

Научная статья
 УДК 549.553.2
 DOI: 10.2109/2227-9245-2023-29-4-44-53

О новой находке ютенбогаардтита в Забайкалье

Георгий Александрович Юргенсон

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
 yurgga@mail.ru

Информация о статье:

Статья поступила
 в редакцию 11.07.2023

Одобрена после
 рецензирования; 25.10.2023

Принята к публикации
 28.10.2023

Ключевые слова:

*ютенбогаардтит,
 химический состав,
 золото самородное,
 электрум, теллуриды,
 сульфиды, кварц, жила
 Женевская, Дарасунское
 месторождение,
 Забайкалье*

Актуальность заключается в необходимости иметь полные данные об особенностях минералогии руд крупных месторождений золота. Одним из таких месторождений в Забайкалье является Дарасунское, относительно новые жилы которого, открытые в 1985 г., были быстро отработаны и недостаточно изучены. Одной из таких – жил, минеральный состав которой практически не изучен, отличается богатая по содержанию золота, сложности минерального состава, глубине образования – жила Женевская. Цель исследования – определение минеральных форм золота в глубокозалегающей золото-кварц-сульфидной жиле. Объект исследования – пильзенит-гессит-ютенбогаардтит-гессит-цумоит-золото-сфалерит-халькопирит-пиритовая минеральная ассоциация. Предмет исследования – химический состав и формы выделения ютенбогаардтита. Метод и методология – оптическая и электронная микроскопия с определением форм выделений и вариаций химического состава минералов. В исследовании получены следующие результаты: впервые в глубоко залегающей (горизонт 617 м от поверхности) жиле Женевской Дарасунского месторождения золото-кварцево-сульфидной формации обнаружен сульфид Au и Ag ютенбогаардтит в тесной ассоциации с халькопиритом и низкопробным самородным золотом, преимущественно электрумом, теллуридами (цумоит, гессит, вольтинскит, эмпрессит, пильзенит), а также пиритом, сфалеритом и галенитом. Жильные минералы представлены кварцем, сидеритом и мусковитом. Химический состав ютенбогаардтита (мас. %): Ag 42,97 – 53,57; Au 33,78 – 44,62; S 11,28 – 13,61; Cu 0,65 – 1,14. Среднее содержание элементов: Ag 49,35; Au 37,74; S 12,43; Cu 0,664. Теоретическое содержание должно быть следующее: Ag 58,46; Au 32,02; S 9,52. Особенностью химического состава ютенбогаардтита является нестехиометричность, выражающаяся в недостатке серебра, частию, золота и избытке серы. Она обусловлена, вероятно, особенностями состава раствора-расплава, выражающимися в неоднородности Au-Ag-S твёрдого раствора, содержащего в качестве примесей Cu, Te, Bi, отобразённого в тесном парагенезисе с халькопиритом и теллуридами. Находящееся в ассоциации с ютенбогаардтитом Au низкопробное, содержит от 43,32 до 56,42 % Ag и по их соотношению является электрумом.

Благодарность: Работа выполнена в рамках госзадания по теме № FUFР-2021-0005.

Original article

About a New Find of Yutenbogaardtite in Transbaikalia

Georgy A. Yurgenson

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia
 yurgga@mail.ru

Information about the article:

Received 11 July, 2023

Approved after review 25
 October, 2023

Accepted for publication 28
 October, 2023

The relevance lies in the need to have complete data on the mineralogy of the ores of large gold deposits. One of such deposits in Transbaikalia is Darasunskoye, the relatively new veins of which, discovered in 1985, were quickly worked out and poorly studied. One of these veins, the mineral composition of which is practically not studied, is the Geneva vein, which is rich in gold content, the complexity of the mineral composition, and the depth of formation. The purpose of the study is to determine the mineral forms of gold in a deep-seated gold-quartz-sulfide vein. The object of study is pilsenite-hessite-yutenbogaardtite-hessite-tsumoite-gold-sphalerite-chalcopyrite-pyrite mineral association. The subject of the study is the chemical composition and forms of yutenbogaardtite isolation. Method and methodology are as follows: optical

Keywords:

yutenbogaardtite, chemical composition, native gold, electrum, tellurides, sulfides, quartz, Zhenevskaya vein, Darasun deposit, Transbaikalia

and electron microscopy to determine the forms of segregations and variations in the chemical composition of minerals. Results: for the first time in a deep-lying (horizon 617 m from the surface) vein of the Geneva Darasun deposit of the gold-quartz-sulfide formation, Au and Ag sulfide yutenbogaardtite was found in close association with chalcopyrite and low-grade native gold, mainly electrum, tellurides (tsuimoite, hessite, volynskite, empressite, pilsenite), as well as pyrite, sphalerite, and galena. The vein minerals are represented by quartz, siderite, and muscovite. The chemical composition of yutenbogaardtite (wt. %): Ag 42.97 – 53.57; Au 33.78 – 44.62; S 11.28 – 13.61; Cu 0.65 – 1.14. Average content of elements: Ag 49.35; Au 37.74; S 12.43; Cu 0.664. The theoretical content should be Ag 58.46; Au 32.02; S 9.52. A feature of the chemical composition of yutenbogaardtite is its non-stoichiometric nature, which is expressed in a lack of silver, a part of gold, and an excess of sulfur. It is probably due to the peculiarities of the solution-melt composition, expressed in the inhomogeneity of the Au-Ag-S solid solution containing Cu, Te, Bi as impurities, displayed in close paragenesis with chalcopyrite and tellurides. Low grade Au, which is associated with yutenbogaardtite, contains from 43.32 to 56.42 % Ag and is electrum by their ratio.

Acknowledgment: *The work was carried out within the framework of the state task on the topic No. FUFР-2021-0005.*

Введение. Ютенбогаардит (Yutenbogaardtite, Ag_3AuS_2)¹ относится к минералам золота и серебра руд золотосеребряных месторождений, а также полиметаллических (Гайское на Урале и Змеиногорское на Алтае) [18]. Название «ютенбогаардит» ввели в 1978 г. М. Д. Бартон, К. Кифт, Е. А. Берк и И. Д. Оен [13]. Впоследствии он неоднократно фиксировался в рудах месторождений малоглубинной золотосеребряной формации [3; 4; 11], которые по традиции в западной и американской литературе называют эпитеpmальными [13–16; 19]. В последние годы в связи с использованием электронной микроскопии ютенбогаардит неоднократно наблюдался в рудах месторождений Северо-Востока России [2; 5; 8; 11], а также на Таймыре [1; 7]. Изучены условия его образования [4; 6–8], в том числе и по экспериментальным данным [7; 8; 17].

