

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

состав докембрийских пород в связи с изохимическим характером протерозойского метаморфизма, второй параметр – интенсивность тектонических деформаций синхронных метаморфизму. Итоговые расчеты были выполнены в лаборатории компьютерных технологий ВНИИгеосистем и включали сопоставление расчетных и наблюдаемых гравиметрических профилей с использованием компьютерных технологий [2].

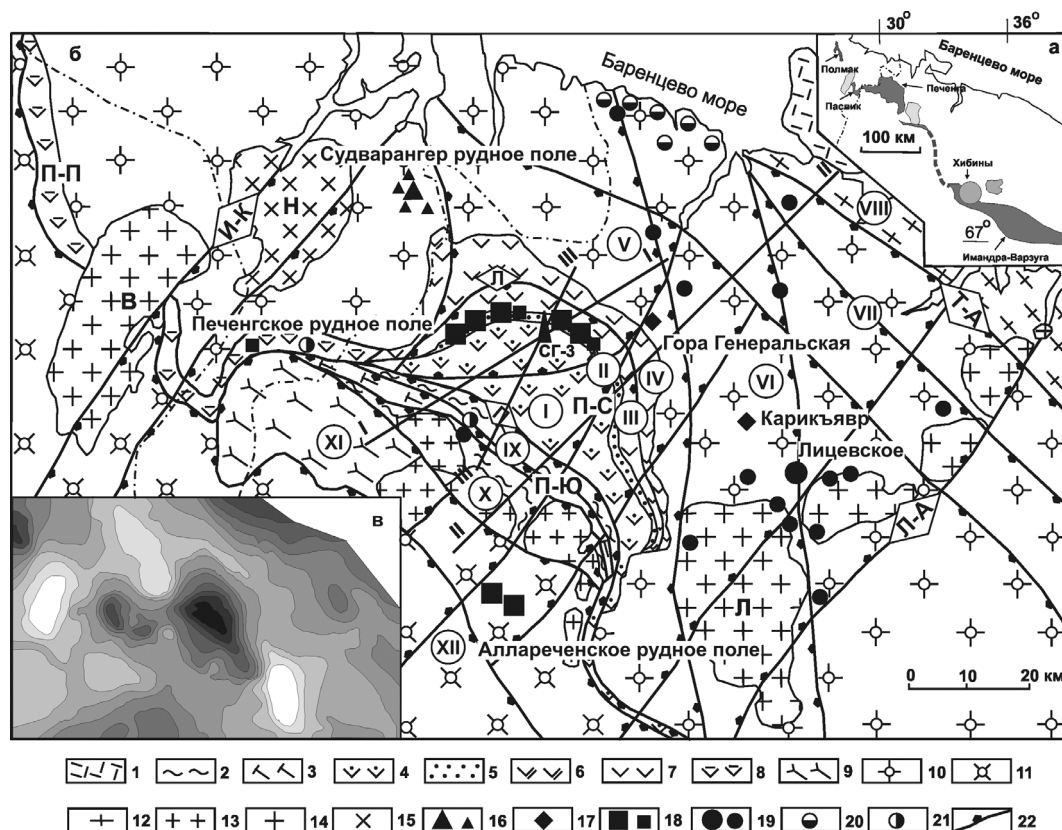


Рис. 1. Схема регионального размещения (а) геологического строения (б), гравитационного поля (в) в Печенгском рудном районе [2].

