

5. Сафонов Ю.Г., Попов В.В., Волков А.В. и др. Геодинамические факторы образования крупных и сверхкрупных докембрийских золоторудных концентраций // Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования. М., 2005. С. 15–46.
6. Eilu P. Fingold – a public database on gold deposits in Finland. Geological Survey of Finland. Report of Investigation 146. Espoo. 1999. 224 p.
7. Geological development, gold mineralization and exploration methods in the late Archean Hattu schist belt, Ilomantsi, eastern Finland. Espoo. 1993. Spec. Paper. Geol. Surv. Finl. 17. 386 p.
8. Geological setting and characteristics of the tonalite-hosted Paleoproterozoic gold deposit at Osikonmaki, Rantasalmi, southeastern Finland // 1998. Spec. Paper. Geol. Surv. Finl. 25. 119 p.
9. Groves D.I., Goldfarb R.J., Robert F. and Hart C.J.R. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance // Economic Geology. 2003. vol. 98. p. 1–29.
10. Pankka H.S., Vanhanen E.J. 1989. Aulakogen related epigenetic Au-Co-U deposits in northeastern Finland // Geol. Surv. Of Finland. Current Research. 1988. Espoo. 1989. p. 911-94.
11. Sundblad K. Metallogeny of gold in the Precambrian of Northern Europe // Economic geology. 2003. V. 98. P. 1271–1290.

Анизотропия упругих свойств керна Кольской сверхглубокой скважины из зоны Лучломпольского разлома и аналогов этого керна с земной поверхности

Ильченко В.Л.

Геологический институт Кольского НЦ РАН, г. Апатиты, e-mail: vadim@geoksc.apatity.ru

При геодинамическом изучении или реконструкциях различных геологических объектов одним из важных параметров, отвечающих напряженно-деформированному состоянию изучаемого объекта является анизотропия упругих свойств горных пород. Такая анизотропия может возникать в изначально изотропных породах в результате воздействия на них полей литостатических и тектонических напряжений. С другой стороны, уже присутствующая в горном массиве анизотропия может влиять на напряженно-деформированное состояние массива, способствовать модификации (перераспределению) значений главных составляющих силового воздействия.

Наиболее простым, удобным и информативным на сегодняшний день способом определения положения в пространстве элементов упругой симметрии горных пород (и других твердых сред) для определения вида (типа) упругой симметрии и степени анизотропии их упругих свойств является акустополаризационный метод [1].

Самым интересным объектом для геологического и геодинамического изучения на Кольском полуострове, несомненно, является Кольская сверхглубокая скважина (СГ-3), а во вскрытом ею разрезе самой представительной и широко известной является Главная тектоническая зона в нижней части ждановской свиты и Лучломпольский разлом, проходящий по границе никельской и луостаринской серий (названия серий по [2]). Геологическое строение Главной тектонической зоны и в скважине и на поверхности одинаковое. В Лучломпольском разломе интенсивность расланцевания осадочных и эффузивных пород на глубине (в керне) выше, чем у их аналогов на поверхности и причина такого несоответствия неясна [2]. Главная тектоническая зона начинается с глубины около 4340 м, где зафиксировано резкое увеличение значений анизотропии упругих свойств керна [1,3].

Образцы керна СГ-3 из зоны Лучломпольского разлома (интервал 3.9–5.4 км) были изучены нами более подробно [4]. В результате этой работы было установлено, что выше названный интервал является зоной тектонической расслоенности и представляет собой пачку тектонических пластин, ограниченных, каждая по отдельности, сверху и снизу максимально нарушенными участками. Эти участки в скважине отличаются максимальными размерами вывалов из стенок скважины или каверн. Величины показателей упругой анизотропии волнообразно возрастают в краевых частях тектонических пластин (кавернозных участков) и уменьшаются в их внутренних частях.

Для выяснения причин несоответствия уровней расланцевания пород в скважине и их аналогов на поверхности были проведены дополнительные исследования. Для этого были отобраны ориентированные образцы из обнажений коренных горных пород, с интервалом около 150 м, по профилю, пересекающему зону Лучломпольского разлома, обнаженную на земной поверхности примерно в 11 км к СЗ от места заложения СГ-3. Затем из образцов изготовили кубики с ребром около 40 мм и всю дальнейшую их обработку производили согласно методике [5]. Измерения на кубиках проводили акустополаризационным методом [1]. Вычисления величин скоростей V_p и V_s , коэффициента A_p и показателя анизотропии B , определения пространственного положения плоскости упругой симметрии для всех изученных образцов проводились так же, как описано в статье [4].

