

Оригинальная статья / Original article

УДК: 552.08

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕЛЫХ ПОРОД ГУСИНООЗЕРСКОГО УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

© Л.В. Юрьева<sup>1</sup>, Р.М. Лобацкая<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

**РЕЗЮМЕ.** Цель статьи заключается в исследовании сырья горелых пород Гусиноозерского месторождения, отобранного с четырех отвалов, изучении химического и минералогического состава гореликов, выявлении основных разновидностей горелых пород и их физико-механических свойств в зависимости от размера и минералогического состава. **Методы.** У отобранных проб определен химический состав, который исследован на рентгено-флуоресцентном спектрометре Bruker S4 PIONEER. С помощью оптического микроскопа Axio Lab.A1 выполнен минералогический анализ горелых пород с подробным описанием шлифов. Изучены физико-механические свойства горелых пород с целью практического использования. **Результаты.** На восточной части Гусино озера отмечены четыре основных наиболее масштабных отвала горелых пород, с которых взяты пробы. В результате исследования получены данные о химическом составе. Выявлено, что горелые породы имеют высокую концентрацию  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – более 50%. Изучение минералогического состава горелых пород показало, что в основном они имеют кварц-полевошпатовый состав с цементной составляющей в виде рудного вещества. По размеру зерен образцы относятся к алевролитам и имеют алевритовую структуру, но в зависимости от степени обжига алевролитовый материал диагностируется с трудом и наблюдаются только кварцевые зерна, а сам материал сильно пропитан окислами железа. После исследования состава породы все горелики поделены на пять групп в зависимости от размера и разновидности. К первой группе самых мелких образцов относятся разновидности декоративных пород гореликов, которые обладают высокой хрупкостью и низкой твердостью: это аргиллитовые образования, алевролиты и шлаки. Во второй группе наблюдаются все те же самые образования, что и в первой, а также встречаются образцы группы песчаников, которые недостаточно подвержены природному обжигу в отвалах. В третью и четвертую группы входят практически все разновидности группы алевролитов. Пятая группа включает в себя крупные образцы алевролитов и алевропесчаников. **Выводы.** Результаты исследования показали, что горелые породы Гусиноозерского месторождения схожи по минералогическому и химическому составу с «гореликами» других месторождений, различаются лишь соотношения минералов и их химическая концентрация. Благодаря изучению механических свойств сделано заключение о возможности использования горелых пород в качестве поделочного материала.

*Ключевые слова:* угольные месторождения, горелые породы, минералогический состав, химический состав, физико-механические свойства.

**Формат цитирования:** Юрьева Л.В., Лобацкая Р.М. Исследование горелых пород Гусиноозерского угольного месторождения // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2017. Т. 40. № 2. С. 109–119.

## STUDIES OF GUSINOOZERSK COAL DEPOSIT BURNED ROCKS

L.V. Yurieva, R.M. Lobatskaya

Irkutsk National Research Technical University,  
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russian Federation.

---

<sup>1</sup>Юрьева Елена Валерьевна, аспирант, e-mail: lenochka\_russ@mail.ru

Elena V. Yureva, postgraduate, e-mail: lenochka\_russ@mail.ru

<sup>2</sup>Лобацкая Раиса Моисеевна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, зав. кафедрой геммологии, e-mail: lobatskaya@gmail.com

Raisa M. Lobatskaya, Doctor of geological and mineralogical sciences, Professor, The head of the Chair of Gemology, e-mail: lobatskaya@gmail.com