1 – позднпротерозойские отложения; 2-7 – ранний протерозой: 2,3 – южнопеченгская серия: 2 – метавулканогенные и метаосадочные породы, 3 – метаандезиты; 4-7 – северопеченгская серия: 4 – metabазальты свиты пильгуйarvi, 5 – метаосадочная Продуктивная толща, 6 – metabазальты свиты колосйюки, 7 – метаандезиты свит кузтсарви, ахмалахти; 8 – северопеченгская и южнопеченгская серии нерасчлененные; 9 – сланцы тундровой серии; 10-12 – архей: 10 – гнейсы, граниты Кольско-Норвежского блока, 11 – гнейсы блока Инари, 12 – гнейсы Мурманского блока; 13-15 – раннепротерозойские гранитоиды: 13 – поздние интрузивные (лицко-арагубский комплекс), В – Вайноспаа, Л – Лицкий; 14 – реоморфические; 15 – ранние интрузивные, Н – Нейден; 16-21 – рудные месторождения и рудопроявления: 16 – Fe, 17 – ЭПГ, 18 – Cu-Ni, 19 – U, 20 – Pb-Zn, 21 – Au; 22 – зоны разломов (буквы и цифры в ромбах): Т-А – Титовско-Амбарная, Л-А – Лицко-Арагубская, И-К – Инари-Киркенесская, П-И – Печенга-Имандра, Л – Лучломпольский, П – Порьиташский; П-С – Северное крыло, П-Ю – Южное крыло Печенгской структуры, П-П – пояс Пасвик-Полмак. Цифры в кружках – формализованные тектонические блоки. I-I – расчетный профиль, проходящий через СГ-3, II-II – опорный профиль на поверхности через Печенгский район, III-III – сейсмический профиль КОЛА ОГТ-92.

Разработанная таким образом интегральная объемная геодинамическая модель описывает геологическое строение Печенгского рудного района до глубины 15 км (рис. 2). Модель характеризует северное крыло Печенгской структуры как фрагмент вулканической кальдеры, осложненной согласными зонами расщепления, а ее южное крыло – как комбинацию чешуйчатой моноклинали с реоморфическими гранитными куполами. Предполагается, что вулканы северного и более молодого южного крыльев заполнили вулканотектонические депрессии, сопряженные с системой разломов северо-западного простирания. В северном крыле вулканизм завершился внедрением в продуктивную толщу никеленосных габбро-верлитов.

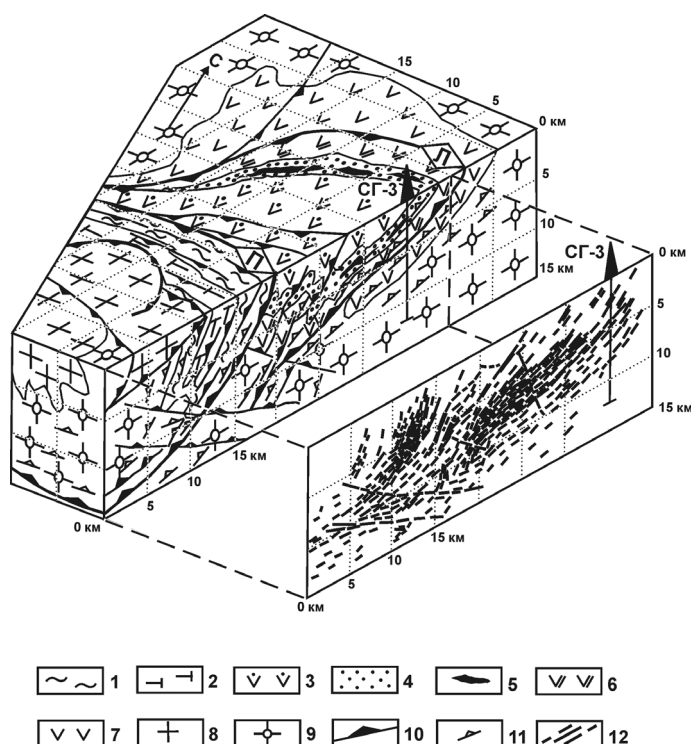


Рис. 2. Фрагмент объемной геологической модели Печенгского рудного района в сопоставлении с сейсмическим разрезом по профилю КОЛА ОГТ-92 [4]:

1–2 – Южное крыло Печенгской структуры, южнопеченгская серия: 1 – метабазальты и сланцы, 2 – метаандезиты; 3–6 – Северное крыло Печенгской структуры, северопеченгская серия: 3 – метавулканиды свиты пильгуярви, 4 – метаосадочные породы продуктивной толщи, 5 – никеленосные габбро-верлитовые интрузии, 6 – метавулканогенные и метаосадочные породы свиты коласйоки, 7 – метавулканогенные и метаосадочные породы свит куэтьярви и алмалахти, 8 – протерозойские реоморфические гранитоиды; 9 – архейская кольская серия, 10 – разломы (цифры в кружках: 1 – Порьяташский, 2 – Луоттнинский, 3 – Лучломпольский), 11 – расланцеванные породы, 12 – наклонные отражающие площадки

