

УДК 69.003.12; 69.032.4

© Е. А. Коротков, аспирант
© К. С. Иванов, канд. техн. наук, с. н. с.
(Институт криосферы Земли СО РАН, АНО
«Губернская академия»)
© К. В. Бутакова, инженер-проектировщик
(Тюменский государственный архитектурно-
строительный университет)
© К. А. Чинилина, инженер-сметчик
(ОАО «ГРАДЪ»)
© А. А. Мельникова, преподаватель
(Тюменский государственный архитектурно-
строительный университет)
E-mail: the_djon@bk.ru, sillicium@bk.ru,
kseniyabutakova@mail.ru, kchinilina@gmail.com,
yharro@yandex.ru

© E. A. Korotkov, post-graduate student
© K. S. Ivanov, PhD in Sci. Tech., senior research worker
(Earth Cryosphere Institute SB of RAS, ANPO
"Gubernskaya Akademiya")
© K. V. Butakova, design engineer
(Tyumen State University of Architecture
and Civil Engineering)
© K. A. Chinilina, estimator-engineer
("Grad" (LLC))
© A. A. Melnikova, teacher
(Tyumen State University of Architecture and Civil
Engineering)
E-mail: the_djon@bk.ru, sillicium@bk.ru,
kseniyabutakova@mail.ru, kchinilina@gmail.com,
yharro@yandex.ru

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ «ДИАТОМИК» — НОВЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

"DIATOMIK" CONSTRUCTION MATERIALS, A NEW COST-EFFECTIVE SOLUTION FOR LOW-RISE CONSTRUCTION

Рассматриваются перспективы применения новых строительных материалов на основе местного кремнистого сырья в малоэтажном строительстве Тюменской области. Проводится технико-экономическое сравнение конструкций малоэтажных домов с использованием стеновых блоков из керамзитобетона и блоков из гранулированного теплоизоляционного материала «ДиатомИК». Показано, что применение материалов на основе местного кремнистого сырья позволяет существенно снизить затраты на строительство.

Ключевые слова: местные сырьевые ресурсы, ГТМ «ДиатомИК», ресурсосбережение, малоэтажное строительство, снижение сметной стоимости.

The paper is devoted to the prospects of using new building materials produced from the local silica raw materials as a new solution for the low-rise construction of the Tyumen region. The feasibility comparison analysis has been made regarding two low-rise buildings design projects, one using the wall blocks of expanded clay concrete and the other using blocks of "DiatomIK", granulated insulation material. It is shown that application of materials produced from the local silica raw materials can significantly reduce construction costs.

Keywords: local raw material resources, GIM "DiatomIK", resource conservation, low-rise construction, reduction the estimated cost.

Введение

Возведение энергетически, экономически и экологически эффективных зданий и сооружений является современной общемировой тенденцией в области строительства [1, 2]. Реализация новых технологических подходов и внедрение современных материалов относятся к числу важнейших условий инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации и экономики страны в целом.

Одна из приоритетных задач развития строительной отрасли в РФ — внедрение высокотехнологических теплоизоляционных материалов, позволяющих добиться уменьшения энергопотребления зданий и подземных сооружений, снижения материалоемкости строительства и затрат на эксплуатацию и обслуживание. Другое направление повышения эффективности строительства состоит в расширении сырьевой базы для производства строительных материалов пу-

тем комплексного использования местных региональных минеральных ресурсов.

Тюменская область занимает лидирующие позиции в РФ по масштабам строительства и ввода жилья. В возводимом жилье значительная доля принадлежит малоэтажному строительству и жилью эконом-класса [3]. При этом ограниченность местной сырьевой базы высококачественных строительных материалов является одним из факторов, лимитирующих развитие строительной отрасли юга Тюменской области [4].

Нами предлагается использовать стеновые блоки из гранулированного теплоизоляционного материала (ГТМ) «ДиатомИК» на основе местного опал-кristобалитового сырья при возведении малоэтажных зданий (коттеджных поселков, частных построек, каркасного домостроения, таунхаусов, жилья эконом-класса и т. п.).

Высокие эксплуатационные характеристики, долговечность, экологичность и экономичность ГТМ «ДиатомИК» открывают широкие перспективы для его использования в малоэтажном строительстве региона.

