

мита попадают на линию тренда, который соответствует изменению состава хромита в процессе фракционной кристаллизации оливина. При этом установлено, что содержание форстеритового компонента в сосуществующем оливине варьирует от 90 до 97,5%. Высокая магнизиальность оливина подтверждается авторскими аналитическими данными.

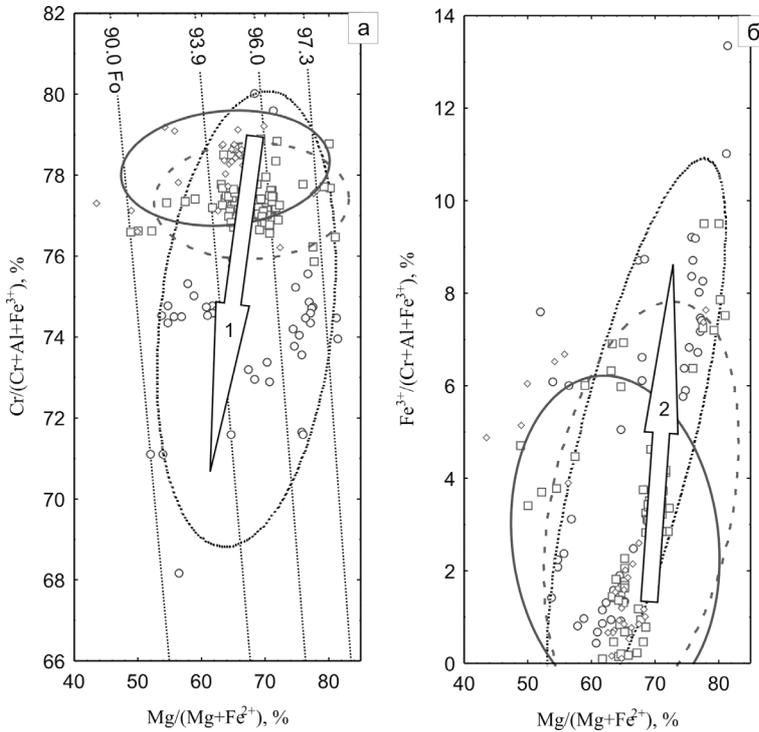


Рис. 3. Состав рудных хромитов Сопчезерского месторождения на диаграмме Т. Ирвайна (Irvine, 1965). Условные обозначения см. рис. 2.

Сторона а: Стрелкой 1 показан тренд соответствующий изменению состава хромита в процессе фракционной кристаллизации оливина; 90.0 Fo – изолинии состава оливина, сосуществующего со шпинелью при номинальной температуре 1200°C. Сторона б: стрелка 2 – тренд фракционирования при постоянной температуре и возрастании фугитивности кислорода.

Незначительное влияние на изменение состава хромита, выражающееся в возрастании содержания  $Fe^{3+}$  за счет  $Fe^{2+}$ , обусловлено увеличением фугитивности кислорода в системе. В целом, процесс формирования хромитового оруденения происходил в условиях пониженной фугитивности кислорода ( $d \log fO_2$  (QFM) = -1,6) (Мокрушин и др., 2005). На диаграмме точки составов хромитов образуют тренд фракционирования при постоянной температуре и возрастании фугитивности кислорода (рис. 3). Таким образом, изменение состава рудного хромита, а также переход от дунитов к плагиодунитам и гарцбургитам, сопровождался увеличением окислительного потенциала кислорода в системе при постоянном температурном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

Мокрушин А.В., Смолькин В.Ф. Геотермобарометрия базит-ультрабазитов раннепротерозойской расслоенной интрузии Мончеплутон (Кольский п-ов) // Геология и геоэкология: исследования молодых. М-лы XVI конференции молодых ученых, посвященной памяти чл.-корр., профессора К.О.Кратца. г. Апатиты, 15-18 ноября 2005 г. Апатиты, 2005. С. 282-285.