**ABSTRACT.** The **Purpose** of the article is to study the stock of Gusinozersk deposit burnt rocks selected from four dumps, examine their chemical and mineral composition as well as identify the main types of burnt rocks and their physico-mechanical properties depending on their size and mineralogical composition. **Methods.** Several samples were selected and their chemical composition was examined by means of the x-ray fluorescent spectrometer Bruker S4 PIONEER. Mineralogical analysis of burnt rocks and a detailed description of microsections were performed with the help of the optic microscope Axio Lab A1. For the purpose of practical application, the study was given to the physical and mechanical properties of burnt rocks. **Results.** There are 4 big primary dumps of burnt rocks in the eastern part of Gusinoe lake, where the samples were taken. As a result of research we got the data on their chemical composition. It was found that burnt rocks contain high concentration of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (more than 50%). The study of the mineralogical composition of burnt rocks has showed that they mainly consist of quartz and feldspars including ore substance as a cement part. By the size of grains the samples belong to the siltstones and have a siltstone structure. However, depending on the burning grade, siltstone material is difficult to diagnose, only quartz grains are observed, whereas the material itself is impregnated with iron oxides. Having studied the composition of the rock, we classified all of the burnt rocks into 5 groups depending on their size and type. The first group of the smallest samples includes decorative burnt rocks of high brittleness and low hardness: these are argillic formations, siltstones and cinders. The second group consists of the same formations as the first group but also includes some samples of sandstones which are less likely to be burnt in dumps. The third and the fourth groups include almost all types of siltstones. The fifth group consists of large samples of siltstones and silty sandstones. **Conclusions.** The study results have showed that Gusinozersk deposit burnt rocks are similar in mineralogical and chemical composition to the burnt rocks from the other deposits. The only difference is in the ratio of minerals and their chemical concentration. The study of the mechanical properties of burnt rocks allowed to derive a conclusion on the possibility to use them as an ornamental material.

*Keywords:* coal deposits, burnt rocks, mineralogical composition, chemical composition, physical and mechanical properties

**For citation:** Yurieva L.V., Lobatskaya R.M. Studies of Gusinozersk coal deposit burned rocks. Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits. 2017, vol. 40, no. 2, pp. 109–119. (In Russian).

Россия располагает огромными запасами ископаемых углей, бассейны и отдельные месторождения которых расположены на всей обширной территории страны. Эти запасы сосредоточены в 25 угольных бассейнах, восьми крупных угленосных площадях и более чем в 650 отдельных месторождениях, не входящих в бассейны. В общей сложности в России находится больше одной трети мировых залежей угля. Площади развития зон выгорания иногда достигают десятков квадратных километрах [1].

Ежегодно по всей России увеличивается объем добычи угля, что приводит к накоплению на земной поверхности огромного количества отходов производства. В результате добычи и обогащения полезных ископаемых образуются десятки миллионов кубометров отвальных пород, которые практически не находят широкого применения.

Некоторые разновидности горелых пород имеют интересные текстуры и

вполне сравнимы с яшмовидными образованиями, что дает возможность их использования в дизайне. Тем не менее из-за неспособности принимать идеальную полировку материал вследствие высокой пористости и мягкости до сих пор не эксплуатируются. Это и явилось поводом для полного исследования гореликов. Нами использовались образцы, отобранные на Гусиноозерском месторождении, которое находится в Центральной Бурятии, примерно в 100 км от города Улан-Удэ. На данном месторождении производится добыча бурого угля открытым способом компанией «Баин-Зурхе» [2].

В 20–30-е годы XX века в связи с началом разработки Гусиноозерского месторождения угля была составлена геологическая карта (рис.1) окрестностей озера.

По данным геологической карты района месторождения горизонты горелых пород распространены на восточной стороне озера [4]. В настоящее время



Рис. 1. Геологическая карта Гусиноозерского месторождения [3]  
Fig. 1. Geological map of the Gusinoozersk field [3]

эта часть попала в пределы угольного месторождения и вся местность представляет собой чередование карьеров и терриконов отработанных пород. Техногенные отложения распространены практически до самой береговой линии озера и оставляют не перекрытой только грунтовую дорогу и узкую полосу песчаного пляжа. Образования гореликов на этом месторождении встречаются в виде локально развитых горизонтов пород мощностью 0,5–1,5 метра, отдельных глыб размером до 1–2,5 метра (рис. 2) и тонких уплотненных галек на берегах озера. Отработанное угольное месторождение сопровождается породами гореликов различных размеров. Это крупные отвалы, в которые грузовые машины вывозят остатки ненужного сырья (рис. 3).

Исследование проводилось на восточной части озера, где были отмечены четыре основные наиболее масштабные отвала горелых пород. На карте – точки Г1, Г2, Г3, Г4 (рис. 4).

