

Научная статья

УДК 553.411'495:551.243(470.22)

doi:10.52349/0869-7892_2026_106_93-107

**Золото-урановое оруденение
Лехтинской раннепротерозойской структуры
(Восточная Карелия)****А. А. Петрова[✉], Е. Н. Афанасьева**

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия,
anastasiya_petrova@karpinskyinstitute.ru[✉]

Ключевые слова: Балтийский щит, золотоносные конгломераты, предпосылки, признаки золото-уранового оруденения, геолого-поисковые модели

Для цитирования: Петрова А. А., Афанасьева Е. Н. Золото-урановое оруденение Лехтинской раннепротерозойской структуры (Восточная Карелия) // Региональная геология и металлогения. 2026. Т. 33, № 2. С. 93–107. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2026_106_93-107

Original article

UDC 553.411'495:551.243(470.22)

doi:10.52349/0869-7892_2026_106_93-107

**Gold-uranium mineralization
of the Early Proterozoic Lekhta Structure
(East Karelia)****A. A. Petrova[✉], E. N. Afanaseva**

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,
Saint Petersburg, Russia,
anastasiya_petrova@karpinskyinstitute.ru[✉]

Abstract. The paper reviews geological aspects of the Lekhta Structure (East Karelia) and characterizes the gold-uranium mineralization objects localized within the Sariolian conglomerates of the Zheleznnye Vorota Formation (Zheleznnye Vorota, Nigalma, Kala-Lampi, Lobash-Ruchey, and Varozero) and the Jatulian conglomerates and gritstones (Rigovaraka, Borovaraka, and Kichu-Lampi). Both gold and uranium mineralization were concluded to be formed within single ore-forming systems. The paper outlines the gold-uranium mineralization prerequisites and features



Keywords: the Baltic Shield, gold-bearing conglomerates, prerequisites, gold-uranium mineralization features, geological exploration models

For citation: Petrova A. A., Afanaseva E. N. (2026). Gold-uranium mineralization of the Early Proterozoic Lekhta Structure (East Karelia). *Regional Geology and Metallogeny*, 33(2), 93–107. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2026_106_93-107

(structural, lithological, hydrothermal-metasomatic, and geochemical), which can be considered as elements of geological exploration models used to identify gold ore objects in other Early Proterozoic structures of the Karelian–Kola region. The gold-uranium mineralization referred to the “gold-bearing conglomerate” formation was likely to be developed under Svecofennian tectonic-magmatic activation conditions which resulted in remobilizing, redepositing, and centralizing primary gold within strata prospective for gold and uranium. The author gives recommendations for further study of the Lekhta Structure gold potential, including those for identifying the zones of tectonic and hydrothermal-metasomatic alterations that control the gold-uranium object distribution, as well as for clarifying relationship between and sequence of gold and uranium mineralization.

ВВЕДЕНИЕ

Результаты работ по оценке перспектив промышленной золотоносности архейских зеленокаменных поясов и других перспективных на золото обстановок Карелии (Афанасьева и др., 1998¹) показали, что на долю протерозойских структур приходится лишь третья часть прогнозных ресурсов по сравнению с лопийскими зеленокаменными поясами. Этот факт, казалось бы, снижает ресурсный потенциал протерозойских структур, однако он, скорее, свидетельствует о недостаточной степени их изученности, что требует постановки работ, в том числе по оценке рудоносности структурно-вещественных обстановок, связанных с толщами докембрийских потенциально золотоносных конгломератов.

Золоторудные объекты Карелии, относимые к золоторудной формации в кварцевых конгломератах и гравелитах, на протяжении многих лет являлись единственным предметом исследований на золото (Негруца, 1967²; Негруца и др., 1979³). Долгое время это была самая многочисленная группа, объединяющая большое число рудопроявлений, локализованных в конгломерат-песчаниковых отложениях раннепротерозойских прогибов. По мнению ряда исследователей, сочетание золотого (золото-уранового) оруденения с конгломератами является в определенной мере случайным явлением, которому не следует придавать универсального значения (Щеглов, 1994а). Если это так, то понятие формации «золотоносных конгломератов» теряет свой первоначальный смысл и не может служить руководящим при проведении поисковых работ на золото. Становится более ясным, почему во многих регионах мира месторождения золота в конгломератах невелики по масштабам и почему поиски золота в докембрийских конгломератах на территории Карелии окончились безрезультатно (Щеглов, 1994а, 1994б).

В результате работ последних лет по изучению рудных объектов этого формационного типа стало ясно, что большинство из них, размещаясь среди кварцево-галечных конгломератов и гравелитов, связаны с наложенными тектоническими и гидротермально-метасоматическими процессами, приводящими к перераспределению и концентрации первичного рудного вещества (Щеглов, 1994а).

При оценке перспектив Лехтинской структуры на золото и уран исследователи выделяли в качестве основных для изучения золоторудные

(Хохлозеро, Колгевара, Пайозеро) и уранорудные (Чуруж, Кюбарайне) объекты (Липнер и др., 1986⁴; Шкворов, 1959⁵). В различных раннепротерозойских структурах Балтийского щита (Куусамо, Панакуола-ярвинская и др.) известно большое число урановых объектов, в которых с урановой минерализацией связаны различные по масштабу рудные концентрации золота, что позволяет рассматривать их в качестве золото-урановых (Афанасьева и др., 2024). Это в значительной мере относится и к Лехтинской структуре.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу статьи положены результаты тематических, прогнозных, прогнозно-металлогенических и поисковых работ, проведенных ранее в пределах Лехтинской структуры геологами различных организаций, в том числе авторами статьи. Материалом для исследования послужили опубликованные и фондовые научные работы, отчеты геологосъемочных и поисковых партий, а также картографические материалы, составленные для изучаемой территории. Методология исследования базируется на комплексном анализе и систематизации имеющихся данных, включает сравнительный анализ, обобщение сведений о проявлениях минерализации и их пространственной локализации, а также комплексное изучение карт и схем для выявления закономерностей размещения рудоносных объектов.

¹ Афанасьева Е. Н., Савицкий А. В., Михайлов В. А., Щеглов А. Д., Богданов Ю. В., Пинский Э. М., Липнер А. А. Отчет по составлению прогнозно-металлогенической карты золотоносности Республики Карелия масштаба 1 : 500 000 с врезками масштаба 1 : 200 000 – 1 : 50 000 // ФГУ «СЗРФИ». 1998.

² Негруца В. З. Стратиграфия и литогенез среднепротерозойских образований Карелии в связи с проблемой металлоносных конгломератов : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Л., 1967. 28 с.

³ Негруца В. З., Иванов Н. М., Мурадымов Г. Ш. Отчет по теме «Изучение нерешенных вопросов геологического строения и металлогении докембрия Карелии и Финляндии» // Фонды СЗПРО. 1979.

⁴ Липнер А. А., Савицкий А. В., Зайцев В. С., Афанасьева Е. Н., Володченко Л. К., Воеводова Г. П., Каленич А. П., Беляев В. Т. Отчет по теме «Прогнозирование промышленных типов уранового оруденения в Лехтинско-Шомбозерском блоке и смежных районах (Центральная Карелия) на основе составления прогнозно-металлогенической карты масштаба 1 : 200 000». 1986.

⁵ Шкворов В. А. Отчет о поисковых работах на уран Кварцитовая партии № 22, проведенных в Центральной Карелии в 1958 г. // Фонды НПО, 1959.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Лехтинская раннепротерозойская структура (рис. 1) представляет собой прогиб, выполненный раннепротерозойскими неравномерно дислоцированными и слабометаморфизованными вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями сумийского, сариолийского и ятулийского надгоризонтов, которые залегают со структурными и стратиграфическими несогласиями на сложно-дислоцированных и глубоко метаморфизованных породах архея (Афанасьева и др., 1999). Структура входит в состав Восточно-Карельской минералогической зоны, представляющей собой краевую, мобильно-проницаемую зону Карельского кратона, расположенную на его стыке с Беломорским подвижным поясом и характеризующуюся неоднородной проявленностью метаморфо-метасоматических и магматических преобразований. Это нашло отражение в максимальной концентрации в ее пределах месторождений различных полезных ископаемых, в том числе золота и урана (Афанасьева и др., 2022).

При рассмотрении модельных обстановок формирования золотого и золото-уранового оруденения, локализованного в раннепротерозойских осадочных и вулканогенно-осадочных образованиях, за эталонные объекты условно можно принять рудопоявления, размещающиеся в пределах перспективных на золото участков восточной части Лехтинской структуры (рис. 1). Условный характер такого выбора объясняется отсутствием месторождений, локализованных в раннепротерозойских образованиях. За эталонные объекты принимаются рудопоявления, которые сами нередко требуют доизучения. С одной стороны, данный подход можно считать ошибочным, поскольку он не ориентирует поиски на обнаружение объектов более высоких рангов. Но с другой стороны, такой выбор оправдан, так как в процессе оценки перспектив рудоносности структуры становятся очевидными задачи и проблемы, требующие решения в ходе дальнейших исследований.

ОБСУЖДЕНИЕ

Начиная с середины 1950-х гг. интерес геологов был ориентирован на изучение кварцевых конгломератов, которые на протяжении длительного времени рассматривались в качестве основных источников золота на территории Карело-Кольского региона (Миролюбова и др., 1960¹; Шкворов, 1959²).

По положению в разрезе выделяются два стратиграфических уровня развития конгломератов: сариолийский (полимиктовые конгломераты в основании разреза сариолия и пиритсодержащие кварцевые конгломераты в верхах разреза железноротинской свиты — «железноворотинские конгломераты») и ятулийский (магнетит-гематитовые конгломераты, гравелиты и песчаники средней части разреза янгозерской свиты) (Негруца и др., 1979³; Ушков и др., 1982⁴; Шкворов, 1959²). Характерная особенность проявлений, связанных с этими типами

конгломератов, заключается в пространственной совмещенности золота и урана, что и послужило основанием для отнесения их к золото-урановым объектам формации «золотоносных конгломератов».

Золото-урановое оруденение в конгломератах железноротинской свиты. Рудные объекты данного типа размещаются в пределах юго-западного борта Лехтинской структуры и локализируются на восточном крыле Железноворотинской антиклинали, осложненной складками более высоких порядков, многочисленными продольными разрывными нарушениями субмеридионального и северо-западного простирания, выраженными зонами брекчирования, катаклаза и тектонического расщепления (рис. 2, 3).

С полимиктовыми конгломератами основания разреза железноротинской свиты сариолия связаны такие проявления, как Железные Ворота-1, Нигалма и др.; с конгломератами верхней части разреза свиты — проявления Железные Ворота-2, Лобаш-ручей и др.

Наиболее изученным из золото-урановых объектов данного типа является рудопоявление *Железные Ворота*, которое можно рассматривать в качестве эталонного для данного типа оруденения (рис. 3, 4).

В соответствии с картой закономерностей размещения полезных ископаемых С. Н. Юдина и др.⁵, рудные концентрации, локализующиеся в конгломератовой толще, расположенной в основании железноротинской свиты сариолия и несогласно залегающей на вулканитах кислого состава сумия, отнесены к рудопоявлению Железные Ворота-1, а размещающиеся в кварцевых конгломератах верхней части разреза сариолия — к рудопоявлению Железные Ворота-2 (рис. 2).

