

УДК 549.619.1:552.4(470.55+479.24)

А. М. АГАЕВ, Р. Н. МАМЕДАЛИЕВ (АГУНП, Азербайджан),
А. А. БАЙРАМОВ (АМГК, Азербайджан), Э. А. САДЫХОВ (ИЦ МФТИ)

Везувианы Кедабекских и Шишимских скарнов: общие и отличительные особенности

Проведена обзорно-аналитическая работа по рассмотрению кристаллографических, кристаллохимических и парагенетических особенностей везувианов из скарнов Шишимской копи (Южный Урал) и Кедабека (Азербайджан). Составлены списки минералов этих месторождений, отмечены их сходство и различие. Отличительная черта Шишимских везувианов — более высокие содержания СаО и низкие Al_2O_3 . Присутствие специфических: таумасит, монтицеллит, хондродит, — а также целого ряда железистых минералов: гематит, магнетит, ферроакерманит — определяет богатый минералогический состав. С другой стороны, обнаружение нехарактерного для Шишимских скарнов минерала каолинита, скорее всего, указывает на постскарновое образование в результате вторичных преобразований алюмосиликатных минералов. Содержание в Кедабекских скарнах большого объема волластонита указывает на низкую концентрацию в послемагматических растворах магния и особенно железа, что также отражено и в химическом составе скарнов. Напротив, присутствие железистых минералов в Шишимских скарнах свидетельствует о повышенной роли последующей низкотемпературной стадии образования.

Ключевые слова: *везувиан, скарны, рентгенодифрактометрический анализ, парагенезис минералов, Шишимская копь, Кедабек.*

А. М. AGAEV, R. N. MAMEDALIEV (ASOIU, Azerbaijan),
A. A. BAYRAMOV (AIMC, Azerbaijan), E. A. SADIKHOV (CET-MIPT)

Vesuvianite from Gedabek and Shishim skarns: common and distinctive features

The article contains a review and results of analytical studies of vesuvianite from Kedabek (Azerbaijan) and the Shishim mine (the Southern Urals) including crystallographic, crystallochemical and paragenetic features. Lists of minerals from both deposits have been compiled; their similarities and differences have been shown. Elevated CaO contents and low Al_2O_3 is distinctive feature of the Shishim vesuvianite. Occurrence of specific minerals such as thaumasite, monticellite, chondrodite and a number of ferrous minerals (hematite, magnetite, and ferroacermanite) indicates rich mineral composition of the Shishim mine. On the other hand, the discovery of kaolinite, which is not typical of the Shishim skarns, most likely testifies the post-skarn formation as a result of secondary alteration of aluminosilicate minerals. High volume of wollastonite in the Kedabek skarns indicates low concentration in post-magmatic melt of magnesium and especially iron, which also reflected in the chemical composition of the skarns. In the Shishim skarns, the presence of ferrous minerals indicates an increasing role of the subsequent low-temperature formation stage.

Keywords: vesuvianite, skarns, X-ray diffraction, mineral paragenesis, Shishim mine, Kedabek.

Как цитировать эту статью: Агаев А. М. Везувианы Кедабекских и Шишимских скарнов: общие и отличительные особенности / А. М. Агаев, Р. Н. Мамедалиев, А. А. Байрамов, Э. А. Садыхов // Региональная геология и металлогения. — 2019. — № 79. — С. 89–97.

Введение. Везувиан — орто-диортосиликат сложного состава с общей схематической формулой $X_{19}Y_{13}Z_{18}T_{0-5}O_{68}W_{10}$, где X — Са и другие крупные катионы, заполняющие позиции с координационными числами от 7 до 9; Y — катионы, помещенные в октаэдрах и пятивершинниках: Al, Mg, Fe, Ti и т. д.; Z — Si в тетраэдрах; T — В в треугольниках и тетраэдрах; W — анионы O^{2-} , F^- , Cl^- , OH^- [14, 16, 17]. Кедабекские (Кедабекские) везувианы изучались начиная с 1883 г. О. Корном, который впервые начал гониометрические измерения кристаллов везувиана и провел их химический анализ. В дальнейшем

исследования продолжались разными авторами, в числе которых был знаменитый русский кристаллограф Е. С. Фёдоров (1901 и 1903 г.). В послевоенные годы морфологией кристаллов везувиана, их химическим составом и оптикой занимались А. З. Везирзаде и И. Н. Ситковский (1946, 1952 г.), Г. П. Барсанов (1949 г.), Г. И. Керимов (1963 г.), С. А. Махмудов (1971 г.) и другие исследователи. Собственно, задача сравнить скарн и везувианы двух объектов возникла в результате работы Г. П. Барсанова [1], где были проведены детальные минералогические исследования везувианов Кедабекских скарнов

и Шишимской копи, отмечены их общие черты и указаны типичные везувианы контактов Шишимских и Назямских гор на Южном Урале.

Шишимская копь расположена на Южном Урале в пределах Центрально-Уральского мегантиклинория в 15–20 км к югу от г. Златоуст (рис. 1), в массиве средне-крупнозернистого габбро, интенсивно амфиболитизированного и эпидотизированного около его контакта с кварцитами [8], в мраморизованных известняках в крупном ксенолите в габбро, которые на юг сменяются контактовыми образованиями: пироксен-хлоритовыми, хлорит-серпентинитовыми, хлоритовыми, амфибол-хлоритовыми, амфиболовыми, гранат-хлоритовыми (лейхтенбергитовыми), гранат-везувиановыми и гранатовыми породами – плотными массивными или рассланцованными. Скарны представлены мелкозернистым желтым

андрадитом, зеленым клинохлором, перовскитом, голубым кальцитом, монтичеллитом, форстеритом, диопсидом. Встречаются везувиан, гидрагиллит (гиббсит), гранат (андрадит, гроссуляр, альмандин), пироксен (диопсид), амфиболы (актинолит, роговая обманка с размером кристаллов до 10–15 см), полевые шпаты (основной плагиоклаз, альбит), хлориты (лейхтенбергит), слюды (клинтонит), серпентин, турмалин, клиногумит, гематит, магнетит, титаномагнетит, перовскит, пирит, кальцит, тальк-апатит (продукты разложения апатита), хлорошпинель, хондродит, элестадит, эпидот и др. минералы [8–11]. Изучением Шишимской копи занимались известные минералоги П. О. Евреинов, Г. Розе, П. В. Еремеев, Н. И. Кокшаров, И. В. Мушкетов, В. С. Мясников, В. А. Попов. Впервые обнаружен таумасит и ферроакерманит [9].