Свойства строительных материалов на основе кремнистого сырья Тюменской области

Опал-кristобалитовые породы (диатомиты, трепелы и опоки) относятся к числу перспективных видов минерального сырья для производства высококачественных строительных материалов. Высокое содержание аморфного кремнезема и значительная удельная поверхность позволяют использовать опал-кristобалитовые горные породы для производства насыпных теплоизоляторов, блочных изделий, пеностеклокерамики и в качестве активных добавок.

Промышленные месторождения диатомитов разведаны для регионов Среднего Поволжья и Дальнего Востока, Пензенской, Ростовской, Свердловской и других областей России [5]. Результаты последних исследований свидетельствуют о возможности создания собственной минерально-сырьевой базы для юга Тюменской области (использование сырья месторождений Свердловской области также может быть экономически целесообразно) [6, 7].

Технология производства ГТМ «ДиатомИК» и различных изделий на его основе предполагает: специальную подготовку минерального сырья (диатомитов), термическую и химическую

обработку, вспенивание во вращающейся печи [8]. Полученный таким образом ГТМ обладает высокими эксплуатационными характеристиками: низкой теплопроводностью, высокой прочностью, морозоустойчивостью и водостойкостью. Внешний вид гранул ГТМ «ДиатомИК» и блочных изделий на его основе представлен на рис. 1.

Стеновые блоки из ГТМ «ДиатомИК» пожаробезопасны (не имеют окисляющихся компонентов), отличаются низким водопоглощением, не подвержены гниению. Значительное поровое пространство гранул, из которых спрессованы стеновые блоки, определяет малый вес и высокие тепло- и звукоизоляционные характеристики новых строительных материалов.

Сравнительные характеристики стеновых блоков из ГТМ «ДиатомИК» и блоков из керамзитобетона приведены в таблице.

Применение стеновых блоков стандартных размеров из ГТМ «ДиатомИК» в малоэтажном и каркасном строительстве устраняет необходимость в дополнительной теплоизоляции из пенополистирольных плит или минеральной ваты, требующейся при устройстве внешних стен с использованием блоков из керамзита или газобетона. Последние исследования эксплуатационных характеристик теплоизоляционных материалов свидетельствуют о необходимости отказа от использования пенополистирольных плит при строительстве жилых объектов [9]. Устройство

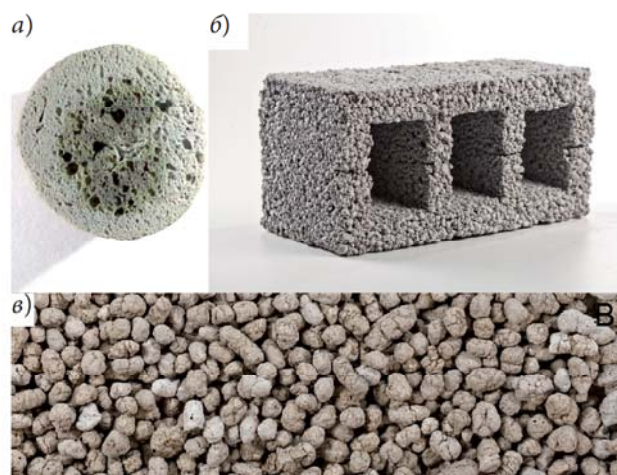


Рис. 1. Внешний вид ГТМ «ДиатомИК»: а — гранула на изломе; б — стеновой блок на основе ГТМ «ДиатомИК» стандартных размеров; в — общий вид гранул

Сравнительные характеристики стеновых блоков из керамзитобетона и ГТМ «ДиатомИК»

Показатель	Стеновые блоки	
	из керамзитобетона	на основе ГТМ «ДиатомИК»
Средняя плотность, кг/м ³	1000–1200	450
Прочность при сжатии, кгс/см ²	50–75	25
Теплопроводность в сухом состоянии при 25 °С, Вт/(м·°С)	0,35	0,114
Водопоглощение, масс. %	10–20	3–10
Морозостойкость, цикл.	50	100
Вес 1 м ² стены, кг	1240–1490	180

изоляционных конструкций из блоков ГТМ «ДиатомИК» сокращает количество пожароопасных и неэкологических строительных материалов, используемых при возведении объектов гражданского строительства.

Кроме того, применение в малоэтажном строительстве стеновых блоков на основе минерального кремнистого сырья очень перспективно с экономической точки зрения.

