

Сведения об авторах

Левицкий Иван Адамович,

д.т.н., Белорусский государственный технологический университет, г.Минск, Республика Беларусь, levitskii@belstu.by

Баранцева Светлана Евгеньевна,

к.т.н., Белорусский государственный технологический университет, г.Минск, Республика Беларусь, svetbar@tut.by

Позняк Анна Ивановна,

к.т.н., Белорусский государственный технологический университет, г.Минск, Республика Беларусь, poznyak_a@inbox.ru

Levitskii Ivan Adamovich,

Dr.Sc. (Engineering), Belarussian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus, levitskii@belstu.by

Barantseva Svetlana Evgenievna,

PhD (Engineering), Belarussian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus, svetbar@tut.by

Poznyak Anna Ivanovna,

PhD (Engineering), Belarussian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus, poznyak_a@inbox.ru

УДК 536.7 +556.114.6.027(470.21)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМ МИГРАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ХИБИНСКОГО МАССИВА

С.И. Мазухина¹, С.В. Дрогобужская², С.В. Иванов¹, А.В. Гудков³

¹*Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия*

²*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. В.Н.Тананаева Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия*

³*Геологический институт Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия*

Аннотация

Представлены результаты физико-химического моделирования (ПК «Селектор») химического состава подземных вод и данные по содержанию изотопов водорода ($\delta^2\text{H}$, ‰) и кислорода ($\delta^{18}\text{O}$, ‰) в этих же скважинах, используемых жителями гг. Кировска и Апатиты для питья. Результаты указывают, что подземные воды «23 км, Столовая» и «Женский монастырь» являются антропогенно-измененными водами; питание родника «9-й км, дорога Апатиты – Кировск» – комплексное за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока из трещинно-жильных зон разломов.

Ключевые слова:

природные воды, поверхностные и подземные воды, физико-химическое моделирование, Хибинский массив, ПК «Селектор».

IDENTIFICATION OF MIGRATION FORMS OF ELEMENTS IN SURFACE AND GROUND WATERS OF THE Khibiny MASSIF

S.I. Mazukhina ¹, S.V. Drogobuzhskaya ², S.V. Ivanov ¹, A.V. Gudkov ³

¹*Institute of North Industrial Ecology Problems of the Kola Science Centre of the RAS, Apatity, Russia*

²*V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of the Kola Science Centre of the RAS, Apatity, Russia*

³*Geological Institute of the Kola Science Centre of the RAS, Apatity, Russia*

Abstract

We presented the results of physical-chemical modeling (Selector software package) of the groundwater chemical composition and the data on contents of hydrogen ($\delta^2\text{H}$, ‰) and oxygen ($\delta^{18}\text{O}$, ‰) isotopes in the same boreholes used by residents of Apatity and Kirvsk for drinking. The results indicate that the ground waters of «23km, Canteen» and «Nunnery» are anthropogenically changed waters; feeding of the spring «9 km of road Apatity – Kirvsk» is complex due to infiltration of precipitation and inflow of fracture-vein rift zones.

Keywords:

natural waters, surface and ground waters, physical-chemical modeling, the Khibiny Massif, Selector software package.

Проблема формирования химического состава вод и идентификации вод различного происхождения и состава в смесях является фундаментальной в геологии, гидрогеологии и экологии. Более того, проблема имеет важный прикладной аспект: воды необходимы для жизнеобеспечения и хозяйственной деятельности человека.

В связи с этим анализ современного состояния, ресурсов и качества подземных вод, а также их изменения в результате антропогенного воздействия и быстрых климатических изменений представляется особенно актуальным [1]. С освоением Севера началось и загрязнение природных вод. Среди населения городов Кировска и Апатиты особой популярностью пользуются родники, расположенные на 9-м км дороги Апатиты – Кировск («9-й км») и 23-м км («Столовая» и «Женский монастырь»). В данной работе представлены результаты мониторинга, моделирования ионного состава подземных вод и исследования особенностей питания этих подземных источников. Это стало возможным в результате решения следующих задач: выяснения природы взаимодействия поверхностных и подземных вод Хибинского массива в рамках единой системы «вода – порода – атмосфера» (ПК «Селектор») и определения изотопного состава воды ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$). Изучение условий формирования природных вод в пределах Хибинского массива в рамках системы «вода – порода» с помощью физико-химического моделирования (ПК «Селектор») [2] установило причину некондиционности подземных вод Хибинского массива. Было показано, что время и температура оказывают основной вклад в изменение окислительно-восстановительных условий, которые способствуют содообразованию и связанным с этим резким всплеском концентраций HCO_3^- , фтора и алюминия. [3].

