и алевролитов, мощность горизонта около 20 м. Стяжения имеют округлую или вытянутую форму размером от 1 до 40 см в диаметре при толщине до 10 см. Антраксолит в стяжениях черного цвета, с алмазным блеском и характерной параллелепипедальной отдельностью разбит трещинами, заполненными кварцем, иногда кальцитом и коричневато-желтым ярозитом  $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ .

Генетическим аналогом битумных «лепешек» Нигозерского месторождения (рис. 6)



Рис. 7. Надпись, высеченная на стенке одной из старых ломок Нигозерского месторождения

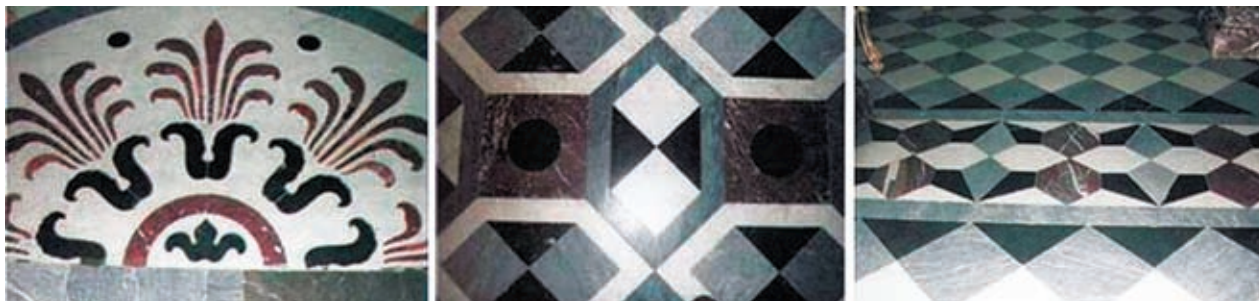


Рис. 8. Вставки из нигозерского сланца в мозаичных полах Зимнего дворца (Новый Эрмитаж)

являются асфальтовые скопления горючей «горной смолы» Мертвого моря. Подобные скопления образуются в зонах разгрузки (восходящих потоков) углеводородов – окисленной нефти, которые из-за разницы плотностей не оседают на дне бассейна, а скапливаются на поверхности воды, образуя асфальтовые острова. В процессе седиментации и обмеления бассейна оказываются захороненными в осадочной толще.

В целом породы обогащены натрием, по сравнению с калием, и содержат низкие концентрации потерь при прокаливании, в которые входит углекислый газ  $\text{CO}_2$ , выделяющийся при разложении ШВ. Породы кондопожской свиты испытали слабый региональный метаморфизм, отвечающий мусковит-хлоритовой фации. В них сохранились первичные текстуры.

Отличительная черта геологического строения Нигозерского месторождения – это наличие разноориентированных разрывных трещин. По разломам отдельные блоки смещены друг относительно друга на 25–30 м. Вдоль

трещин образуются зоны вторичных изменений мощностью 20–40 м. В пределах таких зон породы окрашены в ржаво-бурый цвет, наблюдается развитие лимонита – гидрооксида железа. Для пород кондопожской свиты характерна слоистость градационного типа и мелкая ритмичность, связанная с сезонными климатическими колебаниями в процессе осадконакопления. Породы кондопожской свиты формировались в условиях сравнительно мелководного бассейна, не превышавшего глубины от нескольких десятков до первых сотен метров. Снос терригенного материала происходил с вулканических построек преимущественно в северо-восточном направлении, что, по-видимому, было связано с особенностями палеорельефа.

История разработок «черных пород» Карелии берет свое начало со второй половины XIV в. Первые ломки нигозерских сланцев известны с начала XVIII в.

В 1706 г. Указом Петра I учрежден термин «аспид», который применялся для сланца черного цвета, в том числе нигозерского.



Рис. 9. Нигозерский «аспид» использовался при строительстве Казанского собора





<https://cathedral.ru/isaac/stones>

Рис. 10. Внутренний цоколь по периметру Исаакиевского собора выполнен из пород Нигозерского месторождения

Добытый вручную штучный камень Нигозерского месторождения использовался при строительстве Санкт-Петербурга. В частности, впервые нигозерские сланцы были поставлены для отделки верхней площадки мраморной лестницы Мраморного дворца (1768–1785 гг.). В Новом Эрмитаже (1842–1851 гг.) мозаичные полы нескольких залов выполнены карельским камнем, в том числе черным нигозерским сланцем (залы Юпитера, Колыванской вазы, римской декоративной скульптуры, Помпеянский; Терebenевский подъезд, парадная лестница).