Ожидаемый положительный эффект от применения новых материалов из ГТМ «ДиатомИК»:

1) снижение затрат на грузоперевозки за счет близости источника сырья (сравнительно низкий вес стеновых блоков позволяет также сократить время и стоимость погрузо-разгрузочных и монтажных работ, которые можно выполнять вручную или малой строительной техникой — лебедками, мини-погрузчиками и т. д.);

2) способность ограждающих конструкций выполнять тепло- и звукоизоляционную функцию;

3) возможность выбора более простого варианта устройства фундамента или использования меньшего количества свай благодаря снижению общего веса сооружения в 1,5–3 раза (соответственно сокращаются затраты на дополнительные строительные работы по укреплению фундамента);

4) отказ от устройства дополнительных теплоизоляционных слоев из дорогостоящих материалов, необходимых при строительстве из керамзитоблоков;

5) снижение расходов на отопление в процессе эксплуатации.

Для подтверждения экономической целесообразности использования стеновых блоков

из ГТМ «ДиатомИК» в качестве альтернативы керамзитобетонным блокам было произведено сравнение двух аналогичных проектов коттеджных домов для условий юга Тюменской области.

Параметры исследованного типового проекта малоэтажного здания

Сравнение технико-экономических характеристик двух конструкций коттеджных домов (с использованием стеновых блоков из ГТМ «ДиатомИК» и из керамзитобетона) проводилось на основе типового проекта коттеджного дома, разработанного с учетом климатических условий юга Тюменской области: расчетная температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки –38 °С; расчетное значение веса снегового покрова — 1,8 кПа; нормативное значение ветрового давления — 0,3 кПа; зона влажности — сухая [10].

Проект разработан на основе используемых проектов малоэтажных зданий юга Тюменской области: коттедж представляет собой двухэтажное здание с общей площадью помещений 141,3 м² (фасады и геометрические пропорции представлены на рис. 2). За отметку 0,00 м принят уровень чистого пола 1-го этажа. Здание относится ко II категории ответственности, степень огнестойкости — II. Выбранный тип фундамента — буронабивные сваи 0,300 м ($L = 3$ м), поверх свай — монолитный железобетонный ростверк (из бетона В15, F50, W6).

В первом варианте проекта наружные стены выполнены из керамзитоблоков КСР-ПР-ПС-39-75-F50-1200 (по ГОСТ6133–99) толщиной 390 мм на растворе кладочном цементном М75 Пк2 (по ГОСТ 28013–98*). Облицовка наружных стен (120 мм) — из керамического утол-

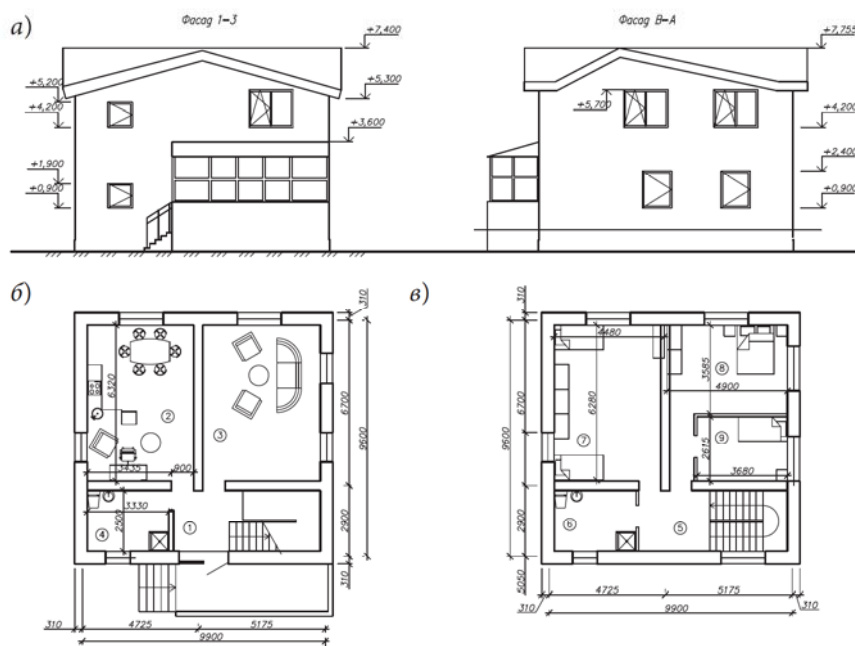


Рис. 2. Конструктивные особенности анализируемого проекта: а — фасады типового проекта двухэтажного коттеджа; б, в — планы первого и второго этажей соответственно

ценного лицевого пустотелого кирпича КУЛПо 1,4НФ/100/2,0/50 (по ГОСТ 530–2007) на растворе кладочном цементном М75 Пк2. Кладка наружных стен армирована кладочными сетками из арматуры 4Вр (по ГОСТ 6727–80*) с ячейкой 40×40 мм, через два ряда блоков. Между основной стеной и облицовкой — теплоизоляционный слой (60 мм) из пенополистирольных плит «Пеноплекс Стена». Внутренние стены — из керамзитоблоков КСР-ПР-ПС-39-75-F50-1200 (по ГОСТ 6133–99) толщиной 390 мм на растворе кладочном цементном М75 Пк2 (по ГОСТ 28013–98*).