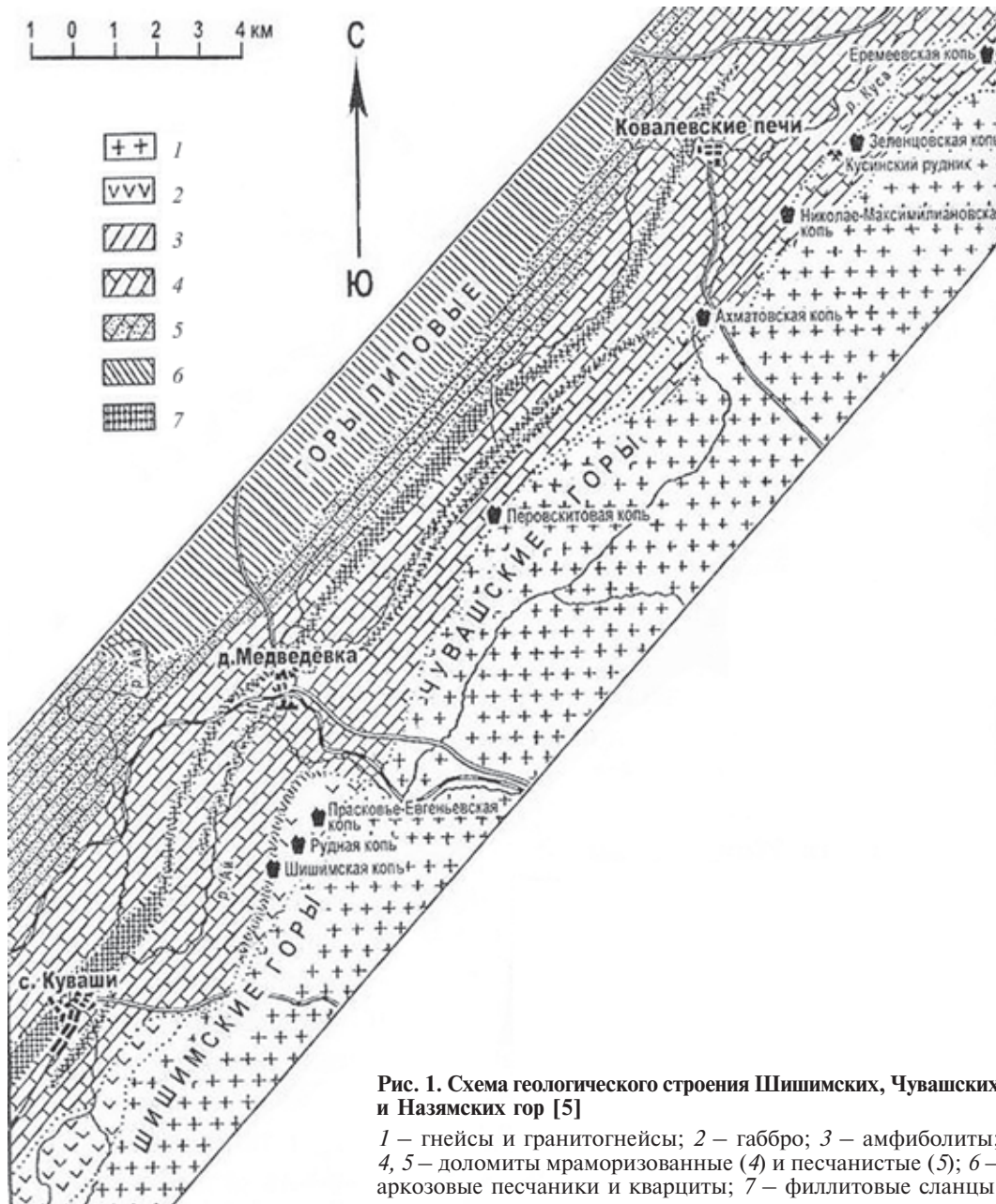


Рис. 1. Схема геологического строения Шишимских, Чувашских и Назямских гор [5]

1 – гнейсы и гранитогнейсы; 2 – габбро; 3 – амфиболиты; 4, 5 – доломиты мраморизованные (4) и песчанистые (5); 6 – аркозовые песчаники и кварциты; 7 – филлитовые сланцы

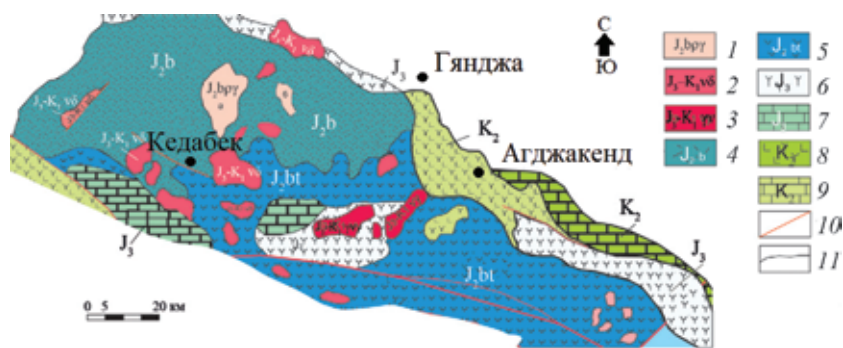


Рис. 2. Геологическая схема Лок-Гарабахской (Лок-Карабахской) тектоно-магматической зоны [12]

1 – плагиограниты J₂brγ; 2 – габбро-тоналиты J₃-K₁γδ; 3 – габброграниты J₃-K₁γδ; 4 – базальт-риолиты J₂b; 5 – базальт-риолиты J₂bt; 6 – базальт-дациты J₃; 7 – известняки J₃; 8 – базальт-дацит-риолиты K₂; 9 – известняки K₂; 10 – разрывные нарушения; 11 – геологические границы

Кедабекский гранитоидный массив, с которым пространственно связаны скарны, находится в пределах Лок-Гарабахской тектоно-магматической зоны (рис. 2), являющейся одной из основных структур Малого Кавказа и представленной сложнопостроенным складчато-блоковым сооружением, состоящим из кулисообразно расположенных антиклинальных и синклинальных структур. В плане система образует выгнутую на север дугу протяженностью 350–400 при ширине 30–40 км [3]. На северо-западе дуги среди вулканических пород мезозоя выступают доальпийские породы фундамента. В строении зоны участвуют главным образом разновозрастные вулканогенные и плутонические образования, объединенные в ряд вулканогенных и комагматических им плутонических комплексов [2].

