

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ  
ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ  
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ  
АРМЕНИЯ**

Հայաստանի քիմիական հանդես 60, №3, 2007 Химический журнал Армении

УДК 553.62+0,01.5; 666.112.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ КВАРЦИТОВ  
В КВАРЦЕВЫЙ ПЕСОК**

**С. А. САГАРУНЯН, А. Г. АРУСТАМЯН, А. М. САРКИСЯН,  
И. М. МАКАРЯН и А. С. САГАРУНЯН**

Институт общей и неорганической химии им. М. Г. Манвеляна  
НАН Республики Армения, Ереван

Поступило 17 VIII 2006

Исследованы химический состав кварцитов Гнишикского месторождения и процессы их переработки в кварцевый песок. На основании результатов проведённых исследований разработаны и внедрены технологии получения из указанных кварцитов технически и химически очищенных кварцевых песков.

Рис. 1, табл. 3, библиограф. ссылок 7.

В нашей республике отсутствуют залежи кварцевых песков. Ряд месторождений кварцитов имеет промышленное значение и большие запасы для получения кварцевых песков. Из них основными являются Гнишикское и Эртическое (Ехегнадзорская область), Урцское (Арагатская область), Гомшатехское (Сисиан), Степанаванское и др. С целью получения кварцевых песков нами были проведены исследования кварцитов указанных месторождений. Химическими, рентгенографическими, электронно-микроскопическими и физико-механическими анализами установлены их физико-химические свойства, состав и возможности выщелачивания из них красящих стекло элементов.

На основании данных литературы [1,2] мы пришли к выводу, что переработкой всех указанных кварцитов, а также кварцитов других месторождений [3,4] можно получить кварцевые пески для производства стекла, а также использовать их для других целей. Однако по показателям твердости, стабильности содержания кремнезема, а также по содержанию примесей существенно отличаются кварциты Гнишикского месторождения. Они массивные, имеют стабильно высокое содержание диоксида кремния, легко подвергаются механической обработке (дроблению и помолу), а из красящих

стекло элементов в них содержится только железо, которое при кислотной обработке в основном выщелачивается.

Нами проведены подробные исследования кварцитов Гнишиковского месторождения и возможные пути получения из них кварцевых песков.

### Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Исследованию подверглись кварциты Гнишиковского месторождения. Взято пять проб из разных мест и глубин, химический состав которых приведен в табл. 1.

Таблица 1

Состав кварцитов Гнишиковского месторождения

| Глубина<br>взятой<br>пробы, м | Содержание, масс. % |                               |                                |                                |      |      |                  |        |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|--------|
|                               | SiO <sub>2</sub>    | R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | TiO <sub>2</sub> | п.п.п. |
| 2                             | 96,20               | 1,60                          | 1,06                           | 0,54                           | 1,03 | 1,02 | 0,07             | 0,35   |
| 5                             | 95,14               | 1,70                          | 1,13                           | 0,57                           | 1,41 | 1,04 | 0,07             | 0,48   |
| 15                            | 95,02               | 2,09                          | 1,36                           | 0,73                           | 1,45 | 1,10 | 0,03             | 0,49   |
| 22                            | 94,01               | 2,29                          | 1,52                           | 0,77                           | 1,15 | 1,05 | 0,03             | 0,46   |
| 37                            | 92,10               | 4,80                          | 3,82                           | 0,98                           | 1,12 | 1,13 | 0,04             | 0,72   |

Из таблицы видно, что в зависимости от глубины скважины взятой пробы содержание диоксида кремния уменьшается, а содержание железа увеличивается.

По данным спектрального анализа, красящие стекло элементы (Cu, Mn, Co, Cr, Sn) почти отсутствуют, присутствует только железо. Наличие оксидов алюминия, кальция, магния и следов титана в основном не действует на светопропускание стекол. Они главным образом находятся в виде силикатов, которые почти не вступают в реакцию с кислотами и выщелачиваются незначительно. Наличие указанных элементов в кварцитах желательно, т. к. в шихту для варки стекол добавляют их соединения.

Рентгенографическое и микроскопическое исследования показали, что в кварцитах железо большей частью находится на поверхностях кристаллов диоксида кремния в виде оксида трехвалентного железа. Присутствует также двухвалентное железо (~0,02%), которое в основном находится в виде силиката.

