



<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-3-69-77>  
УДК 553.8+549.755.131(575.3)



## МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПРОЯВЛЕНИЯ БИРЮЗЫ И ВАРИСЦИТА В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН

А.К. ЛИТВИНЕНКО, Ш.Т. ВОСИХОВ\*

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»  
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Бирюза известна в Северном Таджикистане, а варисцит — в Центральном. Бирюзовая минерализация представлена месторождением Бирюзакан и четырьмя проявлениями: Бирюзасай, Шорбулак, Кармазар, Кызылташ, которые находятся в центре крупнейшего горнорудного района Кармазар, на южном склоне Кураминского хребта. Проявления бирюзы Самаркандек и Исфара расположены в северных отрогах Туркестанского хребта. Варисцитовая минерализация размещена в Центральном Таджикистане, на северном склоне Зеравшанского хребта, в верховьях реки Шинг, на ее левом борту, на площади небольшого золото-сурьмяного месторождения Чоррога и второй объект, на площади крупного месторождения сурьмы Джижикрут. В образовании бирюзы и варисцита наблюдается много общих черт, позволяющих совместно их рассматривать как гидротермально-метасоматические минералы.

**Целью** является обобщение геологических материалов с учетом новых, полученных нами о бирюзе и варисците на территории Республики Таджикистан, и проанализировать процессы их образования.

**Объектом** служит месторождение Бирюзакан и шесть проявлений бирюзы и два — варисцита.

**Материалы и методы исследования.** Каменный материал отобран на Бирюзакане и Чорроге в 2022—2023 годах. Была выполнена фотодокументация горных выработок и крупного регионального разлома Бирюзовый. По литературным данным составлена на тектонической основе карта размещения бирюзовых и варисцитовых объектов. Для этого использовались картографический, структурный и минералогический методы.

**Результаты.** Впервые приводится геологическая сводка о всех известных месторождениях и проявлениях бирюзы и варисцита на территории Республики Таджикистан и составлена карта их размещения на тектонической основе. Предложен новый механизм образования: гидротермально-метасоматический, при котором вещество для бирюзы и варисцита (медь, алюминий и фосфор) заимствовалось из вмещающих вулканогенных и кремнистых пород по механизму латераль-секреционного процесса.

**Заключение.** Предложенная гипотеза об образовании бирюзы и варисцита является альтернативой существующим взглядам, которых придерживались многие крупные специалисты в области геологии месторождений самоцветов.

**Ключевые слова:** бирюза, варисцит, Бирюзакан, Кармазар, вулканические породы, яшмы, латераль-секреционный процесс, гидротермально-метасоматический генезис

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Литвиненко А.К., Восихов Ш.Т. Месторождения и проявления бирюзы и варисцита в Республике Таджикистан. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка.* 2024;66(3):69—77. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-3-69-77>

Статья поступила в редакцию 01.01.2024

Принята к публикации 28.06.2024

Опубликована 30.09.2024

\* Автор, ответственный за переписку

## DEPOSITS AND OCCURRENCES OF TURQUOISE AND VARISCITE IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

ANDREY K. LITVINENKO, SHOHRUKH T. VOSIHOV\*

*Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting  
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

### ABSTRACT

**Background.** Turquoise is known to occur in Northern Tajikistan, while variscite is found in Central Tajikistan. Turquoise mineralization is represented by Biryuzakan deposit and four occurrences: Biryuzasay, Shorbulak, Karamazar, Kyzyltash, which are located in the center of the largest mining district Karamazar, on the southern slope of the Qurama Mountains. The turquoise occurrences of Samarkandek and Isfara are situated in the northern branches of the Turkestan Range. Variscite mineralization is located in Central Tajikistan, on the northern slope of the Zarafshan Range, in the upper reaches of the Shing River, on its left side, in the area of a small gold-antimony deposit Chorrage and in the area of a large deposit of Jijikrut. Formation of turquoise and variscite has many common features, thereby allowing them to be considered together as hydrothermal-metasomatic minerals.

**Aim.** To summarize geological materials, taking into account new data obtained regarding turquoise and variscite in the territory of the Republic of Tajikistan, and to analyze the processes of their formation. The study focuses on the Biryuzakan deposit and six occurrences of turquoise as well as two occurrences of variscite.

