

дит на поверхность ( $h \sim 100-300$  м) (рис. 3). Сильное превышение скорости  $V_R$  над  $V_0$  (темные участки на рис. 2) характерно для участков с глубоким залеганием неоднородности ( $h \sim 2$  км). На данных рисунках также четко видно направление северо-западного простирания, для которого характерно пониженное значение скорости  $V_R$ .

Применяя метод низкочастотного микросейсмического зондирования, в области эпицентра макроземлетрясения 22 октября 2005 г. ( $\varphi = 64,63^{\circ} \pm 0,05^{\circ}$ ,  $\lambda = 40,32^{\circ} \pm 0,05^{\circ}$ ) (на рис. 3 отмечен белой звездочкой), мы получили значение глубины залегания неоднородности  $\sim 1,5-2$  км (рис. 3), которая по данным имеющихся скважин может быть отождествлена с фундаментом [2]. Следует отметить, что гипоцентр этого землетрясения согласно [3] располагается на глубине 2 км. Характерно, что на рис. 3 четко прорисовываются поперечные структуры фундамента Русской плиты, в частности, наличие резкой ступени со смещением блоков фундамента с амплитудой примерно 900 м. Подобное смещение могло произойти только в результате подвижки по разлому поперечного направления. По-видимому, именно к этому разлому и приурочен очаг макроземлетрясения 22 октября 2005 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горбатилов А.В., Степанова М.Ю., Кораблев Г.Е. Новый подход к исследованию геологической среды на основе использования фонового микросейсмического поля в диапазоне низких частот // Изменяющаяся геологическая среда: пространственно-временные взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов. Матер. междунар. конфер. Том 2. Казань: Казанск. гос. ун-т, 2007. С. 19-23.
2. Губайдуллин М.Г. Геоэкологические условия освоения минерально-сырьевых ресурсов Европейского Севера России. Архангельск: ПГУ им. М.В. Ломоносова, 2002. С. 11-22.
3. Землетрясения России в 2005 г. Обнинск: ГС РАН, 2007. 180 с.
4. Юдахин Ф.Н., Капустян Н.К., Антоновская Г.Н., Шахова Е.В. Применение сейсмических нанотехнологий при изучении активных разломов на платформенных областях // Строение, геодинамика и минерагенетические процессы в литосфере: матер. XI междунар. науч. конфер. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2005. С. 412-414.
5. Юдахин Ф.Н., Капустян Н.К., Антоновская Г.Н., Шахова Е.В. Выявление слабоактивных разломов платформ с использованием наносейсмической технологии // ДАН, Т. 405. № 4. 2005. С. 1-6.
6. Zaslavsky Y., Shapira A. Observation of topographic site effects in Israel // The Geophysical Institute of Israel / Isr. J. Earth Sci.; 49. P. 111-125.

### ЛИНЕАМЕНТНОЕ ПОЛЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ И ЕГО ВОЗМОЖНАЯ СТРУКТУРНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

**Шварев С.В., Никонов А.А.**

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, shvarev@ifz.ru, nikonov@ifz.ru

Северное Приладожье – район исключительно благоприятный, даже в пределах Фенноскандинавского щита, для геоморфологических исследований в отношении выявления связи рельефа со структурой пород фундамента, выяснения морфометрических характеристик рельефа, в первую очередь, линейного характера и неотектонической обусловленности. Это определяется хорошей обнаженностью и изученностью пород фундамента, исключительной выразительностью линейных форм различных ориентировок. Несмотря на наличие нескольких публикаций по морфоструктуре Карелии в целом и ее южной части в частности [1-10], специальный площадной анализ линейной сети и ее возможной структурной обусловленности ранее не проводился.

Этапы работы по анализу линейного поля включили: 1) визуальное выделение участков (субрайонов) с разной преобладающей ориентировкой морфолінеаментов; 2) выделение и картирование лінеаментов путем дешифрирования космических снимков и составление роз-диаграмм для предварительно (на 1 этапе) выделенных субрайонов; 3) корректировка границ выделенных ранее субрайонов с учетом результатов дешифрирования и корректировка роз-диаграмм в рамках уточненных границ; 4) составление роз-диаграмм морфолінеаментов внутри границ геологических подразделений (комплексов); 5) анализ соотношений, выявление совпадений и различий путем сравнения роз-диаграмм морфолінеаментов и тектонических разломов в пределах субрайонов; 6) сопоставление границ субрайонов (с уточненными границами) с распространением основных комплексов докембрийских пород и сетью документированных древних разломов (путем наложения карт лінеаментов и геологической).

Большинство исследователей Южной Карелии признают депрессию Ладожского озера грабеновой структурой средне- верхнепротерозойского возраста с обновлением в неотектоническую эпоху [7; 9]. Однако конкретные геологические данные по разрывной тектонике новейшего времени удается получить редко, в значительной мере из-за закрытости территории и огромным акваториальным пространствам. Применительно к новейшему этапу они единичны и относятся к небольшим по протяженности участкам.