С 1803 г. были организованы каменоломни для ручной добычи «аспидных» сланцев (рис. 7). Добывались бруски и плиты, которые при полировке дают однотонный, матовый, глубокий, черный цвет. Впоследствии из нигозерского сланца изготавливались чаши для фонтанов Летнего сада, а также вставки в мозаичных полах Нового Эрмитажа и других архитектурных сооружениях строящегося Санкт-Петербурга (рис. 8). Первое массовое

применение нигозерского «аспида» связано со строительством Казанского собора (1801–1811 гг.) (рис. 9). В подкупольной части – мозаичные полы в виде расходящихся кругов, в главном нефе – чередующиеся полосы из восьмиугольных плиток серого мрамора, нигозерского сланца и шокшинского кварцита, вставки сланца в виде секторов круга по периметру собора.

В отделке интерьера Исаакиевского собора (1818–1858 гг.) широко использованы рускеальский и тивдийский мрамор, соломенская брекчия, шокшинский кварцит. Из пород «аспида» Нигозерского месторождения выполнен внутренний цоколь по периметру собора (рис. 10), а также воротник мундира на бюсте автора и строителя собора Огюста Монферрана.

### СОВРЕМЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРОД НИГОЗЕРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Следующий продуктивный период использования нигозерских сланцев пришелся на 1930-е гг. В связи с возникшим дефицитом строительных материалов, отразившемся на выполнении строительной программы 1930 г., было принято решение о форсировании использования нигозерских кровельных сланцев. Кроме того, в 1930–1940-е гг. в СССР начинается активное налаживание производства нового строительного материала – керамзита, путем обжига гранул специальных сортов глины. К. Л. Островецкий смог выдвинуть техническое решение по использованию сланцев нигозерского типа для производства аналога керамзита – шунгизита. Дальнейшие работы были остановлены в годы Великой Отечественной войны в связи с оккупацией территории.

В 1964 г. идея производства шунгизита на основе нигозерских сланцев нашла продолжение в работах ИГ КарФАН СССР (договор от 28.01.1964 г. между Институтом геологии (г. Петрозаводск) Госгеолкомом СССР и Карельской комплексной экспедицией). В лаборатории нерудного сырья Института геологии было опробовано 65 проб из 12 скважин Нигозерского месторождения. Были установлены общая оптимальная температура вспучивания пород 1110 °С и время вспучивания 10 минут, коэффициент вспучивания 5,5, что позволило отнести нигозерские сланцы к хорошо вспучивающимся видам сырья. Пористая структура



Рис. 11. Плитки – отдельные алевролита месторождения Нигозеро (а) и применение алевролитов для архитектурно-строительных работ: (б) – здание военного комиссариата Республики Карелия, (в) – загородный комплекс «Малая Медвежка», (г) – отделка камина плитками

шунгизита при обжиге щебня достигается при переходе силикатных минералов в вязкий расплав с одновременным образованием газовой фазы из шунгитового вещества. При содержании шунгитового вещества менее 0.1% или более 3.5% **вспучиваемость щебня снижается**. Первая постоянная промышленная разработка Нигозерского месторождения началась в 1972 г. Было создано дробильно-сортировочное производство, включающее «Кондопожский шунгитовый завод» и карьер на Нигозерском месторождении с запасами по категориям А + В + С<sub>1</sub> – 17,4 млн м<sup>3</sup> (на 1972 г.). Общий объем добываемой горной массы до конца 1980-х гг. составлял около 300 000 м<sup>3</sup> в год. До 1991 г. предприятие обеспечивало сырьем заводы по производству шунгитового гравия в Мурманске, Апатитах, Архангельске и других городах Северо-Запада России. Шунгит получали при обжиге низкоуглеродистых сланцев (алевролитов). Основной компонент,

обеспечивающий вспучиваемость сланцев при обжиге – это высокодисперсное ШВ, содержащееся в количестве 2%.

После отработки верхнего продуктивного горизонта месторождения велась добыча в зонах тектонических нарушений, где породы подверглись вторичным изменениям. Кроме того, в составе пород месторождения наблюдается постепенное уменьшение процентного содержания ШВ в юго-восточном направлении, с потерей которого породы утрачивают способность вспучиваться. В результате произошло значительное ухудшение качества минерального сырья для производства шунгизита. Повышенные требования к качеству строительных материалов в настоящее время предопределили снижение, а затем и потерю интереса к низкоуглеродистым породам Нигозерского месторождения как сырьем для получения шунгизита. В настоящее время шунгизит не производится предприятием.