Район отбора образцов представлен породами протерозойского возраста – Печенгский комплекс и охватывает низы заполярнинской, всю лучломпольскую и верхи пирттиярвинской свит. Петрографически заполярнинская и пирттиярвинская свиты сложены метаэффузивами [3]. На поверхности породы лучломпольской свиты представлены метагравелитами и метапесчаниками, в которых встречаются дайки метабазитов. Все породы заполярнинской, лучломпольской и пирттиярвинской свит имеют здесь сходные элементы залегания с пологим падением в ЮВ направлении. Породы заполярнинской свиты надвинуты на породы лучломпольской свиты и явно тектонизированы, представляют собой пачку, в которой чередуются сланцеватые и массивные разности с подушечной отдельностью. Эта ситуация проявлена в рельефе в виде характерного надвиго-чешуйчатого строения с пологим падением чешуй на ЮВ и с крутыми обрывами ЮЗ простирания. Основные результаты работы здесь представлены графически на (рис.1).

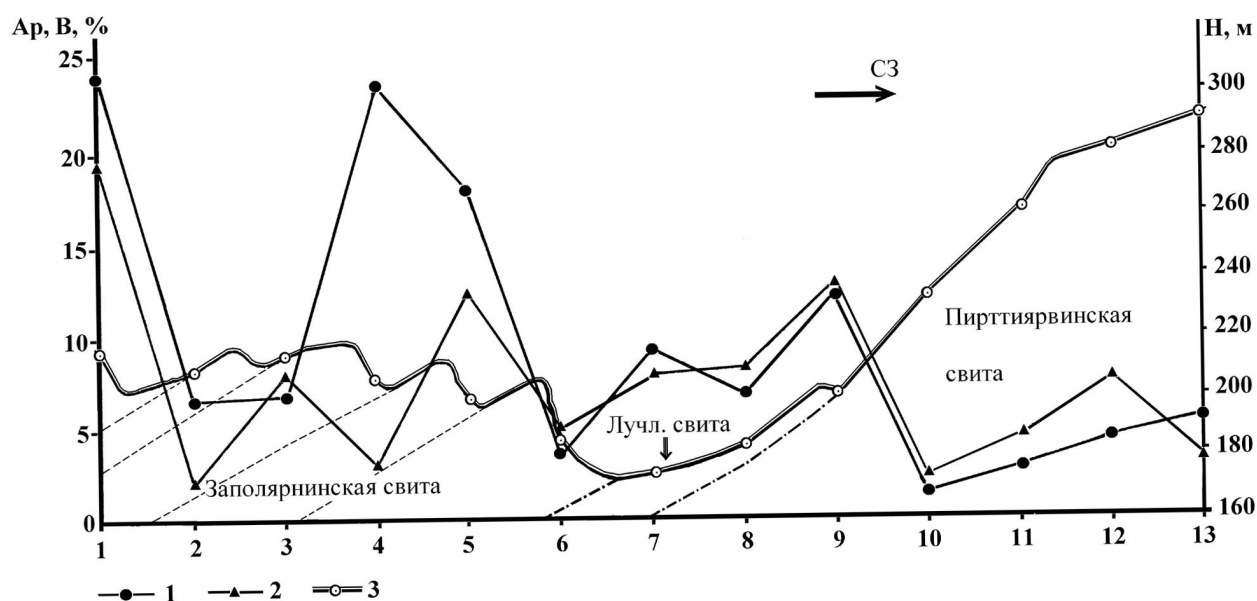


Рис. 1. Соотношение величин показателей анизотропии упругих свойств A_p , B и высоты H точек отбора образцов над уровнем моря; 1 – A_p , 2 – B , 3 – рельеф местности. Штриховые линии – границы тектонических чешуй в основании заполярнинской свиты, штрих-пунктир – границы лучломпольской свиты. Цифры на горизонтальной оси – номера образцов

В целом, для показателей анизотропии A_p , B , прослеживается одинаковая тенденция к ритмическому характеру убывания в соответствии с убыванием мощности надвигового тела. И тенденция эта имеет вид затухающего (в СЗ направлении) гармонического колебания.