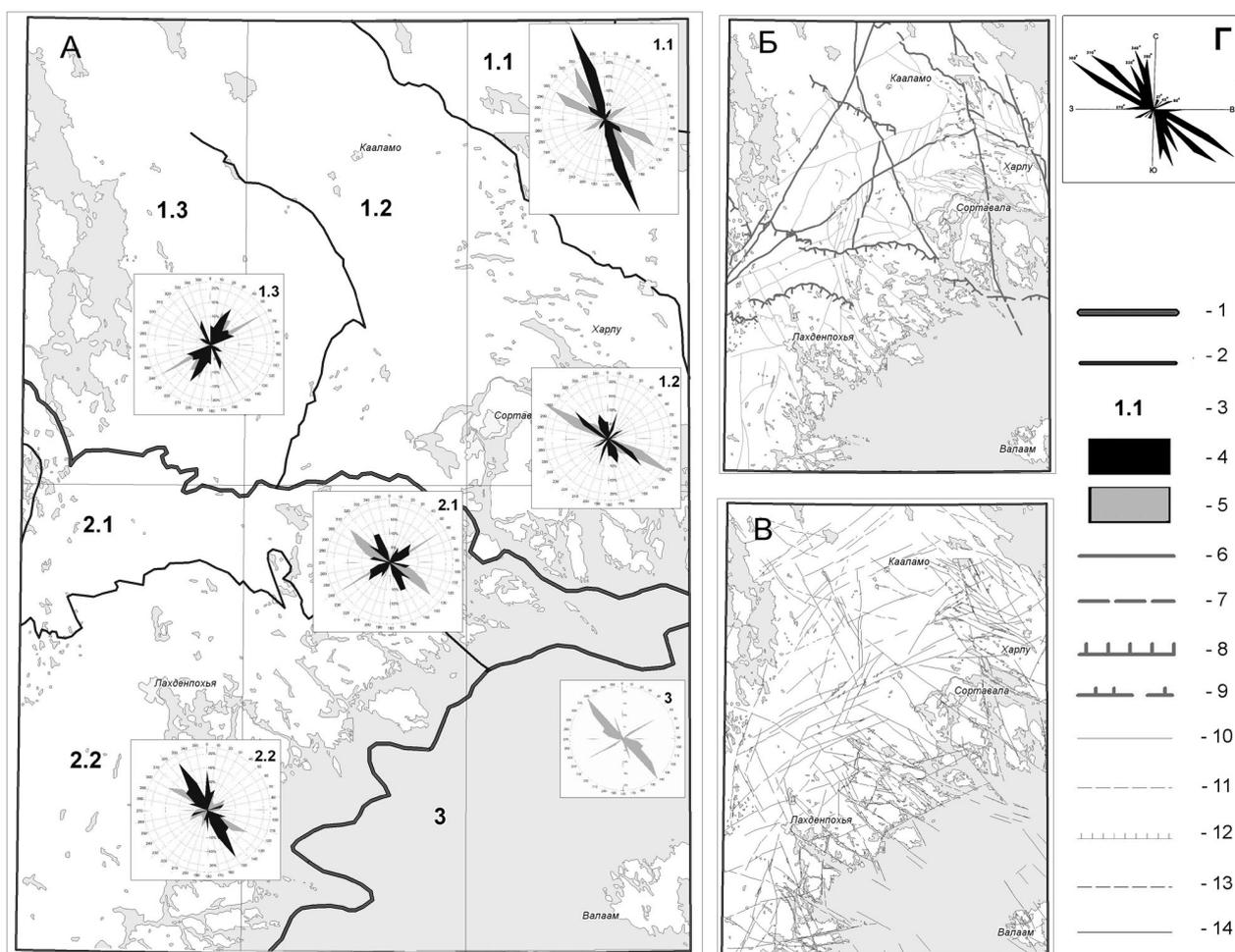


Рис.1. Линеamentное поле Северо-западного Приладожья

Часть А. Соотношение линементов и разломов по направлениям в пределах структурно-формационных подразделений территории.

Тектоническое районирование: 1 – границы структурно-формационных зон (1 – Северо-ладожская перикратонная зона; 2 – Лахденпохско-Выборгская зона; 3 – Ладожский прогиб раннерифейского заложения); 2 – границы структурно-формационных подзон (1.1 – Янисъярвинская; 1.2 – Сортавальская; 1.3 – Латвасюрская; 2.1 – Мейерско-Исоярвинская; 2.2 – Лахденпохская); 3 – номера структурно-формационных подразделений

Обозначения на диаграммах: 4 – разломы; 5 – линементы;

Часть Б. Разрывные нарушения. Основные разломы (структурные швы) сложной кинематики, взбросы: 6 – установленные; 7 – предполагаемые (под водой); надвиги: 8 – установленные; 9 – предполагаемые (под водой). Второстепенные разломы сложной кинематики, взбросы: 10 – установленные; 11 – предполагаемые (под водой); надвиги: 12 – установленные.

