

УДК 553.9 : 624.91

*И. И. ШТЕЙН, В. А. КАТТАЙ, Р. Э. ВЕСКИ*

## **ШУНГИТЫ КАРЕЛИИ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*I. SHTEIN, V. KATTAI, R. VESKI*

### **USE OF KARELIAN SHUNGITES FOR THE GRIT OF THE ROOFING MATERIAL**

Один из главных недостатков рулонных кровельных материалов, в том числе рубероидов, — недолговечность, обусловленная их малой атмосферостойкостью, которая определяется тем, что для защиты верхней поверхности таких материалов используется кварцевый песок. Под воздействием агрессивных факторов: солнечной радиации, ветра, осадков, резкого перепада температур (мороз—оттепель), — песчаная посыпка быстро утрачивает связь с битумным покрытием, в результате чего изменяются первоначальные свойства рубероида — он деформируется и стареет: снижается его прочность и эластичность, нарушаются гидроизоляционные свойства и т. д. Чтобы уменьшить влияние атмосферных воздействий и тем самым увеличить долговечность рубероида, используются другие защитные покрытия: слюдяная и полимерные посыпки, мелкий гравий, шлаки, втапливаемые сверху в битумную мастику, алюминиевая или медная фольга, краски на основе алюминиевой пудры и др.

К материалу, который применяют в качестве посыпки, предъявляется ряд требований. Он должен: иметь хорошую адгезию к битумному основанию, быть атмосферостойким, обладать соответствующими физико-механическими свойствами. Кроме того, сырье для получения посыпочно-го материала не должно быть дефицитным и дорогостоящим [1].

Рубероид, изготавливаемый ПО «Силикат» (г. Таллинн, ЭР), покрывают песчаной посыпкой. Для этого используют средне- и мелкозернистые флювиогляциальные кварцевые пески месторождения Мяннику. Песчаные кварцевые зерна хорошо окатаны, и из-за округлой формы площадь их сцепления с подстилающим битумным слоем мала. В то же время коэффициенты линейной температурной деформации битума и песка различаются в 400 раз. Поэтому вода легко проникает под зерна, а после ее замерзания лед, действуя расклинивающе, отрывает их от поверхности рубероида. По данным натуральных наблюдений, срок, в течение которого песчаная посыпка устойчива в условиях Эстонии, ограничивается двумя годами (за это время 70—80 % поверхности рубероида утрачивает посыпку), и поэтому долговечность верхнего рубероидного слоя кровель не превышает 3—5 лет. Это обстоятельство обуславливает необходимость заменить песок какой-либо другой, более погодостойчивой посыпкой.

В Эстонии оказалось невозможным подобрать подходящие для этой цели породы, которые залегали бы в благоприятных горногеологических условиях и были доступны для разработки дешевым карьерным способом. Поэтому авторы публикуемой статьи в результате поисков выбрали в качестве объекта исследования шунгитовые породы Карелии, которые, судя по данным их изучения, можно рассматривать как возможное сырье для производства посыпочногo материала. Эти породы имеют целый ряд достоинств: однородность состава, высокую прочность и морозостойкость, низкое водопоглощение, стойкость по отношению к атмосферным воздействиям и химически агрессивным средам, малую теплопроводность, отсутствие остаточной деформации [3, 4].

Шунгитовые, или шунгитсодержащие, породы (высокометаморфизованные углеродистые породы) широко распространены в северном и северо-западном Прионежье — в отложениях заонежской и суйсарской свит нижнего протерозоя. Они слагают ядро пологой Онежской мульды, которая имеет ширину около 120 км, простирается на 130 км, от г. Петрозаводска на юге до г. Медвежьегорска на севере, и имеет площадь более 10 тыс. км<sup>2</sup> [4]. Шунгитовые породы довольно широко развиты и в других регионах страны [5, 6].