Полимиктовые конгломераты базального горизонта, залегающие непосредственно на кислых вулканитах сумия, образуют пласт мощностью до 6 м, прослеженный по простиранию на десятки метров. Он сложен угловатыми и округлыми обломками кварца, туфов кислых вулканитов, альбитофира размером до 5–10 см, заключенными в кварц-хлорит-серицитомом цементе с включениями голубого опаловидного кварца и пирита (Шустов и др., 1965⁶). Полимиктовые конгломераты вскрыты скважинами на глубину до 200 м.

¹ Миролюбова З. П., Шкворов В. А. Отчет Кварцитовый партии № 22 о поисковых работах на уран в пределах КАССР в 1959–60 гг. Фонды НПО. 1960.

² Шкворов В. А. Отчет о поисковых работах на уран Кварцитовый партии № 22, проведенных в 1958 г. // Фонды НПО. 1959.

³ Негруца В. З., Иванов Н. М., Мурадымов Г. Ш. Отчет по теме «Изучение нерешенных вопросов геологического строения и металлогении докембрия Карелии и Финляндии» // Фонды СЗПРО. 1979.

⁴ Ушков В. В., Шибко В. С. Отчет о результатах ревизионных работ по оценке перспектив золотоносности зеленокаменных толщ протерозоя Карелии // Фонды СЗПРО. 1982.

⁵ Юдин С. Н., Леонтьев А. Г., Шукин О. Н. Отчет по групповой геологической съемке, геологическому доизучению площадей масштаба 1 : 50 000 и оценке перспектив золотоносности Лехтинской структуры и ее обрамления в Беломорском и Кемском районах КАССР, проведенных Лехтинским отрядом в 1975–1980 гг. 1980.

⁶ Шустов Б. Н., Негруца Т. Ф., Миролюбова З. П. Отчет по теме «Закономерности распределения золота в протерозойских осадочно-метаморфогенных образованиях Карелии», 1964–1965 гг. // Фонды НПО. 1965.

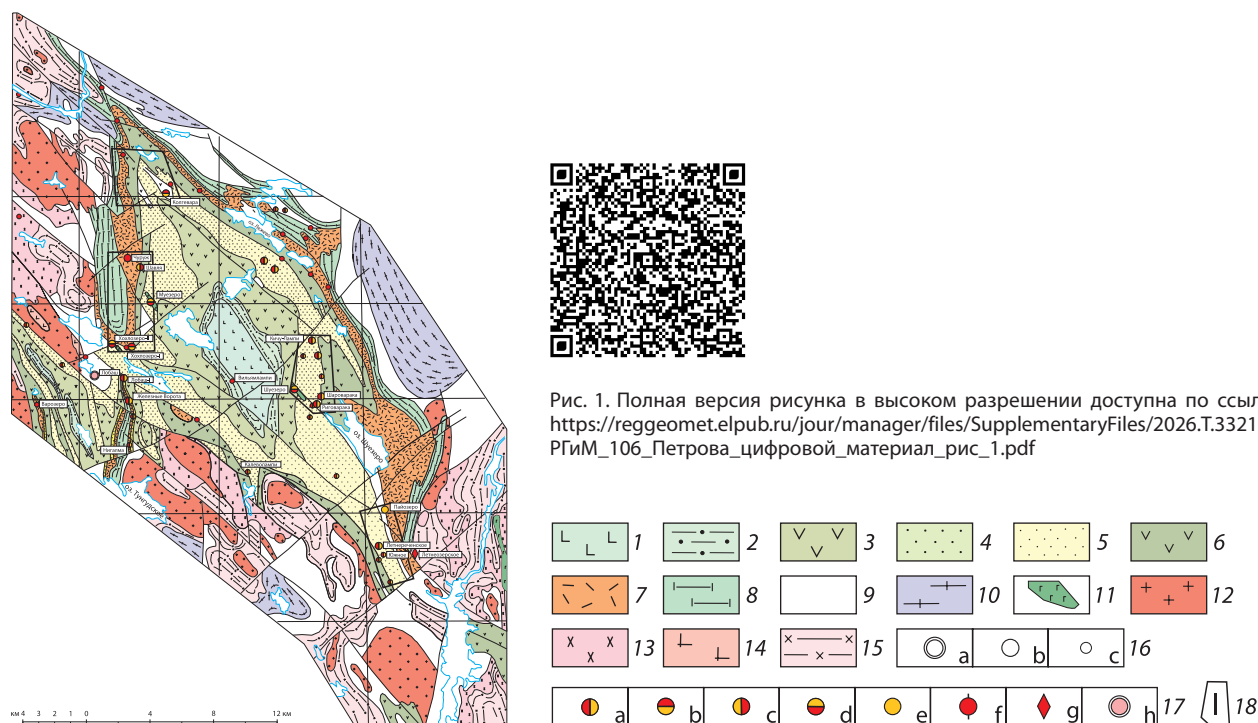


Рис. 1. Лехтинская структура. Схема геологического строения с контурами перспективных участков

1–10 — осадочные, вулканогенно-осадочные и метаморфические образования: **1–5** — ятулийский надгоризонт: **1** — метабаза, агломеративные туфы черноваракской свиты, **2** — метаалевролиты, метааргиллиты, метапесчаники, доломиты, доломитовые брекчии вильямламбинской свиты, **3** — метадиабазы, диабазовые порфиры, миндалекаменные метадиабазы, шаровые лавы, туфолавы, метатuffs основного состава юлязерской свиты, **4** — метапесчаники аркозовые, кварцито-песчаники, доломиты, алевролиты, пестроцветные аргиллиты, конгломераты летнеозерской свиты, **5** — метапесчаники, кварцито-песчаники, гравелиты, кварцевые конгломераты окуневской свиты; **6** — сариолийский надгоризонт: метадиабазы, метамандельштейны, туфобрекчии, туфоконгломераты, туфолавы, туфопесчаники, туфоалевролиты ватулминской свиты; **7, 8** — сумийский надгоризонт: **7** — кварцевые порфиры, кератофиры и их туфы, туфобрекчии, туфоконгломератобрекчии кислого состава, **8** — туфобрекчии, туфолавы, амфиболиты амфиболовые, биотит-амфиболовые сланцы, амфиболиты тунгудской свиты; **9** — метадиабазы амфиболитизированные, пара- и ортоамфиболиты, амфиболовые, гранат-амфиболовые, гранат-биотитовые гнейсы и сланцы пезозерской серии лопия; **10** — биотитовые, амфибол-биотитовые, гранат-биотитовые гнейсы, амфиболиты беломорской серии; **11–15** — интрузивные и ультраметаморфические образования: **11** — диабазы, габбро-диабазы; **12** — граниты микроклиновые, плагиомикроклиновые порфировидные, лейкократовые, аплиты ватулминско-варбинского комплекса; **13** — диориты, гранодиориты, кварцевые диориты, гранодиорит-порфиры, кварцевые порфиры надвоицкого комплекса; **14** — плагиограниты, плагиогранито-гнейсы, плагиомигматиты; **15** — гнейсо-граниты, мигматит-граниты; **16, 17** — рудные объекты: **16** — размер рудных объектов: месторождения (a), рудопроявления (b), проявления (c); **17** — тип рудных объектов: золото-урановые в кварцевых конгломератах и гравелитах (a), золото-урановые в вулканитах среднего состава сариолия (b), золото-урановые в кислых вулканитах сумия (c), золото-урановые в интрузиях основного состава (d), золоторудные в вулканитах кислого состава (e), урановые в кислых вулканитах сумия (f), урановые в кварц-полевошпатовых метасоматитах и пегматитах (g), молибденовые в метавулканитах основного и среднего состава лопия (h); **18** — перспективные площади и их номера: Колгевара (I), Хохлозеро (II), Риговарака (III), Пайозеро (IV)

Fig. 1. Lekhta Structure. Geological structure diagram with promising area outlines

1–10 — sedimentary, volcanogenic-sedimentary, and metamorphic formations: **1–5** — Jatulian superhorizon: **1** — Chernaya Varakka Formation metabasalt, agglomerate tuffs; **2** — Viljamlampi Formation metasiltstone, metaargillite, metasandstone, dolomite, dolomitic breccia; **3** — Julyaozero Formation mafic metadiabase, diabase porphyrite, amygdaloidal metadiabase, pillow lava, tuff lava, and metatuffs; **4** — Letneye Ozero Formation arkose metasandstone, quartzite-sandstone, dolomite, siltstone, variegated argillite, conglomerates; **5** — Okunevo Formation metasandstone, quartzite-sandstone, gritstone, quartz conglomerates; **6** — Sariolian superhorizon: Vatulma Formation metadiabase, metamandelstein, tuff breccia, tuffaceous conglomerates, tuff lava, tuffaceous sandstone, tuffaceous siltstone; **7, 8** — Sumian superhorizon: **7** — felsic quartz porphyry, keratophyry and their tuffs, tuff breccia, tuffaceous conglomerate breccia; **8** — Tunguda Formation tuff breccia, tuff lava, amphibole amphibolite, biotite-amphibolite shale, amphibolite; **9** — amphibolized metadiabase, para- and orthoamphibolite, amphibole, garnet-amphibole, garnet-biotite gneiss and shale of the Lopian Pebozero series; **10** — biotite, amphibole-biotite, garnet-biotite gneiss, amphibolite of the Belomorian series; **11–15** — intrusive and ultrametamorphic formations: **11** — diabase, gabbro-diabase; **12** — microcline granite, plagiomicrocline porphyrocratic, leucocratic, aplite of the Vatulma-Varbinskoye complex; **13** — diorite, granodiorite, quartz diorite, granodiorite porphyry, quartz porphyry of the Nadvoitsy complex; **14** — plagiogranite, plagiogranite-gneiss, plagiomigmatite; **15** — gneiss-granite, migmatite-granite; **16, 17** — ore objects: **16** — size of ore objects: deposits (a), ore occurrences (b), occurrences (c); **17** — type of ore objects: gold-uranium in quartz conglomerates and gritstone (a), gold-uranium in the Sariolian intermediate volcanite (b), gold-uranium in the Sumian acid volcanite (c), gold-uranium in mafic intrusions (d), gold-ore in felsic volcanites (e), uranium in the Sumian acid volcanite (f), uranium in quartz-feldspar metasomatite and pegmatite (g), molybdenum in the Lopian mafic and intermediate metavolcanite (h); **18** — promising areas and their numbers: Kolgevara (I), Khokhlozero (II), Rigovaraka (III), Payozero (IV)



Рис. 2. Полная версия рисунка в высоком разрешении доступна по ссылке:
https://reggeomet.elpub.ru/jour/manager/files/SupplementaryFiles/2026.T332106/РГМ_106_Петрова_цифровой_материал_рис_2.pdf