Во втором варианте проекта наружные стены выполнены из стеновых блоков на основе ГТМ «ДиатомИК» на кладочном растворе на основе легкой растворной смеси из ГТМ «ДиатомИК». Отделка наружных стен — по технологии «мокрый фасад». Перегородки толщиной 120 мм — из керамического утолщенного рядового полнотелого кирпича КУРПо 1,4НФ/100/2,0/50 (по ГОСТ 530–2007) на растворе кладочном цементном М75 Пк3 (по ГОСТ 28013–98*). Кладка армирована кладочными сетками из арматуры 04Вр (по ГОСТ 6727–80*) с ячейкой 40×40 мм, через четыре ряда кирпича. В качестве материала ростверка использованы легкие бетоны на основе ГТМ «ДиатомИК».

Оба проекта имеют идентичные геометрические пропорции и площадь. Утепленные пенополистирольными плитами стеновые блоки из керамзитобетона и стеновые блоки из ГТМ «ДиатомИК» по результатам теплотехнического расчета соответствуют действующим нормам проектирования для условий региона.

Результаты и обсуждение

За счет снижения общего веса конструкции при использовании стеновых блоков из ГТМ «ДиатомИК» удалось добиться уменьшения количества свай фундамента с 42 (при строительстве с использованием керамзитоблоков) до 37. Экономия, достигнутая при свайных работах, показана на рис. 3.

Основной экономический эффект от применения строительных материалов из кремнистого сырья проявился в сокращении стоимости работ по устройству стен (рис. 4).

При устройстве наружных стен из керамзитобетона возникает необходимость в дополнительном слое теплоизолятора, так как толщины стен в два блока по 390 мм недостаточно по теплотехническому расчету (устройство наружных стен в три блока нецелесообразно). Теплоизоляционные плиты «Пеноплекс» малоприспособны для внешней отделки с эстетической точки зрения

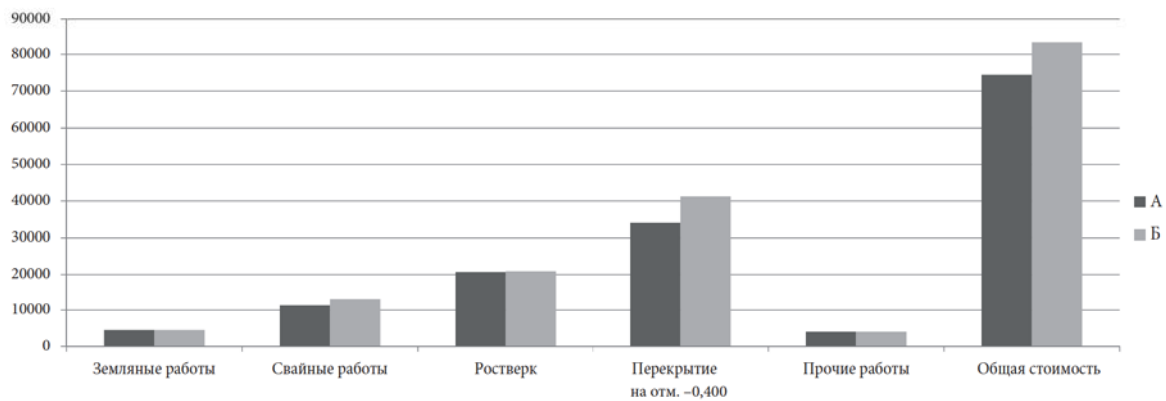


Рис. 3. Стоимость строительных работ ниже отметки 0,00 м: А — при использовании стеновых блоков из ГТМ «ДиатомИК»; Б — из керамзитобетона (по оси у — стоимость работ, тыс. руб. в ценах 2015 г.)