По геологической позиции шунгитовые породы подразделены на два генетических типа: стратифицированные, которые слагают пласты в осадочно-вулканогенных образованиях, и миграционные, эпигенетические (жилы, гнезда, линзы), которые инъецированы в толщу и развиты весьма ограниченно — шунгиты-I. Стратифицированные шунгитовые породы, в свою очередь, подразделяются на четыре разновидности по содержанию шунгитового материала — органического углерода (С): шунгит-II (С 35—80 %), -III (20—35 %), -IV (10—20 %) и -V (до 10 %) [3, 4]. Согласно другой классификации [7], выделяются высокоуглеродистые или собственно шунгитовые породы (С 25—80 %), среднеуглеродистые или шунгитистые породы (С 5—25 %) и малоуглеродистые или шунгитсодержащие породы (С до 5 %).

В отложениях заонежской свиты, в местах выхода шунгитовых пород на дневную поверхность, оконтурены Шуньгское, Максовско-Зажогинское, Кяппесельгское и другие месторождения. К образованиям суйсарской свиты, залегающей согласно на породах заонежской свиты, приурочены Нигозерское, Мягрозерское, Красносельгское и другие месторождения шунгитсодержащих пород.

Усредненные пробы были отобраны нами на месторождениях, которые наиболее перспективны в плане быстрой организации получения сырья в промышленных масштабах — Нигозерском и Максовско-Зажогинском и где сосредоточены значительные минерально-сырьевые ресурсы. Исследования проводили в лаборатории крыш и кровельных материалов НИИСтроительства Госстроя ЭССР (ныне — НИИСтроительства Эстонии) и в институтах химии и геологии Академии наук Эстонии.

Максовско-Зажогинское месторождение шунгитов расположено в северо-восточной части Заонежского полуострова и приурочено к средней пачке заонежской свиты. Мощность продуктивной толщи составляет 70—75 м. Сложена она шунгитовыми породами (III, реже II и IV разновидности) с отдельными прослоями алевролитов и известняков (0,5—5 см). Породы массивной текстуры, черного и темно-серого цвета с матовым блеском, раковистым изломом. Химический состав их довольно постоянный (табл. 1), для минералогического состава характерно преобладание сложных алюмосиликатов и кварца. На Зажогинском участке месторождения действует опытный карьер

Таблица 1. Химический состав шунгитовых пород, %  
 Table 1. Chemical composition of shungite rocks, wt.-%

Шунгитовые породы (разновидность)	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	C
Заонежской свиты [4]	57,0—62,0	0,9—1,5	15,3—24,4	0,6—13,6	0,3—0,7	2,6—4,5	2,5—8,1	0,9—3,8	до 80
Максовско-Зажогинского месторождения (III) [3]	62,9	0,24	4,16	2,39	0,33	0,75	1,47	0,20	27,6
Участка Зажоги- н-ский (III), проба 102 (данные авторов)	64,1	0,18	3,0	0,56	0,29	0,45	1,35	0,28	29,0
Суйсарской свиты [4]	49,4—56,9	1,5—1,9	14,9—16,2	10,9—14,2	1,3—3,7	3,0—4,2	0,7—3,0	1,1—3,1	0,1—5,0
Нигозерского месторож- дения (V):									
данные [3]	92,8	—	0,79	0,90	0,22	0,24	0,19	0,07	4,46
проба 100 (данные авторов)	74,5	1,17	12,8	2,95	1,84	0,86	0,58	1,6	2,8

Института геологии Карельского филиала АН СССР, где и была отобрана проба (102).

Нигозерское месторождение шунгитсодержащих пород (V разновидность) расположено в 2,7 км к северо-востоку от г. Кондопога. Продуктивная пачка мощностью 26—80 м представлена тонким пере-слаиванием черных алевритистых нигозеритов (плагноклаз-хлоритового и кварц-плагноклаз-хлоритового состава) и алевролитов, образующих слои мощностью от нескольких миллиметров до 10—30 см. Породы внешне похожи на аргиллиты и в зависимости от доли шунгитового материала имеют черный, темно-серый или серый цвет. Содержание углерода в породах меняется в довольно узких пределах, составляя в основном 0,5—2,5 %. Химический состав пород характеризуется преобладанием окиси кремния (табл. 1).