Дарасунское месторождение золота в Забайкальском крае расположено в посёлке городского типа Вершино-Дарасунский Тунгокоченского района Забайкальского края (рис. 1).

Это месторождение входит в состав крупного Дарасунского рудного поля и является составной частью Дарасун-Могочинской структурно-формационной зоны золото-молибденового пояса Забайкалья. Рудное поле занимает территорию около 60 км² и включает Дарасунское, Талатуйское золоторудные, Теремкинское золотосеребряное, Усть-Теремкинское серебряное месторождения и ряд рудопроявлений. Россыпная золотоносность бассейна рек Дарасун, Жарча и

других известна с середины XIX в. Упоминания о коренном золотом оруденении в Дарасунском рудном районе появляются с 1889 г. и дальнейшая история открытий, изучения и разработки жил с коренным золотом дана в работах [9; 10; 12; 13] и здесь не рассматривается.

Рудное поле сложено магматическими породами. Древний субстрат представлен нижнепалеозойскими метаморфизованными габброидами. Они прорваны и метаморфизованы среднепалеозойскими-раннемезозойскими, диоритами, гранодиоритами, гранитами, граносиенитами, сиенитами амананского интрузивного комплекса. Большинство исследователей оруденение связывается с субвулканическими образованиями амуджиканского комплекса средне-верхнеюрского возраста. Д. А. Тимофеевский, наиболее обстоятельно изучивший месторождение, полагает, что золотое оруденение связано с малыми интрузиями плагиогранит-порфиров [10].

Жильный комплекс, к которому принадлежит жила Женевская, развитый на Юго-Западном участке месторождения, приурочен к контактам контрастных по составу основных (метагаббро) и щелочно-кислых (граносиениты) пород. Эта серия жил включает Эповскую, Западную, Алмазную, Женевскую и др.

Жила Женевская была обнаружена 2 сентября 1985 г. в штреке 1-бис по жиле Эповской, которая выклинилась. Тонкий выход её замечен автором на горизонте 617 м в южной стенке на 165 м от его устья (40 м от забоя в 16 м от МТ-131). Этот выход её имел мощность 2–3 см и кальцит-кварц-пиритовый состав (образец 542/30). Содержание пирита, в виде кубических и кубооктаэдрических кристаллов в ней было около 70 %. Вмещающая

¹ Флейшер М. Словарь минеральных видов. – М.: Мир, 1990. – 206 с.; Back M. E. Fleisher's Glossary of Mineral Species. Tucson: Terra Publishing, 2014. – 420 p.

порода представлена интенсивно пиритизированным габбро-амфиболитом, пирит в которой представлен кристаллами кубического габитуса величиной до 0,2–1,0 мм при содержании до 15 % (образец 542а/30). Здесь же

на контакте интенсивно пиритизированных и хлоритизированных тонкозернистого микродиорита и габбро-амфиболита находилась тонкая жилка анкерит-пирит-арсенопиритового состава (образец 543/30).

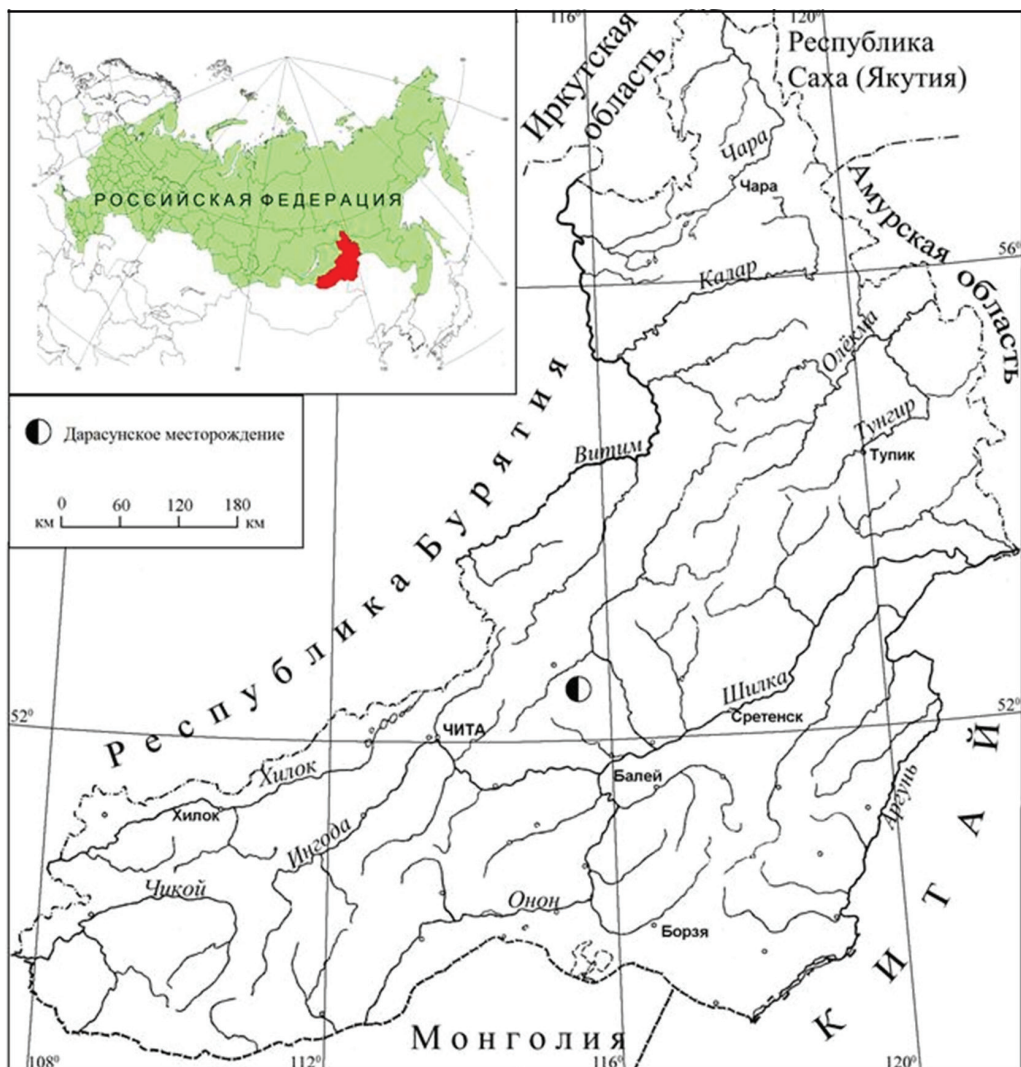


Рис. 1. Местоположение Дарасунского месторождения золота / Fig. 1. Location of the Darasun gold deposit