В геологическом строении участвуют отложения средней и верхней юры. Средняя юра представлена вулканогенными породами нижнего и верхнего байоса, бата и келловей. Вулканиды нижнего байоса: базальты, андезибазальты и их туфы – в ореоле одноименного интрузива интенсивно ороговикованы. Верхний байос выражен риолитами, которые перекрывают отложения нижнего байоса – риолиты и гидротермальные кварциты. Породы батского яруса трансгрессивно налегают на риолитовую толщу и сложены базальтами, частично андезитами и их туфами, а также туфобрекчиями, которые в свою очередь перекрываются туфогенно-осадочными и карбонатными отложениями келловей-оксфордского яруса [2, 3]. Основные рудовмещающие отложения – верхнебайосские риодациты, превращенные в большинстве случаев во вторичные кварциты, в пределах которых размещены все известные залежи колчеданных руд [2, 7].

Породы ранних фаз Кедабека представлены габбро и габбродиоритами, а поздних – диоритами – кварцевыми диоритами, редко гранодиоритами. Породы первой фазы образуют тело в центральной части массива до 10 км², а диориты второй локализованы по периферии массива. По геологическим данным и результатам U-Th-Pb датирования, возраст массива оценивается в 144 млн лет (нижний мел, берриасский ярус) [13]. Карбонатные отложения развиты весьма ограниченно, а от контактового воздействия Кедабекского интрузива интенсивно метаморфизованы и превращены в везувиановые скарны.

Дайковые образования широко распространены и представлены кварц-диоритовыми, диабазовыми и андезитово-базальтовыми порфиритами [4, 7].

Геологическое строение скарнов. Кедабекские известковые высокотемпературные скарны образуются в зоне контакта алюмосиликатных пород с карбонатными. Везувианы развиты в основном в северо-восточном борту Кедабекского гранитного массива (рис. 3). Размеры скарнового тела не превышают 60 × 100 м, мощность – менее 20 м. Существовавшие прежде здесь известняки лузитана (верхнего оксфорда), составлявшие северо-восточное крыло синклинальной складки с пологими крыльями, под воздействием постмагматических растворов на контакте с интрузивом превращены в скарновые образования, значительно размываемые последующими эрозионными процессами. Этим и объясняется небольшой размер данного скарнового тела. В результате контактово-реакционного процесса образован специфический комплекс минералов [4].

Несмотря на широкое распространение скарнов в Кедабекском месторождении, основная их часть сосредоточена на так называемой Везувиановой горке и характеризуется значительным количеством минералов и их парагенетических ассоциаций. Везувиановая горка составляет восточную часть горы Малорудничная, расположенной юго-восточнее Кедабекского медно-серноколчеданного месторождения, с востока и севера ограничена дорогой, ведущей из пос. Кедабек на медное месторождение, а с запада и юга – балкой, разделяющей гору на две части. В западной части гора Малорудничная сложена роговиками, а в восточной – скарнами. Вдоль западного края ее проходит крупный разлом, амплитуда которого около 500 м. По этому разлому роговики контактируют с нижней вулканогенной толщей. Сама Везувиановая горка более чем на 90 % состоит из чистого везувиана. В ее строении принимают участие такие контактово-метасоматические минералы, как геленит, волластонит, скаполит, диопсид, силлиманит, кальцит, эпидот, в том числе гранаты различных цветов (особенно розовый прозрачный гранат), шпинель и др. [1, 4, 6].

В постмагматических растворах, принимавших участие в образовании Кедабекских скарнов, отсутствовали (или играли несущественную роль) железо, магний и их соединения. Вследствие