Смолькин В.Ф., Нерадовский Ю.Н., Федотов Ж.А. и др., Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение. - В 2-х ч. - Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН, 2004. - 367 с.

Irvine T.N. Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part I: Theory // Can. J. Earth Sci. - 1965. - V. 2. - P. 648-672.

**ГЛАВНЫЕ ЭТАПЫ ДЕФОРМАЦИИ СЕРГОВСКОЙ ТОЛЩИ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЯ ЮГО-ВОСТОКА КОЛЬСКОГО РЕГИОНА**

Мудрук С.В.  
АФ МГТУ, Апатиты

В Кольском регионе широко проявлены сдвиговые зоны палеопротерозойского возраста (Балаганский, 2002). Со структурами данного типа нередко связаны рудопроявления тонкодисперсного золота (Сох, 1999). Геологический институт КНЦ РАН в 2004 г. провел полевые работы в районе среднего течения р. Стрельна (юго-восток Кольского полуострова) с целью изучения потенциальной золотоносности сдвиговых зон в породах серговской толщи. Согласно изотопным данным, серговская толща является гетерогенной, так как в ее составе выявлены палеопротерозойские (Дэйли и др., 2005; Daly et al., 2001) и архейские (Астафьев и др.,

2005; Дэйли, Балаганский, неопубл. данные) породы. В частности, возраст кислого метавулканита на участке Стрельна равен  $1974 \pm 8$  млн. лет, а на участке Варзуга –  $1961 \pm 9$  млн лет ( $T_{DM}^{Nd} = 2,1-2,2$  млрд лет). Для установления места в геологической истории района сульфидной минерализации, которая может нести золоторудные проявления, были проведены структурно-метаморфические исследования (Балаганский, Беляев, 2005). Главными структурами этого района являются надвиги в северо-восточном направлении (Беляев, 1980). Важность данных о последовательности деформаций заключается в том, что они способствуют реконструкции тектонического развития юго-востока Кольского полуострова во время Лапландско-Кольской орогении (примерно 2.0–1.9 млрд лет тому назад, Балаганский, 2002). Цель данной работы заключается в детальном описании ряда обнажений, в которых наблюдаются структуры главных этапов деформации и которые, таким образом, являются опорными при составлении шкалы последовательности эндогенных событий (прежде всего, деформационных) в изученных палеопротерозойских породах серговской толщи ( $T_{DM}^{Nd} = 2,12$  млрд лет, Дэйли и др., 2005).

**Опорное обнажение 804-3.** В палеопротерозойской истории Северной Фенноскандии выделяется два крупных этапа – надвигообразования в направлении СВ–ЮЗ (местами ССВ–ЮЮЗ) и более поздней транспрессии (правосторонние движения вдоль линии ЗСЗ–ВЮВ) (Балаганский, 2002). По данным В.В. Балаганского (личное сообщение), обн. 804-3 (рис. 1А) пока является единственным, в котором можно прямо наблюдать соотношения между структурами этих двух этапов.

Обн. 804-3 сложено амфиболитами, которые испытали неравномерное рассланцевание и интенсивную мигматизацию в условиях амфиболитовой фации (парагенезис *гранат+амфибол+биотит+плагноклаз*<sub>(29-33)+кварц</sub>). Эти плоскостные текстуры смяты в складки со специфичной морфологией: они резко асимметричны и степень их сжатости быстро меняется вдоль осевой поверхности. Последние наклонены к северо-востоку, причем в этом же направлении наклон складки увеличивается до субпараллельного положения осевых поверхностей и сланцеватости. Параллельно осевым поверхностям нередко располагается новообразованная лейкосома и отмечаются микронадвиги к северо-востоку. Складки такой морфологии образуются при небольших величинах сдвиговых деформаций и являются индикаторами направления сдвига (Hanmer, Passchier, 1991). Движение реконструируется как перпендикуляр к шарнирам, при этом осевые поверхности наклонены в направлении движения. Максимальный наклон осевых поверхностей наиболее приближен к положению плоскостей сдвига, которые совпадают с плоскостями надвига. Реконструкция кинематики показана на рис. 1Б.