В связи с тем, что жила Эповская была потеряна и необходимо было обоснование для продолжения работ на горизонте 617 м, автор известил о находке главного геолога Дарасунской ГРЭ Б. П. Тупицына, а затем доложил об этом на заседании научно-технического совета экспедиции и высказал рекомендацию о целесообразности проходки горной выработки для вскрытия выявленной жилы и определения её промышленной значимости. Изучив состав и свойства кварца и сульфидов, которые по типоморфным и типогеохимическим признакам оказались поч-

ти идентичными для продуктивных частей жил Дарасунского месторождения, автор подтвердил правомерность выданной рекомендации. В период между 17 и 18 октября 1985 г. Б. П. Тупицын сообщил автору, что горными выработками, пройденными по его рекомендации, вскрыта и прослежена уже на 250 м золотоносная жила с максимальной мощностью до 50 см и высокими содержаниями золота. 22 октября 1985 г. автор вместе с Т. Н. Юргенсон приступил к её документации и отбору образцов методом минералогического картирования.

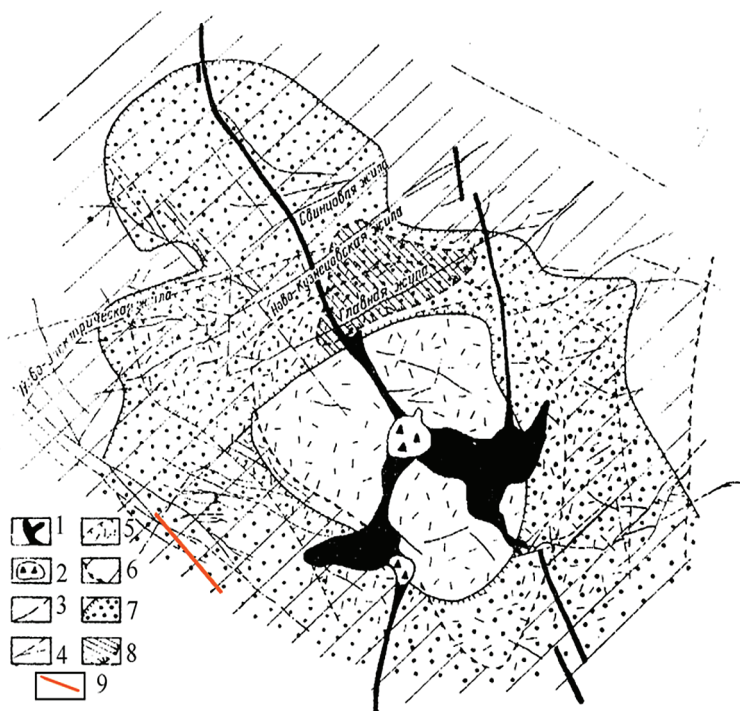


Рис. 2. Схема геологического строения Дарасунского месторождения. По [10]. 1 – плагиогранит-порфиры; 2 – брекчии взрыва; 3 – золотоносные кварц-сульфидные жилы; 4 – разрывные нарушения; контуры распространения минеральных ассоциаций: 5 – кварц-турмалиновой; 6 – пирит-арсенопиритовой; 7 – галенит-сфалеритовой; 8 – кварц-сульфоантимонитовой. 9 – жила Женевская. Штрихи контурных линий направлены в сторону развития минеральных ассоциаций / **Fig. 2.** Scheme of the Darasunskoye field. Geological structure. According to [10]. 1 – plagioclase-porphry; 2 – explosion breccia; 3 – gold-bearing quartz-sulfide veins; 4 – discontinuous violations; Contours of the distribution of mineral associations: 5 – quartz-tourmaline; 6 – pyrite-arsenopyrite; 7 – galena-sphalerite; 8 – quartz-sulfoantimonite. 9 – lived Geneva. The strokes of the contour lines are directed towards the development of mineral associations

Объект исследования – пильзенит-гессит-ютенбогардит-гессит-цумоит-золото-сфалерит-халькопирит-пиритовая минеральная ассоциация. **Предмет исследования** – химический состав и формы выделения ютенбогардитита. **Цель исследования** – определение минеральных форм золота в глубокозалегающей золото-кварц-сульфидной жиле. Основными **задачами исследования** являются: изучить формы, размеры и парагенетические ассоциации ютенбогардитита, а также его химический состав и стехиометричность.

Материал и методы исследования. Отбор проб производился по линиям сечения, располагавшимся примерно через 50 м в зависимости от характера изменчивости мощности жилы, вмещающих горных пород и интенсивности околожильных изменений. Привязка их определялась относительно маркшейдерских точек, обозначенных бирками, висящими на прочных нитях, закреплённых в кровле горной выработки. Положение их в пространстве известно.

В каждом сечении в направлении от висячего или лежащего бока жилы во вмещающих породах пробы отбирались по интервалам до 1 м от контакта с жилой через 1 м, затем в пределах метра от жилы через 0,5 м, затем следующие полметра через 25 см, затем отбирался целиком интервал приконтактной части горной породы шириной 10 см. Затем жильный материал отбирался сплошь, каждый обра-

зец нумеровался, и на нём чертилась стрелка указывающая направление отбора положение в жиле. По мере выхода из жилы расстояния между образцами изменялись в обратном порядке. Отбирались ориентированные в пространстве образцы жильного материала. Это делалось для того, чтобы можно было определить природу минеральной зональности и направление изменения свойств и состава минералов и минеральных агрегатов, и направления нарастания зон в рудном теле. Непосредственно в горной выработке производились зарисовки и краткие описания разрезов, а детальные описания в полевом дневнике выполнялись каждый вечер. Всего за пять дней опробовано пять разрезов в штреке длиной 250 м и отобрано 153 образца.