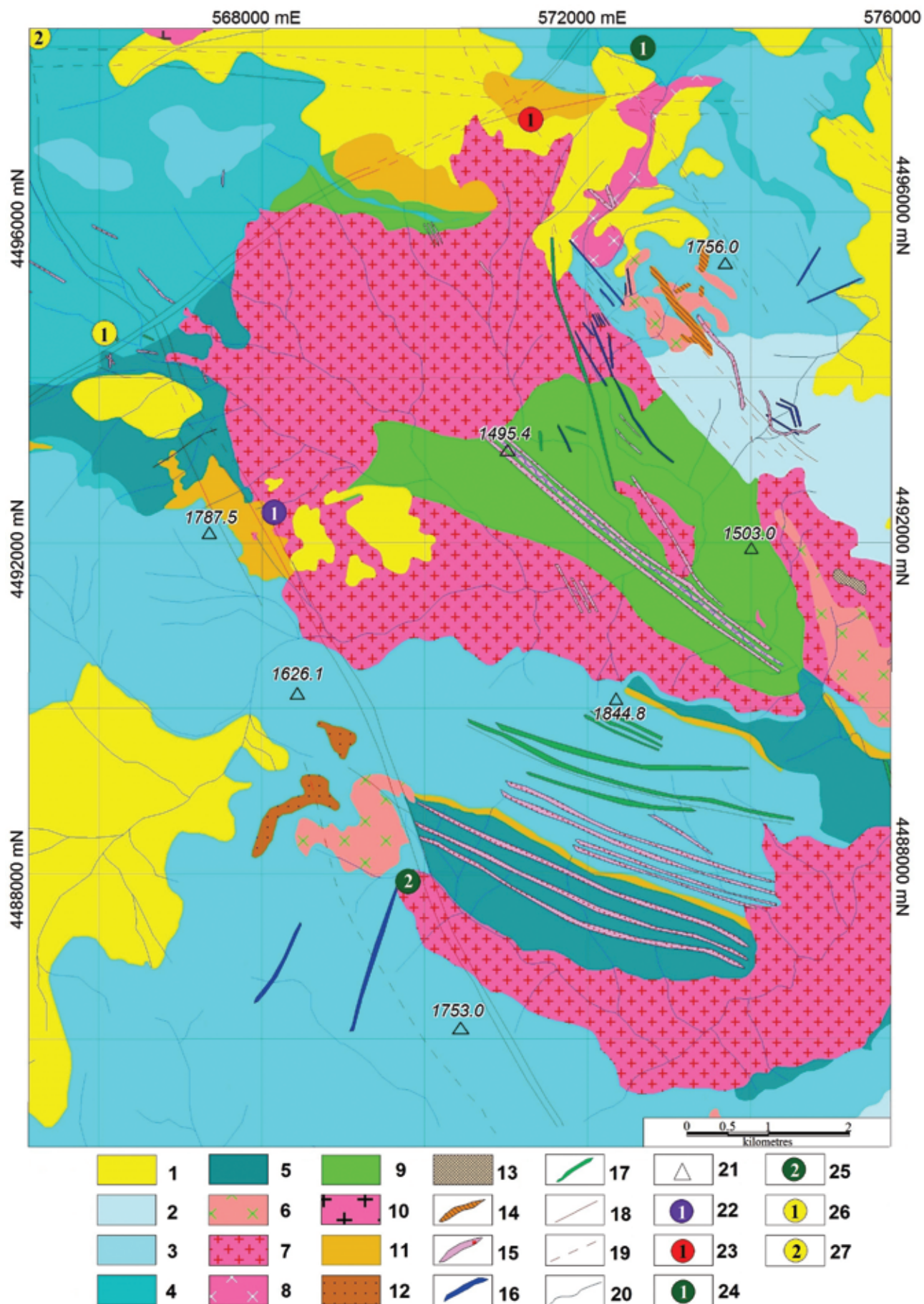


Рис. 3. Геологическая карта Кедабекского рудного района, масштаб 1 : 50 000

1 – элювиально-делювиальные четвертичные отложения; 2 – вулканогенные отложения бата: туфы андезитового состава, туфобрекчии, туфоконгломераты; 3 – нижнемеловые известняки оксфорд-киммериджского яруса: известняки с прослоями песчаников; 4 – верхний байос: лавы, субвулканическая и пирокластическая фация риолит-риодацитовых пород; 5 – нижний байос: пирокластическая фация, туфобрекчии и андезиты; 6 – Гарагая-гарамурадские гипабиссальные субвулканические тела: диорит; 7 – вторая фаза Кедабекского интрузива: диориты; 8 – вторая фаза Кедабекского интрузива: гранодиориты, кварцевые диориты, диориты; 9 – первая фаза Кедабекского интрузива: габродиориты, габбро; 10 – плагиограниты; 11 – метасоматиты; 12 – грейзены; 13 – скарны; 14–17 – дайки: кварц-диоритовые (14), андезитовые (15), долеритовые (16), баритовые (17); 18 – разломы; 19 – предполагаемые разломы; 20 – реки; 21 – высоты; 22 – Кедабекское месторождение; 23 – медно-порфиоровое проявление Боюк Галаца; 24 – медно-колчеданное проявление Пирбулак; 25 – медно-колчеданное проявление Айатала; 26 – серо-колчеданное проявление Чолпан; 27 – Угурское золотоносное месторождение

этого здесь не наблюдаются диопсид-геденбергитовые и андрадитовые скарны. Присутствие К-фельдшпатов и плагиоклазов в скарнах подтверждает, что образование Кедабекских околорудных пород происходило при высокой щелочной среде. Согласно Д. С. Коржинскому, скарны являются породами реакционного происхождения. Их образование происходило с участием как активных – H_2O , CO_2 , S, Cl, K_2O , Na_2O , O_2 , Mg, Fe, так и инертных – Ca, Si, P, Al, Ti компонентов [5]. Г. И. Керимов допускает также перенос компонентов пород растворами на некоторое расстояние от контактов известняка с силикатными породами, что имеет место при наличии приводящих трещин и ведет к образованию скарновых жил [4].

Минералогия скарнов. По Г. И. Керимову, Кедабекские скарны подразделяются на 10 типов [6]. В каждом из них выделен соответствующий парагенезис минералов. Если несколько упростить эту схему, скарны Кедабека делятся на три главных типа: везувиановые, гранатовые и волластонитовые. Пять разностей относятся к первому типу, ко второму – три, а к третьему – две (табл. 1).

Учитывая богатый минералогический состав и изменчивость текстурно-структурных особенностей, везувиановые скарны чрезвычайно разнообразны. Содержания везувиана в чисто везувиановом скарне доходит до 80–90 %, а в везувиан-гранатовых – от 50 %. Обычно это плотные трещиноватые светло-желто-зеленые и коричнево-зеленые мелко- и среднезернистые породы с множеством разноразмерных трещин и пустот,

которые часто заполнены голубым кальцитом, коричневым и зеленым везувианом, гранатом; мелкие поры – кристалликами светло-зеленого ксантофиллит-брандизита. Также в скарнах наблюдается редкий минерал геленит, который встречается совместно с везувианом и представлен плотным мелкозернистым серо-голубоватым агрегатом. По жилкам и трещинкам явно заметно замещение везувиана слабо-желтоватым, почти бесцветным гранатом – гроссуляром. В его состав входят волластонит, кальцит, диопсид, сочетания которых дают различные типы скарнов. Дополнительно устанавливаются брандизит, геленит, пироксен, эпидот, амфибол, хлорит, кварц, скаполит, силлиманит, основной плагиоклаз, а также шпинель. Парагенезис и последовательность формирования минералов находятся в следующем порядке: геленит, диопсид, везувиан, ксантофиллит и пеннин, гроссуляр, кварц, эпидот, кальцит, вторичный хлорит, халцедон. Наблюдаются замещения диопсида везувианом и гроссуляром, который разъедается кварцем и эпидотом [1].

Везувиан – светло-зеленый, иногда слегка желтоватый, бурый, коричневатый прозрачный, часто трещиноватый. Отмечаются как крупные кристаллы до 10 см, так и мелкие индивиды. Иногда встречаются четко выраженные кристаллы квадратного облика, образующие псевдоморфозы граната по везувиану. Кристаллы образуют тесно сросшиеся друзы, и редко попадаются отдельные индивиды. Облик кристаллов призматический с хорошо развитыми призмами двух родов. Всегда присутствует пинакоид как минимум двух родов пирамид. Отмечается множество простых

Таблица 1

Классификация скарнов Кедабека по Г. И. Керимову [4]

| Номер | Типы скарнов | Название скарнов |
|-------|-----------------|---|
| I | Везувиановый | 1. Везувиано-гранато-геленито-диопсидо-скаполитовый 2. Везувиано-гранато-диопсидо-геленито-скаполитовый 3. Везувиано-геленито-скаполито-кальцитовый 4. Везувиано-гранато-геленито-скаполито-силлиманито-диопсидовый 5. Везувиано-гранато-скаполитовый |
| II | Гранатовый | 1. Гранато-скаполито-кальцитовый 2. Гранато-везувиано-кальцито-геленитовый 3. Гранато-везувиано-волластонито-скаполито-диопсидовый |
| III | Волластонитовый | 1. Волластонито-везувиано-кальцито-скаполито-гранатовый 2. Волластонито-геленито-везувиано-скаполито-кальцитовый |