Одна из связанных с надвигами асимметричная складка имеет изогнутый шарнир. Такие складки образуются при относительно высоких величинах сдвиговых деформаций (Hanmer, Passchier, 1991), а при  $\gamma > 10$  складки становятся колчановидными (Cobbold, Quinquis 1980), при этом сдвигание происходит в направлении выгнутой шарнира. В рассматриваемом случае шарнир выгнут в север-северо-восточном направлении. Таким образом, двумя независимыми способами установлено надвигание к север-северо-востоку.

Надвиговые складки срезаются дайкой плагногранита (рис. 1А). Дайка рассланцована и мигматизирована, при этом сланцеватость и прожилки лейкосома смяты в открытые, асимметричные складки, которые принципиально схожи с надвиговыми складками, но резко отличаются по ориентировке осевых поверхностей, шарниров и, как следствие, направлением сдвиговых движений.

Реконструкция кинематики показана на рис. 1В. Оказалось, что движения имели взбросовый характер и были ориентированы косо по отношению к региональному северо-западному простиранью пород. Следовательно, эти складки возникли на более позднем этапе – этапе косо сжатия (транспрессии).

**В опорных обнажениях 419 и 420** выявлены s-образные складчатые формы, разные крылья которых имеют разную мощность, что является одной из отличительных черт складок, связанных со сдвиговыми зонами (Ramsay, Huber, 1987). Плоскости сдвига полого падают к запад-северо-западу, и лежащие выше породы смещены к запад-северо-западу относительно лежащих ниже. Это указывает на сбросовый характер движений, то есть на условия растяжения. Среди этих структур обнажена зона сульфидного оруденения (содержание Au десятки доли грамма на тонну; Балаганский, Беляев, неопубл. данные), в которой наблюдаются фрагменты гнейсов разной ориентировки, причем один фрагмент изогнут. Шарниры s-образных складчатых форм, шарнир изогнутого фрагмента и ось вращения всех фрагментов гнейсов (суб)параллельны друг другу (рис. 2А и 2Б). На этом основании сделан вывод о том, что образование золотоносного сульфидного оруденения и всех перечисленных структурных форм произошло в условиях растяжения по линии запад-северо-запад—восток-юго-восток (рис. 2А).

**В опорном обнажении 3777** на контакте амфиболитов и гнейсов расположена низкотемпературная сдвиговая зона с содержанием золота первые граммы на тонну (Балаганский, Беляев, 2005). В этой зоне также выявлены s-образные изгибы, связанные со сдвиговыми деформациями растяжения. Шарниры этих изгибов погружаются по азимуту  $174^\circ$  под углом  $15^\circ$  (рис 2В). Плоскость сдвига полого падает к западу, и лежащие выше этой плоскости породы смещены к западу относительно лежащих ниже. Это характерно для сбросовых движений, то есть для растяжения, которое в данном случае происходило по линии запад—восток (рис. 2В).