Из отобранных образцов приготовлены пробы для изучения химического состава количественным спектральным, пробирным и рентгеноспектральным анализами. Изучение минерального состава жильного материала и вмещающих горных пород выполнено в шлифах и аншлифах методами оптической и электронной микроскопии. Золото определено методом спектрозолотометрии и пробирным анализом. Изготовлено 28 аншлифов, изученных с помощью оптического поляризационного микроскопа AXIO ScopeA1. Из них 11 аншлифов изучены с целью подтверждения результатов электронно-зондовым методом на растровом электронном микроскопе LEO 1430 VP (ГИН СО РАН, г. Улан-Удэ,

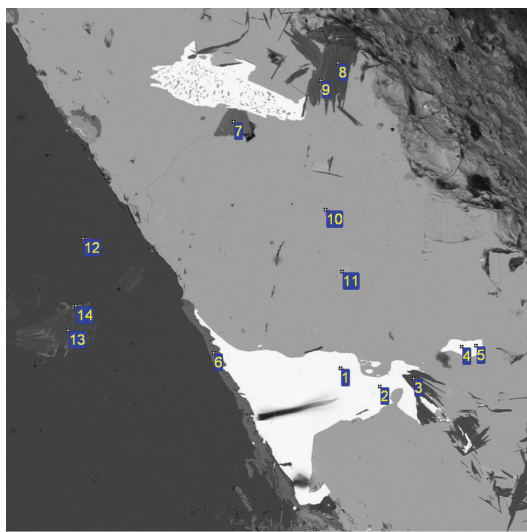
аналитики Е. В. Ходырева и Е. А. Хромова, руководитель лаборатории канд. техн. наук С. В. Канакин). В качестве эталонов использованы образцы самородного золота и серебра известного состава.

Результаты исследования. Особенности строения и состава фрагментов жилы изучены на образцах из наиболее мощной части жилы, где присутствуют редкие теллуриды.

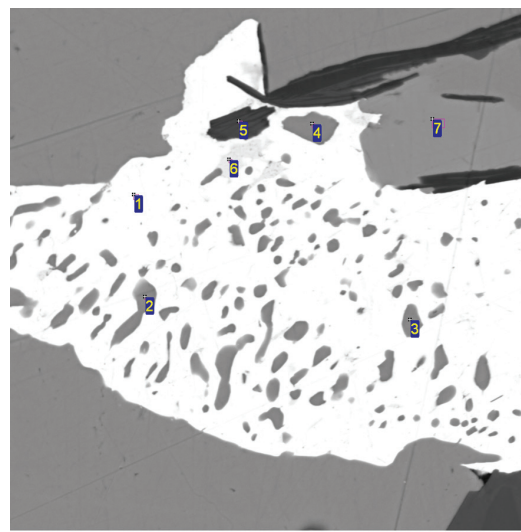
Фрагмент жилы на интервале 12–22 см от её контакта со стороны лежащего бока показан на рис. 3. Он сложен крупнозернистым агрегатом кварцево-сульфидного состава. Сульфиды представлены пиритом, арсенопиритом и халькопиритом. При этом содержание халькопирита достигает в отдельных участках до 30–80 %. Кварц массивный двух генераций. Одна сечётся сульфидами, а другая по тонким трещинам внедряется в них. Часть аншлифа на электронно-микроскопическом снимке представлена на рис. 4. Совершенно отчётливо видны включения золота в халькопирите в ассоциации с мусковитом и гидрослюдой. Особенностью этого участка жилы является фрагмент твёрдого раствора цумоит-халькопирит с избыточным серебром в виде гессита.



Рис. 3. Кварцево-сульфидный фрагмент жилы Женевской. Образец 581–30 / **Fig. 3.** Quartz-sulfide fragment of the Geneva vein. Sample 581–30



a)



b)

Рис. 4. Формы выделения и минеральные ассоциации ютенбогаардтита: а) ассоциация золота (1, 5) с цумоитом (2, 4) в халькопирит (10) – сфалеритовом (11) агрегате в сульфидно-кварц (12) – мусковит (3, 8, 13) – сидеритовой (14) части жилы; б) строение фрагмента крупного выделения цумоита (1), содержащего включения халькопирита (2–3) и гессита (6), образующих структуру распада твёрдого раствора в халькопирите (7), содержащих чешуи гидрослюды (5). Образец 581 -3 -1. Жила Женевская, горизонт 617 м, Дарасунское месторождение. Электронно-микроскопический снимок / **Fig. 4.** Forms of isolation and mineral associations of yutenbogaardtite: a) association of gold (1, 5) with sumoite (2, 4) in chalcopyrite (10) – sphalerite (11) aggregate in sulfide-quartz (12) – muscovite (3, 8, 13) – siderite (14) part of the vein; b) the structure of a fragment of a large separation of sumoite (1), containing inclusions of chalcopyrite (2–3) and hessite (6), forming the structure of the decomposition of a solid solution in chalcopyrite (7), containing scales of hydromica (5). Sample 581 -3 -1. Vein Genevskaya, horizon 617 m, Darasunskoye field. Electron microscopic image

Во фрагменте этого образца величиной 2,4×3,8 см в аншлифе обнаружена сложная минеральная ассоциация, состоящая из (в порядке убывания) халькопирита, пирита, кварца, сидерита, мусковита, эпидота, титанина, сфалерита, галенита, низкопробного золота, цумоита, гессита, ютенбогаардтита, пильзенита. Присутствуют также ближе не определённый сульфотеллурат висмута, серебра и железа с небольшой примесью мышьяка (3,62 S; 26,47 Te; 18,92 Ag; 13,18 Bi; 7,41 Fe; 0,65 As; 17,63O). Составы ютенбогаардтита даны в таблице.

