Тенденция изменения текстур и структур метаморфических пород с глубиной, изучение пространственной ориентировки минералов показали, что в соответствии с общей температурной зональностью протерозойского метаморфизма, интенсивностью деформации и перекристаллизации пород, упругая анизотропия пород увеличиваются сверху вниз.

В результате проведенных работ отмечено изменение физических параметров в образцах керна, проявившееся в первую очередь в виде релаксации скоростей упругих волн. В тоже время отмечено изменение упругих характеристик по стволу скважины с глубиной залегания пород, которое можно объяснить сменой геодинамических режимов «сжатие-растяжение» и проявляющееся в широком развитии трещиноватости, кусковатости и кавернообразовании. Эти процессы, приводящие к общему снижению прочности пород разреза СГ-3 четко коррелируются с изменением упругих свойств, удельного электрического сопротивления, пористости и технологических характеристик (проходки на долото и т.д.). Нарушение сплошности среды, ее диспергирование и изменение физических характеристик пород, происходящее в пространственно-временных координатах СГ-3 отмечается при проведении акустического каротажа и наблюдениях за сейсмоакустической эмиссией (САЭ), которая определяется геодинамической обстановкой геопространства СГ-3. Опыт наблюдений за изменением параметров пород СГ-3 и результаты дистанционных методов геофизики (АК, САЭ, ВСП и др.) может быть полезен, и рекомендован при проведении геофизических и геоэкологических наблюдений за состоянием пород и инженерных сооружений в естественной среде [4, 5, 6].

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований РАН ОНЗ-6 «Геодинамика и механизмы формирования литосферы».

ЛИТЕРАТУРА

1. Джегер Ч. Механика горных пород и инженерных сооружений. М. :Мир, 1975. 255 с.

2. Троянов А.К., Астраханцев Ю.Г., Начапкин Н.И. Пространственно-временная изменчивость сейсмоакустической эмиссии в сверхглубоких скважинах // Сб. трудов XIX сессии РАО. Н. Новгород. 2007.Т.1. С. 295-301.

3. Адушкин В.В., Цветков В.И. Напряженное состояние и его связь со структурной горного массива //Физические процессы в геосферах при сильных возмущениях. М.Изд. РАН, 1996. С 111-116.

4. Кольской сверхглубокой скважины // Разведка и охрана недр. №7-8. 2000ю С. 28-31.

5. Рабинович Г.Я., Блохин Н.А., Певзнер С.Л., Смирнов Ю.П. Новое представление о сейсмоакустической модели

6. Березовский Н.С., Галдин Н.Е., Кузнецов Ю.И. Геофизические исследования сверхглубоких скважин как основы интерпретации геологического строения кристаллического фундамента. Тверь, «АиС», 2006. 396 с.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ БАССЕЙНОВ ДОКЕМБРИЯ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Тюремнов В.А., Глазнев В.Н., Осипенко Л.Г., Матюшкин А.В.

Геологический институт Кольского НЦ РАН, г. Апатиты, osipenko@geoksc.apatity.ru

Петрофизические данные по скважинам Баренцевоморского шельфа, континентальной части Балтийского щита и Тимано-Печорской провинции позволили проследить изменения физических свойств осадочных пород в пространственно-временных координатах [1]. Были отмечены закономерности формирования пород как карбонатного, так и терригенного состава, не только с их возрастом, но и с глубиной залегания. Установленные взаимосвязи физических свойств пород, в частности, пористости с плотностью и скоростью распространения упругих волн, в общем, носят типичный характер, свойственный осадочным образованиям и определяются их гранулометрическим составом и содержанием глинистости и карбонатности в породах. Нижняя часть фанерозойского разреза, относящаяся к венд-рифейскому возрасту, на полуостровах Средний и Рыбачий, представлены различными литотипами пород (табл. 1), объединенных в несколько осадочных свит. Сходство терригенных пород раннего докембрия с соответствующими образованиями фанерозоя впервые установленное академиком А.В. Сидоренко, позволяет сопоставить их петрофизические характеристики и проследить закономерности их изменения в процессе геологического развития территорий и эволюции вещества. Однако осадочные породы докембрия отличаются от осадочных отложений фанерозоя по вещественному составу, структуре, текстуре, т.е. по комплексу геолого-генетических признаков, включающих и петрофизические особенности в зависимости от степени метаморфизма.