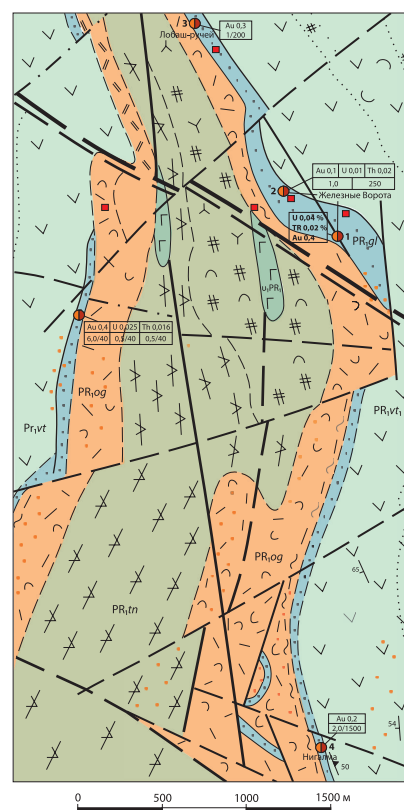
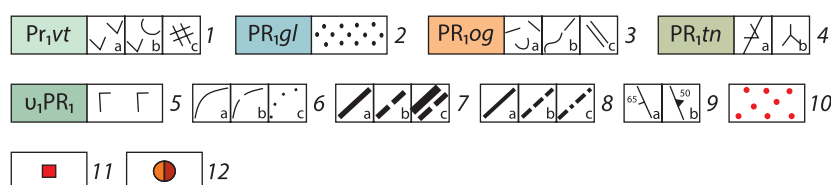


Рис. 2. Схема геологического строения Железноворотинской антиклинали с положением золото-урановых объектов

1–4 — вулканогенно-осадочные образования: **1, 2** — сариолийская серия: **1** — нижневатулминская подсвита: эффузивы среднего состава (метадиабазы, мандельштейны) (a), туфобрекчии среднего состава (b), включения сидерита (c), **2** — железноротинская свита: полимиктовые конгломераты и песчаники с туфогенно-осадочным цементом кислого состава, кварциты, кварцито-песчаники, гравелиты с прослоями мономиктных пиритизированных кварцевых конгломератов; **3, 4** — сумийская серия: **3** — ожийярвинская свита: туфы кислого состава (a), графитсодержащие сланцы (b), эффузивы кислого состава (альбитофиры) (c), **4** — тунгудская свита: зеленосланцевые нерасчлененные толщи (a), тонкослоистые туффиты (b); **5** — интрузивные образования: габбро, габбро-амфиболиты нижнего протерозоя; **6** — геологические границы: установленные в коренных выходах горных пород (a), установленные по данным дешифрования аэрофотоснимков (b), установленные по данным геофизики (c); **7, 8** — разрывные нарушения: **7** — главные: установленные в коренных выходах горных пород (a), установленные по данным дешифрования аэро- и космоснимков (b), разломы, ограничивающие блоки горных пород (c), **8** — второстепенные: установленные в коренных выходах горных пород (a), установленные по данным дешифрования (b), установленные по данным геофизики (c); **9** — структурные элементы: сланцеватость (a), слоистость (b); **10, 11** — гидротермально-метасоматические изменения: **10** — окварцевание, **11** — сульфидизация (пирит, халькопирит); **12** — рудные объекты: проявления золота, урана (1 — Железные Ворота-1, 2 — Железные Ворота-2, 3 — Лобаш-ручей, 4 — Нигалма)

Источник: по Юдину и др. (1980)*

Fig. 2. Geological structure diagram of the Zheleznye Vorota anticline with the gold-uranium object locations

1–4 — volcanogenic-sedimentary formations: **1, 2** — Sariolian series: **1** — Lower Vatulma Subformation: intermediate effusive rocks (metadiabase, mandelstein) (a), intermediate tuff breccia (b), siderite inclusions (c); **2** — Zheleznye Vorota Formation: polymictic conglomerates and sandstone with felsic tuffaceous-sedimentary cement; quartzite, quartzite-sandstone, gritstone with interlayers of monomict pyritized quartz conglomerates; **3, 4** — Sumian series: **3** — Ozhijarvi Formation: felsic tuffs (a), graphite-bearing schist (b), felsic effusive rocks: albitophyre (c), **4** — Tunguda Formation: greenschist undifferentiated strata (a), thin-layered tuffite (b); **5** — intrusive formations: Lower Proterozoic gabbro, gabbro-amphibolite; **6** — geological boundaries: established in the bedrock outcrops (a), established according to interpretation of aerial photographs (b), established according to geophysics (c); **7, 8** — faults: **7** — main: established in the bedrock outcrops (a), established according to interpretation of aerial and satellite images (b), faults confining rock blocks (c); **8** — secondary: established in the bedrock outcrops (a), established according to interpretation data (b), established according to geophysics (c); **9** — structural elements: schistosity (a), stratification (b); **10, 11** — hydrothermal-metasomatic alterations: **10** — silicification, **11** — sulfidization (pyrite, chalcopyrite); **12** — ore objects: gold, uranium occurrences (1 — Zheleznye Vorota-1, 2 — Zheleznye Vorota-2, 3 — Lobash-Ruchey; 4 — Nigalma)

Source: from Yudin et al. (1980)**

* Юдин С. Н., Леонтьев А. Г., Шукин О. Н. Отчет по групповой геологической съемке, геологическому доизучению площадей масштаба 1 : 50 000 и оценке перспектив золотоносности Лехтинской структуры и ее обрамления в Беломорском и Кемском районах КАССР, проведенных Лехтинским отрядом в 1975–1980 гг. 1980.

** Yudin S. N., Leontev A. G., Shchukin O. N. (1980). Report on the multiple-sheet geological mapping and additional site appraisal (scale of 1 : 50,000), as well as on the estimation of gold mineralization potential of the Lekhta Structure and its adjacent areas in Belomorsky and Kemsy districts of the Karelian Autonomous Soviet Socialist Republic, all conducted by the Lekhta team in 1975–1980.

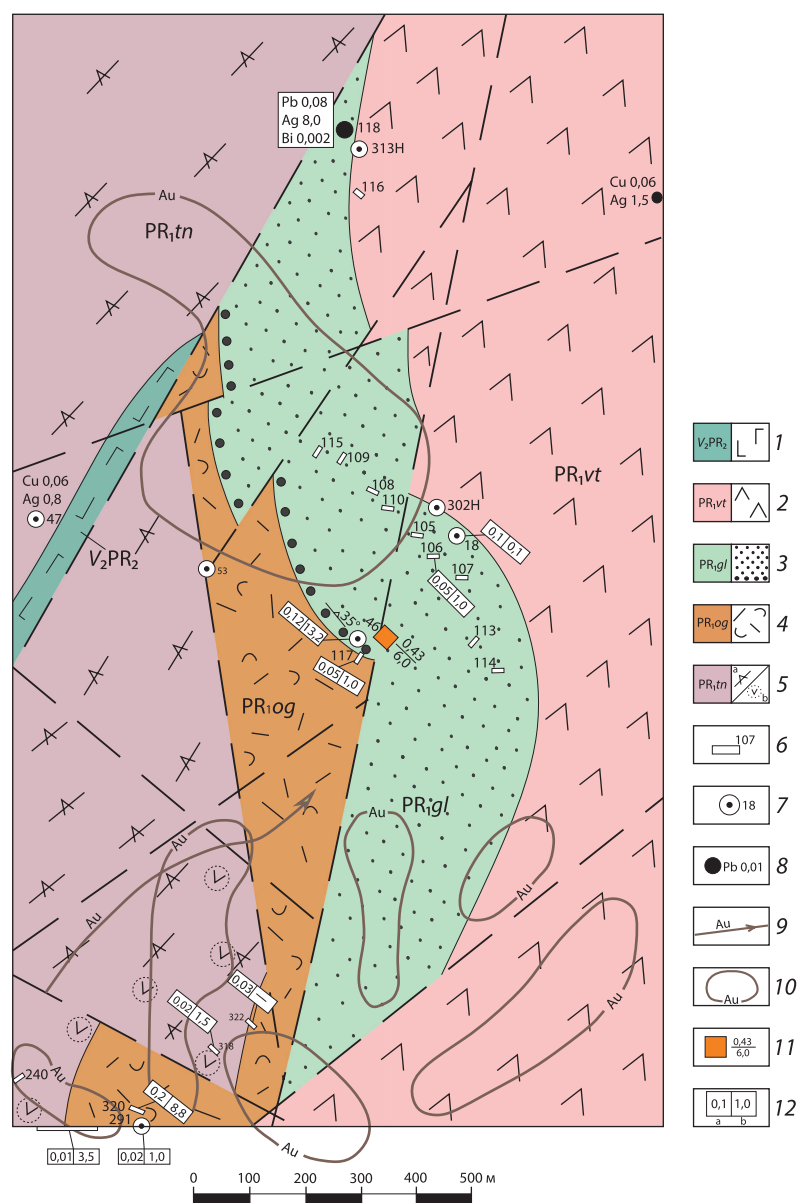


Рис. 3. Схема геологического строения участка рудопроявления Железные Ворота

1 — габбро-диабазы; 2 — ватулминская свита, нижняя подсвита: метавулканыты среднего–основного состава; 3 — железнорвотинская свита: кварцевые песчаники, гравелиты, конгломераты в основании с пиритсодержащим цементом; 4 — ожиярвинская свита: туфы кислого состава; 5 — тунгудская свита: зеленые сланцы по метавулканитам основного состава (а), с шаровой отдельностью (b); 6 — канавы; 7 — скважины; 8 — точечные литохимические аномалии; 9 — потоки рассеяния золота; 10 — вторичные ореолы рассеяния золота; 11 — рудопроявление Железные Ворота (с содержанием золота (г/т) в числителе и интервалом опробования (м) в знаменателе); 12 — содержание золота (г/т): по минералогическому анализу (а), длина интервала опробования (м) (b)

Источник: по Леонтьеву (1997)*

Fig. 3. Geological structure diagram of the Zheleznyye Vorota ore occurrence site

1 — gabbro-diorite; 2 — Vatulma Formation, lower subformation: intermediate–mafic metavolcanite; 3 — Zheleznyye Vorota Formation: quartz sandstone, gritstone, conglomerates at the base with pyrite-bearing cement; 4 — Ozhijarvi Formation: felsic tuffs; 5 — Tungudskaya Formation: greenschist after mafic metavolcanite (a), with spheroidal jointing (b); 6 — trenches; 7 — boreholes; 8 — point lithochemical anomalies; 9 — gold dispersion flows; 10 — gold dispersion secondary halos; 11 — Zheleznyye Vorota ore occurrence (with gold concentration (ppm) in the numerator and sampling interval (m) in the denominator); 12 — gold concentration (ppm): according to mineralogical analysis (a), sampling interval length (m) (b)

Source: from Leontev (1997)**

* Леонтьев А. Г. Отчет по теме «Составление Регистрационной карты золотоносности Республики Карелия масштаба 1 : 500 000 с кадастрами месторождений, рудопроявлений, пунктов минерализации и площадных геохимических аномалий (участков), перспективных на золото». 1997.

** Leontev A. G. (1997). Report on the topic "Compilation of Gold Mineralization Map of Karelia at a scale of 1 : 500,000, indicating cadastres of deposits, ore occurrences, mineralization points, and areal geochemical anomalies (sites) prospective for gold".