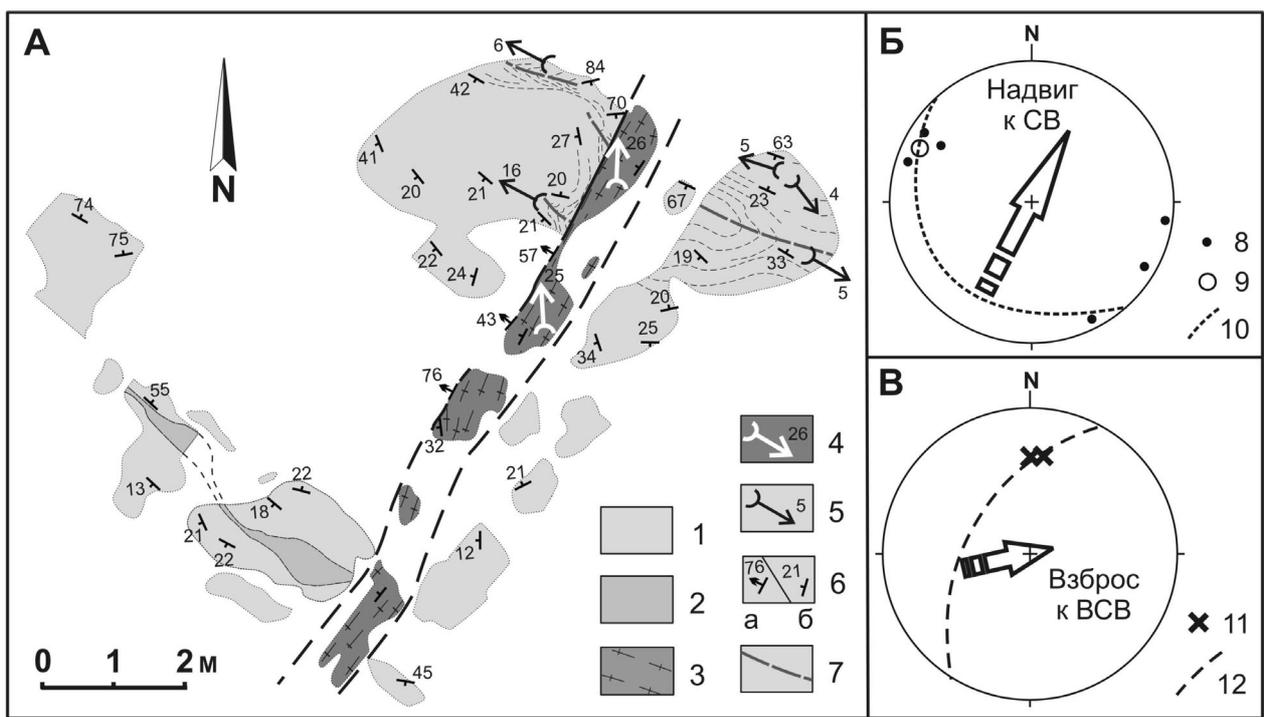


Рис. 1. Геологическое строение обн. 804-3 (А), стереографические диаграммы для структур этапа надвигообразования (Б) и транспрессии (В) (здесь и ниже нижняя полусфера, равноплощадная проекция).

1 – амфиболит, 2 – рассланцованный амфиболит, 3 – плагиогранит, 4–5 – шарниры складок: взбросовых (4) и надвиговых (5), 6 – контакт дайки (а), сланцеватость, полосчатость (б), 7–9 – осевые поверхности (7), шарниры (8) и усредненный шарнир (9) надвиговых складок, 10 – плоскость надвига, 11 – шарниры взбросовых складок, 12 – плоскость взброса. Стрелки показывают направление движения.