Сопоставим материал, полученный на образцах с поверхности с информацией, опубликованной ранее в [4], где описано состояние околоствольного массива СГ-3 и керн, поднятый из зоны Лучломпольского разлома. В скважине ситуация такова, что выше разломной зоны, в породах заполярнинской свиты, анизотропия упругих свойств керна довольно низка, а объемы вывалов породы из околоствольного массива незначительны (рис.2). При входе скважины в Главную тектоническую

зону эти показатели резко возрастают и остаются такими вплоть до границы с породами архейского фундамента [1,3]. Мощность лучломпольской свиты в районе СГ-3 составляет 195 м [3]. Локализация Главной разломной зоны контролируется метаосадками лучломпольской свиты, мощность которой существенно уменьшается (в районе отбора образцов с поверхности ее мощность не превышает 15 м) в направлении краевых частей Печенгской структуры.

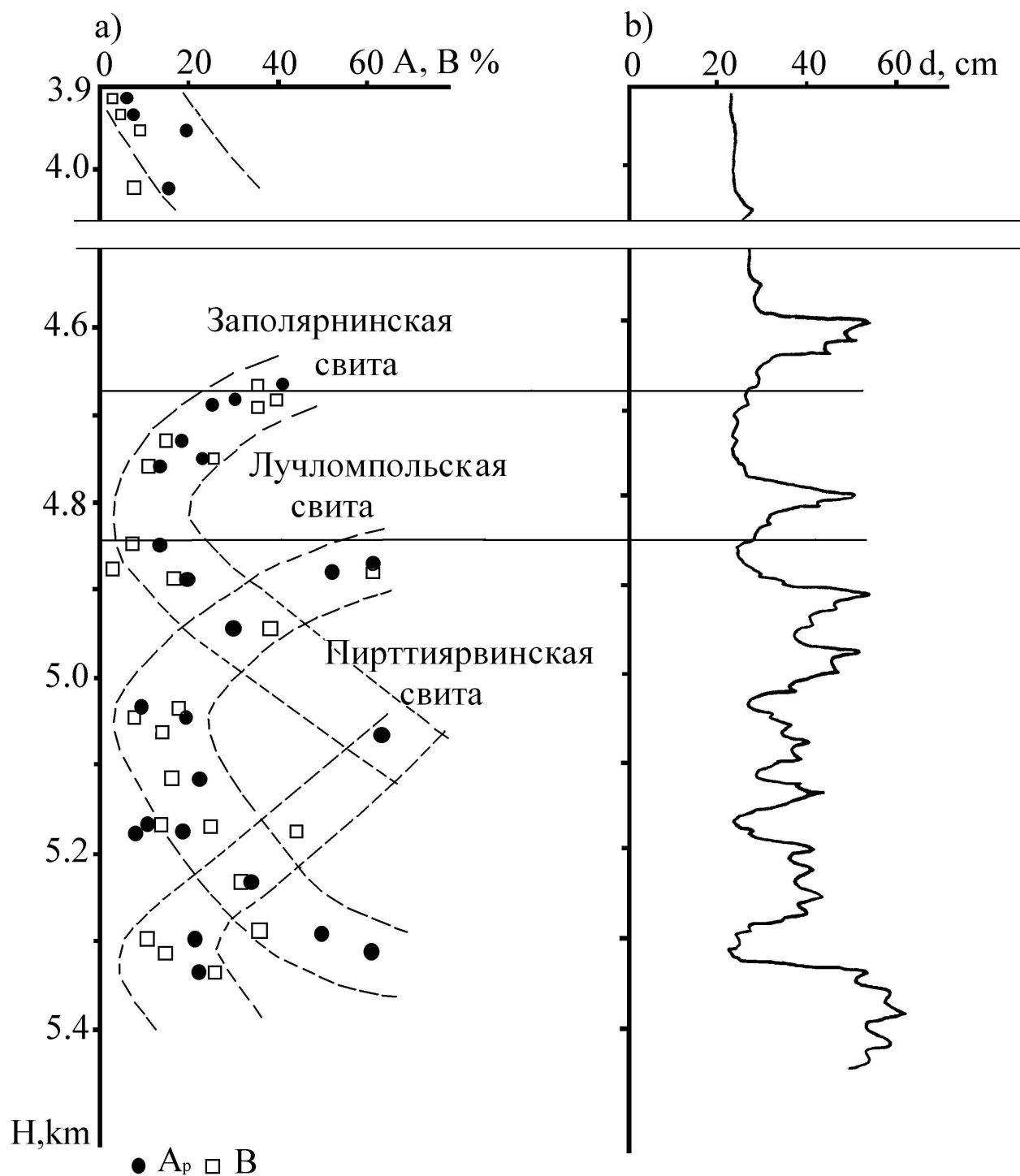


Рис. 2. Анизотропия упругих свойств образцов керна и диаметр ствола СГ-3 в зоне Лучломпольского разлома. а) величины коэффициентов A_p , B , штриховыми линиями выделены области распределения величин показателей анизотропии в тектонических пластинах; б) диаметр скважины (d)

Самый анизотропный интервал протерозойской части вскрытого СГ-3 разреза с максимальной кавернозностью стенок скважины приходится на лучломпольскую и верхнюю часть пирттиярвинской свиты. Вариации показателей анизотропии керна по разрезу проявляют периодический волновой характер объектов, носящих признаки тектонического расслоения [6].

Относительно состояния стенок скважины также прослеживается прямая зависимость между величинами показателей анизотропии упругих свойств и размерами вывалов из стенок скважины (кавернозность). При этом некоторые зоны вывалов не вполне совпадают с локализацией интервалов отбора керна, проявляющих максимальные значения показателей анизотропии. Это могло быть вызвано дополнительными неучтенными факторами (наложением каких-либо геодинамических процессов, например).