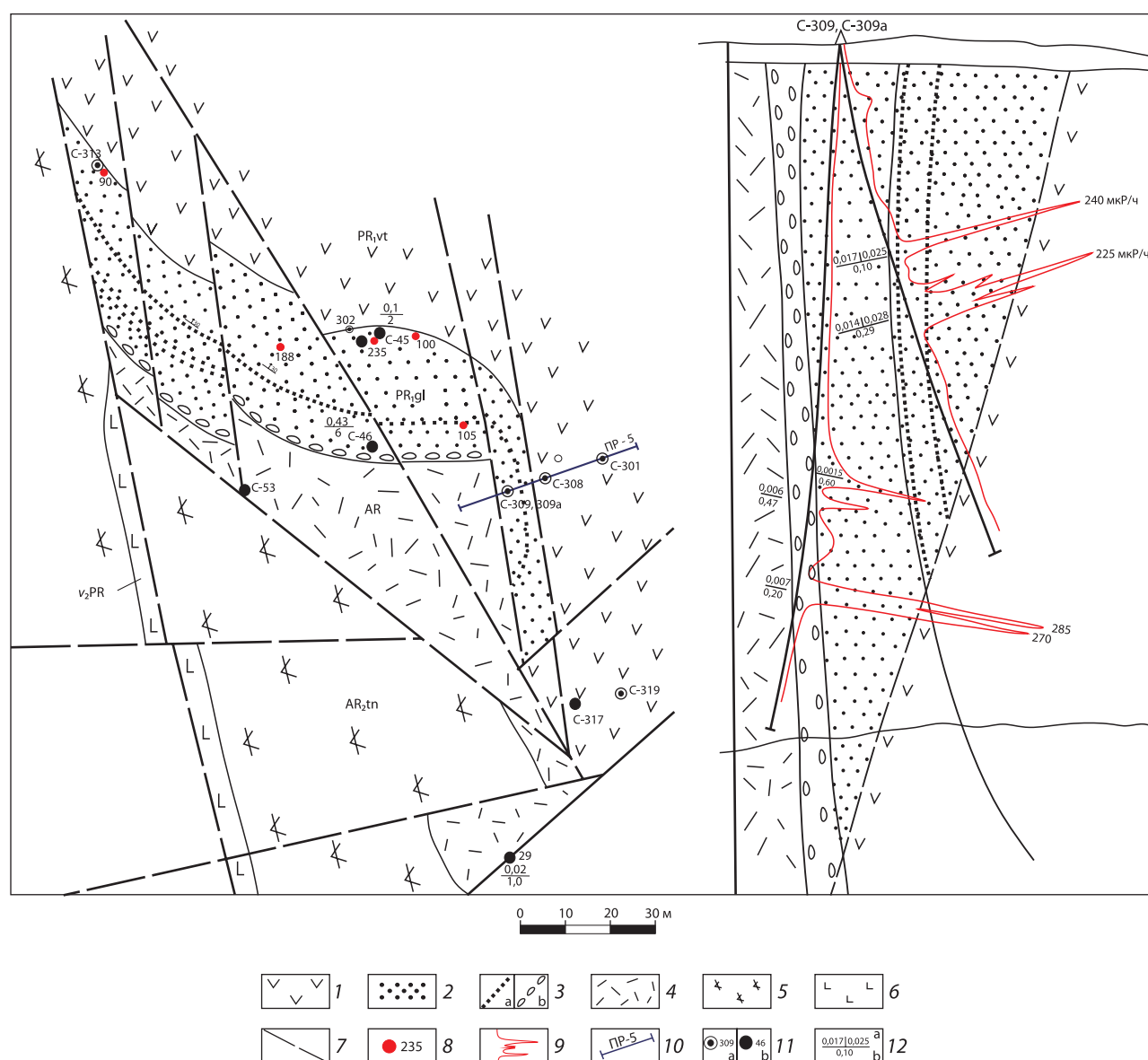


Рис. 4. Схема геологического строения рудопоявления Железные Ворота и геологический разрез по профилю 5

1 — диабазы; 2 — кварцито-песчаники; 3 — конгломераты кварцевые (а), полимиктовые (b); 4 — сланцы по кислым эффузивам и туфам; 5 — зеленые сланцы и метавулканы основного и среднего состава; 6 — габбро-амфиболиты; 7 — разрывные нарушения; 8 — радиометрические аномалии; 9 — график гамма-каротажа по скважинам и значения радиоактивности; 10 — буровой профиль ПР-5; 11 — скважины: пробуренные Невским производственным геологическим объединением в 1962 г. (а), пробуренные Северо-Западным производственным геологическим объединением в 1978–1979 гг. (b); 12 — содержание золота (диапазон содержаний) (г/т) (а), длина интервала опробования (м) (b)

Источник: по Шустову (1965)*

Fig. 4. Geological structure diagram of the Zheleznye Vorota ore occurrence with a geological section along profile 5

1 — diabase; 2 — quartzite-sandstone; 3 — conglomerates: quartz (a), polymictic (b); 4 — shale after acid effusive rocks and tuffs; 5 — mafic and intermediate greenschist and metavolcanite; 6 — gabbro-amphibolite; 7 — faults; 8 — radiometric anomalies; 9 — gamma-ray logging graph for boreholes with radioactivity values; 10 — drilling profile PR-5; 11 — boreholes: drilled by the North-West Production Geological Association in 1978–1979 (b); 12 — gold concentration (concentration range) (ppm) (a), sampling interval length (m) (b)

Source: from Shustov (1965)**

* Шустов Б. Н., Негруца Т. Ф., Миролюбова З. П. Отчет по теме «Закономерности распределения золота в протерозойских осадочно-метаморфогенных образованиях Карелии», 1964–1965 гг. // Фонды НПО. 1965.

** Shustov B. N., Negrutza T. F., Mirolubova Z. P. (1965). Report on the topic "Gold distribution patterns in the Karelian Proterozoic sedimentary-metamorphogenetic formations", 1964–1965. Research and Production Geological Association Archives.

Рудная минерализация представлена пиритом, пирротинном. Второстепенные минералы — мартит, гематит, халькопирит, молибденит, сфалерит, магнетит, ильменит. В рудных телах отмечается присутствие самородного золота, уранинита. Рудная минерализация наблюдается в виде вкрапленности в цементе конгломератов, а также прожилков, секущих цемент и обломки. Наиболее богатое оруденение приурочено к участкам проявления процессов пиритизации. Состав рудной минерализации и характер ее распределения свидетельствуют скорее о гидротермальном генезисе оруденения, чем об осадочном (Шустов и др., 1965¹).

Содержания золота в базальном горизонте полимиктовых конгломератов по результатам анализа керновых проб из скважин составили 0,2–2 г/т (скв. 302) до 0,43 г/т на 6 м (скв. 46) (рис. 4) (Леонтьев, 1997²; Шустов, 1964³). Максимальное содержание золота коррелируется с повышенными содержаниями урана (до 0,043 %), тория (до 0,24 %), мышьяка (до 0,03 %), свинца, висмута, цинка (Юдин и др., 1980⁴).

Кварцевые конгломераты, залегающие в верхней части разреза железнорудной свиты, состоят из пластов и линз мощностью от 0,6 до 0,9 м, прослеженные на 400 м по простиранию. Конгломераты мелко-среднезернистые, мономиктовые, с кварц-серицитовым цементом и обильной пиритовой вкрапленностью, составляющей до 10–15 % от объема породы; пирит входит в состав цемента конгломератов, а также образует цепочки вдоль плоскостей расщепления. Второстепенные минералы представлены мартитом, ильменитом, гематитом, магнетитом, реже — молибденитом, халькопиритом, сфалеритом, торитом, самородным висмутом.

Золото встречается в самородном виде и в виде дендритовидных образований. Основным урановым минералом является уранинит; отмечается браннерит в виде отдельных кристаллов, нарастающих на зерна титаната урана. Вторичные урановые минералы — урановые черни и силикаты урана. Содержания золота достигают 0,1–3,4 г/т (до 6 г/т), урана — 0,005–0,018 % (до 0,062 %), тория — 0,015–0,02 % (Леонтьев, 1997²).

Полимиктовые и кварцевые конгломераты характеризуются аномалиями гамма-активности: до 270–285 мкР/ч и 225–240 мкР/ч соответственно (рис. 4).

Работы, сопровождаемые бурением и проходкой канав, которые были проведены в 1960-е гг. ГП «Невскеология», позволили выявить в пределах рудопроявления Железные Ворота пересечения с высокими и аномальными содержаниями урана. Необходимым представляется переопробование этих интервалов для определения содержаний в них золота. Это позволит установить параметры золото-уранового оруденения, связанного с «железноворотинскими конгломератами».

В пределах Железнорудной антиклинальной размещаются также проявления *Нигалма*, *Калеволампи*, *Лобаш-ручей* и др. Они локализованы в кварцевых и полимиктовых конгломератах железнорудной свиты сариолия, обогащенных пиритом, халькопиритом и пирротинном. Для пород также характерны повышенные значения

радиоактивности (например, на проявлении Лобаш-ручей — до 512 мкР/ч) (Миролюбова и др., 1960⁵; Шустов и др., 1965¹).

Содержания золота, по данным разных исследований, составляют: для рудопроявления Нигалма — от 1 до 3 г/т (Шустов и др., 1964³), урана — 5,4–31,5 г/т, тория — 26,1–96,0 г/т (Леонтьев, 1997²); для рудопроявления Калеволампи — золота — 0,1–1,3 г/т, урана — 0,00024 %, тория — 0,0018 % (Леонтьев, 1997²); для проявления Лобаш-ручей — золота — от 0,2–0,3 до 3 г/т (штучные пробы: Войтович и др., 1971⁶) и 0,6–1 г/т (в двух бороздовых пробах: Шустов и др., 1964³), урана — 0,0071 %, тория — 0,019 % (Леонтьев, 1997²).

К золото-урановым объектам рассматриваемого типа относится проявление Варозеро, которое также представляет прогнозный интерес для выявления золоторудных концентраций. Оно располагается к западу от Лехтинской структуры, на юго-восточном берегу одноименного озера, и локализуется в юго-восточном борту узкой приразломной Компаковской синклинали (рис. 5). Синклиналь имеет северо-западное простирание и осложнена субмеридиональными разрывными нарушениями. Оруденение приурочено к кварцевым конгломератам конгломерат-гравелит-песчаниковой толщи железнорудной свиты и к полимиктовым конгломератам нижней части разреза (по аналогии с рудопроявлением Железные Ворота). Линзы конгломератов и гравелитов слагают рудоносную зону протяженностью до 100–150 м при мощности 2,5–3,0 м. Для рудоносной зоны характерны повышенные значения радиоактивности — до 200 мкР/ч. В ее пределах интенсивно проявлены процессы пиритизации, гематитизации и окварцевания.

Оруденение имеет вкрапленный характер; рудная минерализация представлена пиритом, уранинитом, браннеритом. Содержания золота достигают 0,2 г/т на мощность 0,6 м, урана — 0,005–0,038 %, тория — 0,005–0,015 % на 0,6 м; отмечаются повышенные содержания серебра, мышьяка, висмута, свинца, молибдена и кобальта.

¹ Шустов Б. Н., Негруца Т. Ф., Миролюбова З. П. Отчет по теме «Закономерности распределения золота в протерозойских осадочно-метаморфогенных образованиях Карелии», 1964–1965 гг. // Фонды НПО. 1965.