Между точками Г3 и Г4 находится угольное месторождение, на котором в

настоящий момент проводится добыча угля, а горелых пород практически не наблюдается за исключением мелких отложений, в общей массе представляющих собой сплошные пористые кирпичные и желтые породы без декоративных рисунков. На точке Г2 встречаются крупные глыбы декоративных гореликов размером до 2 м. Они имеют полосчато-слоистый рисунок в бордовых, красных и желтых тонах и однородную структуру с мелкой пористостью. Основная часть всех пород была отобрана на точке Г1 с координатами N51°16.100' E106°32.065'.

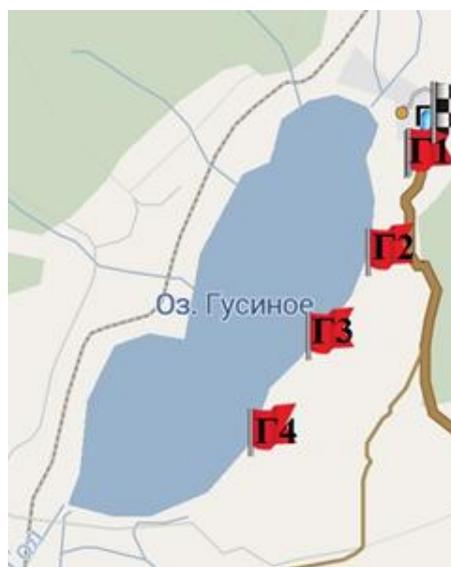
У отобранных проб определен химический состав, который исследован на рентгено-флуоресцентном спектрометре Bruker S4 PIONEER. Количественный и качественный анализы производились с помощью двух детекторов, которые регистрируют разные группы химических элементов – тяжелых и легких. Съёмка образцов производилась в течение 5 минут при напряжении на родиевом катоде рентгеновской трубки 30 кВ в вакууме.



**Рис. 2. Глыбы декоративных пород гореликов**  
Фото Л.В. Юрьевой  
**Fig. 2. Blocks of decorative burnt rocks**  
Photo by L.V. Yurieva



**Рис. 3. Отвалы с угольного месторождения**  
Фото Л.В. Юрьевой  
**Fig. 3. Coal deposit dumps**  
Photo by L.V. Yurieva



**Рис. 4. Карта Гусиного озера**  
Фото с GPS-навигатора  
**Fig. 4. Map of Gusinoe lake**  
GPS-navigator photo

В результате исследований получены данные о химическом составе образцов, представленные в табл. 1. Отвалы Гусиноозерского месторождения складываются из горных пород, в составе которых распространены такие химические соединения, как  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ . В виде примесей присутствуют  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SrO}$ ,  $\text{Rb}_2\text{O}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ .

При пробоподготовке произошло образование дополнительных примесей. Наличие незначительной концентрации  $\text{WO}_3$  обусловлено тем, что в планетарной

мельнице используются вольфрамовые шарики для измельчения. При формообразовании проб использовался воск  $\text{C}_{21}\text{H}_{44}$  в качестве связующего вещества, который также отражен в таблице составов в размере 20%.

При элементном анализе была установлена высокая концентрация кислорода. Рентгенофлуоресцентный анализ подразумевает исследование образца в вакууме – это означает, что кислород не может существовать в кристаллической структуре в свободной форме. В связи с этим произведен перерасчет на оксидные формы всех веществ.

Для определения состава использовался более быстрый метод анализа, в пробе присутствовало соединяющее вещество, производился перерасчет из-за концентрации кислорода, поэтому возникла погрешность в размере около 15%. В итоге суммарный состав элементов для первого образца составил 85%, а для второго – 87%.

Преобладающий вещественный состав минералов, слагающих горелые породы, часто устанавливают визуально – путем простого осмотра. Установлено, что все горелики подразделяются на глинистые сланцы, аргиллиты, алевролиты, тонкозернистые песчаники.