Наиболее изученным объектом докембрийских образований является Печенгская структура. Она представлена породами четырех осадочно-вулканогенных циклов в северной зоне и двух циклов в южной зоне. Наиболее детально изучена Ждановская толща (рис. 1), относящаяся к осадочно-вулканогенному Пильгуярвинскому циклу. Формирование этой свиты характеризуется разномасштабной ритмичностью турбидитного

типа, т.е. соответствует глубоководным обстановкам осадконакопления [2]. Особенностью пород этой толщи является ее насыщенность сингенетическими сульфидами, а также высокая фосфатоносность, магнезиальность и конкреционостность, которые свидетельствует о связи осадконакопления с ультрабазитовым вулканогенным материалом. Это позволило разделить толщу осадков на нижнюю и верхнюю подсвиты со своими петрофизическими характеристиками. Формирование осадочно-вулканогенных пород Печенги, в основном, происходило в условиях зеленосланцевого метаморфизма. Различная степень его проявления и многообразие литотипов пород определили широкие пределы изменения петрофизических характеристик. На вариации последних значительное влияние оказали эпигенетические процессы, изученные в южной зоне Печенгской структуры и установленные по результатам сравнения параметров горных пород отобранным по скважине СГ-3 и образцам с поверхности (рис. 2).

Но основным фактором, определяющим изменчивость физических свойств, является степень метаморфизма первично-осадочных образований, возрастающая в метаосадочных образованиях Кейвско-Лебяжинского структурно-вещественного ансамбля [2]. Метаосадки Кейвской структуры представлены червуртской и выхчуртской свитами. Это высокоплотные породы, относящиеся к кианитовой субфации амфиболитовой фации метаморфизма. Для пород относящихся к кианитовой субфации амфиболитовой фации также отмечается зональность физических свойств, которая определяется процессами гипергенеза и изменчивостью вещественного состава по глубине залегания (табл. 2).

Таблица 1

Коллекторские свойства рифейских образований Кольского полуострова

порода	σ, г/см^3	$K_п$, %	Vp, км/с	Vs, км/с
песчаник	2.67	1.70	5.50	3.40
аргеллит	2.73	1.47	5.67	3.33
гравеллит	2.68	4.65	5.25	3.46
алевролит	2.71	0.95	5.57	3.36