² Леонтьев А. Г. Отчет по теме «Составление Регистрационной карты золотоносности Республики Карелия масштаба 1 : 500 000 с кадастрами месторождений, рудопроявлений, пунктов минерализации и площадных геохимических аномалий (участков), перспективных на золото». 1997.

³ Шустов Б. Н., Негруца В. З., Янык В. и др. Отчет Кварцитово-вой партии № 22 о поисковых и тематических работах, проведенных на территории Лехтинской структуры Карелии в 1963 г. // Фонды НПО. 1964.

⁴ Юдин С. Н., Леонтьев А. Г., Щукин О. Н. Отчет по групповой геологической съемке, геологическому доизучению площадей масштаба 1 : 50 000 и оценке перспектив золотоносности Лехтинской структуры и ее обрамления в Беломорском и Кемском районах КАСР, проведенных Лехтинским отрядом в 1975–1980 гг. 1980.

⁵ Миролюбова З. П., Шкворов В. А. Отчет Кварцитово-вой партии № 22 о поисковых работах на уран в пределах КАСР в 1959–60 гг. Фонды НПО. 1960.

⁶ Войтович В. С., Егорова И. Н., Степнов Э. П. и др. Отчет по теме 91-2/7(11) (В.18.1.7) «Изучение золотоносности докембрийских конгломератов Карельской АССР и Мурманской области». 1971.

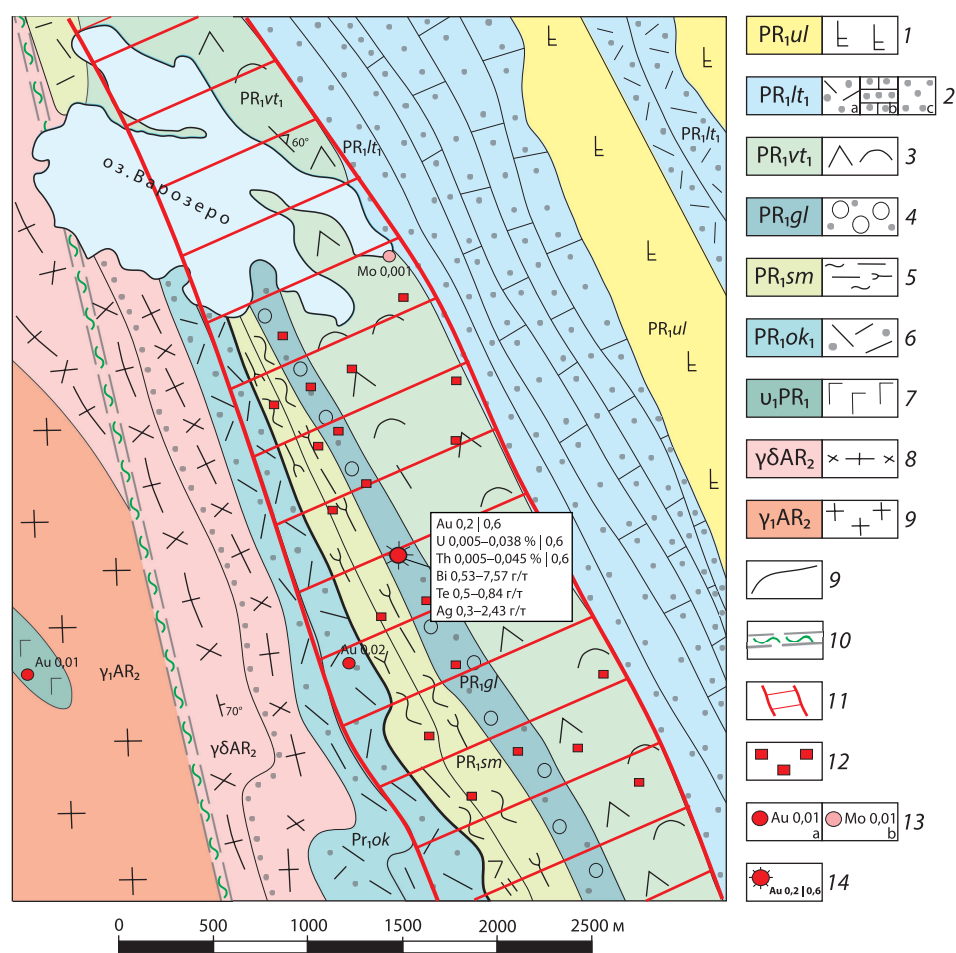


Рис. 5. Схема геологического строения золото-уранового проявления Варозеро

1–6 — вулканогенно-осадочные образования: 1 — юляозерская серия: порфировидные диабазы, диабазовые порфиры, 2 — летнеозерская серия нерасчлененная: аркозовые песчаники, гравелиты с гальками гранитов (а), мелкозернистые песчаники с карбонатным цементом (b), мономиктовые и олигомиктовые кварцевые песчаники, гравелиты, конгломераты (с), 3 — ватулминская свита: туфы, туфобрекции основного–среднего состава, 4 — железноротинская свита: полимиктовые конгломераты, 5 — сумийский надгоризонт (нерасчлененный): кварц-серицитовые, хлоритовые, серицит-хлоритовые, кварц-карбонат-хлоритовые сланцы с реликтовыми структурами и текстурами основных и кислых вулканитов, 6 — окуневская свита: кварцевые песчаники, гравелиты, конгломераты, косослоистые, часто аркозы; 7–9 — интрузивные образования: 7 — нижнепротерозойские интрузии: габбро, габброамфиболиты, 8, 9 — ранние верхнеархейские интрузии: 8 — гранодиорит-порфиры, граниты порфировидные (алеситовые), 9 — граниты плагио-микроклиновые средне-крупнозернистые; 10 — литологические границы установленные; 11 — зоны катаклаза пород; 12 — зона гидротермально-метасоматических преобразований; 13 — зоны сульфидизации (пирит, халькопирит); 14 — аномалии золота (а), молибдена (b) в коренных породах (г/т); 15 — проявление Варозеро (с содержанием золота 0,2 г/т на интервал 1 м)

Источник: по Юдину и др. (1980)*

Fig. 5. Geological structure diagram of the Varozero gold-uranium occurrence

1–6 — volcanogenic-sedimentary formations: 1 — Yulyaozero series: porphyreous diabase, diabase porphyrite, 2 — Letneye Ozero series, undifferentiated: arkose sandstone, gritstone with granite pebbles (a), fine-grained sandstone with carbonate cement (b), monomictic and oligomictic quartz sandstone, gritstone, conglomerates (c), 3 — Vatulma Formation: mafic-intermediate tuffs, tuff breccia, 4 — Zheleznye Vorota Formation: polymictic conglomerates, 5 — Sumian superhorizon, undifferentiated: quartz-sericite, chlorite, sericite-chlorite, quartz-carbonate-chlorite shale with relict structures and textures of basic and acidic volcanites, 6 — Okunevo Formation: quartz sandstone, gritstone, conglomerates, cross-bedded, often arcose; 7–9 — intrusive formations: 7 — Lower Proterozoic intrusions: gabbro, gabbro-amphibolite, 8, 9 — Early Upper Archean intrusions: 8 — granodiorite-porphyry, porphyreous (alaskite) granite, 9 — plagioclase medium-coarse-grained granite; 10 — lithological boundaries established; 11 — rock cataclasis zones; 12 — hydrothermal-metasomatic transformation zone; 13 — sulfidization zones (pyrite, chalcopyrite); 14 — anomalies of gold (a), molybdenum (b) in bedrock (ppm); 15 — Varozero occurrence (with gold concentration of 0.2 ppm per 1 m interval)

Source: from Yudin et al. (1980)**

* Юдин С. Н., Леонтьев А. Г., Шукин О. Н. Отчет по групповой геологической съемке, геологическому доизучению площадей масштаба 1 : 50 000 и оценке перспектив золотоносности Лехтинской структуры и ее обрамления в Беломорском и Кемском районах КАССР, проведенных Лехтинским отрядом в 1975–1980 гг. 1980.

** Yudin S. N., Leontev A. G., Shchukin O. N. (1980). Report on the multiple-sheet geological mapping and additional site appraisal (scale of 1 : 50,000), as well as on the estimation of gold mineralization potential of the Lekhta Structure and its adjacent areas in Belomorsky and Kemsy districts of the Karelian Autonomous Soviet Socialist Republic, all conducted by the Lekhta team in 1975–1980.

В результате работ установлено, что при достаточно низких содержаниях золота (0,2 г/т) в геохимических пробах из рудной зоны фиксируются anomalously высокие содержания висмута (от 0,53 до 7,57 г/т), теллура (от 0,5 до 0,84 г/т) и серебра (от 0,30 до 1,49 г/т) (Афанасьева, 2024¹). Это свидетельствует о возможном выделении на рудопроявлении золото-серебро-висмут-теллуровой минеральной ассоциации, характерной для золоторудных месторождений, что требует доизучения проявления Варозера, как и других подобных рудных объектов Лехтинской структуры.

Золото-урановое оруденение в конгломератах и гравелитах ятулия. Золото-урановые рудные объекты данного типа локализованы среди конгломератов, гравелитов и песчаников, приуроченных к средней части разреза янгозерской свиты ятулия. Толщи широко развиты в пределах Лехтинской структуры и вмещают такие проявления, как *Риговарака*, *Бороварака*, *Кичу-Лампи* и др. (рис. 6). Объекты относятся к уран-золоторудной рудной формации (тип «золотоносных конгломератов»). На протяжении длительного времени с этим типом рудных объектов связывались главные перспективы выявления золоторудных месторождений в пределах Лехтинской структуры и других раннепротерозойских структур Карельской гранит-зеленокаменной области.

Рудопроявления участка Риговарака — Кичу-Лампи локализованы в конгломерат-гравелит-песчанниковой толще, протягивающейся практически непрерывно на 20 км от д. Шуезеро до оз. Кичу-Лампи (рис. 6). В разрезе толщи насчитывается до 10–12 пластов кварцевых конгломератов и гравелитов мощностью до 1 м при суммарной мощности около 30 м. Морфология пластов позволила ряду исследователей рассматривать данную толщу в качестве дельтовых отложений, с которыми связаны повышенные содержания золота (Негруца и др., 1967²).

Строение участка сложноскладчатое; залегание пород достаточно крутое (до 40–45°), осложнено разрывными нарушениями, главными из которых являются разломы субмеридионального и северо-западного простирания, определяющие структурный план участка и Лехтинской структуры в целом. Разломы трассируются зонами рассланцевания, катаклаза и брекчирования.

Породы участка метаморфизованы, но степень проявленности процессов неравномерная. Базальты, их туфы, туфопесчаники и туффиты ватулминской свиты сариолия преобразованы в кварц-амфиболовые, амфиболовые, амфибол-хлоритовые, хлоритовые сланцы. Ятулийские песчаники метаморфизованы в условиях мусковитовой субформации и превращены в мусковитовые и серицит-мусковитовые сланцы.