Таблица 1  
Химический состав горелых пород Гусиноозерского месторождения по данным рентгено-флуоресцентного анализа

Table 1  
Chemical composition of Gusinoozersk deposit burnt rocks according to X-ray fluorescence analysis data

Первая проба / First sample			Вторая проба / Second sample		
Соединение / Compound	Атомный номер / Atomic number	Концентрация, % / Concentration, %	Соединение / Compound	Атомный номер / Atomic number	Концентрация, % / Concentration, %
Основные химические соединения / Main chemical compounds					
SiO <sub>2</sub>	14	41,09	SiO <sub>2</sub>	14	45,85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13	14,81	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13	11,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26	4,27	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26	3,727
K <sub>2</sub> O	19	2,134	K <sub>2</sub> O	19	2,369
MgO	12	0,916	MgO	12	0,639
TiO <sub>2</sub>	22	0,817	TiO <sub>2</sub>	22	0,653
Na <sub>2</sub> O	11	0,425	Na <sub>2</sub> O	11	1,19
CaO	20	0,29	CaO	20	0,441
Примесные элементы / Impurity elements					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15	0,1	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15	0,1
SO <sub>3</sub>	16	0,139	SO <sub>3</sub>	16	0,016
BaO	56	0,074	BaO	56	0,066
MnO	25	0,0409	MnO	25	0,066
CeO <sub>2</sub>	58	0,031	CeO <sub>2</sub>	58	0,022
ZrO <sub>2</sub>	40	0,0193	ZrO <sub>2</sub>	40	0,0409
SrO	38	0,0158	SrO	38	0,0155
Rb <sub>2</sub> O	37	0,0117	Rb <sub>2</sub> O	37	0,0109
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23	0,011	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23	0,016
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31	0,0043	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31	0,0029
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	39	0,00247	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	39	0,00377
Примеси, полученные при пробоподготовке / Impurities obtained under sample preparation					
CH <sub>2</sub>	6	20	CH <sub>2</sub>	6	20
WO <sub>3</sub>	74	0,0696	WO <sub>3</sub>	74	0,235
Всего, % / Total, %		85,27107	Всего, % / Total, %		87,14397

Наиболее исчерпывающее понятие о природе и характере составляющих горелых пород дает петрографическое исследование под микроскопом при небольшом увеличении.

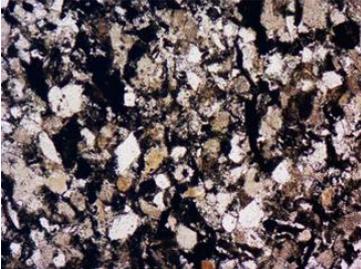
Для изучения минералогического состава горелых пород изготавливались

шлифы для трех образцов, наиболее характерных для Гусиноозерского месторождения. Изучение минералогического состава и снимки шлифов производились с помощью оптического микроскопа Axio Lab.A1. Данные представлены в табл. 2.

**Таблица 2**

**Характеристика шлифов горелых пород Гусиноозерского месторождения**  
**Table 2**

**Description of Gusinoozersk deposit burnt rock microsections**

Образец горелой породы / Sample of burnt rocks	Снимок шлифов при 10-кратном увеличении / Imagery of rock section at a 10-fold increase	Название породы; текстура; структура; размеры частиц / Name of rock, texture, structure, particle sizes
 EP-1	 EP-1-10	Название породы – алевролит кварц-полевошпатовый; текстура – ориентированная, тонкослоистая; структура – алевритовая; размеры частиц – менее 0,05 мм / Name of the rocks – siltstone quartz-feldspars; texture – oriented, lamellar; structure – aleuritic; particle size – less than 0.05 mm
 EP-2	 EP-2-10	Название породы – алевролит кварцевый; размеры частиц – менее 0,03 мм / Name of the rocks: quartz-siltstones; particle size – less than 0.03 mm
 EP-3	 EP-3-10	Название породы – алевролит кварц-полевошпатовый; текстура – ориентированная, тонкослоистая; структура – алевритовая; размеры частиц – 0,01–0,1 мм / Name of the rocks – siltstone-quartz-feldspars; texture – oriented, lamellar; structure – aleuritic; particle size – 0.01–0.1 mm

В шлифе EP-3-10 по минеральному составу главными компонентами являются кварц (содержание – 20–25%) и полевые шпаты (содержание – 15–20%). Кварц в породе отчетливо выделяется по своим оптическим характеристикам, имеет остроугольные угловатые формы, иногда осложненные температурным воздействием, вследствие чего края зерен нередко оплавлены. К полевым шпатам условно отнесены зерна буроватого цвета без явных признаков внутреннего строения. Редко встречаются среди обломочного материала пластинки биотита и обломки кремнистых пород. В данном шлифе встретилось зерно циркона.