**Materials and methods.** Rock samples were collected at the Biryuzakan and Chorrage deposits in 2022—2023. Photographic documentation of mine workings and a major regional fault — Biryuzovy Fault — was conducted. A tectonic map of turquoise and variscite occurrences was compiled using literature data. Cartographic, structural, and mineralogical methods were employed for this purpose.

**Results.** For the first time, the study introduced a geological summary of all known deposits and occurrences of turquoise and variscite in the territory of the Republic of Tajikistan and a tectonic map of their location. A new, hydrothermal-metasomatic formation mechanism is proposed, wherein the substances for turquoise and variscite (copper, aluminum, and phosphorus) were sourced from host volcanic and siliceous rocks through a lateral-secretion process.

**Conclusion.** The proposed hypothesis regarding the formation of turquoise and variscite serves as an alternative to existing views shared by many prominent specialists in the field of gemstone geology.

**Keywords:** turquoise, variscite, Biryuzakan, Karamazar, volcanic rocks, jasper, lateral-secretion process, hydrothermal-metasomatic genesis

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**Financial disclosure:** no financial support was provided for this study.

**For citation:** Litvinenko A.K., Vosihov Sh.T. Deposits and occurrences of turquoise and variscite in the republic of Tajikistan. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2024;66(3):69—77. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-3-69-77>

*Manuscript received 01 January 2024*

*Accepted 28 June 2024*

*Published 30 September 2024*

\* Corresponding author

### Размещение месторождений и проявлений бирюзы и варисцита

Бирюзовая минерализация Таджикистана размещена, в соответствии с географическим районированием республики [8], в Северном Таджикистане.

Она представлена 7 объектами: одним месторождением (Бирюзакан) и шестью проявлениями (Бирюзасай, Шорбулак, Карамазар, Кызылташ, Исфара и Самаркандек). Наибольший промышленный интерес имеют Бирюзакан, Самаркандек

и Исфара [1]. Бирюза из месторождения Бирюзакан является самой лучшей по качественным кондициям на территории бывшего СССР [2], где геологами объединения «Союзкварцсамоцветы» было выявлено много пунктов с бирюзовой минерализацией. Многие из них получили статус месторождения, например Техутское в Армении. Наши находки 2022—2023 годов также подтверждают высокие качественные кондиции Бирюзакана (рис. 1).

Варисцитовая минерализация размещена в Центральном Таджикистане, где была установлена [3] в верховьях реки Шинг, на ее левом борту, на площади небольшого золото-сурьмяного месторождения Чоррога, а второй объект — на площади крупного месторождения сурьмы Джижикрут.

#### Геология месторождений бирюзы

Месторождение Бирюзакан и четыре проявления (Бирюзасай, Шорбулак, Кармазар, Кызылташ) находятся в центре крупнейшего горнорудного района Кармазар, на южном склоне Кураминского хребта. Эта территория входит в состав Срединного Тянь-Шаня — каледонская структура. Проявления бирюзы Самаркандек и Исфара расположены в северных отрогах Туркестанского хребта, который входит в состав Южного Тянь-Шаня — герцинская структура (рис. 2). Бирюзовые объекты Кармазара локализо-