Гидротермально-метасоматические изменения наиболее интенсивно проявлены в метаморфизованных вулканитах сариолия; все ассоциации относятся к биотит-пропилитовой группе. На участке отмечаются амфиболовые, биотит-амфиболовые с кварцем и карбонатами сланцы; наблюдаются различные сочетания эпидота, биотита, амфибола,

кварца, карбоната; нередко встречаются сульфиды. Гидротермальные и гидротермально-метасоматические преобразования во вмещающих рудные объекты кварцито-песчаниках и конгломератах выражаются в развитии мусковита, наложенного на метаморфогенный серицит. Локально развитые хлорит и карбонат пространственно тяготеют к контактам с метавулканитами сариолия. Широко развиты жилы и прожилки кварцевого и сульфидно-кварцевого состава, которые нередко образуют рои и штокверки. Жилы имеют преимущественно субмеридиональную ориентировку: они согласны или субсогласны с плоскостными элементами, реже — секущие по отношению к рассланцеванию вмещающей терригенной толщи. Кварцевые жилы имеют брекчиевидное строение. В жилах отмечаются две разновидности кварца: более ранний (кварц-1), представленный крупными зернами, и более поздний (кварц-2), образующий мелкие зерна гранобластовой структуры в ассоциации с пластинчатым мусковитом, рутилом; наблюдаются мелкие зерна пирита. Можно предположить, что золото в жилах связано с более поздним кварцем.

В качестве эталонного золото-уранового объекта «конгломератового типа» (ятулийский уровень конгломератов) можно рассматривать наиболее изученное рудопроявление Риговарака, расположенное среди песчаников и кварцито-песчаников с пластами мелко-среднегалечных конгломератов мощностью 0,8–1,0 м, разделенных кварцевыми гравелитами. Рудные тела представлены тектонитами, развитыми по гравелитам и конгломератам. Широко проявлены жилы и прожилки кварцевого и сульфидно-кварцевого состава (рис. 6).

Основными рудными минералами проявления Риговарака являются магнетит, гематит, мартит, пирит, реже — ильменит, рутил. В рассланцованных разностях со светло-слюдистыми изменениями отмечаются пирит и халькопирит. В сульфидно-кварцевых жилах рудная минерализация также представлена пиритом. Золото встречается в виде комковидных и дендритовых образований размером от 0,05 до 0,5 мм, развитых по поверхностям трещин; преобладает высокопробное золото.

Содержания золота в бороздовых пробах из зон тектонитов по кварцевым конгломератам составляют от 0,3 до 3,7 г/т; содержания золота в большеобъемной пробе (260 кг) составило 3,4–3,7 г/т (Гуменный и др., 1973³).

¹ Афанасьева Е. Н. Геологический отчет о результатах работ, выполненных в 2024 году по Заказу «Подготовка материалов для составления предварительной карты полезных ископаемых и закономерностей их размещения по листам Q-36-XXXIII, XXXIV (Лехтинская площадь)» в рамках объекта «Проведение в 2023–2025 гг. региональных геолого-съемочных работ масштаба 1 : 200 000 на группу листов в пределах Северо-Западного и Центрального ФО». СПб., 2024.

² Негруца В. З. Стратиграфия и литогенез среднепротерозойских образований Карелии в связи с проблемой металлоносных конгломератов : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Л., 1967. 28 с.

³ Гуменный Ю. К., Ховила Э. Я. Отчет о поисково-ревизионных работах на золото в Карелии, проведенных в 1970–73 гг. (Кондопожская геолого-поисковая партия). 1973.

Рис. 6. Схема геологического строения участка Риговарак — Кичу-Лампи

1–8 — вулканогенно-осадочные образования: **1–5** — ятулий: 1 — дайки долеритов, 2 — песчаники, кварцевые песчаники, 3 — кварциты, 4 — гравелиты, 5 — кварцевые конгломераты; **6, 7** — сариолий: 6 — туфы, туффиты (а), туфопесчаники (b), 7 — метавулканы основного-среднего состава; **8** — сумий: кварцевые порфиры, кератофиры, фельзит-порфиры.

9–12 — тектониты: **9** — катаклазиты, **10** — милониты, **11** — рассланцевание, **12** — микроскладчатость; **13** — геологические границы (а), разломы (b); **14** — элементы залегания слоистости (а), рассланцевания (b); **15–23** — метасоматические и гидротермально-метасоматические изменения: **15** — зоны развития ассоциаций: установленные (а), предполагаемые (b), **16** — участки развития совмещенных ассоциаций, **17** — биотит-амфибол-эпидотовая, **18** — серицит-мусковитовая, **19** — карбонат-мусковитовая, **20** — предполагаемые границы развития ассоциаций, **21** — проявление сульфидной минерализации, **22** — гематитизация, **23** — турмалинизация; **24** — рудопоявления и проявления золота; **25** — геохимические аномалии золота с содержанием (г/т): 0,001–0,01 (а), 0,01–0,1 (b), >0,1 (с); **26** — локальные геохимические аномалии элементов-спутников золота в коренных отложениях (а), ореолы рассеяния золота (Au) и элементов спутников (Cu, Pb, Zn и др.) (b) в коренных породах; **27** — локальные геохимические аномалии золота и элементов спутников золота в моренных отложениях (тиллевая фракция)

Источник: по Афанасьевой и др. (1998)*

Fig. 6. Geological structure diagram of the Rigovaraka Kichu-Lampi site

1–8 — volcanogenic-sedimentary formations: **1–5** — Jatuli: 1 — dolerite dykes, 2 — sandstone, quartz sandstone, 3 — quartzite, 4 — gritstone, 5 — quartz conglomerates; **6, 7** — Sariola: 6 — tuffs, tuffite (a), tuffaceous sandstone (b), 7 — mafic-intermediate metavolcanite; **8** — Sumi: quartz porphyry, keratophyre, felsite-porphyry.

9–12 — tectonites: **9** — cataclasites, **10** — mylonites, **11** — schist formation, **12** — microfolding; **13** — geological boundaries (a), faults (b); **14** — bedding elements of stratification (a), schist formation (b); **15–23** — metasomatic and hydrothermal-metasomatic alterations: **15** — association development zones: established (a), inferred (b), **16** — areas of combined associations development, **17** — biotite-amphibole-epidote, **18** — sericite-muscovite, **19** — carbonate-muscovite, **20** — inferred boundaries of association development, **21** — sulfide mineralization occurrence, **22** — hematization, **23** — tourmalinization; **24** — ore occurrences and gold occurrences: Rigovaraka (1), Kichu-Lampi (2); **25** — geochemical anomalies of gold with concentration (ppm): 0.001–0.01 (a), 0.01–0.1 (b), >0.1 (c); **26** — local geochemical anomalies of gold-associated elements in bedrock sediments (a), dispersion halos of gold (Au) and associated elements (Cu, Pb, Zn, etc.) (b) in bedrock; **27** — local geochemical anomalies of gold and associated elements in moraine deposits (till fraction)

Source: from Afanaseva et al. (1998)**

* Афанасьева Е. Н., Савицкий А. В., Михайлов В. А., Щеглов А. Д., Богданов Ю. В., Пинский Э. М., Липнер А. А. Отчет по составлению прогнозно-металлогенической карты золотоносности Республики Карелия масштаба 1 : 500 000 с врезками масштаба 1 : 200 000 – 1 : 50 000 // ФГУ «СЗРФИ». 1998.

** Afanaseva E. N., Savitsky A. V., Mikhailov V. A., Shcheglov A. D., Bogdanov Yu. V., Pinsky E. M., Lipner A. A. (1998). Report on the compilation of the predictive metallogenic map of gold mineralization potential in the Republic of Karelia (scale of 1 : 500,000) with inserts (scale of 1 : 200,000–1 : 50,000) Federal State Institution *Northwestern Regional Fund of Geological Information*.

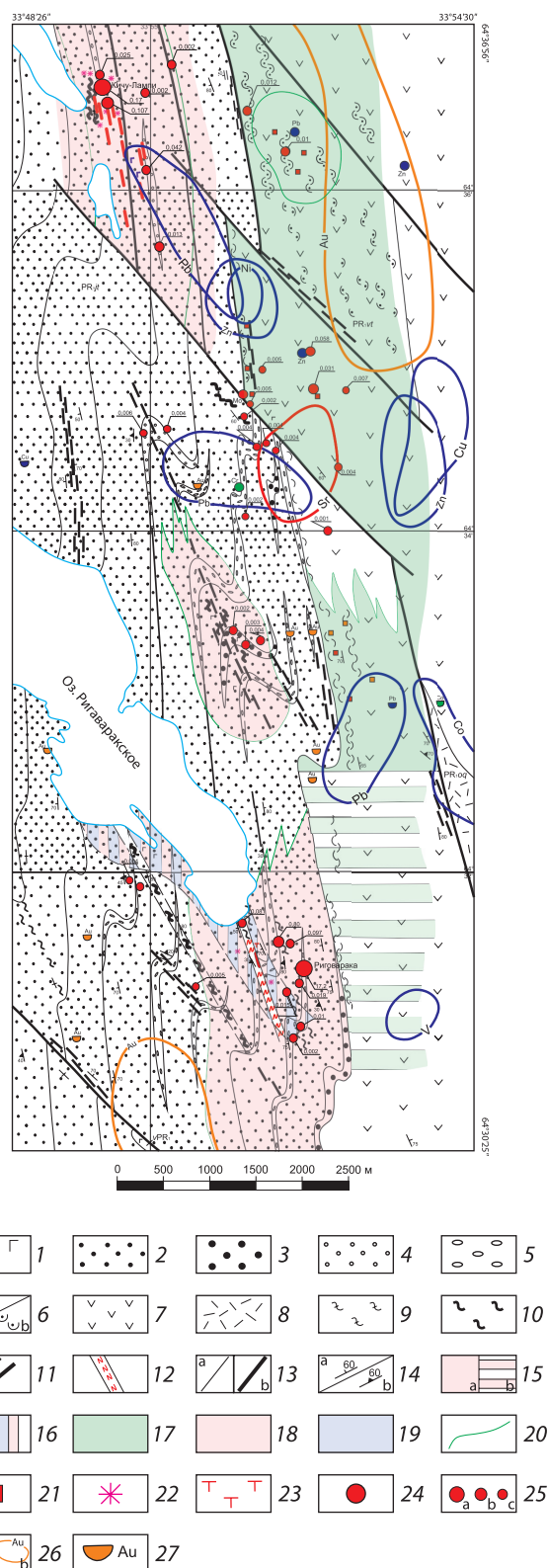


Рис. 6. Полная версия рисунка в высоком разрешении доступна по ссылке: https://reggeomet.elpub.ru/jour/manager/files/SupplementaryFiles/2026.T332106/РГМ_106_Петрова_цифровой_материал_рис_6.pdf

Прогнозно-металлогенические работы на золоте, проведенные в пределах Лежневской площади Лехтинской структуры, позволили получить новые данные, подтверждающие высокие перспективы на золото, локализованное в гравелит-конгломератовых отложениях и связанное с наложенными тектоническими и гидротермально-метасоматическими преобразованиями этих пород (Афанасьева и др., 1998¹). В ходе работ выполнено штучное и бороздовое опробование рудоносной песчаник-гравелит-конгломератовой толщи, в результате получены следующие результаты.