Цементация обломочного материала осуществляется за счет тонкозернистого рудного вещества, распределенного неравномерно в виде нечетких микрослоев.

Там, где цементное вещество отсутствует, обломочные зерна контактируют за счет структур растворения по конформному типу – зерна плотно прилегают друг к другу.

Шлиф EP-1 по своим минералогическим характеристикам близок к шлифу EP-3, но вследствие того, что этот образец подвергался высокотемпературному обжигу, кварц-полевошпатовый состав просматривается хуже. Размеры зерен – менее 0,05 мм.

Шлиф разновидности EP-2 относится к группе гореликов по алевролитам. Тонкоалевролитовый материал диагностируется с трудом. В пределах шлифа встречаются зерна кварца размером менее 0,03 мм, характер которых свидетельствует о том, что эти породы подверглись термическому остеклованию.

Порода сильно пропитана окислами железа, имеющими в отраженном свете красновато-оранжевый рефлекс. В породе образца под воздействием температуры преобладают элементы текучести – псевдофлюидальность.

Изучение минералогического со-

става горелых пород показало, что в основном они имеют кварц-полевошпатовый состав с цементной составляющей в виде рудного вещества. По размеру зерен образцы относятся к алевролитам и имеют алевритовую структуру, но в зависимости от степени обжига алевролитовый материал диагностируется с трудом и наблюдаются только кварцевые зерна, а сам материал сильно пропитан окислами железа.

Изучение минералогического состава помогло в распределении всех диагностических разновидностей горелых пород по группам. Установлено более 10 разновидностей с разнообразными геммологическими и технологическими свойствами, зависящими от минералогического состава углесодержащих пород и вида их переработки [5]. Выявленные на месторождении разновидности визуально поделены на пять групп горелых пород в зависимости от размера образцов (табл. 3).

К первой категории самых мелких образцов относятся разновидности декоративных пород гореликов, которые обладают высокой хрупкостью и низкой твердостью. Аргиллитовые образования по своим свойствам представляют собой очень мягкие, рыхлые, глинистые образования. Алевролиты с отпечатками флоры обладают слоистой структурой и отслаиваются при малейшем механическом воздействии. Шлаки в свою очередь очень мягкие по твердости и достаточно хрупкие, поскольку имеют крупнопористую структуру.

Во второй категории наблюдаются все те же самые образования, что и в первой, а также встречаются образцы группы песчаников, которые недостаточно подвержены природному обжигу в отвалах.

Третья и четвертая категории наиболее интересны для использования в ювелирном дизайне, поскольку более прочные и твердые. В эту группу входят

Таблица 3

**Разновидности горелых пород в зависимости от размера образцов**  
**Table 3**  
**Varieties of burnt rocks depending on size of samples**

Категория горелых пород в зависимости от размера образцов / Category of burnt rocks depending on size of samples	Декоративные разновидности / Ornamental types
1. До 5 см – 30 % / Up to 5 sm – 30%	Светлые и кирпичные аргиллитовые глинистые образования; алевролиты с отпечатками флоры; шлаки / Light and brick argillic clayey formations; siltstones with traces of plant residues; cinders
2. От 5 до 10 см – 25% / From 5 to 10 sm – 25%	Глинистые образования; песчаники; алевролиты; шлаки / Clayey formations; sandstones; siltstones; cinders
3. От 10 до 20 см – 20% / From 10 to 20 sm – 20%	Пятнистые, сливные обожженные и полосчатые алевролиты; песчаники / Knotted, confluent burnt and banded siltstones; sandstones
4. От 20 до 50 см – 15% / From 20 to 50 sm – 15%	Сливные обожженные спекшиеся алевролиты с декоративным рисунком; алевролитопесчаники / Confluent burne sintered siltstones with an ornamental pattern; silty sandstones
5. От 50 и более см – 10% / From 50 and more sm – 10%	

практически все разновидности алевролитов. Они совмещают в себе не только внешние эстетические, но и оптимальные физико-химические свойства.