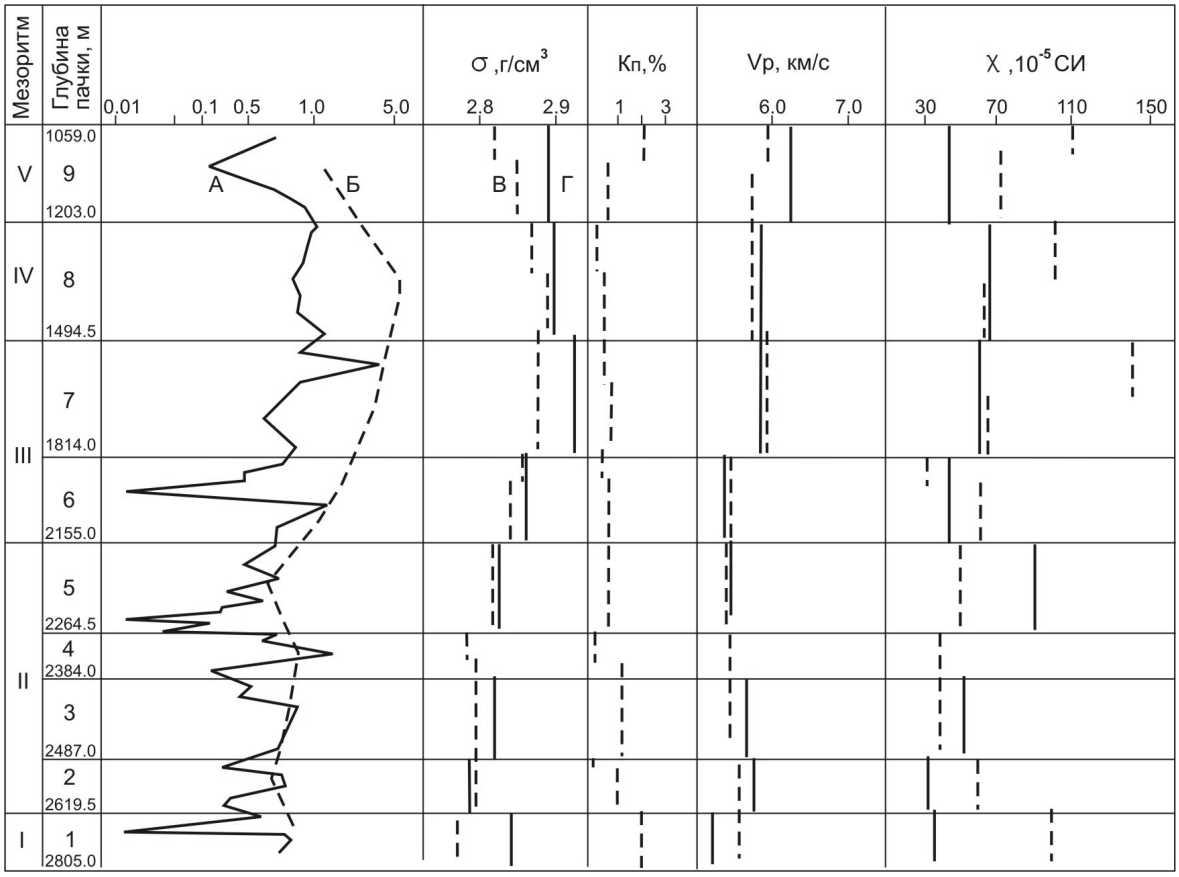

Рис. 1. **Связь ритмичности седиментогенеза ждановской свиты с петрофизическими характеристиками.**

А – отношение криптомерной фракции к фанеромерной, Б – отношение пелитовой фракции к псаммитовой,
В – результаты замеров физических параметров по поверхности, Г – результаты замеров физических параметров по СГ-3.

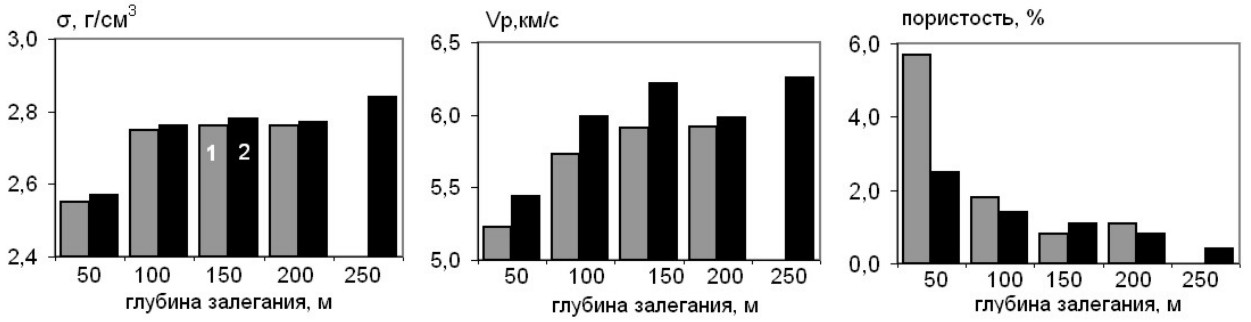

Рис. 2. **Эпигенетические изменения физических свойств горных пород Печенгской структуры** (по буровым профилям южной зоны)**.**

1 – породы каллояурской толщи, 2 – касесйокской толщи.

Таблица 2

Изменение петрофизических характеристик по разрезу месторождения кианитовых сланцев

Зоны	Мощность, м	Количество определений	Кианит, %	Мусковит, %	σ, г\см^3	$K_п$, %	Vp, км/с	$\sigma_{сж}$, Н/м^2
I	15-20	32	57.2	37.2	3.0	1.59	5.55	630
II	20-50	138	50.6	40.4	3.01	0.89	5.86	1000
III	>50	344	44.3	44.3	3.0	0.64	6.30	1200

Примечание: $K_п$% – пористость, $\sigma_{сж}$ – сопротивление сжатию: f – крепость пород по М.М. Протодьяконову.