В таблице представлены химические анализы подземных источников (2015 г.) и результаты моделирования (ПК «Селектор») [2]. Отбор «9-й км Апатиты – Кировск» проведен в начале сентября 2010 г., апреле 2012, 2014 и 2015 гг. Воды из скважин на «23-м км» исследовались в 2014 и 2015 гг. Анализ представленных данных с результатами мониторинга и моделирования формирования природных вод в пределах Хибинского массива [3, 4] указывает:

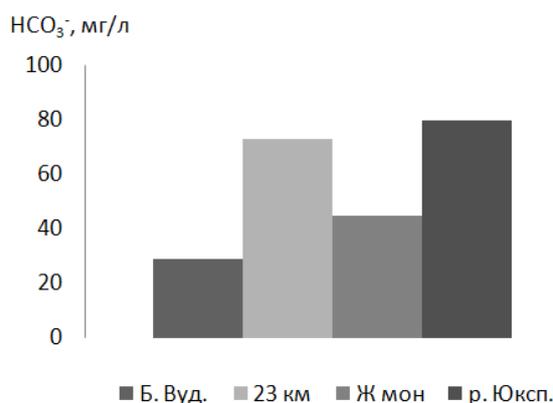
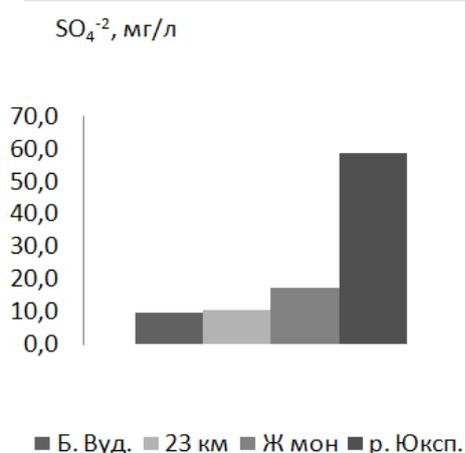
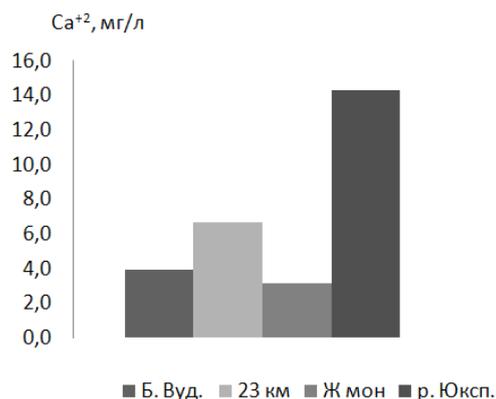
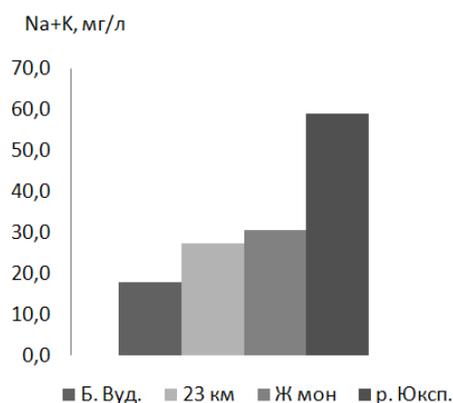
1. Подземные источники отличаются высокими концентрациями натрия, кальция, калия и HCO_3^- , что может указывать или на очень большие глубины или на влияние антропогенных вод. Но воды с больших глубин не содержат кислорода, а расчеты показывают его присутствие в скважинах. Сравнение результатов мониторинга по годам показало большую вариабельность значений концентраций SO_4^{2-} , NO_3^- , К и Са в водах «23-й км», особенно, возле «Столовой». Близость концентраций основных катионов и анионов (Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , HCO_3^-) с водами озера Большой Вудъявр и реки Юкспорйок [5] и высокие концентрации NO_3^- свидетельствуют о влиянии антропогенно-измененных поверхностных вод на химический состав вод указанных скважин (рис.). В Геологическом институте в 2012-2015 гг. проводились исследования по содержанию изотопов водорода ($\delta^2\text{H}$, ‰) и кислорода ($\delta^{18}\text{O}$, ‰) в скважинах в районе «23-го км» возле «Столовой», «Женского монастыря» и источника «9-й км Апатиты – Кировск». Также исследовались метеорные воды (снег, дождь) в разные сезоны (весенний, осенний, летний и зимний) и воды открытых водоемов и тающих снежников, находящихся в районах скважин. Установлено, что сезонные изменения изотопов кислорода и водорода в скважинах и открытых водоемах меняются аналогичным образом. Их сезонная корреляция не отличается от сезонной корреляции поверхностных вод.