Месторождение разрабатывается открытым способом (проба 100), на базе его в г. Кондопога действует крупный завод фракционированного щебня (5—10 и 10—20 мм) для производства шунгизита — легкого заполнителя бетонов — и песчаной фракции (0—5 мм) [3].

Таблица 2. Результаты испытания\* шунгитовых пород на прочность при сжатии

Table 2. Compression strength of shungite

Образец	Направление усилия относительно слоистости	Испытание на прочность		
		Усилие, кгс	Прочность на сжатие, кгс/см <sup>2</sup>	
			образца	средняя
Проба 102				
1	Параллельно	2490	622	907
2	„	4770	1192	
3	Перпендикулярно	6340	1585	1422
4	„	5030	1257	
Проба 100				
5	Параллельно	8320	2080	2080
6	Перпендикулярно	8320	2080	

\* Проведены при участии инженеров НИИСтроительства ЭР Э. Г. Ереминой и Т. В. Бороздиной.

Прочностные свойства шунгитовых пород изучали на кубиках (2 × 2 × 2 см), вырезанных из монолитных кусков. Испытания проводили на прессе ПСУ-10. Образцы разрушались при нагрузках от 2,5 до 8,3 т — в зависимости от направления слоистости пород. Показатель прочности на сжатие (табл. 2) для шунгитсодержащих пород Нигозерского месторождения (2080 кгс/см<sup>2</sup>) выше, чем для шунгитовых пород Зажогинского участка (622—1585 кгс/см<sup>2</sup>), что, по всей вероятности, обусловлено более высоким содержанием окиси кремния и меньшим — углерода (табл. 1).

Гранулометрический состав измельченной породы (дробление на щековой дробильной установке марки ДС-100 × 60) по обеим пробам довольно сходен (табл. 3). Содержание мелких частиц (< 0,25 мм) составляет 5 (проба 100) и 10 % (проба 102), крупной фракции (> 3,2 мм) — соответственно 30 и 15 %, что указывает на несколько лучшую дробимость пород с большим содержанием углерода и более мягких. Выход шунгитовой крошки (фракции на ситах от № 0,25 до № 2,0), которая была использована в качестве посыпки, составил 64,5 (проба 100) и 75 % (проба 102) от общей массы пробы.

Таблица 3. Гранулометрический состав дробленой шунгитовой породы  
Table 3. Granulometric composition of crushed shungite

Сито №	Проба 100 (масса 900 г)		Проба 102 (масса 3465 г)	
	Остаток на сите, %			
	частный	полный	частный	полный
3,2	30	30	15	15
2,0	28	58	27	42
1,25	18	76	19	61
0,63	12	88	17	78
0,25	7	95	12	90
Остаток	5	5	10	10

Таблица 4. Гранулометрический состав шунгитовой крошки и посыпки по ГОСТ [2]

Table 4. Required granulometric composition of shungite crumb and grit

Сито №	Проба 100 (масса 580 г)		Проба 102 (масса 2595 г)		Требования ГОСТА
	Остаток на сите, %				
	частный	полный	частный	полный	полный
2,0	43	43	35	35	0
1,25	28	71	26	61	< 4
0,63	19	90	23	84	> 80
0,25	10	100	16	100	> 99

По зерновому составу полученный материал несколько крупнее (табл. 4), чем предусмотрено ГОСТ 10923-82 для защитной посыпки рубероидов [2]. Полученные обломки дробленой шунгитовой породы имеют несколько лещадную форму и рваную поверхность, что должно обеспечивать лучшую адгезию их к битумной основе по сравнению с округлыми песчаными зёрнами. Можно отметить, что в ряде зарубежных стран (Финляндия, Польша) в качестве посыпочногo материала для рубероидов с успехом используются обломки пород лещадной формы с гранулометрическим составом от долей миллиметра до 3—5 мм. Долговечность таких рубероидов гораздо больше.