Первичным материалом, за счет которого возникли кианитовые сланцы, послужили обогащенные Al_2O_3 и органическим веществом глинистые осадки каолинового типа архейского возраста. Кианитовые порода по химическому составу обнаруживают большое сходство с континентальными глинами влажного и жаркого климата и имеют черты заметного сходства с глинами всех типов и песками Русской платформы [3]. Преобразование первоначального осадочного материала происходило в глубинных условиях метаморфизма, для которых характерны давление порядка 11-13 килобар и температуры 500-600°С. Это нашло отражение в исключительном разнообразии главных морфогенетических типов кианита, связанных с различным временем его кристаллизации по отношению к дифференциальным движениям. Генезис кианита подтверждает большую роль стресса, как геологического фактора минералообразования, способствующего перекристаллизации пород путем их метаморфической, преимущественно метасоматической, дифференциации при условиях свободной циркуляции инфильтрационных и поровых растворов [3]. Эти процессы определяют широкие пределы изменения физических свойств, отражающих текстурно-структурные особенности пород и полимодальные распределения параметров.

В состав кианитовых руд входят следующие минерала: главные – кианит, кварц, и второстепенные: мусковит, плагиоклаз, ставролит, графитоид, дикид, пирротин, пирит. Генетическая связь кианитовых пород с песчано-глинистыми осадками находит свое отражение в характере взаимосвязи физических свойств этих пород и в связи с вещественным составом, а также с составом и структурой мусковит-кварцевого цемента [4, 5].

В архейской шовной зоне Колмозеро-Воронья выделяется нижняя толща гранат-биотитовых и биотитовых гнейсов – лявозерская свита. Для гнейсов и сланцев этой свиты характерно закономерное увеличение плотности вверх по разрезу (от 2.73 до 2.86 г/см^3). Существенное влияние на изменение петрофизических параметров оказывает интенсивность проявления наложенных метасоматических процессов, продукты которых представленные кварцевыми и амфиболовыми гранитами характеризуются плотностью 3.14 и 3.37 г/см^3 соответственно. Для гнейсов и сланцев воронье-тундровской свиты наблюдается в целом закономерное уменьшение вверх по разрезу значений плотности при переходе от амфиболовых, гранат-биотит-амфиболовых гнейсов и сланцев к биотитовым, гранат- биотитовым и мусковитовым гнейсам. Для пород вороньетундровской свиты значения плотности варьируются в пределах 2.73-2.93 г/см^3 (для амфиболсодержащих пород) и 2.65-2.74 г/см^3 (для биотитовых и мусковитовых гнейсов) [6]. Гнейсы и сланцы червуртской свиты по вещественному составу и петрофизическим параметрам близки к литотипам лявозерской свиты. В нижней части разреза, представленного мусковитовыми и биотит- мусковитовыми кварцитами средняя плотность не превышает 2.65 г/см^3. метаосадочные породы этой зоны практически немагнитны.

Проведенный анализ и систематизация материалов по изучению физических свойств метаосадочных образований Кольского полуострова позволили составить сводную схему петрофизических характеристик седиментационных бассейнов Кольско-Норвежско-Кейвского сегмента (табл. 3).