На поверхности картина иная: тектонической расслоенности и чешуированию здесь подвержены низы заполярной свиты, в то время как породы лучломпольской и, в особенности, пирттиярвинской свит, судя по их состоянию (отсутствие явных признаков тектонического воздействия и низкие значения показателей анизотропии), участвовали в динамических событиях в качестве «камня преткновения» или буферной зоны и вариации показателей их анизотропии упругих свойств выглядят как бы «отголосками» той волны, которая контролировала тектоническое расслоение и чешуирование надвигающегося края заполярной свиты. В целом же вариации относительных показателей анизотропии упругих свойств горных пород характерны для образцов, отобранных из зон тектонической расслоенности, как внутри тектонических пластин (минимальные значения), так и на их границах (максимальные значения). В районе скважины мощность сдвинутой толщи, на сегодняшний день, составляет 4340 м (мощность ниже лежащей луостаринской серии – 2502 м), тогда как в приповерхностных условиях, в месте отбора образцов, этот параметр составляет от 0 (в точке 7) до примерно 120 м (в точке 1). При этом надвиговый клин утыкается в толщу пирттиярвинской свиты, которая складывается прочными массивными лавовыми покровами мощностью более 700 м [2]. Вполне естественно, что тектоническому расслоению будет подвергаться более «слабая» из взаимодействующих сторон.

Заключение

Исследование образцов пород, отобранных с земной поверхности в зоне Лучломпольского разлома показало, что не существует принципиальной разницы между анизотропией упругих свойств этих образцов и керна, отобранного в процессе бурения СГ-3 из глубинной зоны разлома. Общими для проявления напряженно-деформированного состояния в керне и в образцах с земной поверхности будут следующие эффекты. Во-первых, это характерное волновое распределение значений показателей анизотропии упругих свойств пород по разрезу. Волновой характер распределения показателей анизотропии присущ в равной мере образцам с поверхности и керну исследуемого интервала скважины. Различие в данном случае заключается только в том, что для образцов с поверхности вариации значений анизотропии образуют кривую, характерную для затухающего колебания. Затухание, в этом случае, происходит по мере уменьшения мощности тектонизированного надвигового клина.

Инверсия, заключающаяся в несоответствии в уровнях рассланцевания пород в скважине (ниже Лучломпольского разлома) и их аналогов на поверхности (выше разлома), объясняется существенной разницей в совокупности сил, послуживших рассланцеванию пород в районе скважины и в приповерхностных условиях.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 07-05-00100-а.