С 1998 г., в связи с трудностями сбыта шунгитового щебня как сырья для получения шунгизита ООО «Кондопожский шунгитовый завод» начал выпуск щебня различных фракций для строительных работ, дорожного строительства и в качестве балластного слоя железнодорожного пути. Запасы продуктивной массы шунгитовых пород на строительный щебень в пределах полезной толщи Нигозерского месторождения на 01.01.2007 г. составляли по кат. В – 121 тыс. м<sup>3</sup>; кат. С<sub>1</sub> – 11 522 тыс. м<sup>3</sup>; В + С<sub>1</sub> – 11 643.6 тыс. м<sup>3</sup>. За январь–август 2007 г. ООО «Кондопожский шунгитовый завод» выпустил 251 243.5 тыс. м<sup>3</sup> щебня различных фракций. Годовая производительность Нигозерского карьера по горной массе в массиве 190.0 тыс. м<sup>3</sup>. Фракции щебня 5–20 мм, 20–40 мм и 40–70 мм использовались для производства товарных бетонов марок 150–350, для производства сборного железобетона и железобетонных строительных конструкций, а также в дорожном строительстве.

Еще одним направлением применения пород месторождения является получение пли-

ток отдельности из алевролитов. Порода легко раскалывается на плитки толщиной по 2–15 см и хорошо поддается шлифовке, приобретая однотонный матовый цвет. Плитка отдельности используется для мощения полов, различных архитектурно-садовых форм, облицовки внешних фасадов зданий, внутренней отделки интерьеров (рис. 11).

Нигозерские сланцы можно отнести к черным (ахроматическим) декоративным породам, которые вполне могут заменять черный мрамор. На практике при внутренней отделке помещений использовали полированные сланцы, в отделке цоколей зданий – фактуру «скала», а при оформлении сооружений малой архитектуры (пешеходные дорожки, подпорные стенки) – пиленые плиты с естественной поверхностью. До недавнего времени примером применения нигозерских сланцев в облицовке фасадов зданий г. Петрозаводска служили Финский театр, кинотеатр «Калевала», гостиничный комплекс «Фрегат». После реконструкции зданий первоначальный фасад был утрачен.

## ЛИТЕРАТУРА

- Билибина Т. В., Гусякин Г. О., Мельников Е. К. и др.* Новый тип уранового оруденения в юго-восточной части Балтийского щита (Онежский прогиб) // *Материалы по геологии урановых месторождений*. Вып. 84. М., 1983. С. 5–17.
- Борисов П. А.* Карельские шунгиты. Петрозаводск: Карелия, 1956. 92 с.
- Быстров А. Ф.* Отчет о результатах разведочных работ (доразведка) на строительный камень на месторождении шунгитовых пород Нигозерское в Кондопожском р-не РК. ТФГИ по СЗ РФ Инв. СПб., 2007. № 3472.
- Гельмерсен Г. П.* Геогностическое исследование Олонецкого горного округа, проведенное в 1856, 1857, 1858 и 1859 гг. // *Горный журнал*. 1860. Кн. 4, № 12. С. 517–595.
- Горлов В. И.* Онежские шунгиты. Дис. канд. геол.-минер. наук. Петрозаводск, 1984 с. 226 с.
- Иностранцев А. А.* Новый крайний член в ряду аморфного углерода // *Горный журн*. 1879. Т. 11, № 5–6. С. 314–342.
- Калинин Ю. К.* Опробование на вспучиваемость шунгитовых сланцев Нигозерского месторождения. ТФГИ по СЗ РФ Инв. СПб., 1964. № 2401.
- Калинин Ю. К., Калинин А. И., Скоробогатов Г. А.* Шунгиты Карелии – для новых стройматериалов, в химическом синтезе, газоочистке, водоподготовке и медицине. СПб.: УНЦХ СПбГУ, ВВМ, 2008. 219 с.
- Озерецковский Н. Я.* Путешествие по озерам Ладожскому и Онежскому. Акад. наук. 1792. 193 с. Петрозаводск, 1989. 208 с.
- Филиппов М. М.* Нигозерские сланцы. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 469 с.