В ПО «Силикат» была изготовлена опытная партия рубероида марки РКК-420Б с шунгитовой (проба 102) посыпкой, который испытывали по ГОСТ 2678-87 [8]. Результаты оценены как положительные (табл. 5). Исключение составила пониженная прочность рубероида на разрыв, обусловленная использованием картона, имеющего низкую прочность.

По результатам исследований сделаны следующие выводы: адгезия шунгитовой посыпки к покровной битумной смеси рубероида хорошая, прочность ее сцепления на 61 % выше нормативной, сползания покровного слоя при испытании на теплостойкость не происходит, показатели гибкости, водопроницаемости и морозостойкости соответствуют нормам. Долговечность рубероида с шунгитовой посыпкой при испытании в климатической камере оценена в 12—15 лет, что в 3—4 раза дольше, чем у стандартного рубероида РКК-420Б с песчаной посыпкой [1]. Все это дает основание для вывода, что шунгитовую посыпку можно успешно применять для защиты рулонных

Таблица 5. Результаты испытаний рубероида с защитной посыпкой из шунгитовой породы

Table 5. Results of testing ruberoid with shungite grit

Показатель (характеристика испытаний)	Требования ГОСТа [8]	Результаты испытания рубероида	
		с шунгитовой посыпкой ( $n = 6$ )	с песчаной посыпкой
Разрывная нагрузка (растяжение полоски рубероида), кгс	34	32,0* (средние)	31,8*
Гибкость (изгибание по полукружности стержня диаметром 30 мм при $t = +25^{\circ}\text{C}$ )	Не должно появляться трещин и осыпания посыпки	Все образцы дали положительные результаты	Положительные
Водопроницаемость (давление 0,001 МПа, в течение 72 ч) Потеря посыпки (испытание прочности сцепления с покровным слоем) г/образец	Не должно появляться признаков проникновения воды $\leq 3$	Все образцы выдержали испытания 1,17 (средние)	” 0,33
Теплостойкость (выдержка в течение 2 ч при $t = +80^{\circ}\text{C}$ )	Покровные слои не должны сползать	Все образцы выдержали испытание	Положительные
Морозостойкость (испытание в климатической камере), циклов	25 циклов — оценивается дробление породы для приготовления бетона, относящегося к высшему сорту	Положительные: после 75 циклов потеря в пределах 5 %	Нет данных
Долговечность, лет	Отсутствуют	12—15	3—5

\* Прочность на растяжение ниже требуемой ГОСТом, что обусловлено использованием картона, имеющего недостаточную прочность (12,3 кгс против нормативных 23,0 кгс), и не зависит от состава посыпочного материала.

Таблица 6. Гранулометрический состав фракции шунгитового песка Кондопожского завода\*

Table 6. Granulometric composition of shungite sand fraction (Kondopoga plant)

Сито №	Отаток на сите, %	
	частный	полный
3,2	33,8	33,8
2,5	14,9	48,7
2,0	4,4	53,1
1,6	12,4	65,5
1,25	5,5	71,0
1,0	6,5	77,5
0,63	6,6	84,1
0,40	4,9	89,0
0,315	2,1	91,1
0,2	3,0	94,1
0,1	4,6	98,
остаток	1,3	1,3

\* Данные лаборатории рубероидного цеха ПО «Силикат».