2. Химический состав родника «9-й км» более устойчив (менее вариабельный). Это указывает на комплексность питания – за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока из трещинно-жильных зон разломов, что соответствует результатам В.Н. Ананьева [6] и исследованию изотопов [7].

Результаты моделирования ионного состава вод из скважин (концентрация, мг/л), 2015 г.

Параметр	23-й км, «Столовая»	«Женский монастырь», скв. 1	«Женский монастырь» скв. 2	«9-й км Апатиты – Кировск»
1	2	3	4	5
$T^\circ\text{C}$	16.1	14.4	14.4	15.5
P , бар	1	1	1	1
E_h , В	0.79242	0.713781	0.73662	0.805
pH	7.20557	8.72729	8.31149	7.08841
Al	$7.00 \cdot 10^{-3}$	0.148	$1.90 \cdot 10^{-2}$	<0.001
AlO_2^-	$6.45 \cdot 10^{-3}$	0.167	$2.12 \cdot 10^{-2}$	-
HAlO_2	$1.79 \cdot 10^{-3}$	$1.51 \cdot 10^{-3}$	$5.03 \cdot 10^{-4}$	-
$\text{Al}(\text{OH})_2^+$	$5.43 \cdot 10^{-6}$	$5.31 \cdot 10^{-9}$	$1.18 \cdot 10^{-8}$	-
$\text{Al}(\text{OH})_2^+$	$1.43 \cdot 10^{-4}$	$4.08 \cdot 10^{-6}$	$3.52 \cdot 10^{-6}$	-
$\text{Al}(\text{OH})_3$	$1.48 \cdot 10^{-3}$	$1.23 \cdot 10^{-3}$	$4.09 \cdot 10^{-4}$	-
$\text{Al}(\text{OH})_4^-$	$9.38 \cdot 10^{-3}$	0.248	$3.15 \cdot 10^{-2}$	-
Ca^{2+}	11.1	5.46	8.01	10.7
CaOH^+	$1.32 \cdot 10^{-5}$	$1.76 \cdot 10^{-4}$	$1.01 \cdot 10^{-4}$	$9.44 \cdot 10^{-6}$
CaCO_3	$2.87 \cdot 10^{-2}$	0.404	0.246	$1.69 \cdot 10^{-2}$
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)^+$	0.306	0.140	0.221	0.239
CaHSiO_3^+	$9.61 \cdot 10^{-5}$	$8.86 \cdot 10^{-4}$	$7.77 \cdot 10^{-4}$	$5.16 \cdot 10^{-5}$
CaCl^+	$6.96 \cdot 10^{-4}$	$2.14 \cdot 10^{-4}$	$3.02 \cdot 10^{-4}$	$6.23 \cdot 10^{-4}$
CaSO_4	1.35	0.360	0.454	0.618
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$4.25 \cdot 10^{-3}$	$9.29 \cdot 10^{-3}$	$9.88 \cdot 10^{-3}$	$1.09 \cdot 10^{-4}$