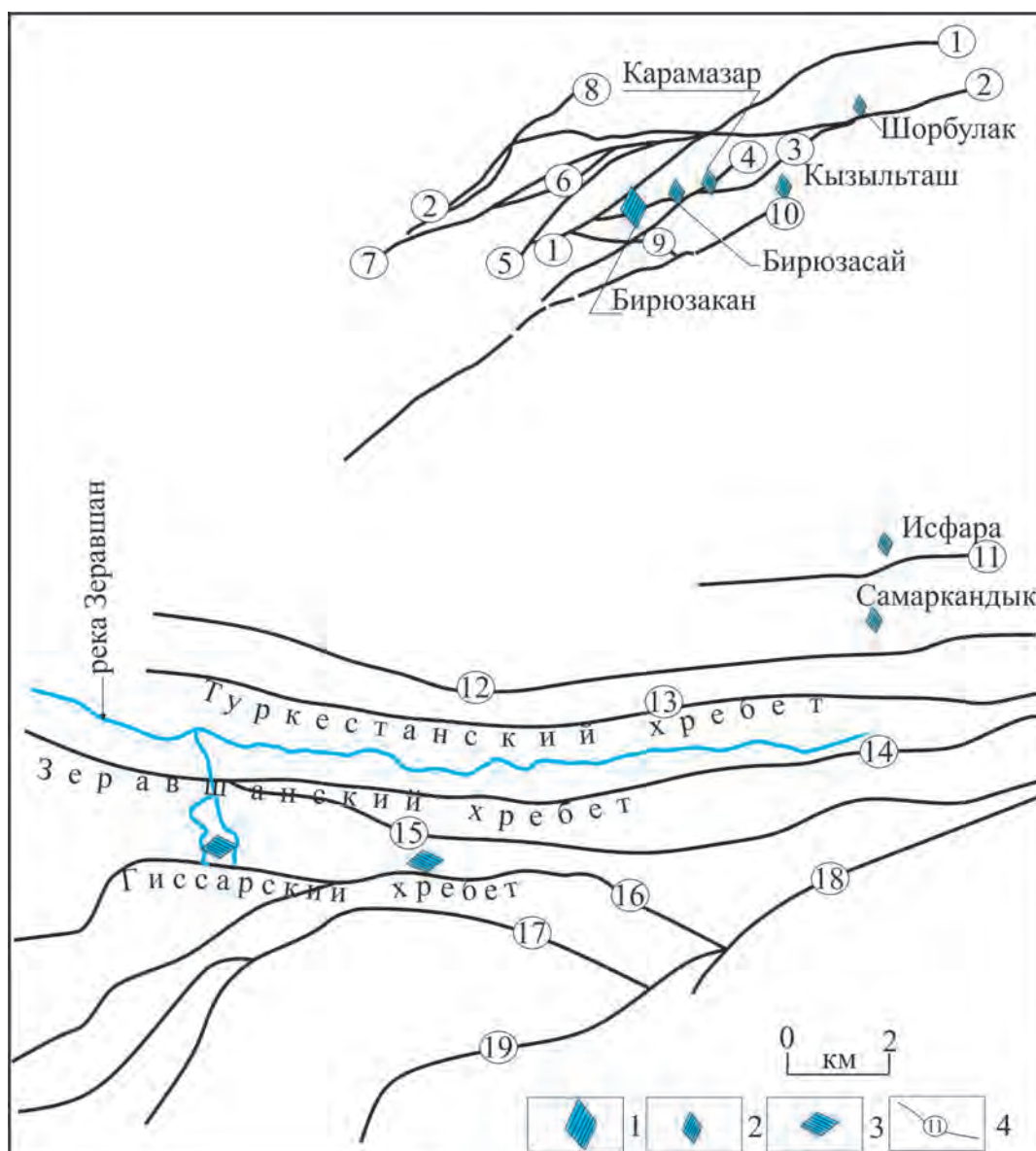
ваны в центре сложной системы глубинных разломов северо-восточного простираения: Тарызканского, Баштавакского, Кошмулинского, Кызылтурского и Бирюзового. Проявления бирюзы Туркестанского хребта контролируются Шурабвуадильским и Зааминкаравшинским разломами широтного простираения (рис. 2).

**Бирюзакан** исследуется с 1964 года, наиболее полные сведения о нем приведены в монографиях Т.И. Менчинской (1981, 1989). Размещение бирюзовой минерализации Кармазара контролируется крупной разрывной структурой — Бирюзовым разломом. Эта структура четко выражена в рельефе и протягивается в северо-восточном направлении на 45 км. В границах месторождения разлом представлен дайкообразным телом с изменяющейся мощностью около 120 метров и углами падения 75—85°. Возможно, что вдоль линии разлома произошло внедрение кварцевой жилы, маркирующей линию разрыва (рис. 3). Севернее разлома расположена толща мраморизованных известняков и доломитов ( $D_3-C_1$ ).