кровельных материалов, тем более что предпосылки для этого имеются. Принятая на Кондопожском дробильно-сортировочном заводе технология предусматривает получение из шунгитовой породы товарного щебня и песка фракции 0—5 мм, который там используется не полностью и свободно реализуется. Несмотря на то что ее зерновой состав крупнее (табл. 6), чем предусмотрено ГОСТом [2], при необходимости возможно прибегнуть к дополнительному дроблению. Его можно организовать в карьере или у потребителя и тем самым довести гранулометрический ее состав до требуемой размерности. Мелкую фракцию песка (менее 0,25 мм) можно использовать для покрытия нижней стороны рубероида или как наполнитель битумного слоя. Технология полного, безостаточного использования шунгитового песка требует апробации. В случае положительных результатов общая потребность ПО «Силикат» в шунгитовом материале как сырьевом компоненте защитного слоя рубероида составит 4—6 тыс. т в год, что вполне может быть обеспечено за счет излишков шунгитового песка на Кондопожском заводе.

Новый вид защитной посыпки из шунгитов может быть рекомендован к внедрению и на других заводах по производству рулонных кровельных материалов.

Разработка кровельного рулонного материала с шунгитовой защитной посыпкой защищена авторским свидетельством.

## SUMMARY

One of the major shortcomings of ruberoid-type roll roofing materials is their short durability due to low weatherproofness. This is caused by the use of sand to protect the upper surface of the roofing material. It is suggested that sand can be replaced by shungite rocks as a raw material for the grit.

Shungites are widely spread in Karelia (to the north of Lake Onega). They are characterized by a homogeneous composition, high strength and frost-resistance, low water absorption and thermal conductivity, as well as by resistance to corrosion.

Samples were taken from the most perspective commercial deposits Nigozero (sample 100) and Maksovo-Zazhogino (sample 102). The chemical composition (Table 1) and strength of shungites (Table 2) as well as the granulometric composition of artificially crushed rock (Tables 3, 4) have been investigated.

Ruberoid with the shungite grit was tested (Table 5) with good results. The shungite grit adheres firmly to ruberoid. Its adhesion firmness, heat-resistance, flexibility, permeability and frost-resistance meet the requirements. The durability of ruberoid with the shungite grit has been estimated at 12—15 years, exceeding 3—4 times that of ruberoid with the sand grit.

Laboratory tests were performed in a climatic chamber but pilot tests are also necessary.

We suggest that the technological sample should be taken from the incompletely utilized sandy fraction of the Kondopoga crushing plant. Although this fraction is somewhat coarser than required (Tables 4, 6), the grain size can be reduced by additional crushing. The fine shungite sand fraction can be used to cover the lower ruberoid surface or as a filler in the bituminous mix.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Штейн И. И. Новые кровельные материалы для крупнопанельных крыш. — Л., 1966.
2. ГОСТ 10923-82. Рубероид. Технические условия. М., 1982.
3. Шунгиты Карелии и пути их комплексного использования. — Петрозаводск, 1975.
4. Шунгиты — новое углеродистое сырье. — Петрозаводск, 1984.
5. Петров А. Ф. Шунгиты — новое комплексное сырье в Якутии // Бюл. науч.-техн. информ. Якут. фил. Сиб. отд. АН СССР. Февр. 1977. С. 22—24.
6. Глебашев С. Г., Игнатьев С. В., Ковязин А. Н. Формирование и размещение шунгитовых пород Кызыловской зоны (Восточный Казахстан) // Сов. геология, 1989. № 1. С. 33—42.
7. Калинин Ю. К., Дюккиев Е. Ф. Свойства и перспективы использования шунгитов Карелии // Горючие сланцы. 1984. Т. 1, № 3. С. 277—284.
8. ГОСТ 2678-87. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы их испытаний. М., 1987.

Научно-исследовательский институт  
строительства Эстонской республики  
г. Таллинн

Институт геологии  
Академии наук Эстонии  
Институт химии  
Академии наук Эстонии  
г. Таллинн

Scientific Research Institute  
of Construction of the Estonian Republic  
Tallinn  
Estonian Academy of Sciences,  
Institute of Geology  
Institute of Chemistry  
Tallinn

Представил А. Раукас  
Поступила в редакцию  
10.01.90

Presented by A. Raukas  
Received 10.01.90