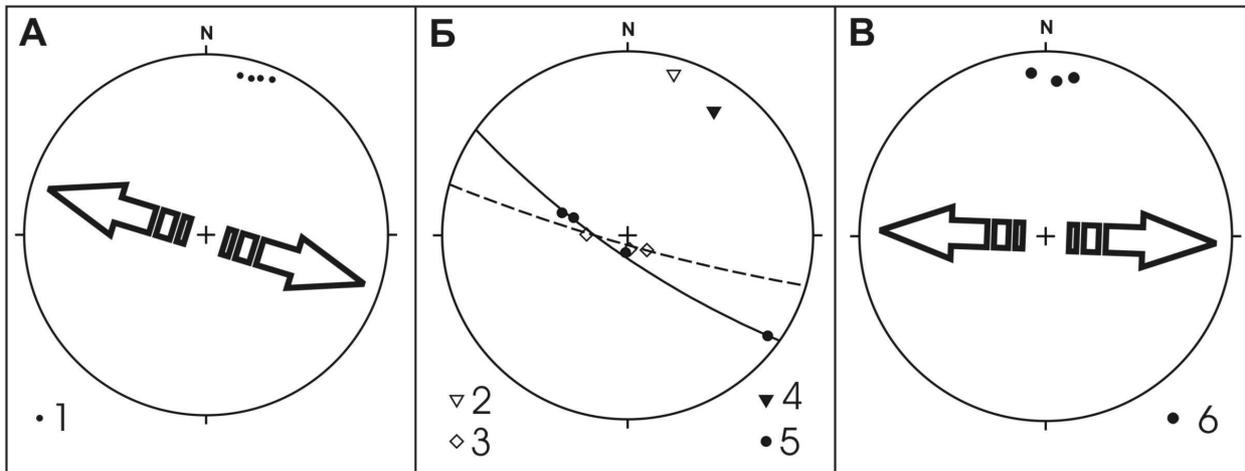


Рис. 2. Стереографические диаграммы для структурных форм обн. 419–420 (А, Б) и обн. 3777 (В).

1 – шарниры s-образных складчатых изгибов, 2 – шарнир открытого изгиба гнейсового фрагмента в колчеданных рудах обн. 419, 3 – сланцеватость и полосчатость в гнейсовом фрагменте с изгибом, 4 – ось вращения гнейсовых фрагментов, 5 – шарниры s-образных складчатых изгибов в золотоносной сдвиговой зоне. Стрелки показывают направление растяжения.

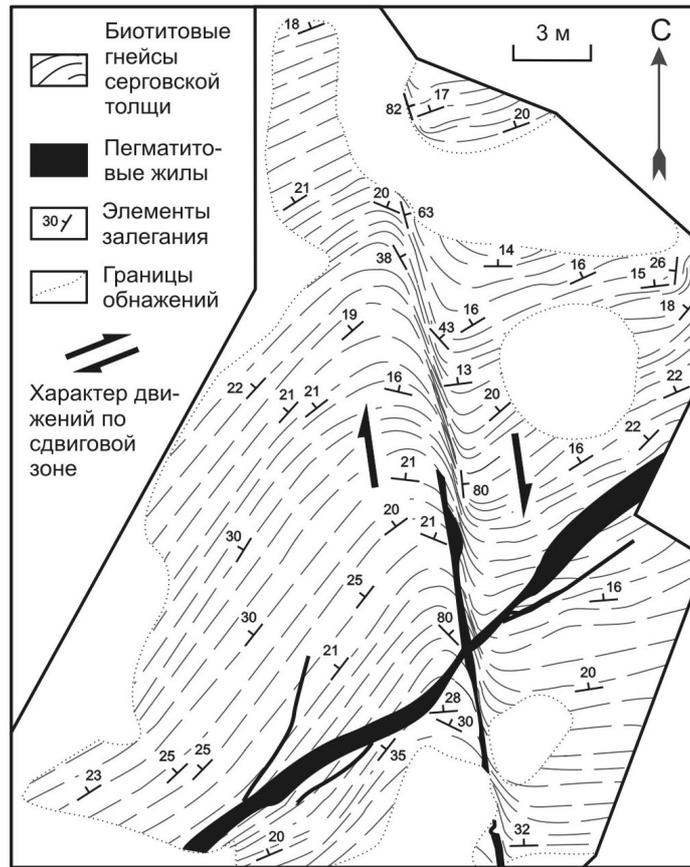


Рис. 3. Сдвиговая зона растяжения в обн. 704-31 (восточный борт зоны опущен относительно западного).