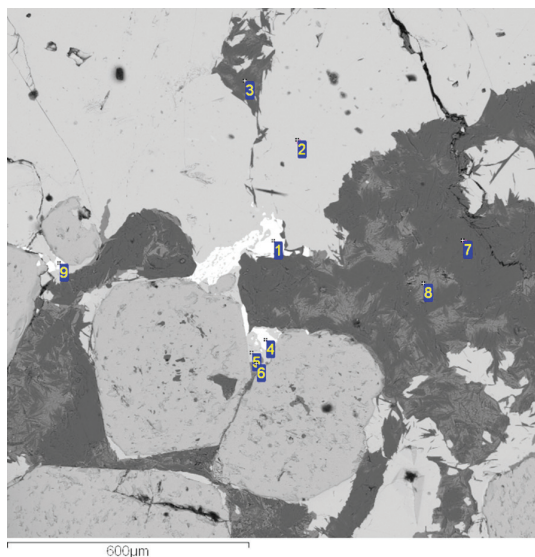
Электронно-микроскопический снимок фрагмента аншлифа 583A/30 приведен на рис. 5а, где линзообразный блок величиной 280 мкм образовался непосредственно в крупном зерне халькопирита (5) на контакте его с пиритом и ртутистым золотом (1), мусковитом и сидеритом (7,8). Золото (4) находится также на стыке мусковит-сидеритового агрегата с халькопиритом (6). На контакте пирита и халькопирита выделились также мелкие индивиды галенита (9). Детализация этого блока дана на рис. 5б. Видно его сложное строение. Верхняя правая часть его сложена золотом (7, 8) и ютенбогаардтитом (6), включающими участки халькопирита и контактирующими с мусковитом (12). Весь удлинённый

линзовидный блок сложен гесситом (1, 2), цумоитом (4), аномальным пильзенитом (3), халькопиритом (5, 9), железистым сфалеритом-марматитом (10) и относительно чистым пиритом (11).

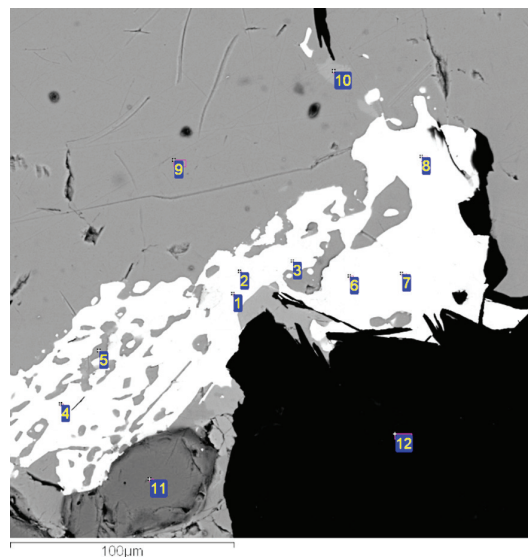
В подобных структурах распада твёрдых растворов, где наряду с золотом, гесситом и цумоитом в центральной части разреза по жиле Женевской в образце 583а/30 присутствует и ютенбогаардтит (рис. 5).



Рис. 5. Арсенопирит-халькопирит-сфалерит-пирит-кварцевый агрегат. Разрез жилы Женевской. 35–43 см от висячего бока. Образец 583А/30 / **Fig. 5.** Arsenopyrite-chalcopyrite-sphalerite-pyrite-quartz aggregate. Section of the vein of Genevskaya. 35–43 cm from the hanging side. Sample 583A/30



а)



б)

Рис. 6. Блок ютенбогаардтита с ассоциирующими минералами: а) галенит-золото-пирит (квадратные срезы кубических кристаллов в нижней части снимка)-халькопирит (2, 5, 6) – мусковит (7) – сидеритовый (8) агрегат; б) деталь рисунка 6а, где показан увеличенный блок, содержащий ютенбогаардтит и ассоциирующие с ним минералы. Пояснение в тексте. Образец 583а/30. Электронно-микроскопический снимок /

Fig. 6. Yutenbogaardtite block with associated minerals: a) galena-gold-pyrite (square sections of cubic crystals in the lower part of the picture) – chalcopyrite (2, 5, 6) – muscovite (7) – siderite (8) aggregate; b) detail of Figure 6a showing an enlarged block containing Yutenbogaardtite and associated minerals. Explanation in the text. Sample 583A/30. Electron microscopic image

В таблице приведены результаты анализа ютенбогаардтита из разных частей крупного образца, представляющего центральную часть жилы, где, в основном, развиты минеральные ассоциации второй и третьей генерации. Здесь он ассоциирует цумоитом, самородным золотом, отличающимся низкой пробностью. Наблюдаются переходы между ютенбогаардтитом и золотом, гесситом и ютенбогаардтитом и цумоитом. В тех местах, где ютенбогаардтит контактирует с золотом (рис. 7), по мере приближения к границе с включающим его индивидом золота в ютенбогаардтите возрастает его содержание от 33,58 до 41,36 %, а серебра уменьшается от 53,33 до 47,12 %. На этом рисунке видно, что на контакте золота с халькопиритом (8) находится включение галенита (6). Галенит в виде включения присутствует также в халькопирите (9). В сростании с халькопиритом (10) находится выделение цумоита (7) величиной около 25 мкм.

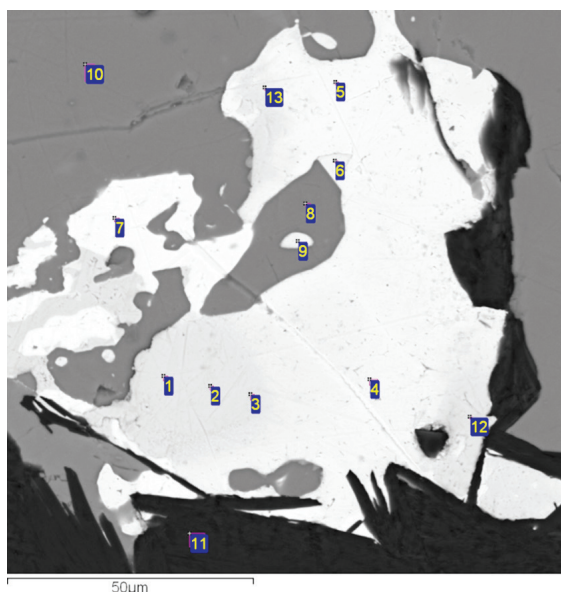


Рис. 7. Ютенбогаардтит (1–3) в индивиде золота (4, 5, 12, 13) в халькопирит (10)-мусковитовом (11) агрегате. Дальнейшее объяснение в тексте. Образец 583а/30. Жила Женевская. Электронно-микроскопический снимок / **Fig. 7.** Yutenbogaardtite (1–3) in an individual of gold (4, 5, 12, 13) in chalcopyrite (10)-muscovite (11) aggregate. Further explanation in the text. Sample 583a/30. Genevskaya vein. Electron microscopic image