Площадь месторождения сложена сильно измененными андезитовыми порфиритами минбулакской свиты ( $C_1$ ) и дацитовыми порфиритами и их туфами акчинской свиты ( $C_2$ ). Вулканы, вмещающие бирюзовую минерализацию, сильно



Рис. 1. Фрагмент бирюзовой жилы с участка 3  
Fig. 1. A fragment of a turquoise vein from site 3



**Рис. 2.** Карта размещения месторождений и проявлений бирюзы и варисцита. Составлена с использованием геологической карты масштаба 1:200 000 из отчета В.Н. Байкова и др., 1968: 1 — месторождение бирюзы, 2, 3 — проявления: 2 — бирюзы, 3 — варисцита, 4 — разломы и их номера: 1) Тарыэканский, 2) Баштавакский, 3) Бирюзовый, 4) Кошмулинский, 5) Канджольский, 6) Токмакский, 7) Редкометальный, 8) Алтынтопканский, 9) Оккурдаванский, 10) Кызылтурский, 11) Шурабвудильский, 12) Зааминкаравшинский, 13) Туркестано-алайский, 14) Зеравшанский, 15) Гиссарокаратегинский, 16) Главный Гиссарский, 17) Ходжаобигармский, 18) Вахшский, 19) Илякский

**Fig. 2.** A location map showing deposits and manifestations of kallait and variscite. It is ompiled using a 1:200000 scale geological map from the report by V.N. Baykov and others, 1968: 1 — turquoise field, 2, 3 — manifestations: 2 — turquoises, 3 — variscite, 4 — faults and their numbers: 1) Taryekansky, 2) Bashtavaksky, 3) Turquoise, 4) Koshmulinsky, 5) Kanjolsky, 6) Tokmaksky, 7) Redkometalny, 8) Altyntopkansky, 9) Okkurdawanski, 10) Kyzyltursky, 11) Shurabwadilsky, 12) Zaamin karavshinsky, 13) Turkestanoalaisy, 14) Zeravshansky, 15) Hissarokarategin, 16) Main Hissar, 17) Khodjaobigarmsky, 18) Vakhshsky, 19) Ilyakian

изменены. Внешне это проявлено в их сильном освещении. Благодаря этому месторождение выделяется среди окружающих черных пород, покрытых бронзовым загаром и более устойчивых к выветриванию. На месторождении было разведано три участка (рис. 3).



**Рис. 3.** Вид на месторождение бирюзы Бирюзакан с юга. Цифрами показаны участки месторождения, пунктирная линия — Бирюзовый разлом

**Fig. 3.** View of the Biryuzakan turquoise deposit from the south. The figures show the deposit sections, the dotted line is the Turquoise fault



**Рис. 4.** Соотношения кварцевых и бирюзовых жил с вмещающими породами

**Fig. 4.** The ratios of quartz and turquoise veins with the host rocks

Бирюзовая минерализация локализована в лежащем контакте Бирюзового разлома в зоне «оперяющих» его трещин. Мощность бирюзовых жил составляет 2—3 см, протяженность 7—12 м. Иногда встречается вкрапленная форма бирюзы: желваки, прожилки, линзы до первых сантиметров. Промышленный интерес представляют сближенные жилы и желваки бирюзы, объединяемые в зоны.

Изменения вулканитов проявлены в интенсивной каолинизации и окварцевании. Полевые шпаты размером 0,1—0,8 мм в поперечнике, иногда до 4 см, нацело замещены минералами группы каолинита, темноцветные — серпентином, халькопирит размером до 3 см в поперечнике — малахитом, пирит, первые мм, — гематитом. Неизмененные породы обогащены апатитом до 3—8% в ассоциации с хлоритом [5]. В зонах замещения вулканитов апатит отмечается в виде реликтов. В аповулканитах в интерстициях зерен кварца рассеяна тонкая

вкрапленность пирита, халькопирита, реликтов апатита и каолинита. Многочисленные кварцевые жилы рассекают аповулканиды, а жилы бирюзы секут кварцевые (рис. 4). Эти соотношения минералов указывают на то, что бирюза является более поздним минералом, чем кварцевые жилы.