Литература

1. Горбачев Ф.Ф. Акустополарископия горных пород. Апатиты, 1995, 204 с.
2. Кольская сверхглубокая. Исследование глубинного строения континентальной коры с помощью бурения Кольской сверхглубокой скважины. – М.: Недра, 1984. 490 с. (Министерство геологии СССР).
3. Кольская сверхглубокая. Научные результаты и опыт исследования. М.: МФ «ТЕХНОНЕФТЕГАЗ», 1998. 260 с.

4. Ильченко В.Л., Горбачев Ф.Ф., Смирнов Ю.П. Анизотропия упругих свойств керна и состояние пород околоствольного массива Кольской сверхглубокой скважины в зоне Лучломпольского разлома. //Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. №3, 2005, с. 1–11.

5. Горбачев Ф.Ф., Балаганский В.В., Иванова Н.Г. Акустополариметрия и определение упругой симметрии горных пород (методические рекомендации). Апатиты, 1990, 84 с.

6. Ильченко В.Л. Волновые аспекты тектонической расслоенности литосферы, их роль в геодинамике и возможном прогнозе землетрясений. – Геофизика XXI столетия: 2005 г. Сборник трудов Седьмых геофизических чтений им. В.В.Федынского (3-5 марта 2005 г., Москва). М.: Научный мир. 2006. С. 213–220.

Геологическая позиция Печенгского рудного района в переходной зоне Балтийский щит – шельф Баренцева моря

Казанский В.И.¹, Лобанов К.В.¹, Исанина Э.В.², Шаров Н.В.³

1 - Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
г. Москва, e-mail: lobanov@igem.ru

2 - Государственное геологическое предприятие «Невскгеология», г. Санкт-Петербург

3 – Институт геологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, e-mail: sharov@krc.karelia.ru

Бурение и исследования Кольской сверхглубокой скважины СГ-3 не только внесли фундаментальный вклад в науки о Земле, но и породили новые вопросы. Один из них – что считать районом бурения, второй – как перейти от изучения скважины к построению глубинной модели района бурения. Ответ на первый вопрос был дан на основе корреляции геологических и металлогенических данных по смежным территориям России, Финляндии и Норвегии: районом бурения скважины СГ-3 является Печенгский рудный район как обособленный сегмент Печенга-Имандра-Варзугской зоны карелид с особым сочетанием тектонических структур, ассоциаций горных пород и рудных месторождений [1]. На северо-востоке он ограничен Воронье-Колмозерской, на юго-востоке – Лицкой, на северо-западе – Инари-Киркенесской зоной разломов и на юго-западе – еще слабо изученной системой разломов северо-западного простирания. В такой интерпретации архейский фундамент Печенгского рудного района включает фрагменты Норвежско-Кольского блока и блока Инари, а его протерозойские структурные элементы представлены Печенгской структурой и ее продолжением поясом Пасвик-Полмас, Лицко-Арагубской цепочкой гранитоидных массивов и массивом Вайноспаа, а также многочисленными разломами, разделяющими архейский фундамент на тектонические блоки более высокого порядка (рис. 1).

В пределах обозначенных выше границ в Печенгском районе находятся архейские месторождения железистых кварцитов Судварангера, протерозойские проявления платинометальной и медно-никелевой минерализации (Гора Генеральская, Карик), сульфидные медно-никелевые месторождения Печенгского и Аллареченского рудных полей, разнотипные месторождения и рудопроявления радиоактивных руд (Лицевское месторождение) и гидротермальные свинцово-цинковые жилы более молодого возраста.

Поиски ответа на второй вопрос оказались более сложными, поскольку нужно было сократить разрыв между детальными исследованиями самой скважины и фрагментарными наблюдениями на поверхности и найти способ перевода описательных геологических данных в численную форму. В этой связи сотрудниками ИГЕМ было выполнено специализированное картирование площади Печенгского рудного района и отобраны представительные образцы пород и руд, которые были изучены теми же методами, что и керн Кольской сверхглубокой скважины. Наиболее детально был охарактеризован 100-километровый наземный профиль проходящий от хребта Мустатунтури через скважину СГ-3 до Аллареченского рудного поля. Параллельно были сформулированы геологические ограничения объемной модели Печенгского района, вытекающие из изучения поверхности и скважины. Но их оказалось недостаточно для градуировки модели по вертикали. Решение было найдено путем формализации и корреляции разреза скважины и опорного профиля по плотности пород и объемной анизотропии скоростей продольных волн. Первый параметр отражает первичный