Как видно из таблицы, соотношение золота и серебра в ютенбогаардтите варьируется в широких пределах и чётко прослеживается его нестехиометричность, типичная для него, обусловленная тем, что он постоянно

находится в теснейшей ассоциации с низкопробным самородным золотом. Содержание золота и серебра в выделениях самородного золота в этой ассоциации непостоянно и изменяется для золота от (мас. %) 43,48 до 70,67, а серебра от 23,48 до 42,18 при соотношении серебра к золоту, соответственно, от 0,33 до 0,96. Это означает, что самородного золота, как такового, в ассоциации с ютенбогаардтитом очень мало, и оно представлено, преимущественно, электрумом. Тем не менее, расчёты соотношения средних содержаний серебра и золота в жиле Женевской, показали, что в руде серебро преобладает над золотом в 2,13 раз. А, исходя из анализа формул ютенбогаардтита, представленных в таблице, видно, что во всех случаях в нём недостаток серебра, не компенсирующийся даже примесью меди. При этом в большей части измеренных его индивидов золото преобладает и лишь в одном случае соответствует формуле. Другой особенностью ютенбогаардтита жилы Женевской является избыток серы, не компенсирующийся катионной частью химического состава.

Это видно из анализа данных таблицы: содержания элементов в изученных индивидах ютенбогаардтита составляют для Ag 42,97–53,57; Au 33,78 – 44,62; S 11,28 – 13,61; Cu 0,65 – 1,14. Среднее содержание элементов: Ag 49,35; Au 37,74; S 12,43; Cu 0,664. Теоретическое содержание должно быть Ag 58,46; Au 32,02; S 9,52. Таким образом, налицо недостаток серебра и избыток золота и серы.

Ютенбогаардтит ассоциируется не только с электрумом, но и сопровождается теллуридами, среди которых наиболее развиты гессит и цумоит. Особенностью последнего, как и электрума, частью ютенбогаардтита, а также ассоциирующими с ним вольтинскита, пильзенита и эмпрессита, является присутствие меди, что обусловлено высокими содержаниями её в руде. Наряду с обилием халькопирита присутствует и свинцово-висмутовая сульфосоли ларозит $(\text{Cu,Ag})_{21}(\text{Pb,Bi})_2\text{S}_{13}$ ¹.

Относительно широкое развитие теллуридов в ассоциации с золотом, серебром и висмутом подтверждается корреляционной кривой зависимости содержаний золота и теллура (рис. 8) и тенденцией к корреляции содержаний золота и теллура в жильном материале.

¹ Флейшер М. Словарь минеральных видов. – М.: Мир, 1990. – 206 с.; Malcolm E. Back. Fleisher's Glossary of Mineral Species. – Tucson: Terra Publishing, 2014. – 420 p.

Химический состав ютенбогардита / The chemical composition of yutenbogaardtite

Номер образца / Sample Number	Элемент и его содержание, мас. % / The element and its contents, mass. %				Сумма, % / Total, %	Формула / Formula
	S	Cu	Ag	Au		
583a/30-1	13,96	0,74	52,48	38,52	105,69	$(Ag_{2,59}Cu_{0,06})_{2,65}Au_{1,04}S_{2,3}$
Нормированный / Normalized	13,21	0,7	49,63	36,44	100	
Ф. к. / F. c.*	2,31	0,06	2,59	1,04	6	
583a/30-2	13,09	0,85	53,61	34,46	102,01	$(Ag_{2,73}Cu_{0,07})_{2,8}Au_{0,96}S_{2,24}$
Нормированный / Normalized	12,83	0,83	52,55	33,78	100	
Ф. к. / F. c.	2,24	0,07	2,73	0,96	6	
583a/30-3	10,94	0,62	46,47	37,02	95,05	$(Ag_{2,67}Cu_{0,06})_{2,73}Au_{1,16}S_{2,11}$
Нормированный / Normalized	11,51	0,65	48,89	38,95	100	
Ф. к. / F. c.	2,11	0,06	2,67	1,16	6	
583a/30-4	12,64		53,33	33,58	99,55	$Ag_{2,8}Au_{0,97}S_{2,23}$
Нормированный / Normalized	12,7		53,57	33,73		
Ф. к. / F. c.	2,23		2,8	0,97	6	
583a/30-5	13,68		51,17	35,63	100,49	$Ag_{2,63}Au_{1,00}S_{2,37}$
Нормированный / Normalized	13,61		50,93	35,46	100	
Ф. к. / F. c.	2,37		2,63	1	6	
583a/30-6	11,92		47,12	41,36	100,4	$(Ag_{2,57}Cu_{0,06})_{2,63}Au_{1,24}S_{2,19}$
Нормированный / Normalized	11,87		46,93	41,2	100	
Ф. к. / F. c.	2,19		2,57	1,24	6	
583a/30-7	11,07	1,12	42,18	43,8	98,17	$(Ag_{2,4}Cu_{0,12})_{2,52}Au_{1,38}S_{2,1}$
Нормированный / Normalized	11,28	1,14	42,97	44,62	100	
Ф. к. / F. c.	0,35	0,02	0,4	0,23		