До начала бурения скважины СГ-3 Печенгская структура и одноименное рудное поле рассматривались как грабен-синклиналь, в которую после складчатости по разломам внедрились никеленосные габбро-верлитовые интрузии. В новой интерпретации эти интрузии трактуются как субгоризонтальные силы, которые позднее были тектонически нарушены, расланцеваны и метаморфизованы, что повлекло за собой накопление более богатых руд в послонных зонах расланцевания и брекчирования [5].

С помощью гравитационного моделирования предполагалось выявить под Печенгской структурой подводящие каналы для никеленосных габбро-верлитовых силлов и расшифровать структуру архейского фундамента. Однако эта попытка не увенчалась успехом.

Дальнейший прогресс обеспечили результаты детальных сейсмических исследований Печенгского района, выполненных ГГП «Невскгеология», ГПП «Севморгео», ИГ КарНЦ РАН и многими другими организациями (Сейсмогеологическая модель..., 1997). Особенно информативным оказался сейсмотомографический разрез Балтийский щит – шельфовая плита Баренцева моря [3, 4]. При его построении в базу данных были включены 4200 лучей Р-волн и 2300 лучей S-волн.

Судя по разрезам V_p и V_s на глубине 18–28 км земная кора в наземном и морском частях разреза делится на верхнюю «гетерогенную» и нижнюю – «гомогенную» части, т.е. континентальная кора Балтийского щита распространяется в пределы шельфа Баренцева моря. Путем интерпретации данных МОВЗ и ГСЗ выявлен подъем раздела Мохо под Печенгским районом, который вероятно отражает положение реликтового мантийного плюма. Особого внимания заслуживает субгоризонтальный ореол с максимальными значениями V_p/V_s 1,80–1,90, расположенный на глубине 20–25 км в промежутке между никеленосной Печенгской структурой и предполагаемым мантийным плюмом. Не исключено, что этому ореолу соответствует некогда существовавший промежуточный магматический очаг.

В наиболее общем виде результаты проведенных исследований суммированы на геолого-геофизическом разрезе Балтийский щит – шельф Баренцева моря (рис. 3). Именно на этом разрезе показано, что мелкие свинцово-цинковые жилы Печенгского побережья занимают принципиально иную – нежели медно-никелевые месторождения – геофизическую позицию.

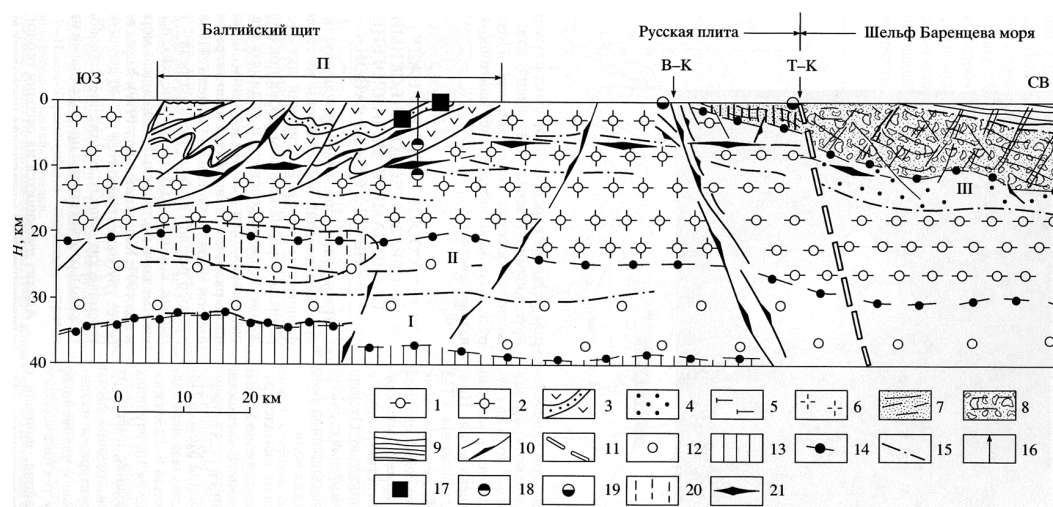


Рис. 3. Разрез переходной зоны Балтийский щит – шельф Баренцева моря:

1-2 – архейский комплекс Балтийского щита и шельфа Баренцева моря: 1 – гранитоиды, мигматиты, (Мурманский блок), 2 – гнейсы, мигматиты, гранитоиды, (Кольско-Норвежский блок и блок Инари); 3-5 – раннепротерозойский осадочно-вулканогенный комплекс карелид: 3 – северопеченгская серия (метавулканиты и продуктивная толща – точки), 4 – предполагаемый метаосадочный аналог северопеченгской серии; 5 – южнопеченгская серия; 6 – протерозойские гранитоиды; 7, 8 – неметаморфизованные рифейские отложения: 7 – чехол Русской плиты, 8 – основание шельфа Баренцева моря; 9 – палеозойские и мезозойские шельфовые отложения; 10 – разломы (В-К – Воронья-Колмозерская система); 11 – пограничный разлом Русской плиты – линеамент Тролльфиорд-Рыбачий-Кильдин (Т-К); 12 – нижняя «гомогенная» кора; 13 – верхняя «гетерогенная» кора, мантия, 14 – сейсмогеологические границы первого порядка (I – мантия-кора, II – нижняя верхняя кора, III – кристаллический фундамент – осадочные отложения); 15 – пологие сейсмические границы в коре; 16 – СГ-3; 17 – медно-никелевые месторождения; 18 – медно-цинковая минерализация; 19 – свинцово-цинковая минерализация; 20 – предполагаемый основной-ультраосновной промежуточный очаг; 21 – внутрикоровый волновод. П – Печенгская структура

Эти низкотемпературные свинцово-цинковые жилы залегают в архейских гнейсах и приурочены к зоне крупнейших разломов на границе Балтийского щита и шельфа Баренцева моря, а именно к омоложенной Воронье-Колмозерской системе разломов и линеаменту Тролльфиорд-Рыбачий-Кильдин, который считается северо-восточной границей Русской плиты. В самом линеаменте свинцово-цинковая минерализация обнаружена в неметаморфизованных рифейских песчаниках. Предполагается, что гидротермальная полиметаллическая минерализация в пространстве и во времени ассоциируется с проявлениями мощного рифтогенеза, который предварял и сопровождал формирование шельфовой плиты Баренцева моря, когда Печенгский рудный район находился в режиме пассивной континентальной окраины и испытал глубокопроникающие расколы древней континентальной земной коры [7].

Д.И.Павлов и др. (1991) отметили, что некоторые нефтегазоносные осадочные бассейны обрамляют стратиформные свинцово-цинковые месторождения. С этих позиций полиметаллическую минерализацию Печенгского побережья можно рассматривать одним из связующих звеньев между докембрийской металлогенией Балтийского щита и более молодыми скоплениями углеводородов на шельфе Баренцева моря [6].

Литература

1. Казанский В.И., Лобанов К.В. О границах и металлогении Печенгского рудного района (Балтийский щит) // Геология рудных месторождений. 1996. Т. 38. № 1, С. 103–109.
2. Казанский В.И., Кузнецов О.Л., Кузнецов А.В., Лобанов К.В., Черемисина Е.Н. Глубинное строение и геодинамика Печенгского рудного района: опыт изучения Кольской сверхглубокой скважины // Геология рудных месторождений. 1994. Т. 36. № 6. С. 500–519.
3. Казанский В.И., Исанина Э.В., Лобанов К.В., Предовский А.А., Шаров Н.В. Геолого-геофизическая позиция, сейсмогеологические границы и металлогения Печенгского рудного района // Геология рудных месторождений. 2002. Т. 44. № 4. С. 276–286.

4. Исанина Э.В., Верба М.Л., Иванова Н.М., Казанский В.И., Шаров Н.В. Глубинное строение и сейсмо-геологические границы Печенгского района на Балтийском щите и смежной части шельфовой плиты Баренцева моря // Геология рудных месторождений. 2000. Т. 42. № 5. С. 476–487.