1	2	3	4	5
Fe(OH) ₄ ⁻	3.04·10 ⁻⁴	2.03·10 ⁻²	8.24·10 ⁻³	5.73·10 ⁻⁶
FeOH ²⁺	3.11·10 ⁻⁶	8.00·10 ⁻⁹	5.67·10 ⁻⁸	1.42·10 ⁻⁷
FeO ⁺	1.01·10 ⁻²	7.71·10 ⁻⁴	2.13·10 ⁻³	3.52·10 ⁻⁴
HFeO ₂	4.10·10 ⁻²	9.08·10 ⁻²	9.66·10 ⁻²	1.06·10 ⁻³
FeO ₂ ⁻	1.01·10 ⁻⁴	6.83·10 ⁻³	2.77·10 ⁻³	1.92·10 ⁻⁶
Cu	1.00·10 ⁻³	2.00·10 ⁻³	1.00·10 ⁻³	–
Cu ²⁺	9.09·10 ⁻⁴	5.04·10 ⁻⁴	4.65·10 ⁻⁴	–
CuOH ⁺	1.15·10 ⁻⁴	1.89·10 ⁻³	6.78·10 ⁻⁴	–
HCuO ₂ ⁻	2.40·10 ⁻¹⁰	3.15·10 ⁻⁶	1.79·10 ⁻⁷	–
CuCl ⁺	2.49·10 ⁻⁷	8.75·10 ⁻⁸	7.79·10 ⁻⁸	–
K ⁺	8.94	7.47	9.12	5.79
KCl	2.90·10 ⁻⁶	1.47·10 ⁻⁶	1.72·10 ⁻⁶	1.69·10 ⁻⁶
KOH	3.32·10 ⁻⁷	7.80·10 ⁻⁶	3.69·10 ⁻⁶	1.57·10 ⁻⁷
KSO ₄ ⁻	7.54·10 ⁻²	3.50·10 ⁻²	3.59·10 ⁻²	2.20·10 ⁻²
Mg	1.02	0.533	0.695	1.70
Mg ²⁺	0.960	0.507	0.669	1.65
MgOH ⁺	2.31·10 ⁻³	3.46·10 ⁻⁴	1.78·10 ⁻⁴	2.93·10 ⁻³
MgCO ₃	1.68·10 ⁻³	2.59·10 ⁻²	1.41·10 ⁻²	1.78·10 ⁻³
Mg(HCO ₃) ⁺	3.56·10 ⁻²	1.75·10 ⁻²	2.49·10 ⁻²	4.90·10 ⁻²
MgCl ⁺	1.21·10 ⁻⁴	4.07·10 ⁻⁵	5.18·10 ⁻⁵	1.55·10 ⁻⁴
MgSO ₄	2.22·10 ⁻¹	6.36·10 ⁻²	7.16·10 ⁻²	1.81·10 ⁻¹
MgHSiO ₃ ⁺	2.23·10 ⁻³	2.23·10 ⁻⁴	1.80·10 ⁻⁴	2.14·10 ⁻³
Mn	1.00·10 ⁻³	2.00·10 ⁻³	2.00·10 ⁻³	<0.001
Mn ²⁺	9.79·10 ⁻⁴	1.97·10 ⁻³	1.98·10 ⁻³	–
MnOH ⁺	2.16·10 ⁻⁷	1.23·10 ⁻³	4.84·10 ⁻⁶	–
MnSO ₄	5.76·10 ⁻³	6.24·10 ⁻³	5.38·10 ⁻³	–
MnCl ⁺	6.58·10 ⁻⁸	8.05·10 ⁻⁸	7.80·10 ⁻⁸	–
CO ₃ ²⁻	4.42·10 ⁻²	1.35	0.539	2.50·10 ⁻²
HCO ₃ ⁻	67.2	63.4	66.8	52.0
NO ₃ ⁻	12.0	5.90	4.60	3.40
Na ⁺	28.8	26.6	20.6	11.0
NaOH	2.43·10 ⁻⁶	6.48·10 ⁻³	1.94·10 ⁻³	6.87·10 ⁻⁷
NaAlO ₂	1.73·10 ⁻⁶	4.01·10 ⁻³	3.97·10 ⁻⁶	–
NaCl	8.63·10 ⁻⁴	5.04·10 ⁻⁴	3.72·10 ⁻⁴	3.00·10 ⁻⁴
NaSO ₄ ⁻	0.235	0.120	7.81·10 ⁻²	4.03·10 ⁻²
NaHSiO ₃	3.49·10 ⁻³	6.46·10 ⁻²	3.09·10 ⁻²	7.38·10 ⁻⁴
CO ₂	7.34	0.214	0.592	7.63
O ₂	1.20	2.87	2.51	2.98
HSO ₄ ⁻	1.54·10 ⁻⁴	2.47·10 ⁻⁶	5.40·10 ⁻⁶	8.75·10 ⁻³
SO ₄ ²⁻	35.6	20.1	16.5	15.4
SiO ₂	5.62	3.32	5.32	3.99
HSiO ₃ ⁻	2.54·10 ⁻²	0.483	0.296	1.35·10 ⁻²
H ₄ SiO ₄	19.2	11.7	18.8	13.8
Sr ²⁺	6.51·10 ⁻²	1.66·10 ⁻²	2.75·10 ⁻²	4.95·10 ⁻³
SrOH ⁺	2.06·10 ⁻⁸	1.41·10 ⁻⁷	9.13·10 ⁻⁸	1.16·10 ⁻⁹
SrCO ₃	3.78·10 ⁻³	2.75·10 ⁻⁴	1.89·10 ⁻⁴	1.76·10 ⁻⁶
SrHCO ₃ ⁻	1.45·10 ⁻³	3.30·10 ⁻⁴	5.89·10 ⁻⁴	8.84·10 ⁻³
SrCl ⁺	3.34·10 ⁻⁶	5.33·10 ⁻⁷	8.52·10 ⁻⁷	2.37·10 ⁻⁷
Zn	4.00·10 ⁻³	4.00·10 ⁻³	1.00·10 ⁻³	<0.001
Zn ²⁺	3.69·10 ⁻³	1.19·10 ⁻³	5.24·10 ⁻⁴	–
ZnCl ⁺	3.74·10 ⁻⁷	6.88·10 ⁻⁸	2.94·10 ⁻⁸	–
ZnOH ⁺	3.89·10 ⁻⁴	3.46·10 ⁻³	5.94·10 ⁻⁴	–
ZnO	3.04·10 ⁻⁷	8.14·10 ⁻³	5.44·10 ⁻⁶	–
HZnO ₂ ⁻	7.69·10 ⁻¹⁰	6.10·10 ⁻⁶	1.67·10 ⁻⁷	–
Cl ⁻	2.80	1.80	1.70	2.50
Pb	1.00·10 ⁻³	1.00·10 ⁻³	1.00·10 ⁻³	<0.001
Pb ²⁺	9.21·10 ⁻³	3.02·10 ⁻⁶	7.75·10 ⁻⁶	–
PbCl ⁺	1.97·10 ⁻⁷	4.10·10 ⁻⁹	1.01·10 ⁻⁸	–
PbOH ⁺	9.82·10 ⁻⁴	1.08·10 ⁻³	1.07·10 ⁻³	–
PbO	8.56·10 ⁻⁸	2.42·10 ⁻⁶	9.34·10 ⁻⁷	–