Таблица 3

Петрофизическая схема седиментационных бассейнов докембрия Кольского полуострова

возраст	свиты	σ, г/см^3	Vp, км/с	$\chi \cdot 10^{-5}$ СИ	Геодинамический режим и обстановка седиментации
протерозой (карельский)		Северная зона Печенги			
	Ждановская	2.63-3.22 2.78	4.80-6.20 5.95	20-1200 150	1
	Лучломпольская	2.55-3.20 2.76	4.86-6.36 5.95	20-15000 500	2
	Кувернеринйокская	2.56-2.82 2.71	4.77-6.02 5.72	10-50 20	3
	Телевинская	2.61-2.80 2.68	4.70-6.00 5.70	10-100 30	4
		Южная зона Печенги			
	Касейокская	2.48-3.02 2.80	5.45-7.12 6.13	40-1500 300	
	Каллояурская	2.11-2.98 2.75	5.24-6.66 6.02	20-240 100	
верхний архей – протерозой (лопий)		Зона Колмозеро-Воронья			
	Червуртская	2.76-2.81		30	
	Воронье-тундровская	2.67-2.83		30	
	Лявозерская	2.73-2.86		30	
		Кейвская стуктура			
	Выхчурская	2.62-3.12 2.84		20	5
	Червуртская	2.56-3.18 2.87		20	
	Коловайская	2.56-2.78 2.64		1600	
	Кинемурская	2.56-2.78 2.67		2300	

Примечание: 1 – Глубоководная, активная геодинамическая обстановка регрессивно трансгрессивного ритма, 2 – Зона перехода шельфа в подножье континентального склона. Трансгрессия. 3 – Континентальный склон с признаками шельфовых особенностей в отложениях. Трансгрессия. 4 – Континентально-рифтогенный режим. Трансгрессия. 5 – Совокупность сменяющихся во времени геодинамических обстановок, типичных для активных материковых окраин, океанических равнин и срединно-океанического хребта.

Сложное строение Кейвского террейна и изменчивость физических свойств метаморфических пород определяет сложные по структуре наблюдаемые гравимагнитные поля: региональный минимум гравитационного поля с интенсивностью до 25 мГл и региональный максимум магнитного поля с интенсивностью до 1000 нТл. Таким образом петрофизические характеристики осадочных пород подчеркивают особенности эволюции структурно-вещественных комплексов, формирующихся в разных геодинамических обстановках седиментационных бассейнов.

Проведенный анализ и систематизация материалов по изучению физических свойств метаосадочных образований Кольского полуострова позволили составить сводную схему петрофизических характеристик седиментационных бассейнов Кольско-Норвежско-Кейвского сегмента (табл. 2). Условия и обстановка палеоседиментационных процессов подтверждают геофизические выводы о строении земной коры в раннем докембрии, т.е. более мощная кора в западной части Кольского полуострова (>40 км) – типично континентального типа и тонкая океаническая кора Кейвской структуры. Характерной геофизической особенностью докембрийского седиментогенеза является инверсионная гравитационная модель Печенгской структуры; наличие двухволноводов, природа которых связана с вещественно-структурными ансамблями ждановской и лучломпольской свит. В восточной части Кольского полуострова (структура Кейв) по комплексным сейсмо-гравитационным материалам о строении земной коры отмечен фрагментарный типично океанический разрез земной коры с активным проявлением щелочного магматизма [7].

Условия и обстановка палеоседиментационных процессов подтверждают геофизические выводы о строении земной коры в раннем докембрии, т.е. более мощная кора в западной части Кольского полуострова (>40 км) – типично континентального типа и океаническая кора Кейвской структуры. Анализ петрофизических характеристик показал, что дифференциация первичного вещества сохраняется в ходе метаморфно-метасоматических процессов и отражает эволюцию седиментогенеза в течение всей геологической истории.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований РАН (ОНЗ-6) "Геодинамика и механизмы деформации литосферы".

ЛИТЕРАТУРА

1. Шипилов Э.В., Тюремнов В.А., Глазнев В.А., Голубев В.А. Палеографические обстановки и тектонические деформации Баренцевоморской континентальной окраины в кайнозое //ДАН. Т. 407. №3. С. 411-416.

2. Негруца В.З., Негруца Т.Ф. Литогенетические основы палеодинамических реконструкций нижнего докембрия восточной части Балтийского щита. Апатиты. Изд-во КНЦ РАН. 2007. 281 с.

3. Макиевский С.И. Геология метаморфических толщ северо-запада Кольского полуострова. Л.:, Наука, 1973. 152 с.

4. Бельков И.В. Кианитовые сланцы Кейв. М.-Л. 1963. 321 с.