Содержания золота в бороздовых пробах из песчаников и кварцито-песчаников, составляющих внешнюю часть рудоносной зоны, низкие и не превышают 0,004 г/т на 0,1 м; из гравелитов — 0,001 г/т на 0,25 м. В гравелитах, развитых ближе к центральной части рудоносной зоны, отмечаются зоны рассланцевания, которые характеризуются содержаниями золота до 0,027 г/т на 0,25 м, 0,37 г/т на 0,1 м, 0,45 г/т на 0,15 м. Центральная часть рудоносной зоны характеризуется развитием тектонитов по мелкогалечным кварцевым конгломератам с проявлением светлослюдистых изменений мощностью

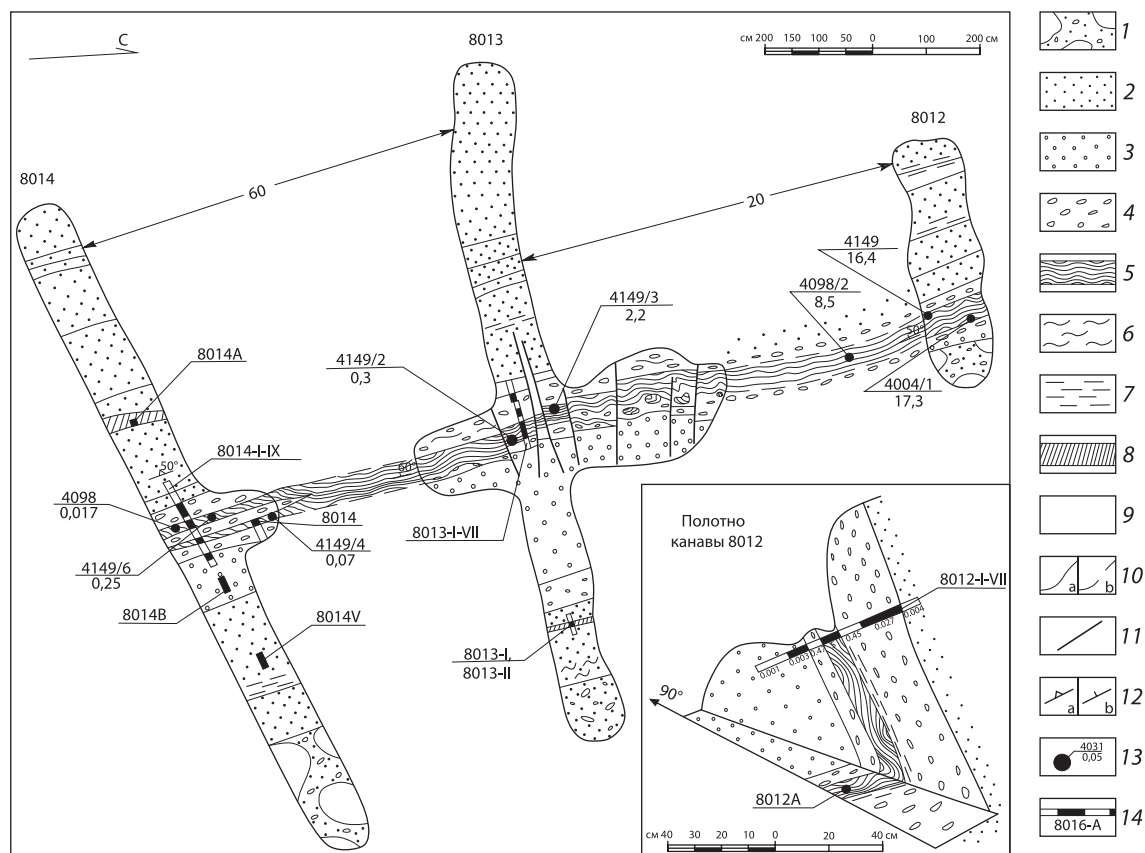


Рис. 7. Рудопроявление Риговарака. Схема опробования рудоносной зоны

1 — элювиально-делювиальные образования; 2 — песчаники, кварцито-песчаники; 3 — гравелиты; 4 — кварцевые конгломераты; 5 — катаклазиты; 6 — милониты; 7 — интенсивно рассланцованные породы; 8 — кварцевые жилы; 9 — ожелезнение; 10 — геологические границы: установленные (а), предполагаемые (б); 11 — разрывные нарушения; 12 — элементы залегания: слоистости (а), сланцеватости (б); 13 — места отбора геохимических проб (в числителе — номер, в знаменателе — содержание золота (г/т)); 14 — места отбора бороздовых проб, их номер и содержание золота (г/т)

Источник: по Афанасьевой и др. (1998)*

Fig. 7. Rigovaraka ore occurrence. Ore-bearing zone sampling diagram

1 — eluvial-deluvial formations; 2 — sandstone, quartzite-sandstone; 3 — gritstone; 4 — quartz conglomerates; 5 — cataclasites; 6 — mylonites; 7 — intensely foliated rocks; 8 — quartz veins; 9 — ferruginization; 10 — geological boundaries: established (a), inferred (b); 11 — faults; 12 — bedding elements: stratification (a), schistosity (b); 13 — geochemical sampling locations (the numerator presents the number, whereas the denominator refers to gold concentration (ppm)); 14 — trenching locations, their number, and gold concentration (ppm)

Source: from Afanaseva et al. (1998)**

¹. * Афанасьева Е. Н., Савицкий А. В., Михайлов В. А., Щеглов А. Д., Богданов Ю. В., Пинский Э. М., Липнер А. А. Отчет по составлению прогнозно-металлогенической карты золотоносности Республики Карелия масштаба 1 : 500 000 с врезками масштаба 1 : 200 000 – 1 : 50 000 // ФГУ «СЗРФИ». 1998.

1. ** Afanaseva E. N., Savitsky A. V., Mikhailov V. A., Shcheglov A. D., Bogdanov Yu. V., Pinsky E. M., Lipner A. A. (1998). Report on the compilation of the predictive metallogenic map of gold mineralization potential in the Republic of Karelia (scale of 1 : 500,000) with inserts (scale of 1 : 200,000–1 : 50,000) Federal State Institution *Northwestern Regional Fund of Geological Information*.

Предпосылки и признаки золото-уранового оруденения Лехтинской структуры

Prerequisites and features of the Lekhta Structure gold-uranium mineralization

Геологические предпосылки	Полимиктовые «железноворотинские» конгломераты сариолия	Кварцевые конгломераты ятулия
Тектонические	Юго-западный борт Лехтинской структуры, юго-восточное крыло Железноворотинской антиклинали	Восточное крыло Лехтинской структуры. Зоны складчато-разрывных нарушений
Структурные	Железноворотинская антиклиналь. Рудовмещающая антиклиналь осложнена складками более высоких порядков и серией разломов субмеридионального и северо-западного простирания, сопровождающихся рассланцеванием и брекчированием	Зоны рассланцевания, катаклаза и милонитизации
Литолого-стратиграфические	Конгломераты (кварцевые и полимиктовые), гравелиты в разрезе железноворотинской свиты сариолия	Кварцевые, реже кварц-полевошпатовые гравелиты и песчаники с прослоями кварцевых конгломератов в нижних частях разреза ятулия
Гидротермально-метасоматические	Интенсивное проявление процессов березитизации, пропилитизации, окварцевания, сульфидизации; кварцевые и сульфидно-кварцевые жилы (Афанасьева и др., 1998 ¹ , Юдин и др., 1980 ²)	Серицит-мусковитовые и мусковитовые метасоматиты, гематитизация; локальное развитие хлорита и карбоната; кварцевые, сульфидно-кварцевые жилы и прожилки
Геохимические	Геохимические аномалии золота и урана в коренных породах, тиллевой фракции, аэрогамма-спектрометрические аномалии, вторичные ореолы рассеяния золота; максимальные содержания золота коррелируются с повышенными содержаниями урана, тория, мышьяка (до 0,03 %), свинца (до 0,002 %), висмута (до 0,0015 %). В геохимических пробах из рудной зоны проявления Варозера зафиксированы аномально высокие содержания висмута (от 0,53 до 7,57 г/т), теллура (от 0,5 до 0,84 г/т) и серебра (от 0,30 до 1,49 г/т)	Геохимические аномалии золота и элементов-спутников золота в рыхлых отложениях; тилловые аномалии; ореолы элементов-спутников (Ag, Pb, Bi, V) в коренных породах
Минералогические (наиболее распространенные минералы в рудах)	Полимиктовые конгломераты. Главные минералы — пирит, пирротин, золото самородное, уранинит; второстепенные — мартит, гематит, халькопирит, молибденит, ильменит. Кварцевые конгломераты. Главные минералы — пирит, пирротин, уранинит; второстепенные минералы — мартит, магнетит, гематит, ильменит, в единичных зернах — халькопирит, молибденит, сфалерит, торит, браннерит (в виде изолированных призматических кристаллов), самородный висмут. Золото самородное; отмечаются дендритовидное золото по плоскостям трещиноватости. Из вторичных урановых минералов — урановые черни и силикаты урана	Главные минералы — магнетит, гематит, мартит, второстепенные — ильменит, пирит, рутил, халькопирит. Золото (преобладает высокопробное) — в виде комковидных и дендритовых образований размером от 0,05 до 0,5 мм, развитых по плоскостям трещиноватости
Тип оруденения	Вкрапленный, прожилково-вкрапленный	Вкрапленный, прожилково-вкрапленный
Размеры рудных тел	Пласты и линзы полимиктовых конгломератов мощностью до 6 м, кварцевых конгломератов мощностью от 0,3–0,5 до 2 м	Мощность рудных тел от 0,4–0,5 до 0,8–1,0 м, протяженность от 50 до 100 м
Содержания полезных компонентов	Содержание золота в базальных конгломератах колеблется от 0,2 до 0,43–2 г/т; содержание урана достигает 0,027 % на 4,1 м. Содержание золота в кварцевых конгломератах достигает 0,1–3,4 г/т (до 6 г/т). Содержания урана в борздовых пробах от 0,011 % на мощность 1,4 м, до 0,018 % на мощность 1,2 м и 0,025 % на мощность 0,5 м; среднее содержание урана — 0,005 %, тория — 0,015–0,05 %. Максимальное содержание урана — 0,062 %	Содержания золота в конгломератах составляют 0,1–0,3 г/т; содержания золота в конгломератах в пределах зон тектонитов колеблются в штучных пробах от 0,3–3,7 до 17,3 г/т, в борздовых пробах достигает 5 г/т на 0,12 м
Поисковые признаки	Рудопроявления Железные Ворота, Нигалма, Варозеро и др.	Рудопроявления Риговарака, Кичу-Лампи и др.

0,6–0,8 м. Она вскрыта тремя канавами на расстоянии 20–80 м друг от друга. Содержание золота в штучных пробах из тектонитов составляет 0,3; 2,2; 8,5; 16,4; 17,3 г/т, а в борздовой пробе — 5 г/т на 0,12 м (рис. 7). Аномальные содержания золота сопровождаются повышенными концентрациями серебра и висмута.

Радиоактивная минерализация на рудопроявлении Риговарака представлена уранинитом, торитом и монацитом. Содержания урана в линзовидных прослоях конгломератов составляют 0,007 % на мощность 0,4–0,6 м при протяженности конгломератовых прослоев 100–120 м (Липнер и др., 1986³; Юдин и др., 1980²).