Дериватограмма кварцита Гнишиковского месторождения, снятая на дериватографе “Паулик-Паулик-Эрдей” (нагрев 10°C в минуту) (рис.), показала, что на кривой ДТА в пределах температур от 275 до 500°C имеется растянутый

эндоэффект, который объясняется модификационными превращениями примесей, особенно гидроксида и оксида трёхвалентного железа. Эффект при 575°C связан с полиморфным превращением диоксида кремния. Для чистого кварца он тоже составляет 575°C [5]. Эффект при 695°C вызван полиморфным превращением примесей. Эндотермический эффект выше 1050°C объясняется появлением жидкой фазы.

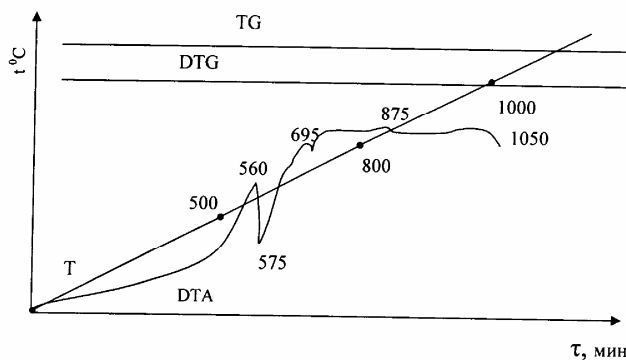


Рис. Дериватограмма кварцита Гнишиковского месторождения.

На основании результатов исследований разработана технология. На Опытном заводе ИОНХ НАН РА собрана полупромышленная установка по переработке кварцитов на кварцевый песок. По этой технологии кварциты Гнишиковского месторождения подвергаются двухстадийному дроблению, сначала на щековой (до размеров частиц 5 см), потом в конусной до размеров частиц 2,0-2,5 см дробилках. После конусной дробилки кварцит через тарельчатый питатель поступает в мельницу, где подвергается мокрому помолу до размеров частиц 0,8 мм. Выходящая из мельницы пульпа при соотношении Ж:Т=3:1 поступает в бак-репульпатор и оттуда центробежным песковым насосом через гидравлический классификатор и магнитный сепаратор – на площадку готового песка, снабженную сливной трубой. Слив суспензии подается в бассейн, где твердая фаза осаждается, а жидкая поступает в канализацию.

Исследования показали, что при помолу кварцитов со средним содержанием  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,54% после помола, гидравлической классификации и магнитной сепарации содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  соответственно составляло 0,6 ; 0,34 и 0,26%. В полученном товарном кварцевом песке содержание диоксида повысилось с 96,2 до 98,6%. Соответственно снижается также содержание алюминия и некоторых других примесей.

При исследовании осажденной из сливных вод твердой фазы выяснилось, что она содержит до 89%  $\text{SiO}_2$ , 4%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и 2%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Так как в схеме переработки кварцитов на кварцевый песок предусмотрены также фильтрация и осаждение твердой фазы из суспензии, полученной

переработкой кварцитов (дробление, мокрый помол при соотношении Ж:Т=3:1, гидравлическая классификация, магнитная сепарация, фильтрация или декантация), возникает необходимость изучения также этих процессов. С этой целью из промытого от легкой и мелкой фракций кварцевого песка, гранулометрический состав которого приведён в табл. 2, была приготовлена суспензия при соотношении Ж : Т = 3 : 1 (условия мокрого помола).

Таблица 2

**Гранулометрический состав кварцевого песка**

| Размеры частиц на сите, мм | 0,8 | 0,4 | 0,315 | 0,25 | 0,2 | 0,16 | 0,125 | 0,1  | 0,063 | 0,05 | -0,05 |
|----------------------------|-----|-----|-------|------|-----|------|-------|------|-------|------|-------|
| Содержание, %              | 1,5 | 2,0 | 4,0   | 7,5  | 7,5 | 19,0 | 16,0  | 13,0 | 11,5  | 9,5  | 1,2   |

Изучение процесса фильтрации проводили по методике [6] на элементе вакуум-фильтра. Определены константы фильтрации К и С, которые при вакууме 0,0263 МПа составляли  $K=19000 \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ ,  $C=7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{м}^{-2}$ ; при этом производительности фильтра составляли по фильтрату  $V_{\text{ф}}=5,18$  и по осадку  $V_{\text{ос}}=1,44 \text{ м}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$  или  $G_{\text{ос}}=1775 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$ . В конце фильтрации влажность осадка составляла 5,2%, высота осадка 14 мм.