5. Тюремнов В.А. Осипенко Л.Г. Зональность месторождений кианитовых пород и их физических свойств при нормальных и высоких термодинамических параметрах. Материалы Международной конференции Том 2: г. Казань: Изд. Казанск. гос. ун–та. 2007. С. 237-241.

6. Белолипецкий А.П., Ильин Ю.И. Петрофизические схемы метаморфического комплекса зоны Колмозеро_Воронья (Кольский полуостров) //Сб. Методика и результаты геофизических исследований северо-восточной части Балтийского щита. Апатиты. Изд. КФАН СССР, 1980. С. 111-120.

7. Козлов Н.Е., СорохтинН.О., Глазнев В.Н. и др. Геология архея Балтийского щита. СПб: Наука, 2006. 329 с.

ИЗГИБОВАЯ ДЕФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ ТЕКТОНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И РОЛЬ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЕЙ

Уткин В.И., Юрков А.К.

Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург, voutkin@mail.ru

Многолетние исследования геофизических предвестников тектонических землетрясений с целью обеспечения среднесрочного (месяцы) и краткосрочного (сутки) прогноза тектонического события в настоящее время практически не обеспечивают надежное решение основной задачи прогноза: определение координат, времени и энергии ожидаемого события. Широкий спектр геофизических предвестников (сейсмические, гидродинамические, деформационные, геохимические, термические, гравитационные, электромагнитные), а так же спутниковые технологии дистанционного зондирования (например, аномальное повышение температуры поверхности в эпицентральной области Измитского землетрясения – 17 августа 1999 г.), не позволяют определить точное время, место и энергию события. Основная проблема состоит в том, что в различных сейсмоактивных регионах данные предвестники работают различно. Это обычно связывают как со сложностью организации очага землетрясения, условий его зарождения и развития [3]. На основе этого заключения делается , что прогноз землетрясений, как и прогноз погоды, по своей природе имеет вероятностный характер [1,2]. Разрабатываются различные статистические алгоритмы как долгосрочного, так и среднесрочного прогноза землетрясений, которые в отдельных сейсмоактивных областях дают достаточно надежные результаты. Прекрасные обзоры статистических методов прогноза представлены в [1, 3].

Необходимо отметить, что многолетние сейсмологические наблюдения позволили составить прекрасные карты сейсмической опасности практически по всем сейсмоактивным регионам планеты. Анализ выделенных сейсмоактивных поясов показывает, что все разрушительные землетрясения связаны с движениями литосферных плит и крупными литосферными блоками внутри их. Поскольку движение литосферных плит происходит в масштабе геологического времени, можно утверждать, во-первых, что в ближайшие 100-200 лет никаких новейших аномальных сейсмоактивных регионов, вероятнее всего, не будет наблюдаться; во-вторых, должны наблюдаться некоторые общие закономерности подготовки землетрясений. Рассмотрим основные процессы движения литосферных блоков, связанных с подготовкой землетрясения (рис.1).

Представленные модели описывают практически все возможные варианты движений. Первая модель наиболее распространенная соответствует зонам субдукции и зонам надвига: Тянь-Шань, Южная Америка, Индонезия, Япония, Камчатка и т.д. Вторая характерна для сдвиговых движений: разломы Сан-Андреас (США) и Северо-Анатолийский (Турция). Третья соотносится к вновь образующимся рифтовым зонам: Африканская, Мертвое море, Афганская, Байкало-Алтайская, Чукотская и т.п.

Общим процессом для всех моделей является торможение движения блоков за счет трения, что неминуемо вызывает деформацию блоков. Особенностью этих деформационных явлений является то, что блоки ***не разрушаются***, поскольку прочностные свойства блоков существенно выше, чем у зоны скольжения, но испытывают ***изгибовые*** деформации. Особенностью деформации такого вида является, во-первых, то, что этот вид деформации является ***единственным, который может накопить упругую энергию без разрушения трещиновато-пористой среды***, каковыми являются литосферные блоки. Во-вторых, накопление упругой энергии будет происходить практически без видимых перемещений блока, накапливающего энергию, что сразу же исключает из рассмотрения такой широко используемый предвестник, как регистрация расстояния между базо-