На рудопроявлении Кичу-Лампи в горизонте гематит-магнетитовых конгломератов-гравелитов-песчаников («гематитовая» пачка), который отчетливо

выделяется по каппаметрии, выявлены тела мощностью до 2,4 м, прослеженные на расстояние до 1 500 м и характеризующиеся повышенным

¹ Афанасьева Е. Н., Савицкий А. В., Михайлов В. А., Щеглов А. Д., Богданов Ю. В., Пинский Э. М., Липнер А. А. Отчет по составлению прогнозно-металлогенической карты золотоносности Республики Карелия масштаба 1 : 500 000 с врезками масштаба 1 : 200 000 – 1 : 50 000 // ФГУ «СЗРФИ». 1998.

² Юдин С. Н., Леонтьев А. Г., Щукин О. Н. Отчет по групповой геологической съемке, геологическому доизучению площадей масштаба 1 : 50 000 и оценке перспектив золотоносности Лехтинской структуры и ее обрамления в Беломорском и Кемском районах КАСР, проведенных Лехтинским отрядом в 1975–1980 гг. 1980.

³ Липнер А. А., Савицкий А. В., Зайцев В. С., Афанасьева Е. Н., Володченко Л. К., Воеводова Г. П., Каленич А. П., Беляев В. Т. Отчет по теме «Прогнозирование промышленных типов уранового оруденения в Лехтинско-Шомбозерском блоке и смежных районах (Центральная Карелия) на основе составления прогнозно-металлогенической карты масштаба 1 : 200 000». 1986.

содержанием золота. Рудная минерализация представлена магнетитом (до 62 % от тяжелой фракции шлихов), мартитом (до 14,6 %), гематитом (1,37–3,50 %); отмечаются пирит и халькопирит (Леонтьев, 1997¹).

При проведении бороздового опробования интервалов песчаников мощностью от 1,0 до 2,4 м с наиболее высокой магнитной восприимчивостью (выполненного в ходе геологической съемки масштаба 1 : 50 000) были установлены содержания золота от 0,1 до 0,5 г/т; в двух пробах, взятых из основания пластов конгломератов, содержания золота достигают 0,6 и 6,0 г/т (Леонтьев, 1997¹).

По результатам работ сделан вывод о том, что пространственное положение золоторудных объектов контролируется складчато-разрывной зоной субмеридионального простирания. Оруденение располагается в крутопадающих телах катаклазитов и милонитов мощностью от 0,4–0,5 до 1,0–1,5 м, протяженностью от 50–70 до 100 м. Зона складчато-разрывных нарушений имеет сквозной характер и наблюдается в конгломерат-песчаной толще ятулия и в подстилающих ее сариолийских метавулканитах. Можно предположить наложенный характер оруденения, выступающего в качестве индикатора более глубинного оруденения, привнесенного в ятулийскую конгломерат-песчаную толщу в период свекофеннской тектоно-магматической активизации.

Характерная черта рассматриваемого оруденения — пространственная совмещенность золота и урана при их временной разобщенности. При этом, как показали результаты прогнозно-поисковых работ в пределах Пана-Куоляярвинской структуры, расположенной к северу от Лехтинской площади (в пределах Восточно-Карельской структурной зоны), золотое оруденение предшествует урановому (Афанасьева и др., 2024). Полученные в ходе работ на «риговаракских» рудных объектах результаты еще раз подтверждают вывод о том, что пространственное размещение золоторудных концентраций, размещающихся среди конгломератовых толщ, контролируется наложенными тектоническими и тектоно-метасоматическими преобразованиями рудовмещающих толщ кварцевых конгломератов и гравелитов.

Предпосылки и признаки золото-уранового оруденения. На основе анализа закономерностей размещения рудных объектов был выделен комплекс предпосылок и признаков золото-уранового оруденения, размещающегося на разных стратиграфических уровнях — сариолийском и ятулийском, которые являются составляющими элементами геолого-поисковой модели этих типов оруденения. В качестве главных предпосылок выступают структурные (тектонические), литологические, гидротермально-метасоматические, геохимические (таблица).

Охарактеризованные критерии и признаки золото-уранового оруденения, проявленные в пределах рудопроявлений, локализованных в конгломератовых толщах сариолия (Железные Ворота, Нигалма и др.) и ятулия (Риговарака, Кичу-Лампи и др.),

можно рассматривать в качестве элементов геолого-поисковых моделей, которые могут быть использованы при проведении прогнозно-поисковых работ, направленных на выявление золоторудных объектов подобных типов в других раннепротерозойских структурах Карело-Кольского региона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интерес к докембрийским конгломератам связан с находками в них уникальных и крупных месторождений золота, а также урана, выявленных в различных регионах мира (Африке, Южной и Северной Америке, Южной Канаде). Это определило необходимость изучения рудоносности данных структурно-вещественных обстановок и на территории Российской Федерации — в частности, в пределах Северо-Восточного Забайкалья, где обнаруживается сходство в наборе рудных компонентов и эпигенетических минеральных новообразований с месторождениями Южной Канады, а также Балтийского щита (Миронов и др., 2010).

Это в полной мере относится к Лехтинской раннепротерозойской структуре Балтийского щита, характеризующейся широким развитием конгломератовых толщ различных стратиграфических уровней, которые выступают в качестве рудовмещающей среды для золотого и уранового оруденения. Учитывая пространственную совмещенность золоторудных концентраций с урановыми, правомерно причислять их к золото-урановым рудным объектам.

Золото-урановое оруденение, относимое к формации «золотоносных конгломератов», вероятно, было сформировано в условиях проявления процессов свекофеннской тектоно-магматической активизации, которые привели к ремобилизации, перетолжению и концентрации первичного золота в пределах толщ, выступающих в качестве специализированных на золото и уран.

Связь золота и урана недостаточно изучена: чаще всего они совмещены в пространстве, но разорваны во времени. Намечившаяся в настоящее время последовательность формирования золотого и уранового оруденения должна изучаться в ходе дальнейших исследований.

Последующие прогнозно-поисковые работы в пределах Лехтинской и других раннепротерозойских структур должны быть направлены на целенаправленное выявление зон тектонических и гидротермально-метасоматических изменений, которые выступают в качестве основного поискового признака золоторудных объектов «золото-уранового» типа, имеющих промышленное значение.

¹ Леонтьев А. Г. Отчет по теме «Составление Регистрационной карты золотоносности Республики Карелия масштаба 1 : 500 000 с кадастрами месторождений, рудопроявлений, пунктов минерализации и площадных геохимических аномалий (участков), перспективных на золото». 1997.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Афанасьева Е. Н., Миронов Ю. Б. Потенциал золотоуранового оруденения Балтийского щита и перспективы его реализации // *Разведка и охрана недр*. 2022. № 8. С. 46–53. https://doi.org/10.53085/0034-026X_2022_08_46
- Афанасьева Е. Н., Миронов Ю. Б., Петрова А. А., Козлов А. В. Золото-урановое оруденение Балтийского щита // *Региональная геология и металлогения*. 2024. Т. 31, № 4. С. 147–164. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_147-164
- Афанасьева Е. Н., Харламов М. Г., Зайцев В. С., Михайлов В. А., Яшин Б. А., Каризе Ж. К., Иванов А. И., Рябухин В. Т., Шариков П. И. Ураноносность и золотоносность Лехтинской структуры // *Региональная геология и металлогения*. 1999. № 8. С. 82–93.
- Миронов Ю. Б., Макарьев Л. Б., Ильевич И. В. Особенности состава и рудоносности протерозойских кварцевых конгломератов Северо-Восточного Забайкалья и Южной Канады // *Региональная геология и металлогения*. 2010. № 44. С. 75–89.
- Щеглов А. Д. О металлогении Южно-Африканской Республики, генезисе золоторудных месторождений Витватерсранда и проблеме открытия их аналогов в России. СПб.: ВСЕГЕИ, 1994а. 44 с.
- Щеглов А. Д. О поисках осадочно-гидротермальных месторождений золота на территории России // *Разведка и охрана недр*. 1994б. № 7. С. 7–11.

REFERENCES

- Afanaseva E. N., Mironov Yu. B. (2022). Potential of gold-uranium mining of the Baltic Shield and prospects for its implementation. *Prospect and Protection of Mineral Resources*, (8), 46–53. (In Russ.). https://doi.org/10.53085/0034-026X_2022_08_46
- Afanaseva E. N., Mironov Yu. B., Petrova A. A., Kozlov A. V. (2024). Gold-uranium mineralization in the Baltic Shield. *Regional Geology and Metallogeny*, 31(4), 147–164. (In Russ.). https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_147-164
- Afanaseva E. N., Kharlamov M. G., Zaitrev V. S., Mikhailov V. A., Yashin B. A., Karize Zh. K., Ivanov A. I., Ryabukhin V. T., Sharikov P. I. (1999). Uranium presence and gold presence in the Lekhti structure. *Regional Geology and Metallogeny*, (8), 82–93. (In Russ.).
- Mironov Yu. B., Makariev L. B., Ilyevich I. V. (2010). Compositional and ore-potential peculiarities of quartz conglomerate of the Northeastern Transbaikalia and Southern Canada. *Regional Geology and Metallogeny*, (44), 75–89. (In Russ.).
- Shcheglov A. D. (1994a). *On metallogeny of South Africa genesis of gold ore deposits of Witwatersrand and the problem of discovering their equivalents in Russia*. St. Petersburg: VSEGEI, 44 p. (In Russ.).
- Shcheglov A. D. (1994b). On the sedimentary-hydrothermal gold deposit prospecting in Russia. *Prospect and Protection of Mineral Resources*, (7), 7–11. (In Russ.).

Анастасия Александровна Петрова

Геолог первой категории, аспирант

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0006-2914-6064>
РИНЦ SPIN-код 5018-8840
anastasiya_petrova@karpinskyinstitute.ru

Anastasia A. Petrova

First Category Geologist, Postgraduate Student

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky, Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0006-2914-6064>
RSCI SPIN-code 5018-8840
anastasiya_petrova@karpinskyinstitute.ru

Елена Николаевна Афанасьева

Кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0006-6546-3841>
Scopus Author ID 57817229000
РИНЦ SPIN-код 5011-4689
elena_afanasieva@karpinskyinstitute.ru

Elena N. Afanaseva

PhD (Geology and Mineralogy),
Leading Researcher

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky, Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0006-6546-3841>
Scopus Author ID 57817229000
RSCI SPIN-code 5011-4689
elena_afanasieva@karpinskyinstitute.ru

Вклад авторов: Петрова А. А. — определение концепции, работа с данными, анализ данных, проведение исследования, разработка методологии, визуализация, написание черновика рукописи, пересмотр и редактирование рукописи.

Афанасьева Е. Н. — работа с данными, анализ данных, проведение исследования, руководство исследованием, визуализация, пересмотр и редактирование рукописи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: Petrova A. A. — conceptualization, data curation, formal analysis, investigation, methodology, visualization, original draft, review and editing.

Afanaseva E. N. — data curation, formal analysis, investigation, supervision, visualization, review and editing.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 30.03.2025
Одобрена после рецензирования 20.05.2026
Принята к публикации 23.06.2026

Submitted 30.03.2025
Approved after reviewing 20.05.2026
Accepted for publication 23.06.2026