За весь период освоения месторождения Бирюзакан, по мере накопления фактического материала, проводились попытки оценить прогнозные ресурсы бирюзы. Так, в 1963—1964 годах были оценены прогнозные ресурсы участка № 3 в количестве 667,6 кг кондиционной бирюзы, с учетом бирюзовой крошки — 971,4 кг. С учетом добычи (184,4 кг) перспективные запасы в недрах составили 486,2 кг с содержанием кондиционной бирюзы 1252,92 г/м<sup>3</sup>, в том числе голубой: 1 сорта — 89,27 г/м<sup>3</sup>, 2 сорта — 253,33 г/м<sup>3</sup>, 3 сорта — 667,4 г/м<sup>3</sup>, бирюзовой крошки — 570,52 г/м<sup>3</sup>; зеленой бирюзы: 1 сорта — 83,13 г/м<sup>3</sup>, 2 сорта — 159,79 г/м<sup>3</sup>. В 1982 г. отчете

о разведке месторождения геологи экспедиции «Средазкварцсамоцветы» отмечают, что объективную оценку они дать не могут, а поисковые работы рекомендуют направить на северо-восточное продолжение Бирюзового разлома в направлении проявления бирюзы Кызылташ (рис. 2).

**Проявления** бирюзы Бирюзасай, Шорбулак, Кармазар и Кызылташ. Бирюзасай и Кармазар локализованы вдоль Бирюзового разлома, генетически и парагенетически связаны с месторождением Бирюзакан. Проявление бирюзы Кызылташ лежит между Бирюзовым и Кызылтурским разломами, а Шорбулак — севернее Баштавакского, одного из крупнейших глубинных разломов Кармазара (рис. 2). Их промышленный потенциал окончательно не определен. Их можно рассматривать как поисковый признак, позволяющий расширить границы и потенциал месторождения Бирюзакан.

Проявление Исфара расположено в 5 км юго-западнее г. Исфара, севернее Шураб-Вуадильского разлома. Бирюза встречается в форме очень тонких жилок разной мощности в брекчированных, тонкослоистых кремнистых сланцах ( $C_1$ ). Качество бирюзы высокое [1].

Проявление Самаркандек находится в 13 км юго-западнее г. Исфара, южнее Шураб-Вуадильского разлома, в похожей геологической обстановке с проявлением Исфара. Бирюзовая минерализация приурочена к прослоям кремнистых сланцев в известняках раннего палеозоя. Бирюза

установлена в зоне длиной 2,5 км. Она наблюдалась в форме линзочек мощностью 0,5—2 см, с содержанием кристаллосырья от 5 до 100 г/м<sup>3</sup>. Качество бирюзы высокое [1].

#### Геология месторождений варисцита

**Проявление** Чоррога находится в верхнем течении р. Шинг, на левом берегу озера Маргузор, в 0,5 км к востоку от небольшого месторождения сурьмы Чоррога. Эта территория входит в Шинг-Магианский золото-сурьмяно-ртутный район, расположенный в западной части Зеравшано-Гиссарской структурно-формационной зоны Южного Тянь-Шаня.

Варисцит обнаружен в плитчатых яшмах агбасайской свиты ( $D_{1-2}$ ), с видимой мощностью около 90 м, падающей на юг под углом 40—50°. Яшмы подстилаются массивными известняками и доломитами аргской свиты ( $S_2$ ) и перекрывается со стратиграфическим несогласием песчано-глинистой толщей маргузорской свиты ( $C_1$ ) [3]. В скальном выступе яшм варисцит образует нескольких секущих жил мощностью до 10 см и протяженностью до нескольких метров (рис. 5). В обнаруженных жилах доминирующий минерал (до 90%) — варисцит. Вторым минералом является штрентит, составляющий около 7%. Остальной объем жил занимает светло-коричневая агрегированная смесь микрозернистых минералов: ярозита, скородита, фосфосидерита и метаварисцита.



**Рис. 5.** Вид с юга на месторождение Чоррога. Стрелкой показано проявление варисцита в яшмах  
**Fig. 5.** View from the south on the Chorrog deposit. The arrow shows the manifestation of variscite in jaspers

Исследования геммологических свойств позволили рекомендовать варисцит в качестве ювелирно-поделочного минерала. Он расширяет перспективы региона новым, нерудным видом полезных ископаемых — ювелирно-поделочным камнем [3, 9].