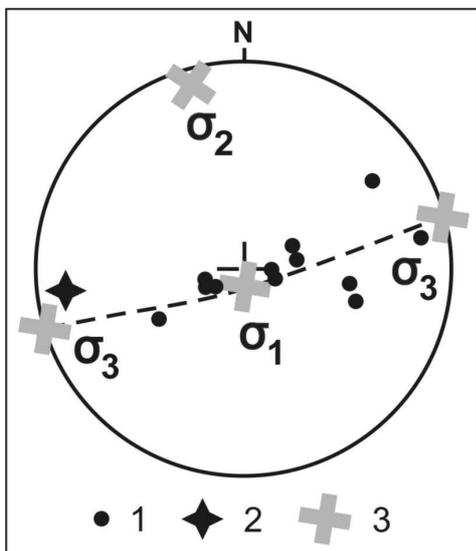


Рис. 4. Реконструкция поля напряжений по ориентировке сопряженной системы сбросов.

1 – полюс плоскости сброса, 2 – полюс сдвиговой зоны растяжения в обн. 704-31, 3 – оси главных напряжений ( $\sigma_1$  – сжимающее,  $\sigma_2$  – промежуточное,  $\sigma_3$  – растягивающее).

На основании того, что ориентировка всех структурных форм в обн. 419, 420 и 3777 является одинаковой, с этими структурами связано золотоносное сульфидное оруденение, а сами они тоже являются золотоносными, делается вывод о том, что эти рудоносные сдвиговые зоны образовались во время одного и того же этапа растяжения вдоль линии запад-северо-запад—восток-юго-восток.

**Опорное обнажение 704-31** являет собой пример классической сдвиговой зоны, которая рассечена пегматитовыми жилами, образующими единую систему (рис.3).

Эта сдвиговая зона принадлежит системе сопряженных друг с другом сбросов, которые падают как к востоку и восток-северо-востоку, так и к западу и запад-юго-западу. Они маркируются пегматоидными жилами мощностью до 7 см. Сопряженные разломы являются структурами, наиболее подходящими для реконструкции ориентировки осей главных напряжений во время их образования. По методике, описанной в (Ramsay, Huber, 1983), можно точно определить ориентировку главных осей напряжений. Промежуточная ось  $\sigma_2$  определяется как полюс плоскости, в которой рассеяны полюсы сбросов (эта же ось отвечает линии пересечения плоскостей всех сбросов). Ось  $\sigma_1$  сжимающих напряжений определяется как линия, делящая пополам угол между двумя сбросами, падающими навстречу друг другу под максимальными углами. Ось растягивающих напряжений  $\sigma_3$  определяется как перпендикуляр к плоскости, образованной осями  $\sigma_2$  и  $\sigma_1$ .

По данным, приведенным на рис. 4, сделан вывод о том, что растяжение происходило вдоль линии, погружающейся к восток-северо-востоку  $78^\circ$  под углом  $2^\circ$ .

Автор глубоко благодарен В.В. Балаганскому и Р.А. Елисееву за помощь в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

Астафьев Б.Ю., Воинова О.А., Воинов А.С., Матуков Д.И. Геологическое строение, петрологические особенности и возраст пород имандровской серии верхнего архея (Кольский полуостров) // Геология и геодинамика архея. Мат. I Росс. конф. по пробл. геологии и геодинамики докембрия. СПб.: Центр информ. культуры. 2005. 436 с.

Балаганский В.В. Главные этапы тектонического развития северо-востока Балтийского щита в палеопротерозое. Автореф. дисс. ... докт. геол.-мин. наук. СПб. 2002. 32 с.

Балаганский В.В., Беляев О.А. Золотоносные сдвиговые зоны в раннем докембрии Кольского полуострова: прогноз и первые результаты // Петрография XXI века. Т. 3. Петрология и рудоносность регионов СНГ и Балтийского щита. Апатиты: КНЦ РАН. 2005. С. 37–38.

Беляев О.А. Древнейший фундамент Терской структурной зоны // Геологическое строение и развитие структурных зон докембрия Кольского полуострова. Апатиты: КФ АН СССР. 1980. С. 3–14.

Дэйли Дж.С., Балаганский В.В., Уайтхаус М. Палеопротерозойские тоналит-трондьемит-гранодиоритовые комплексы северной Фенноскандии и их геотектоническое значение // Петрография XXI века. Т. 3. Петрология и рудоносность регионов СНГ и Балтийского щита. Апатиты: КНЦ РАН. 2005. С. 100–102.