Определена также скорость отстаивания твёрдой фазы. Показано, что ее отстаивание и уплотнение заканчивается в течение 6-7 мин.

Приведенные данные показывают, что получаемый кварцевый песок хорошо осаждается и фильтруется. Полученные по методике [7] результаты дают возможность рассчитать оборудование участков фильтрации и отстаивания песка из суспензии.

Опыты показали, что в легкую фракцию переходит 12-15% мелкого кварцевого песка (-0,3 мм), который может быть использован в качестве строительного материала, для литья деталей и других целей.

По разработанной технологии переработки кварцитов на кварцевый песок суспензия фильтруется, фильтрат направляется в узел мокрого помола кварцитов, а осадок поступает на склад.

По вышеизложенной схеме на Опытном заводе ИОНХ НАН РА смонтирована схема и налажено производство кварцевого песка с содержанием  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,25-0,34%. Производимый песок в основном используется для производства полупрозрачной бутылочной тары, девятиводного метасиликата натрия, жидкого стекла и др.

Несмотря на то, что производимый технический кварцевый песок имеет большой спрос, однако по содержанию железа он не пригоден для производства прозрачных стёкол и чистых силикатов. С целью более глубокого выщелачивания железа из полученного технического кварцевого песка были

проведены опыты по солянокислотной обработке песка. Выбор соляной кислоты диктуется соображением, что соляная кислота сравнительно дешевле, чем азотная и серная, она производится в республике; при ее применении технологическое оборудование можно легко защитить от коррозии гуммировкой. При переработке кварцевого песка растворами соляной кислоты она может вступать в реакцию с содержащимися в нём соединениями металлов, образуя хлориды соответствующих металлов.

Так как полученные при этом хлориды хорошо растворимы в воде, создаётся возможность их удаления из песка, особенно железа, имеющего красящее стекло свойство.

Исследованы процессы переработки кварцевого песка, полученного переработкой кварцитов Гнишиковского месторождения по вышеизложенной технологии, растворами соляной кислоты. Состав кварцевого песка, подвергнутого солянокислотной обработке, в масс. % приведён в табл. 3.

Таблица 3

Состав кварцевого песка

| SiO <sub>2</sub> | R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO | п.п.п. |
|------------------|-------------------------------|--------------------------------|------|--------------------------------|-----|--------|
| 97,54            | 1,2                           | 0,28                           | 0,02 | 0,92                           | 0,5 | 0,51   |

Определялась зависимость степени выщелачивания Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от концентрации раствора соляной кислоты, температуры процесса и времени выдержки реакционной смеси. Доказано, что при их увеличении увеличивается степень выщелачивания.

Определены оптимальные условия выщелачивания Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, при которых его остаточное содержание в очищенных песках доводится до 0,03-0,05 масс.%. Такие пески пригодны для варки прозрачных стёкол, получения чистых силикатов и др.(ГОСТ 2251-77). Показано также, что скорость перемешивания реакционной смеси при одинаковых условиях опыта практически не влияет на скорость реакции. Исходя из этого предусмотрено проведение реакции при ламинарном движении пульпы в трёх последовательно присоединённых отстойниках Дорра, работающих противотоком.

На основании результатов проведённых исследований пришли к заключению, что в республике существует несколько месторождений кварцитов, которые по содержанию и стабильности кремнезема можно рекомендовать в качестве сырья для производства кварцевых песков. Разработаны технологии и внедрено в производство получение кварцевых песков двух сортов: а) технических (предварительно очищенных), которые получают дроблением и мокрым помолом кварцитов с последующей гидравлической классификацией и магнитной сепарацией получаемых при этом песков. Пески, которые содержали красящий стекло Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от 0,27 до 0,34

масс.%, (более 1000 т), были использованы в качестве сырья для варки полупрозрачной бутылочной тары, производства девятиводного метасиликата натрия, жидкого стекла, различных силикатов и других; б) химически очищенных, которые получают солянокислотной переработкой полученных технических кварцевых песков. По разработанной и внедрённой технологии получено более 50 т песка, в котором содержание трехоксида железа составляет 0,03-0,05 масс.%. Эти пески используются для получения прозрачных стёкол и чистых силикатов.