5. Казанский В.И., Лобанов К.В. Структурно-геофизическая позиция, глубинное строение и условия локализации уникального Печенгского рудного поля (Балтийский щит) // Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования, Москва, ИГЕМ РАН, 2004. С. 187–205.

6. Казанский В.И., Лобанов К.В., Шаров Н.В. От разреза Кольской сверхглубокой скважины к глубинным моделям Печенгского рудного района: к 10-летию открытия № 28 в области наук о Земле // Вестник Российской Академии естественных наук. 2007. Т. 7. № 2. С. 3–7.

7. Казанский В.И., Лобанов К.В., Кузнецов А.В., Савицкий А.В., Морозов Ю.А., Шолто В.Н., Шаров Н.В. Гидротермальная полиметаллическая минерализация переходной зоны «Суша – Море», Печенгский рудный район (Россия) // Геология рудных месторождений. 1999. Т. 41. № 3. С. 195–213.

Опыт извлечения цирконов на радиологический возраст из расслоенных и дифференцированных интрузивов

Кевлич В.И., Трофимов Н.Н., Кукушкина П.И.

Институт геологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск

Расслоенные и дифференцированные интрузивы по среднему составу отвечают ультрамафитовым и мафитовым магмам, характеризующимся изначально более низким содержанием циркония, что затрудняет использование их для радиологических датировок. Однако в процессе внутрикамерной дифференциации, в интрузивах образуются зоны, мега и макроритмы, а также слои и горизонты в них, обогащенные цирконием. К таковым должны относиться верхние зоны мафитовой части расслоенных интрузивов и наиболее обогащенные кремнеземом, вплоть до появления свободного кварца (до 20%), шпидеры, слои и горизонты в дифференцированных интрузивах основного состава. В этой связи исследователям приходится часто прибегать к менее устойчивым системам – парагенезису пироксен + плагиоклаз.

В данной работе излагается опыт извлечения цирконов из пород ритмично-расслоенного Бураковского плутона передотит-габброноритовой формации и хорошо дифференцированных рудоносных пластовых интрузивов трапповой формации Пудожгорского комплекса, выявления их генераций и параметрических характеристик.

Бураковский плутон. Скважина №31 – глубина 400 м. Вскрывает зону магнетитовых габбродiorитов (пижонитовых габброноритов по Логинову В.Н., ГУП КГЭ), и габброноритовую зону Шалозерского блока. Проба № С-31/344-349 весом 12,5 кг отобрана с интервала 344–349 м и характеризует верхнюю часть габброноритовой зоны, сложенной среднезернистыми мезократовыми габброноритами с минеральной прагенетической ассоциацией $OPx+CPx+PL$ ⁴⁰⁻⁴². Все минералы свежие, процессами замещения не затронуты.

Скважина №5 – глубина 217,5 м. Вскрывает нижнюю часть разреза габброноритовой зоны (ГНЗ) Аганозерского блока. Весь разрез сложен габброноритами, за исключением маломощных интервалов представленных двух-трехчленными ритмами и содержащих слои: плагиоклазита – 87,55–88,0 м и 126,1–126,2 м; перидотита – 121,4–121,9 м; 122,6–124,0 м; 125,1–128,2 м. Проба № С-5/21-85 весом 1,5 кг отобрана выше этих ритмов в интервале 21–85 м из неравномерно сохранившихся остатков зерна, охарактеризованных четырьмя шпидерами и химанализами – 34,0; 50,0; 78,0; 83,0. Вначале опробованного интервала плагиоклаз частично замещен агрегатом цоизита, пироксен слабо амфиболизирован (каемочная микроструктура замещения), развивается биотит (шл.С-5/34). В средней и нижней части плагиоклаз и моноклинный пироксен свежие, ромбический пироксен слегка затронут процессами замещения.

Пудожгорская интрузия. Пробы № 467 весом 22 кг и № 468 весом 24,5 кг отобраны в обнажениях из пород верхней части гранофирового горизонта диоритовой зоны Пудожгорского интрузива, которые характеризуются высокой концентрацией щелочей и соответствуют по нормативному