Пятая категория включает в себя крупные образцы, которые представляют большой интерес для использования в дизайне интерьеров и экстерьеров. Такие образцы не подходят для использования в ювелирном дизайне, поскольку в качестве мелких вставок в украшениях теряются все декоративные и текстурные характеристики камня, а в качестве сувенирной продукции вполне могли бы использоваться в сочетании с металлами, такими как латунь или медь.

Выявлено, что 25% всех пород составляют образцы от 20 см, отдельные достигают до 1,5 м. Декоративные и прочностные свойства таких крупных глыб гораздо выше. Чаще всего горелые породы

таких размеров имеют полосчатый рисунок с контрастным сочетанием цветов.

В зависимости от минералогического состава горелых пород различаются их физико-механические свойства, которые важны при внедрении данного материала в ту или иную сферу производства. Твердость горелых пород варьирует в пределах от 3 до 7 по стандартной шкале твердости. Удельный вес крупных образцов колеблется в пределах от 2,2–2,6, а насыпной породы – от 0,9–1,25. В табл. 4 приведены основные характеристики горелых пород, свойственные той или иной разновидности [6].

Как видно из табл. 4, горелые породы, которые относятся к разновидностям песчаников и алевролитов, имеют достаточно хорошие показатели предела прочности, водопоглощения и морозостойкости. Такие параметры свидетель-

Таблица 4

Основные физико-механические характеристики горелых пород

Table 4

Main physical and mechanical properties of burnt rocks

Разновидность / Kind of rock	Твердость по шкале Мооса / Moos' hardness	Характеристики / Characteristics
Песчаники / Sandstones	7	<p>По размеру зерен песчаники разделяются на: мелкозернистые (от 0,1–0,25 мм); среднезернистые (0,25–0,5 мм); крупнозернистые (0,5 мм). Предел прочности при сжатии – 10–200 МПа. Водопоглощение – 0,5–6,0%. Морозостойкость – 100 циклов. Плотность – 2250–2670 кг/м<sup>3</sup>. Пористость – 0,69–6,70% /</p> <p>By grain size sandstone is divided into: fine-grained (0.1–0.25 mm); medium-grained (0.25–0.5 mm); coarse-grained (0.5 mm). Crushing stress – 10–200 MPa. Water absorption ability – 0.5–6.0%. Frost resistance – 100 cycles. Density – 2250–2670 kg/m<sup>3</sup>. Porosity – 0.69–6.70%</p>
Алевролиты / Siltstones	5–6	<p>Цементированная осадочная порода, сложенная более чем на 50% частицами алевритовой размерности (0,01–0,1 мм). Предел прочности при сжатии – 8–140 МПа. Водопоглощение – 1,32–1,79%. Морозостойкость – 100 циклов. Плотность – 2250–2670 кг/м<sup>3</sup>. Пористость – 10,9–11,3% /</p> <p>Coherent sedimentary rock more than 50% of which is constituted by aleurites of 0.01–0.1 mm grain size. Crushing stress – 8–140 MPa. Water absorption ability – 1.32–1.79%. Frost resistance – 100 cycles. Density – 2250–2670 kg/m<sup>3</sup>. Porosity – 10.9–11.3%</p>
Аргиллиты / Mudstone	4	<p>Твердая, камнеподобная глинистая горная порода, образовавшаяся в результате уплотнения, дегидратации и цементации глин при диагенезе и эпигенезе. Предел прочности при сжатии – от 6 до 70 МПа. Водопоглощение – 9–11%. Морозостойкость – 15 циклов. Плотность – 1300–2600 кг/м<sup>3</sup>. Пористость – от 1,6 до 6,1% /</p> <p>Hard, stone-like clayey rock formed as a result of compaction, dehydration and cementation of clays in diagenesis and epigenesis. Crushing stress – from 6 to 70 MPa. Water absorption ability – 9–11%. Frost resistance – 15 cycles. Density – 1300–2600 kg/m<sup>3</sup>. Porosity – from 1.6 to 6.1%</p>