### **ՔՎԱՐՑԻՏՆԵՐԻ ՎԵՐԱՄԵԿՈՒՄԻՑ ՔՎԱՐՑԱՅԻՆ ԱՎԱԶԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ**

**Ս. Ա. ՍԱՀԱՐՈՒՅԱՆ, Ա. Գ. ԱՌՈՒՍՏԱՄՅԱՆ, Ա. Մ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ,  
Ի. Մ. ՄԱԿԱՐՅԱՆ և Ա. Ս. ՍԱՀԱՐՈՒՅԱՆ**

Ուսումնասիրված են Գնիշիկի քվարցիտների քիմիական կազմը և նրանց վերամշակումից քվարցային ավազների ստացման պրոցեսները: Կատարված հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա մշակվել և ներդրվել է նշված քվարցիտներից տեխնիկական և քիմիական մաքրված քվարցային ավազների ստացման տեխնոլոգիաներ:

### **THE STUDY OF PROCESSES OF QUARZITES CLEANING FOR QUARTZ SANDS PRODUCTION**

**S. A. SAHARUNYAN, A. G. ARUSTAMYAN, A. M. SARGSYAN,  
I. M. MAKARYAN and A. S. SAHARUNYAN**

There are no quartz sands deposits in Armenia. However, according to Armenian Geological Bureau, there are several deposits of quartzites which are abundant and have industrial importance.

The detailed investigations of some major quartzites' deposits are performed by various analytical methods. On the base of these researches and implications made by different authors we have concluded that quartz sand can be obtained from a few deposits. Among them, the quartzites of Gnishik deposit (Eghegnadzor district) are most suitable due to their constancy in silicon dioxide content, hardness, impurities level and availability.

They have the microhardness of  $680 \pm 20 \text{ kg/mm}^2$ . As coloring impurities they content in general iron trioxide which is located mainly on the surface of silicon dioxide crystals and can be leached by acid treatment.

On the base of results of performed investigation the technology of quartz sand production from quartzites is elaborated and introduced into practice. According to this technology, after crushing and wet grinding of quartzites, the obtained sand in the form of pulp (at liquid : solid ratio of 3:1) by means of sludge centrifugal pump enters the hydraulic classifier, then the magnetic separator and filtration.

The obtained preliminary purified sand with content of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  within 0.27-0.34 % is used mainly for production of semitransparent glass cans, nine-water sodium metasilicate, liquid glass and various silicates. For making deeply purified quartz sand without iron the above mentioned sand has been treated by hydrochloric acid. The

dependences of leaching extent on hydrochloric acid solution concentration, process temperature, treatment time has been found out. The optimal conditions for iron leaching process are obtained. The quartz sand with  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  content of 0.03-0.05% is fabricated. It is suitable for making transparent glass, manufacturing pure silicates, etc.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Оганесян Э.Б., Караханян С.С., Варужанян А.А.* // Арм.хим. ж., 1983, т.36, №5, с.286.
- [2] *Оганесян Э.Б., Караханян С.С., Варужанян А.А., Габриелян Ж.В.* // Арм.хим. ж., 1983, т. 36, №2, с.69.
- [3] *Манвелян М.Г., Ерзнкян Е.А.* // Промышленность Армении, 1962, №10, с. 60.
- [4] *Манвелян М.Г., Мелик-Ахназарян А.Ф., Костанян К.А., Ерзнкян Е.А.* // Известия АН Арм. ССР, техн. науки, 1957, т. 10, №5, с. 89.
- [5] *Берг Л.Т.* Введение в термографию. М., Изд АН СССР, 1961, с.367.
- [6] *Романков П.Г.* Руководство к практическим занятиям в лаборатории по процессам и аппаратам химической технологии. Л., Химия, 1964, с.244.
- [7] *Павлов Л.Ф., Романков П.Г., Носков А.А.* Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. М., Химия, 1964, с.633.