Сопоставление результатов мониторинга (оз.Б. Вудъявр, р.Юкспорйок 1993-1997 гг, сред. зн.) с результатами мониторинга подземных вод 2014 г. (23-й км, «Женский монастырь», скв.1), мг/л

Литература

1. Тритий–гелий-3 метод и его применение для датирования подземных вод (на примере Кировского горнопромышленного района, Мурманская область) / А.В. Гудков, И.Л. Каменский, Г.С. Мелихова, В.И. Скиба, И.В. Токарев, И.Н. Толстихин // Геохимия. 2014. № 5. С. 1-8.
2. Чудненко К.В. Термодинамическое моделирование в геохимии: теория, алгоритмы, программное обеспечение, приложения. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2010. 287 с.
3. Физико-химические факторы некондиционности химического состава природных вод Хибинского массива / В.Т. Калинин, С.И. Мазухина, В.В. Максимова, В.А. Маслобоев, К.В. Чудненко // ДАН. 2014. Т. 458, № 5. С. 551-554.
4. Мазухина С.И. Формирование поверхностных и подземных вод Хибинского горного массива. Апатиты: КНЦ РАН, 2012. 173 с.
5. Отчет о результатах разведки подземных вод для водоснабжения г. Кировска Мурманской области за 1991-1998 гг. (с подсчетом запасов по 01.01.1999 г.) / отв. исп. Н.А.Максимова // Фонды Комитета природных ресурсов по Мурманской области. Мурманск, 1999. № 5270.
6. Ананьев В.Н. Родники земли Кольской. Мурманск: Кн. изд-во. 2009. 144 с.
7. Гудков А.В., Мазухина С.И., Иванов С.В. Геохимическая оценка природных вод Хибинского массива // Труды XII Всероссийской (с международным участием) Ферсмановской научной сессии, посвященной 80-летию со дня рождения академика РАН Ф.П. Митрофанова Апатиты, 6-7 апреля 2015 г.). С. 363-365.