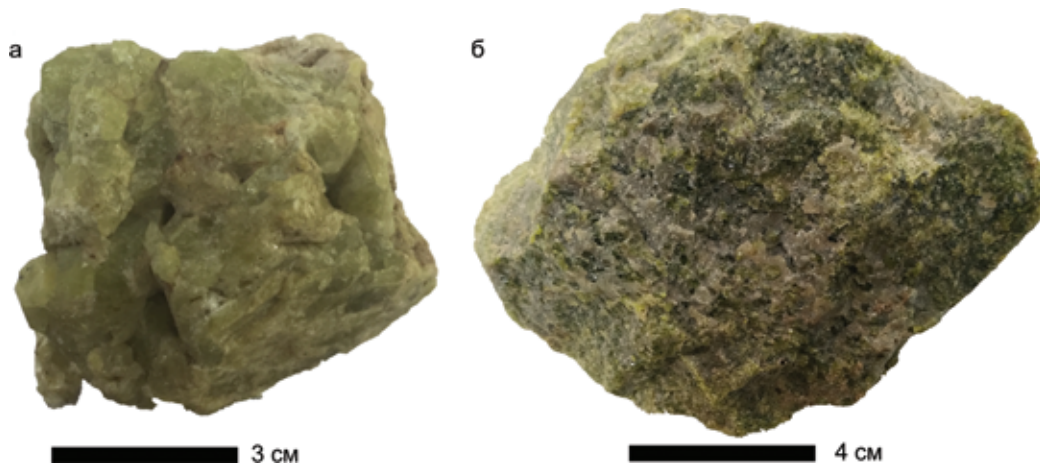
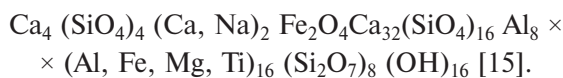


Рис. 4. Образцы везувиана из Кедабека (а) и Шишимской копи (б)

форм – 28. Главные кристаллографические формы {010} и {111}, в меньшей степени {110}, {331} [1, 5, 16]. Присутствует второй тип везувиана, для которого характерны более канифольно-коричневые цвета совместно с голубым кальцитом, образующим друзовидные щетки. Он встречается обычно в виде крупных плотных кристаллических масс совместно с более поздним голубым кальцитом. Везувиан этого типа образует также крупные (до 4 см) кристаллы, а те в свою очередь – друзовидные сростки. Тип кристаллов отличен от зеленого везувиана и представлен кристаллами бипирамидального габитуса со слабым развитием призматических зон (рис. 4, а). Некоторые кристаллы везувиана заключены целиком в выделениях голубого кальцита и не имеют связи со стенками полостей, т. е. являются образованиями, в какой-то мере синхронными кальциту [1].

В проведенных ранее работах [15] координаты атомов уточнены полноматричным методом наименьших квадратов в изотропном и анизотропном приближениях. Отмечены разнотипные структурные единицы с составом ячейки $2Ca_2(SiO_4)_2$ и статически разупорядоченные катионными полиэдрами с составом ячейки $2(Ca, Na)FeO_2$. Таким образом, предложенная кристаллохимическая формула имеет вид:



Высокая или низкая симметрия минералов группы везувиана связывается с температурными условиями их образования. Высокосимметричный везувиан (P4/nnc) является продуктом контактового или регионального метаморфизма с метасоматозом или без такового, образующимся в скарновом процессе при температуре 400–800 °С. Низкосимметричный везувиан – типичный продукт последних стадий гидротермальных процессов, температура образования меньше 300 °С.

Образцы Шишимских везувианов были любезно представлены из коллекции минералов

Минералогического музея Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности. Они неправильной формы, сахаровидные, друзовидные от мелких до крупных кристаллов (0,5–2,0 см). Наблюдаются сростки светлого кальцита. Цвет везувиана изменяется от светло до темно-зеленого (рис. 4, б). По В. А. Попову, происхождение Шишимских везувианов связано с трещинами, образованными в массиве габбро, где происходила кристаллизация везувиана [10, 11]. В парагенезисе с везувианом находятся гранит, гранат, андрадит, диопсид, актинолит и другие минералы.

С целью изучения минералогического состава Кедабекских и Шишимских везувианов и выявления их сходных и отличительных особенностей были применены рентгенодифрактометрический метод анализа на приборе MiniFlex-600, а также рентгенофлуоресцентный анализ (XFA). Для обоих образцов получены рентгенограммы, представленные на рис. 5. В результате анализа дифрактограмм были определены главные минералы Везувиановой горки и Шишимских везувианов (табл. 2) и основные компоненты везувианов. Несмотря на близость кристаллов, везувианы обоих месторождений по химическому

Таблица 2
Химический состав везувианов из Шишимских гор и Кедабека, %

| Главные компоненты | Образцы везувианов | |
|--------------------------------|--------------------|-------------|
| | Шишимские | Кедабекские |
| Na ₂ O | – | 0,31 |
| MgO | 2,86 | 3,30 |
| Al ₂ O ₃ | 13,54 | 16,93 |
| SiO ₂ | 27,05 | 39,56 |
| K ₂ O | – | 0,35 |
| CaO | 46,07 | 36,47 |
| Fe ₂ O ₃ | 1,15 | 2,26 |
| Потеря | 9,1 | 0,8 |