ствуют о том, что данный материал может быть внедрен не только в мелкие декоративные элементы в интерьере, но также использован и в экстерьере. Наряду с этим горелики (разновидности алевролитов) обладают высокими эстетическими свойствами. У аргиллитов прочностные и эстетические свойства, наоборот, низкие – они малопригодны

для использования в дизайне и требуют облагораживания.

Приведенные выше характеристики горелых пород дают основание для проведения серии экспериментов по улучшению их технологических характеристик для внедрения в дизайн бижутерии, интерьерных объектов и сувенирных изделий.

### Библиографический список

1. Уголь // Информационно-аналитический центр «Минерал». Все о минерально-сырьевом комплексе России и мира [Электронный ресурс]. URL: <http://mineral.ru/Facts/russia/131/297/index.html> (дата обращения: 26 марта 2017).

2. Маркова Л.В., Лобацкая Р.М. Использование горелых пород в качестве поделочных материалов: материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. по направлению «ТХОМ». М.: Изд-во Университета машиностроения, 2014. С. 212–214.

3. Топографическая карта окрестностей Гусиноозерска 200-M48-11.

4. Записка к карте M48-11 / ред. Н.Г. Державина, С.А. Пенькова, К.Н. Ильина. Ленинград: Ротапринт ВИТР, 1962. 85 с.

5. Маркова Л.В., Лобацкая Р.М. Технология облагораживания горелых пород для ювелирного дизайна // Дизайн. Теория и практика. 2014. Вып. 18. С. 101–113. [Электронный ресурс]. URL: [http://enidtp.ru/ru\\_RU](http://enidtp.ru/ru_RU) (дата обращения:

### References

1. *Ugol'* [Coal]. *Informatsionno-analiticheskii tsentr "Mineral". Vse o mineral'no-syr'evom komplekse Rossii i mira* [Information and analytical center "Mineral". All about the mineral and raw materials complex of Russia and the world]. Available at: <http://mineral.ru/Facts/russia/131/297/index.html> (accessed: 26 March 2017).

2. Markova L.V., Lobatskaya R.M. *Ispol'zovanie gorelykh porod v kachestve podelochnykh materialov* [Using burnt rocks as ornamental materials]. *Materialy XVI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferencii po napravleniyu "TKhOM"* [Materials of XVI All-Russian scientific and practical conference on the subject "Art processing technology materials"]. Moscow, Universitet mashinostroeniya Publ., 2014, pp. 212–214. (In Russian).

3. *Topograficheskaya karta okrestnostei Gusinoozerska 200-M48-11* [Topographic map of the Gusinoozersk environs 200-M48-11].

4. Derzhavina N.G., Pen'kova S.A., Il'ina K.N. *Zapiska k karte M48-11* [Note to the map M48–11]. Leningrad, Rotaprint Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta metodiki i tekhniki razvedki Publ., 1962. 85 p.

5. Markova L.V., Lobatskaya R.M. *Tekhnologiya oblagorazhivaniya gorelykh porod dlya yuvelirnogo dizaina* [Technology of burned rocks improvement for jewelry design]. *Dizain. Teoriya i praktika* [Design. Theory and Practice], 2014, vol. 18,

26 марта 2017).

6. Книгина Г.И. Строительные материалы из горелых пород. М.: Стройиздат, 1966. 207 с.

pp. 101–113. Available at: [http://enidtp.ru/ru\\_RU](http://enidtp.ru/ru_RU) (accessed: 26 March 2017). (In Russian).

6. Knigina G.I. *Stroitel'nye materialy iz gorelykh porod* [Building materials produced of burnt rocks]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1966. 207 p.

*Статья поступила 02.05.2017 г.  
The article was received 02.05.2017.*