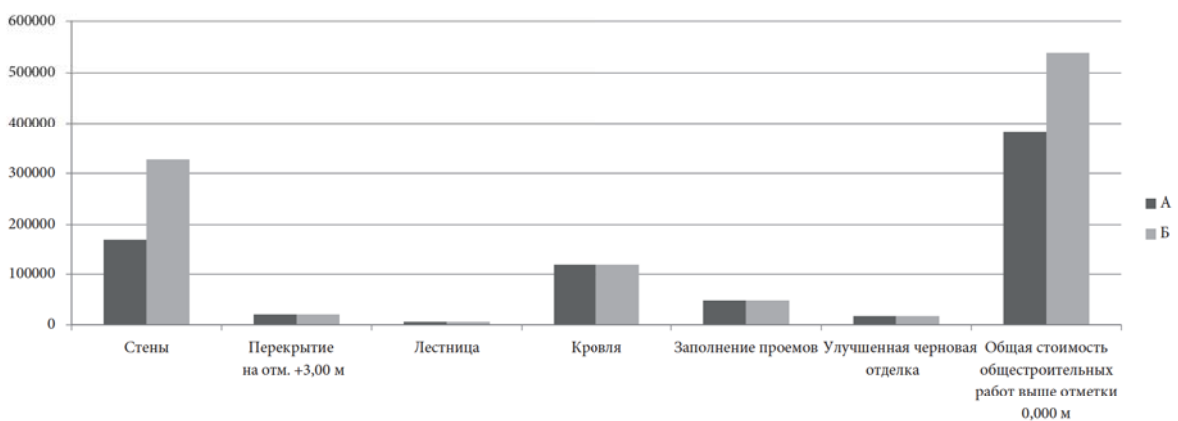


Рис. 4. Стоимость строительных работ выше отметки 0,00 м: А — при использовании стеновых блоков из ГТМ «ДиатомИК»; Б — из керамзитобетона (по оси у — стоимость работ, тыс. руб. в ценах 2015 г.)

и требуют защитного облицовочного слоя (например, кирпичной кладки).

Наружные стены из блоков ГТМ «ДиатомИК» не требуют устройства дополнительной теплоизоляции, а дорогостоящая наружная отделка из кирпича заменяется на отделку типа «мокрый фасад». Сокращение толщины стен достигается благодаря тому, что двухслойная кладка из блоков ГТМ «ДиатомИК» толщиной по 390 мм соответствует теплотехническому расчету.

Выводы

1. Результаты технико-экономического сравнения двух проектов малоэтажных домов (с использованием стеновых блоков из ГТМ «ДиатомИК» и из керамзитобетона) показали целесообразность применения новых материалов.

2. Использование стеновых блоков и легких бетонов на основе ГТМ «ДиатомИК» позволило

значительно снизить общую стоимость проекта малоэтажного дома для Тюменской области — с 4 207,17 тыс. руб. (при устройстве стен из керамзитоблоков) до 3 119,35 тыс. руб.

3. Экономия при использовании ГТМ «ДиатомИК» достигается главным образом при устройстве фундамента (путем снижения количества свай) и при строительных работах выше отметки 0,00 м — за счет возможности отказа от традиционных теплоизоляционных материалов и упрощения технологии кладки стен.

Библиографический список

1. Сиразетдинов Р. М., Мавлютова А. Р., Низамова И. Р. Внедрение инновационных ресурсосберегающих технологий в строительном комплексе // Известия КазГАСУ. 2013. № 4. С. 316–325.

2. Захарова Т. В. «Зеленая» экономика как новый курс развития: глобальный и региональный аспекты // Вестник Томского государственного университета. 2011. № 4. С. 28–38.

3. Шустов С. В. Состояние строительного комплекса и стратегия развития промышленности строительных материалов Тюменской области // Строительные материалы. 2011. № 11. С. 4–6.

4. Кравченко Е. Г. Малоэтажное жилищное строительство в Тюменской области: проблемы и перспективы // сб. материалов X науч. конф. молодых ученых, аспирантов и соискателей. 27 октября 2010 г. Тюмень: ТюмГАСУ, 2011.

5. Дистанов У. Г. Сырьевая база кремнистых пород СССР и их использование в народном хозяйстве. М.: Недра, 1976. 105 с.

6. Смирнов П. В., Иванов К. С. Предпосылки расширения минеральной базы кремнистых пород на юге Тюменской области // Материалы IX Междунар. науч.-техн. конф. «Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна». Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. С. 39–43.

7. Смирнов П. В., Иванов К. С., Константинов А. О. Литология пород туртасской свиты и возможности их использования в качестве сырья для производства пеностеклокерамики на примере Успенской площади (Тюменская область) // Известия Томского политехнического университета. 2015. № 7. С. 112–120.