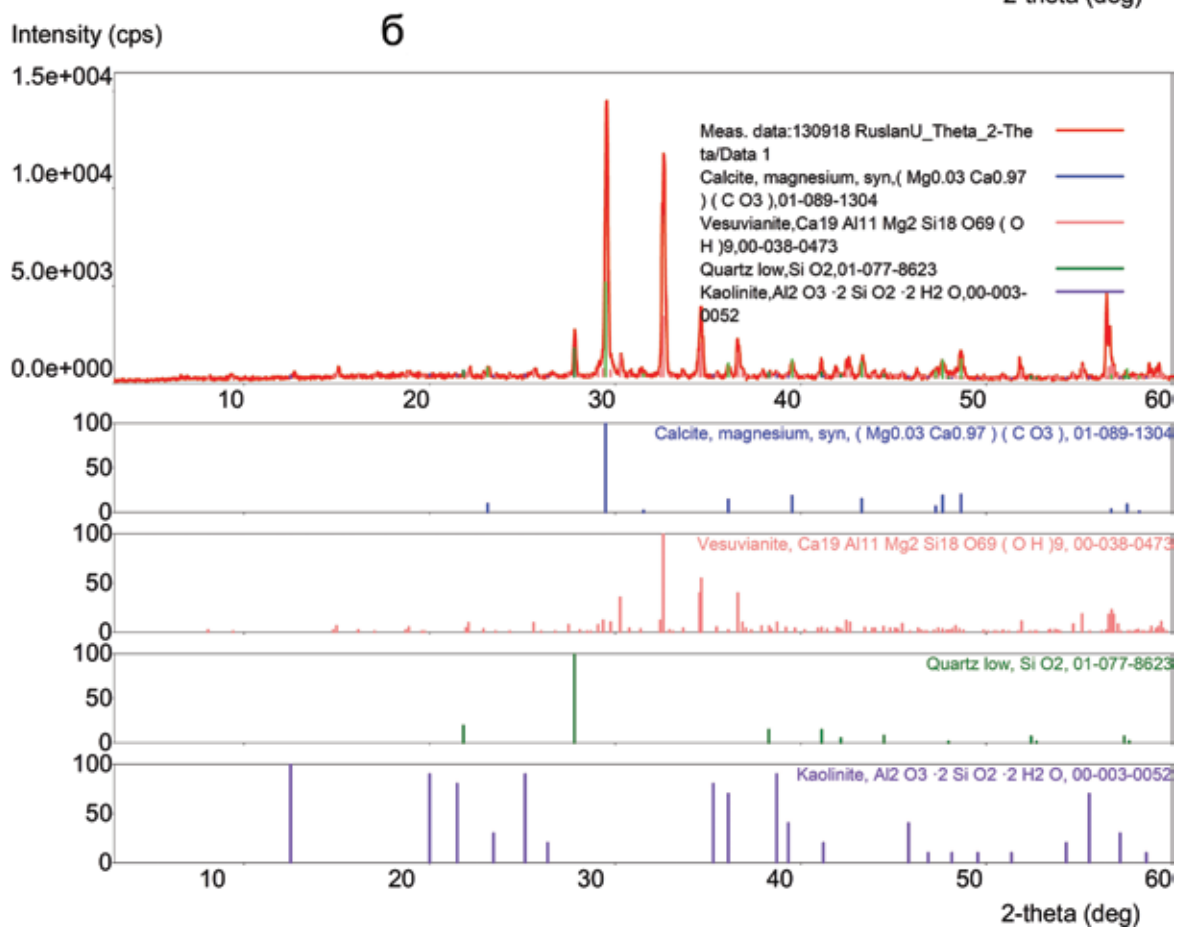
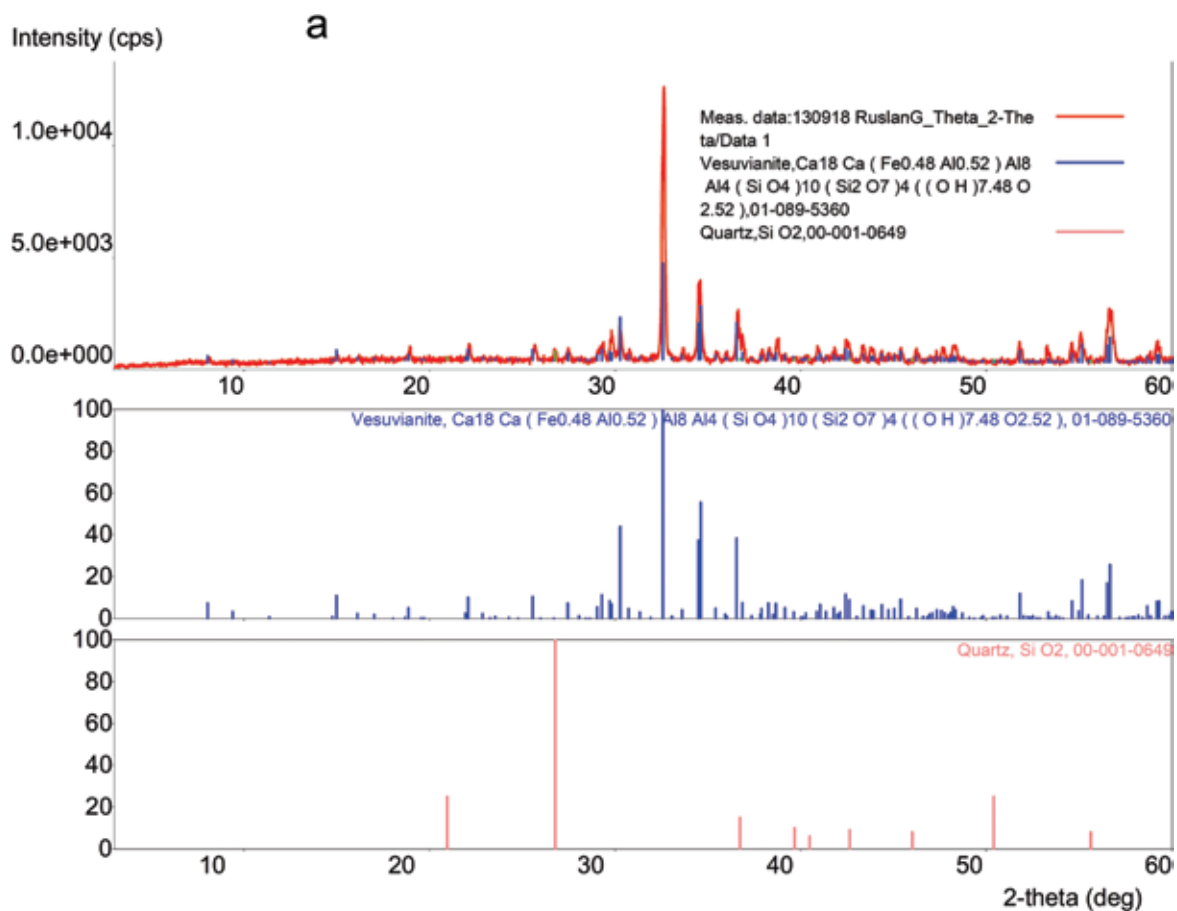


Рис. 5. Дифрактограммы образца везувиана из Везувиановой горки (а) и Шишимских гор (б)