**Второе** проявление варисцита расположено на крупном золото-сурьмяном месторождении Джижикрут (рис. 2). Оно не изучено и является поисковым признаком для дальнейшего исследования. Информация о минерале обнаружена авторами в одном из производственных отчетов о геологическом строении данного месторождения. Эта находка увеличивает потенциал месторождения, где попутно мог бы отрабатываться варисцит.

#### Условия образования бирюзы и варисцита

В образованиях бирюзы и варисцита мы наблюдали много общих признаков. Их объединяет жильная форма. При этом жилы имеют секущие контакты с вмещающими породами и с более ранними жилами кварца (рис. 4, 6). Они образуются в породах с высоким или очень высоким содержанием  $\text{SiO}_2$ . Жилы, рассматриваемых минералов окружены зонами изменения, проявившимися в виде замещения первичных минералов, что привело к осветлению и дезинтеграции с повышением пористости и трещиноватости. В породах произошло разрушение минералов, содержащих медь (халькопирит),

алюминий (полевые шпаты) и фосфор (апатит), путем их замещения новыми. Перечисленные элементы, вероятно, переносились гидротермальными растворами в зияющие трещины, рассматриваемые нами как геохимический барьер, на котором кристаллизовались бирюза и варисцит. Механизм переноса элементов и кристаллизация минералов в трещинах можно трактовать как «альпийские жилы», вещество которых заимствовалося из вмещающих пород, превращенных в кварцсодержащие сильно осветленные метасоматиты.

Жилы бирюзы, секущие кварцевые жилы, могут рассматриваться как проявление самой поздней эндогенной активности на территории Карамазара. Бирюза, несмотря на жильную форму ее тел, рассматривается нами как гидротермально-метасоматический минерал. В его образовании отчетливо наблюдается миграция элементов (меди, алюминия и фосфора) из вмещающих вулканитов и яшм на расстояние до нескольких метров, а возможно, и больше. Бирюза завершает процесс метасоматического изменения вулканитов, к которому относятся и жильные формы кварца.



**Рис. 6.** Жила варисцита в яшмах: длина 1,5, мощность в самой широкой части 0,15 м

**Fig. 6.** A vein of variscite in jaspers: length 1.5, thickness in the widest part 0.15 meter



**Рис. 7.** Обломки варисцита из жилы, приведенной на рисунке 6

**Fig. 7.** Fragments of variscite from the vein shown in Figure 6

## ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ / GEOLOGY AND PROSPECTING FOR SOLID MINERAL DEPOSITS

Описанные выше геологические особенности залегания бирюзовой и варисцитовый минерализации по генетическим признакам подходят к многочисленным примерам латераль-секреционного процесса, имеющего место на многих рудных месторождениях [7]. Мы считаем, что механизмом кристаллизации бирюзы и варисцита является проявление именно латераль-секреционного процесса, в результате которого из вмещающих пород были мобилизованы медь, алюминий и фосфор — главные составные части бирюзы. Проблема источника вещества для образования бирюзы на месторождении Бирюзакан была сформулирована авторами ранее [4]. К настоящему времени на генезис бирюзы существует две точки зрения: гидротермальная [5, 6] и экзогенная [2]. Наша гипотеза является альтернативой упомянутым выше

представлениям, которых придерживались крупные специалисты в области геологии месторождений самоцветов.

### Заключение

1) Впервые приводится геологическая сводка о всех известных месторождениях и проявлениях бирюзы и варисцита на территории Республики Таджикистан.

2) Составлена карта размещения месторождений и проявлений бирюзы и варисцита на тектонической основе.