Примечание: Ф. к. формульный коэффициент
Note: F. c. – Formula coefficient

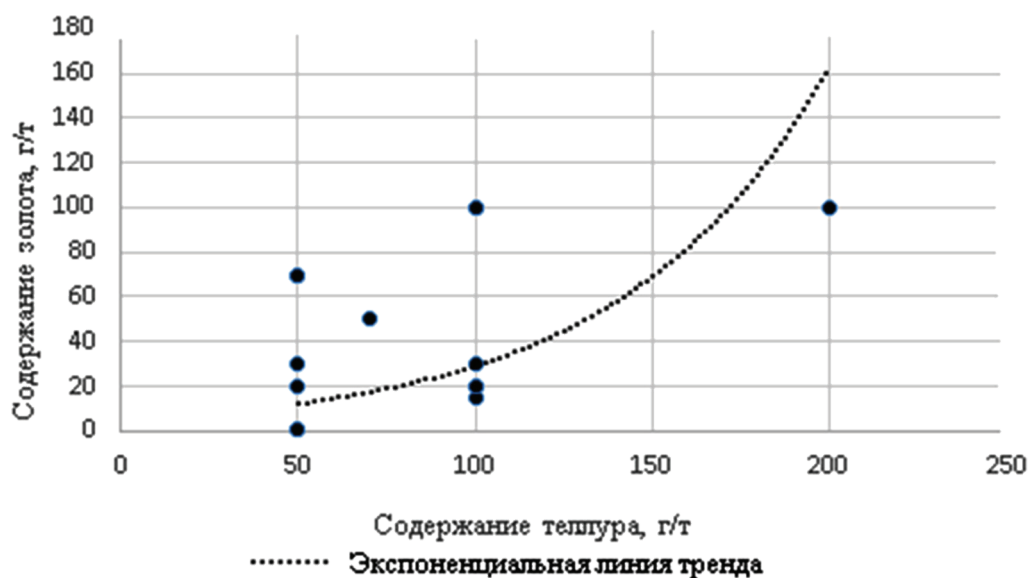


Рис. 8. Экспоненциальная линия тренда статистической характеристики концентраций золота и теллура, в жиле Женеvской. Содержания даны в г/т. Расчёт выполнен Е. В. Мироновой / **Fig. 8.** Exponential trend line of the statistical characteristics of the concentrations of gold and tellurium, in the vein Genevskaya. The contents are given in g/t. The calculation was made by E. V. Mironova

Выводы. Впервые в жиле Женевская Дарасунского месторождения золота выявлен относительно редкий сульфид золота и серебра ютенбогаардит, описанный в Забайкалье, в верхнем горизонте Первой рудной зоны Тасеевского золотосеребряного месторождения.

Ютенбогаардит находится в тесной ассоциации с халькопиритом и низкопробным самородным золотом, преимущественно электрумом, теллуридами (цумоит, гессит, вольтинскит, эмпрессит, пильзенит), а также

пиритом, сфалеритом и галенитом. Жильные минералы представлены кварцем, сидеритом и мусковитом. Особенностью химического состава ютенбогаардита является нестехиометричность, выражающаяся в недостатке серебра, частью, золота и избытке серы. Она обусловлена, вероятно, особенностями состава раствора-расплава, выражающимися в неоднородности Au–Ag–S твёрдого раствора, содержащего в качестве примесей Cu, Te, Bi, отображённого в тесном парагенезисе с халькопиритом и теллуридами.

Список литературы

1. Багаева А. А., Гавриш А. В., Карманов А. С., Пальянова А. С., Петрушков Г. А., Проскурин В. Ф. Первая находка ютенбогаардита на Таймыре (рудопоявление Конечное) // Доклады Академии наук. 2011. Т. 441, № 4. С. 527–531.
2. Брадинская Е. М., Ущাপовская З. Ф., Баранкевич В. Г., Фомина В. А. Новая находка ютенбогаардита в СССР // Доклад АН СССР. 1990. Т. 310, № 1. С. 183–188.
3. Громова Е. И., Завьялова Л. Л., Глотов А. М. Находки редко встречающихся минералов золота в рудах месторождения Зармитан (Чармитан) Западного Узбекистана // Записки Узбекского отделения ВМО. 1978. № 2. С. 38–40.
4. Конеев Р. И., Гертман Ю. Л., Умаров А. З. Типоморфизм микропарагенезисов – новый подход к поискам и оценке обогатимости золотосеребряного оруденения // Обогащение руд. 2003. № 1. С. 27–32.
5. Литвиненко И. С., Шилина Л. А. Мальдонит, ютенбогаардит и разновидности самородного золота из рудных проявлений Нижне-Мякитского рудно-россыпного узла (Северо-Восток России) // Записки Российского минералогического общества. 2020. № 3. С. 18–37.
6. Пальянова Г. А., Кох К. А., Сереткин Ю. В. Образование сульфидов золота и серебра в системе Au–Ag–S // Геология и геофизика. 2011. Т. 52, № 4. С. 568–576.
7. Проскурин В. Ф., Пальянова Г. А., Карманов Н. С., Багаева А. А., Гавриш А. В., Петрушков Б. С. Первая находка ютенбогаардита на Таймыре (рудопоявление Конечное) // Доклады АН СССР. 2011. Т. 441, № 4. С. 527–531.
8. Савва Н. Е., Пальянова Г. А. Генезис сульфидов золота и серебра на месторождении Улахан (Северо-Восток России) // Геология и геофизика. 2007. Т. 48, № 10. С. 1028–1042.
9. Спиридонов А. М., Зорина Л. Д., Китаев Н. А. Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья. Новосибирск: ГЕО, 2006. 291 с.
10. Тимофеевский Д. А. Геология и минералогия Дарасунского золоторудного района. М.: Недра, 1972. 260 с.
11. Юргенсон Г. А. Первые данные о ютенбогаардите в руде Тасеевского золотосеребряного месторождения в Восточном Забайкалье (Россия) // Вестник Забайкальского государственного университета, 2022. Т. 28, № 6. С. 26–36. DOI: 10.21209/2227-9245-2022-28-6-26-36.
12. Юргенсон Г. А., Юргенсон Т. Н. Дарасунское рудное поле // Месторождения Забайкалья: в 2 т. Чита; М.: Геоинформмарк, 1995. Т. 1. С. 3–18.
13. Barton M. D., Kieft C., Burke E. A. J., Oen I. S. Uytенbogaardtite, a new silver-gold sulfide // Canadian Miner. 1978. Vol. 16. P. 651–657.
14. Barton P. B. The Ag–Au–S system // Economy, Geology. 1980. Vol. 75. P. 303–316.
15. Castor S. B., Sjöberg J. J. Uytенbogaardtite, Ag₃AuS₂, in the Bullford mining district, Nevada // Canadian Mineralogy. 1993. Vol. 31. P. 89–98.
16. Greffie C., Bailly L., Milesi J.-P. Supergene alteration of primary ore assemblages from low-sulfidation Au–Ag epithermal deposits of Pongkor, Indonesia, and Nazareno, Peru // Economy, Geology. 2002. Vol. 97, no. 3. P. 561–571.
17. Pavlova G., Gushchina L., Borisenko A., Palyanova G. Forming conditions for Au–Sb and Ag–Sb ore according to thermodynamic modeling data // J. Mater. Sci. 2006. Vol. 41. P. 6055–6064.
18. Pekov I. V. Minerals first discovered on the territory of the Soviet Union. М.: ОП, 1998. 369 p.
19. Warmada I. W., Lehmann B., Simandjuntak M. Polimetalliferous sulfides and sulfosalts of the Pongkor epithermal gold-silver deposit, West Java, Indonesia // Canadian Mineralogy. 2003. Vol. 41, no. 1. P. 185–200.