Таблица 3

**Дифрактограммы
Кедабекских и Шишимских скарнов, %**

| Минералогический состав | Шишимские везувианы | Кедабекские везувианы |
|-------------------------|---------------------|-----------------------|
| Везувиан | 70 | 95 |
| Кальцит | 18 | — |
| Кварц | 7 | 5 |
| Каолинит | 5 | — |

Таблица 4

**Парагенетические ассоциации минералов
в Кедабекском и Шишимском месторождениях**

| Общие минералы месторождений | Минералы Везувиановой горки | Минералы Шишимских гор |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Диопсид | Геленит | Турмалин |
| Кальцит | Волластонит | Гематит |
| Эпидот | Цоизит | Ганит |
| Клинохлор | Скаполит | Серпентин |
| Апатит | Силлиманит | Лейхтенбергит |
| Магнетит | Плагиоклаз | Кордиерит |
| Актинолит | Биотит | Форстерит |
| Андрадит | Титанит | Каолинит |
| Клинтонит | Шварц | Перовскит |
| Гроссуляр | Шпинель | Монтichelлит |
| | Ортоклаз | Ферроакерманит |
| | Геденбергит | Гидраргиллит |
| | Пеннин | Альмандин |
| | Ксантофиллит | Анортит |
| | Ильваит | Альбит |
| | | Клиногумит |
| | | Ti-магнетит |
| | | Пирит |
| | | Хлоршпинел |
| | | Хондродит |
| | | Эллостонтит |
| | | Магнезиоферрит |
| | | Таумасит |

составу значительно отличаются друг от друга. Кедабекские скарны намного богаче кремнеземом (39,56 % против 27,05) и глиноземом (16,93 % против 13,5), а Шишимские — CaO (46,07 % против 36,47) (табл. 3).

Следует отметить, что в минералогическом отношении существуют значительные различия между двумя месторождениями везувиана. Ниже приводятся минералы, встречающиеся на обоих месторождениях (всего 10 минералов), и те, которые характерны только для одного из них. Скарны Шишимских гор более богаты минералогическим составом, чем их Кедабекский аналог (табл. 4): для Шишимских скарнов свойственны такие специфические минералы, как таумасит, монтichelлит, хондродит, а также целый ряд железистых — гематит, магнетит, ферроакерманит [8–11]. С другой стороны,

обнаружен каолинит, который не типичен для Шишимских скарнов. Скорее всего, образование каолинита — постскарновое в результате вторичных преобразований алюмосиликатных минералов. Содержание в Кедабекских скарнах большого объема волластонита указывает на низкую концентрацию в послемагматических растворах магния и особенно железа, что также отражено в их химическом составе. Присутствие железистых минералов в Шишимских скарнах свидетельствует о повышенной роли последующей низкотемпературной стадии образования. При широком развитии поздних более низкотемпературных минеральных ассоциаций минералов группы гумита и серпентина, входящих в состав гидросиликатных скарнов, наряду с ними образуется магнетит, что указывает на более низкую железистость минералов гидросиликатных скарнов, чем ранних.

Заключение. Резкие качественные и количественные различия Кедабекских и Шишимских везувианов свидетельствуют о разных термодинамических условиях минералобразования:

1. Минералы Шишимских гор значительно превышают в численном отношении минералы Везувиановой горки Кедабека, особенно в области низкотемпературных образований, указывая таким образом на широкий диапазон температур в Шишимских скарнах.

2. Учитывая присутствие большого количества железосодержащих минералов (гематита, магнетита, хондродита и др.) в Шишимском месторождении и высокое содержание волластонита на первичной стадии скарнообразования Кедабека, можно сделать вывод о высокой роли железистости Шишимских скарнов по сравнению с Везувиановой горкой.

3. Среди парагенетических ассоциаций обнаружено около 5 % каолинита, не характерного для минералов Шишимских гор, что, возможно, указывает на постскарновые гидротермальные изменения.

1. Барсанов Г. П. Везувиан из Кедабекского месторождения в Закавказье // Тр. минералогического музея АН СССР. — 1949. — Вып. 1. — С. 46–54.

2. Геология Азербайджана. Т. 3: Магматизм / под ред. В. Е. Хаина, Ак. Ализаде. — Баку: Nafta-Press, 2001. — 434 с.

3. Геология Азербайджана. Т. 4: Тектоника / под ред. Ак. Ализаде. — Баку: Nafta-Press, 2005. — 506 с.

4. Керимов Г. И. Петрология и рудоносность Кедабекского рудного узла. — Баку: Изд-во АН АзССР, 1963. — 219 с.

5. Коржинский Д. С. Основы метасоматизма и метаматематизма: Избранные труды. — М.: Наука, 1993. — 239 с.

6. Махмудов С. А. Минералогия скарнов Кедабекского района. — Баку: Элм, 1970. — 148 с.

7. Мустафаев Г. В., Мустафаев М. А. Геодинамическая обстановка, магматизм и эндогенные рудные месторождения как взаимосвязанные элементы модели рудообразования (на примере мезозоя Азербайджана) // Тр. Института геологии НАН Азербайджана. — 2007. — № 35. — С. 124–139.