Сведения об авторах

Мазухина Светлана Ивановна,

к.х.н., Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г.Апатиты, Россия, Mazukhina@inep.ksc.ru

Дрогобужская Светлана Витальевна,

к.х.н., Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. В.И.Тананаева КНЦ РАН, г.Апатиты, Россия, Drogo_sv@chemy.kolasc.net.ru

Иванов Станислав Викторович,

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г.Апатиты, Россия, Etostas@mail.ru

Гудков Антон Вячеславович,

Геологический институт КНЦ РАН, г.Апатиты, Россия, Gantoris@rambler.ru

Mazukhina Svetlana Ivanovna,

PhD (Chemistry), Institute of North Industrial Ecology Problems of the KSC of the RAS, Apatity, Russia, Mazukhina@inep.ksc.ru

Drogobuzhskaya Svetlana Vital'evna,

PhD (Chemistry), Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of the KSC of the RAS, Apatity, Russia, Drogo_sv@chemistry.kolasc.net.ru

Ivanov Stanislav Victorovich,

Institute of North Industrial Ecology Problems of the KSC of the RAS, Apatity, Russia, Etostas@mail.ru

Gudkov Anton Vyacheslavovich,

Geological Institute of the KSC of the RAS, Apatity, Russia, Gantoris@rambler.ru

УДК 666.3:662.998

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КРЕМНЕЗЕМСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Н.К. Манакова, О.В. Суворова

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В.Тананаева Кольского научного центра РАН Апатиты, Россия

Аннотация

Представлены результаты исследования использования кремнеземсодержащих отходов Кольского полуострова для получения теплоизоляционных гранулированного и блочного пеносиликатов. Установлена возможность получения волластонитсодержащей керамической матрицы и композиционных материалов на ее основе.

Ключевые слова:

микроскремнезем, керамическая матрица, гранулированный, блочный, теплоизоляционный, композиционный материал, пеносиликаты.

HEAT-INSULATING MATERIALS BASED ON MICROSILICA

N.K. Manakova, O.V. Suvorova

I.V.Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of the Kola Science Centre of the RAS, Apatity, Russia

Abstract

We present results of a study of the use of silica-containing waste on the Kola Peninsula for thermal insulation of granulated and block foam silicates. The possibility of obtaining vollstandige ceramic matrix and composite materials on its basis, has been established.

Keywords:

microsilica, ceramic matrix, granulated, block, heat-insulating, composite, foam silicates.

Горнопромышленный комплекс является крупнейшим фактором неблагоприятного воздействия на природу. В горнодобывающих районах на поверхность земли выносятся значительное количество горной массы, шахтных и рудничных вод, подземных газов и пыли, что нарушает сложившееся экологическое равновесие. Для его восстановления требуются значительные материальные затраты и длительное время. Одним из перспективных направлений современных исследований, которое позволяет решать проблемы полного использования ресурсов полезных ископаемых и защиты окружающей среды от загрязнения является вовлечение в переработку техногенных отходов с получением строительных материалов [1].

При комплексной переработке апатитонелефиновых и эвдиалитовых руд на глинозем и другие материалы в качестве побочного продукта образуется большой объем отходов, содержащих кремнезем. Постановка исследований, результаты которых представлены в данной работе, обусловлена необходимостью утилизации данного техногенного образования. Приоритетным направлением в современных научных исследованиях является разработка новых технологий получения качественных материалов на основе техногенных отходов промышленности, позволяющих не только снизить себестоимость продукции, но и сберечь природные ресурсы [2-6]. В связи с этим представляло несомненный интерес изучение возможности использования кремнеземсодержащих отходов при получении эффективных теплоизоляционных строительных материалов.