3) Предложен новый механизм образования бирюзы и варисцита — латераль-секреционный, при котором вещество для образования этих минералов заимствовалось из вмещающих пород в ходе низкотемпературного гидротермально-метасоматического процесса.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Геология СССР. Таджикская ССР. М.: Научно-тех. изд-во литературы по геологии и охране недр, 1959. Т. XXIV. Ч. I. 732 с.
2. Кивевленко Е.Я. Геология самоцветов. М.: Изд-во Земля. Ассоциация ЭКОСТ, 2000. 583 с.
3. Литвиненко А.К., Сорокина Е.С., Насреддинов З.З., Карампелас С., Иоспа А.В., Кривошеков Н.Н. Варисцит и штрэнгит Центрального Таджикистана — первая находка. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2013. № 3. С. 73—76
4. Литвиненко А.К., Восихов Ш.Т. Проблема источника вещества для бирюзы месторождения Бирюзакан, Карамазар, Северный Таджикистан. XVI Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле». Тезисы докладов. 2023. Т. I. С. 53-56.
5. Менчинская Т.И. Бирюза. М.: Недра, 1981. 159 с.
6. Менчинская Т.И. Бирюза. М.: Недра, 1989. 192 с.
7. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1976. 687 с.
8. Таджикская советская социалистическая республика. Гл. ред. М.С. Асимов. Душанбе: 1974. 408 с.
9. Litvinenko A.K., Sorokina E.S., Hofmeister W., Hager T., Jacob D.E. Variscite from Central Tajikistan: Preliminary Results. Gem & Gemmology. 2015. V. LI. P. 160—175.

### REFERENCES

1. Geology of the USSR. Tajik SSR. Moscow: Scientific and technical publishing house of literature on geology and mineral resources protection. 1959. Vol. XXIV. Part. I. 732 p. (In Russ.).
2. Kiyevlenko Ye.Ya. Geology of gems. Moscow: House Earth Publ. ECOST Association, 2000. 583 p. (In Russ.).
3. Litvinenko A.K., Sorokina E.S., Nasreddinov Z.Z., Karampelas S., Iospa A.V., Krivoshchekov N.N. Variscite and Shtrengite of Central Tajikistan — the first finding. Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration. 2013. No. 3. 73—76 p. (In Russ.).
4. Litvinenko A.K., Vosihov Sh.T. The problem of the source of substance for turquoise from the Biryuzakan deposit, Karamazar, Northern Tajikistan. XVI International Scientific and Practical Conference «New Ideas in Earth Sciences» Abstracts of reports. 2023. T. I. 53-56 p. (In Russ.).
5. Menchinskaya T.I. Biryuza. Moscow: Mineral Resources, 1981. 159 p. (In Russ.).
6. Menchinskaya T.I. Biryuza. Moscow: Mineral Resources, 1989. 192 p. (In Russ.).
7. Smirnov V.I. Geology of minerals. Moscow: Mineral Resources, 1976. 687 p. (In Russ.).
8. Tajik Soviet Socialist Republic. Editor-in-chief M.S. Asimov. Dushanbe: 1974. 408 p. (In Russ.).
9. Litvinenko A.K., Sorokina E.S., Hoffmeister W., Hager T., Jacob D.E. Variscite from Central Tajikistan: Preliminary Results. Gems & Gemology. 2015. V. LI. 160—175 p.

### ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Литвиненко А.К. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Восихов Ш.Т. — обработал и проанализировал геологические данные, подготовил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Andrey K. Litvinenko — developed the concept and prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

Shohrukh T. Vosihov — has processed and analyzed the geological data, prepared the published version of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Литвиненко Андрей Кимович** — доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры минералогии и геммологии ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

e-mail: [akl1954@yandex.ru](mailto:akl1954@yandex.ru)

тел.: +7 (916) 655-08-08

SPIN-код: 6127-2320

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1779-5391>

**Andrey K. Litvinenko** — Dr. of Sci. (Geol.-Min.), Professor of the Department of Minerology and Gemmology Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

e-mail: [akl1954@yandex.ru](mailto:akl1954@yandex.ru)

tel.: +7 (916) 655-08-08

SPIN-code: 6127-2320

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1779-5391>

**Восихов Шохрух Туйчиевич\*** — аспирант кафедры минералогии и геммологии ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

e-mail: [shohrukh992v@mail.ru](mailto:shohrukh992v@mail.ru)

тел.: +7 (985) 685-14-44

SPIN-код: 5736-7097

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5834-385X>

**Shohrukh T. Vosihov\*** — postgraduate student, Department of Minerology and Gemmology Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

e-mail: [shohrukh992v@mail.ru](mailto:shohrukh992v@mail.ru)

tel.: +7 (985) 685-14-44

SPIN-code: 5736-7097

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5834-385X>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author