Cobbold P.R., Quinquis H. Development of sheath folds in shear regimes // J. Structural Geology. 1980 V. 2. No. 1–2. P. 119–126.

Cox S.F. Deformational controls on the dynamics of fluid flow in mesothermal gold system // Fractures, fluid flow and mineralization. Geol. Soc. London Spec. Publ. 155. 1999. P. 123–140.

Daly J. S., Balagansky V.V., Timmerman M.J. et al. Ion microprobe U-Pb zircon geochronology and isotopic evidence supporting a trans-crustal suture in the Lapland Kola Orogen, northern Fennoscandian Shield // Precambrian Res. 2001. V. 105. Nos. 2–4. P. 289–314.

Hanmer S., Passchier C. Shear-sense indicators: a review // Geological Survey of Canada Paper 90–17. 1991. 72 p.

Ramsay J.G., Huber M.I. The Techniques of Modern Structural Geology. V. 1: Strain analysis. London, etc.: Academic Press. 1983. 307 p.

Ramsay J.G., Huber M.I. The Techniques of Modern Structural Geology. V. 2: Folds and Fractures. London, etc.: Academic Press. 1987. 391 p.

### О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД СРЕДИ ЛИДИТОВ ШУНГИТ-ДОЛОМИТ-ЛИДИТОВОГО КОМПЛЕКСА В СТАРОМ КАРЬЕРЕ П. ШУНЬГА

Полещук А.В.

Геологический институт РАН, Москва, anton302@mail.ru

Старейшее месторождение шунгитовых пород Карелии в п.Шуньга имеет более чем двухвековую историю и расположено в северо-западной части Заонежского полуострова, на перешейке двух озер - Путкозеро и Валгмозеро.

Породы месторождения образуют синклинальную структуру. Углы падения крыльев в западной части структуры достигают  $40-45^\circ$ , на востоке –  $10-15^\circ$ . Район месторождения Шуньга сложен образованиями верхней подсвиты заонежской свиты людиковия нижнего протерозоя и относится к вулканогенно-осадочному типу [1] и представлен шунгит-доломит-лидитовым комплексом, прослеженным разведочными скважинами на всей площади Шуньгской синклинали.

Основные сведения о месторождении получены Н.И Рябовым в 1932-1933гг. После 1933г разведочные работы в штольне и на карьере более не проводились. В настоящее время для изучения доступны отдельные части старой штольни и северо-восточная и юго-западные стенки карьера (Рис 1), где устанавливается следующая вертикальная последовательность пород:

1. Шунгиты продуктивного горизонта, вскрытые штольней, на отдельных участках содержащие будины карбонатных пород (рис 2). Видимая мощность около 1-1,5м. (На контакте с вышележащими породами местами располагается маломощный прослой шунгитов 1 разновидности).

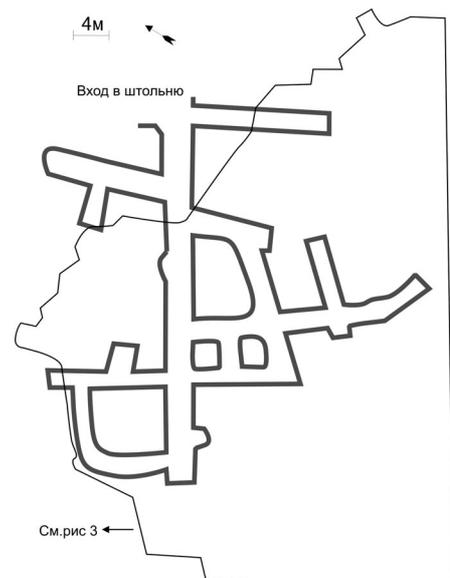


Рис 1. Проекция на дневную поверхность современного плана штольни и очертаний старого карьера в п.Шуньга.