8. Иванов К. С., Радаев С. С., Селезнева О. И. Диатомиты в технологии гранулированного пеностекла // Стекло и керамика. 2014. № 5. С. 15–19.

9. Кетов А. А., Красновских М. П., Максимович Н. Г. К вопросу пожарной опасности пенополистирола, самозатухающего в условиях окислительного пиролиза // ЭКиП: Экология и промышленность России. 2013. № 9. С. 41–45.

10. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология. М.: ГУП ЦПП Госстрой России, 2003.

References

1. Sirazetdinov R. M., Mavlyutova A. R., Nizamova I. R. *Vnedrenie innovatsionnykh resursosberegayushchikh tekhnologiy v stroitel'nom komplekse* [Implementation of innovative resource-saving technologies in the construction complex]. *Izvestiya KazGASU – News of the KSUAE*, 2013, no.4, pp. 316–325.

2. Zakharova T. V. *«Zelenaya» ehkonomika kak novyy kurs razvitiya: global'nyy i regional'nyy aspekty* ["Green" economy as a new course of development: global and regional aspects]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Bulletin of Tomsk State University*, 2011, no. 4, pp. 28–38.

3. Shustov S. V. *Sostoyanie stroitel'nogo kompleksa i strategiya razvitiya promyshlennosti stroitel'nykh materialov Tyumenskoj oblasti* [Condition of the construction complex and development strategy of construction materials industry in the Tyumen region]. *Stroitel'nye materialy – Construction materials*, 2011, no. 11, pp. 4–6.

4. Kravchenko E. G. *Maloetazhnoe zhilishchnoe stroitel'stvo v Tyumenskoj oblasti: problemy i perspektivy* [Low housing construction in the Tyumen region: problems and prospects]. *Trudy X nauch. konf. molodykh uchenykh, aspirantov i soiskateley 27 oktyabrya 2010* [Proc. of the X sci. conf. of young scientists, graduate students and competitors, October 27, 2010]. Tyumen: TYUMGASU, 2011.

5. Distanov U. G. *Syr'evaya baza kremnistykh porod SSSR i ikh ispol'zovanie v narodnom khozyaystve* [A source of raw materials of siliceous rocks in the USSR and their use in a national economy]. Moscow, Nedra Publ., 1976, 105 p.

6. Smirnov P. V., Ivanov K. S. *Predposylki rasshireniya mineral'noy bazy kremnistykh porod na yuge Tyumenskoj oblasti* [Prerequisites for expansion of mineral base of siliceous rocks in the south of the Tyumen region]. *Trudy IX Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Geologiya i neftegazonosnost' Zapadno-Sibirskogo megabasseyna»* [Proc. of the IX Int. sci.-tech. conf. "Geology and oil-and-gas content of the West Siberian mega-basin"]. Tyumen, TSOGU, 2014, pp. 39–43.

7. Smirnov P. V., Ivanov K. S., Konstantinov A. O. *Litologiya porod turtasskoj svity i vozmozhnosti ikh ispol'zovaniya v kachestve syr'ya dlya proizvodstva penosteklokeramiki na primere Uspenskoy ploschadi (Tyumenskaya oblast')* [Formation lithology of turtas suite and possibility of its use as raw material for production of foam glass ceramics on the example of Uspenskaya Square (Tyumen region)]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta – News of the Tomsk Polytechnic university*, 2015, no. 7, pp. 112–120.

8. Ivanov K. S., Radaev S. S., Selezneva O. I. *Diatomity v tekhnologii granulirovannogo penostekla* [Diatomites in the technology of granulated foam glass]. *Steklo i keramika – Glass and ceramics*, 2014, no. 5, pp. 15–19.

9. Ketov A. A., Krasnovskikh M. P., Maksimovich N. G. *K voprosu pozharnoy opasnosti penopolistirola, samozatukhayushchego v usloviyakh okislitel'nogo piroliza* [To the issue of fire danger of the expanded polystyrene self-fading in the conditions of oxidative pyrolysis]. *EhKiP: Ehkologiya i promyshlennost' Rossii – ECIP: Ecology and industry of Russia*, 2013, no. 9, pp. 41–45.

10. СНиП 23-01-99*. *Stroitel'naya klimatologiya* [SNiP 23-01-99*. Construction climatology]. Moscow, GUP TsPP Gosstroy Rossii Publ., 2003.