8. Мясников В. С. Минеральные копи Шишимских и Назымских гор // *Минералогия Урала*. Т. 1. — М.; Л.: АН СССР, 1954. — С. 250–268.
9. Ненасева С. Н., Агаханов А. А. Новые данные о минералах Шишимской копи, Шишимские горы, Южный Урал, Россия // *Новые данные о минералах*. — 2016. — Вып. 51. — С. 45–51.
10. Попов В. А. Апатит-монтчеллитовые карбонатит-пегматиты Шишимской копи на Южном Урале // *Минералогия Урала-2011: VI Всерос. совещ.: сб. науч. статей*. — Миасс; Екатеринбург, 2011. — С. 82–85.
11. Попов В. А. Кристаллы монтчеллита из Шишимской копи на Южном Урале // *Уральский геологический журнал*. — 2001. — № 5 (23). — С. 140–143.
12. Садыхов Э. А., Шатова Н. В. Геохимические характеристики и изотопное U-Pb датирование пород плагиогранитового комплекса Лок-Гарабахской зоны Малого Кавказа (Азербайджан) // *Региональная геология и металлогения*. — 2016. — № 66. — С. 67–74.
13. Садыхов Э. А. Изотопно-геохимические характеристики (Sm-Nd, Rb-Sr, S) и U-Pb SHRIMP II возраст Гедабекского интрузива (Азербайджан) / Э. А. Садыхов, А. А. Велиев, А. А. Байрамов, С. М. Мамедов, Д. Р. Ибрагимов // *Региональная геология и металлогения*. — 2018. — № 76. — С. 83–94.
14. Типоморфизм минералов: Справочник / под ред. Л. В. Чернышевой. — М.: Недра, 1989. — 559 с.
15. Ширинова А. Ф., Аскреров Р. Г., Чирагов М. И. Уточнение кристаллической структуры и кристаллохимии везувиана из метасоматитов Кедабекского рудного района (Азербайджан) // *Baki Universitetinin Xəbərləri. Təbiət elmləri seriyası*. — 2014. — № 2. — С. 102–114.
16. Groat L. A., Hawthorne F. N., Erict Ö. S. The chemistry of vesuvianite // *Canadian Mineralogist*. — 1992. — Vol. 33. — P. 19–48.
17. Groat L. A., Hawthorne F. C., Rossman G. R., Scott T. E. The infrared spectroscopy of vesuvianite in the OH region // *Canadian Mineralogist*. — 1995. — Vol. 33. — P. 609–626.
4. Kerimov G. I. Petrologiya i rudonosnost' Kedabekskogo rudnogo uzla [Petrology and ore content of the Kedabek ore cluster]. Baku: Izd-vo AN AzSSR. 1963. 219 p.
5. Korzhinskiy D. S. Osnovy metasomatizma i metamagmatizma: Izbrannye trudy [Fundamentals of metasomatism and metamagmatism: Selected works]. Moscow: Nauka. 1993. 239 p.
6. Makhmudov S. A. Mineralogiya skarnov Kedabekskogo rayona [Mineralogy of skarn of Kedabek district]. Baku: Elm. 1970. 148 p.
7. Mustafaev G. V., Mustafaev M. A. Geodynamic conditions, magmatism and endogenous ore deposits as interconnected elements of the ore formation model (by the example of the Mesozoic of Azerbaijan). *Trudy Instituta geologii NAN Azerbaydzhana*. 2007. No. 35, pp. 124–139. (In Russian).
8. Myasnikov V. S. Mineral mines of the Shishim and Nazi mountains. *Mineralogy of the Urals. Vol. 1*. Moscow; Leningrad: AN SSSR. 1954. Pp. 250–268. (In Russian).
9. Nenasheva S. N., Agakhanov A. A. New data on minerals of the Shishim mine, Shishim mountains, Southern Urals, Russia. *New data on minerals*. 2016. Iss. 51, pp. 45–51. (In Russian).
10. Popov V. A. Apatite-montellitic carbonate pegmatites of the Shishim mine in the Southern Urals. *Mineralogy of the Urals-2011: VI All-Russian meeting: collection of scientific articles*. Miass; Ekaterinburg. 2011. Pp. 82–85. (In Russian).
11. Popov V. A. Monticellite crystals from the Shishimsky mine in the South Urals. *Ural'skiy geologicheskii zhurnal*. 2001. No. 5 (23), pp. 140–143. (In Russian).
12. Sadikhov E. A., Shatova N. V. Geochemical characteristics and U-Pb isotopic dating of plagiogranite complex rocks of the Lok-Garabakh zone of the Lesser Caucasus. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2016. No. 66, pp. 67–74. (In Russian).
13. Sadikhov E. A., Veliev A. A., Bairamov A. A., Mamedov S. M., Ibragimov D. R. Isotopic-geochemical characteristics (Sm-Nd, Rb-Sr, S) and (U-Pb SHRIMP II) age of the Gedabek deposit (Azerbaijan). *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2018. No. 76, pp. 83–94. (In Russian).
14. Tipomorfizm mineralov: Spravochnik [Typomorphism of minerals: Handbook]. Ed. by L. V. Chernysheva. Moscow: Nedra. 1989. 559 p.
15. Shirinova A. F., Askerev R. G., Chiragov M. I. Refinement of the crystal structure and crystal chemistry of Vesuvian from metasomatites of the Kedabeg ore region (Azerbaijan). *Vestnik Bakinskogo universiteta. Seriya estestvennykh nauk*. 2014. No. 2, pp. 102–114. (In Russian).
16. Groat, L. A., Hawthorne, F. N., Erict, Ö. S. 1992: The chemistry of vesuvianite. *Canadian Mineralogist*. 33. 19–48.
17. Groat, L. A., Hawthorne, F. C., Rossman, G. R., Scott, T. E. 1995: The infrared spectroscopy of vesuvianite in the OH region. *Canadian Mineralogist*. 33. 609–626.

Агаев Агамехти Миргашим оглы — канд. хим. наук, доцент, АГУНП¹. <aagamehdi@mail.ru>

Мамедалиев Руслан Нияз оглы — студент, АГУНП¹. <ruslanm.eliyev@mail.ru>

Байрамов Айдын Ахмед оглы — ст. геолог-разведчик, Азербайджанская международная горная компания (АМГК). Пр. Гусейна Джавида, 20, Баку, AZ1073, Азербайджан. <aydin.Bayramov@aimg.az>

Садыхов Эмин Али оглы — ст. инженер, Инжиниринговый центр Московского физико-технического института (ИЦ МФТИ). Научный переулок, 4, г. Долгопрудный, Московская обл., 141700, Россия. <sadikhov.ea@cet-mipt.ru>

Агаев Агамехти Миргашим — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, ASOIU¹. <aagamehdi@mail.ru>

Mamedaliev Ruslan Niyaz — Student, ASOIU¹. <ruslanm.eliyev@mail.ru>

Bayramov Aydin Akhmed — Senior Exploration Geologist, Azerbaijan International Mining Company (AIMC). 20 Pr. Guseyna Dzhavida, Baku, AZ1073, Azerbaijan. <aydin.Bayramov@aimg.az>

Sadikhov Emin Ali — Senior Engineer, Center for Engineering of Moscow institute of Physics and Technology (CET-MIPT). 4 Nauchnyy Pereulok, Dolgoprudnyy, Moscow region, 141700, Russia. <sadikhov.ea@cet-mipt.ru>

¹ Азербайджанский университет нефти и промышленности (АГУНП). Азадлыг проспекта, 20, Баку, AZ1010, Азербайджан. Azerbaijan State Oil and Industry University (ASOIU). 20 Azadlyg prospekt, Baku, AZ1010, Azerbaijan.