References

1. Bagaeva A. A., Gavrish A. V., Karmanov A. S., Palyanova A. S., Petrushkov G. A., Proskurin V. F. The first discovery of yutenbogaardtite on Taimyr (the Final ore occurrence. Reports of the Academy of Sciences, vol. 441, no. 4, pp. 527–531, 2011. (In Rus.).

2. Bradinskaya E. M., Uschapovskaya Z. F., Barankevich V. G., Fomina V. A. New discovery of yutenbogaardtite in the USSR. Reports of the Academy of Sciences USSR, vol. 310, no. 1. pp. 183–188, 1990. (In Rus.).
3. Gromova E. I., Zavyalova L. L., Glotov A. M. Finds of rare gold minerals in the ores of the deposit Zarmitan (Charmitan). Notes of the Uzbekistan Branch of the All-Union Mineralogical Society, no. 2, pp. 38–40, 1978. (In Rus.).
4. Koneev R. I., Gertman Yu. L., Umarov A. Z. Typomorphism of microparageneses – a new approach to the search and evaluation of the enrichment of gold-silver mineralization. Enrichment of ore, no. 1, pp. 27–32, 2003. (In Rus.).
5. Litvinenko I. S., Shilina L. A. Maldonite, yutenbogaardtite and varieties of native gold from ore manifestations of the Nizhne-Myakitskoye ore-placer node (North-East of Russia). Notes of the Russian Mineralogical Society, no. 3, pp. 18–37, 2020. (In Rus.).
6. Palyanova G. A., Kokh K. A., Seretkin Y. V. Formation of gold and silver sulfides in the Au–Ag–S system. Geology, Geophysics, vol. 52, no. 4, pp. 568–576, 2011. (In Rus.).
7. Proskurin V. F., Palyanova G. A., Karmanov N. S., Bagaeva A. A., Gavrish A. V., Petrushkov B. S. The first discovery of yutenbogaardtite on the Taimyr (Final ore occurrence). Reports of the Academy of Sciences USSR, vol. 441, no. 4, pp. 527–531, 2011. (In Rus.).
8. Savva N. E., Palyanova G. A. Genesis of gold and silver sulfides at the Ulakhan deposit (North-East of Russia). Geology, Geophysics, vol. 48, no. 10, pp. 1028–1042, 2007. (In Rus.).
9. Spiridonov A. M., Zorina L. D., Kitaev N. A. Gold-bearing ore-magmatic systems Transbaikalia. Novosibirsk: GEO, 2006. (In Rus.).
10. Timofeevsky D. A. Geology and mineralogy of the Darasun gold ore region. M.: Nedra, 1972. (In Rus.).
11. Yurgenson G. A. The first data on uytenbogaardtite in the ore of the Taseevsky gold and silver deposit in Eastern Transbaikalia (Russia). Bulletin of Transbaikalian State University, vol. 28, no. 6, pp. 26–36, 2022. DOI: 10.2109/2227-9245-2022-28-6-26-36. (In Rus.).
12. Yurgenson G. A., Yurgenson T. N. Darasunskoye ore field. Deposits of Transbaikalia. Vol. 1. Book 2. Chita; Moscow: Geoinformmark, 1995. pp. 3–18. (In Rus.).
13. Barton M. D., Kieft C., Burke E. A. J., Oen I. S. Uytenbogaardtite, a new silver-gold sulfide. Canadian Mineralogy, vol. 16, pp. 651–657, 1978. (In Eng.).
14. Barton P. B. The Ag–Au–S system. Economy, Geology, vol. 75, pp. 303–316, 1980. (In Eng.).
15. Castor S. B., Sjoberg J. J. Uytenbogaardtite, Ag₃AuS₂, in the Bullford mining district, Nevada. Canadian Mineralogy, vol. 31, pp. 89–98, 1993. (In Eng.).
16. Greffie C., Bailly L., Milesi J.-P. Supergene alteration of primary ore assemblages from low-sulfidation Au-Ag epithermal deposits of Pongkor, Indonesia, and Nazareno, Peru. Economy, Geology, vol. 97, no. 3, pp. 61–571, 2002. (In Eng.).
17. Pavlova G., Gushchina L., Borisenko A., Palyanova G. Forming conditions for Au-Sb and Ag-Sb ore according to thermodynamic modeling data. J. Mater. Sci, vol. 41, pp. 6055–6064, 2006. (In Eng.).
18. Pekov I. V. Minerals first discovered on the territory of the Soviet Union. Moscow: OP, 1998. (In Eng.).

Информация об авторе

Юргенсон Георгий Александрович, д-р геол.-минерал. наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия; yurgga@mail.ru. Область научных интересов: минералогия, геохимия, геология рудных месторождений, рудогенез, геммология, технологическая минералогия, биогеохимия, археология.

Information about the author

Yurgenson Georgy A., doctor of geological-mineralogical sciences, professor, chief researcher, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia; yurgga@mail.ru. Research interests: mineralogy, geochemistry, geology of ore deposits, ore genesis, gemology, technological mineralogy, biogeochemistry and archeology.

Для цитирования

Юргенсон Г. А. О новой находке ютенбогаардтита в Забайкалье // Вестник Забайкальского государственного университета. 2023. Т. 29, № 4. С. 44–53. DOI: 10.2109/2227-9245-2023-29-4-44-53.

For citation

Yurgenson G. A. About a new find of yutenbogaardtite in Transbaikalia // Transbaikalian State University Journal. 2023. Vol. 29, no. 4. P. 44–53. DOI: 10.2109/2227-9245-2023-29-4-44-53.