Часть В. Линеamentное поле. Линеamentы: 13 – выделенные по батиметрическим данным; 14 – выделенные по космическим снимкам

Часть Г. Роза-диаграмма современных тектонических напряжений Фенноскандии [10]

Что касается морфоструктуры, лучше всего выявляемой в обнаженной и с расчлененным рельефом северной части депрессии и в прилежащем Северном Приладожье, то наиболее внимательно она была рассмотрена А.Д. Лукашовым [7]. Авторы предприняли попытку проанализировать морфоструктуру этой части депрессии более детально на основе материалов космических съёмок, изучения детальных карт рельефа, а также собственных геолого-геоморфологических исследований в течение нескольких полевых сезонов. В докладе рассматривается северо-западная часть Приладожья с прилегающей акваторией и в основном в отношении линеamentной сети в связи с морфоструктурами, а также с геологическим строением. Основные задачи состояли в следующем: а) выявить распределение господствующих направлений линеamentов по субрегионам; б) проследить изменения господствующих направлений от одного субрегиона к другому в общем с С на Ю; в) соотнести выделяемые по рельефу линеamentы с закартированными зонами древних разломов в отношении их положения, простирания и распределения по субрегионам; г) попытаться выяснить степень несоответствия морфологически выраженных линеamentов по отношению к документированным древним разломам и вычленивать линеamentы, возникшие и активизированные на неотектоническом этапе раздельно по субрегионам и в регионе в целом.

Анализ линеamentного поля территории базировался на использовании космических снимков Landsat с разрешением 15-30 м, а также топографических и батиметрических материалов.

Морфологические проявления линеamentов в районе можно свести к нескольким типам: 1) ориентировка длинных осей отдельных озерных котловин; 2) ориентировка цепочек озер; 3) ориентировка береговых линий озер; 4) узловые сопряжения береговых линий (залитов) в пределах отдельных озер; 5) ориентировка долин рек; 6) ориентировка осей или бортов шхер Ладожского озера, проливов и береговых линий полуостровов и островов; 7) ограничения групп островов; 8) ориентированные крутые уступы с обвально-осыпным развитием; 9) пороги и шиверы на реках в местах пересечения долин с линеamentами; 10) ориентировка длинных осей подводных ложбин и валов в пределах акватории Ладожского озера. Выраженность в рельефе морфолинеamentов колеблется от ступенной высотой в первые метры до уступов высотой до 100 м, локализованных в узких зонах шириной 70-90 м.

В большинстве случаев протяженные линеamentы суммарно выражены разными сопряженными элементами рельефа, что ясно подчеркивает их неслучайный и новообразованный характер. В общем виде их можно подразделить на ориентированные гряды, ложбины и седловины, определяющие частные проявления, перечисленные выше.

Особый интерес в рамках поставленных задач представляет выделение активных элементов линеamentного поля. Для этого, с одной стороны, необходимо оценить роль поздне- послеледникового экзогенного рельефообразования в проявлении линеamentов, а с другой – соответствие или несоответствие линеamentов древней тектонической структуре.

Сопоставление морфолинеamentов (рис.1, В) и установленных элементов разрывной тектоники (рис.1, Б) [11] выявило как сходство, так и различия рисунков тектонической раздробленности и линеamentного поля. Статистический сопоставительный анализ проведен в границах структурно-формационных подразделений территории (рис.1, А). Для каждой из пяти подзон, принадлежащий трем структурно-формационным зонам (Северо-Ладожской перикратонной зоны (1); Лахденпохско-Выборгской зоны Свекофенского складчатого пояса (2) и Ладожского прогиба раннерифейского заложения (3)) разломы и линеamentы дифференцированы по направлениям с шагом 10°. При этом проведена сегментация единых разломов и линеamentов на участки с разными направлениями.

При сопоставлении морфолинеamentов и геологической структуры выделено 6 типов соотношений, входящих в 2 группы: 1) группа А – линеamentы, не отраженные в геологической структуре (тип I); 2) группа Б – линеamentы в той или иной мере связанные с геологической структурой (тип II – соответствующие разломам (совпадающие с разломами); III – соответствующие зонам разломов (субпараллельные разломам); IV – оперяющие разломы; V – соответствующие осям складок, элементам напластования и др.; VI – соответствующие геологическим границам. Для территории в целом соотношение линеamentов групп А и Б практически равно (51% к 49% соответственно) (рис. 2). По структурно-формационным подразделениям эти отношения колеблются от 72% к 28% (2.2), 59% к 41% (1.1) до 42% к 58%, 39% к 61% и 26% к 74%, показывая, таким образом, разную степень унаследованности и новообразования.

Подзоны	Типы соотношений линеamentов	ЛИНЕАМЕНТЫ (%)															
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
1.1	А	I															
	Б	II III V															
1.2	А	I															
	Б	II III IV V VI															
1.3	А	I															
	Б	II III IV V VI															
2.1	А	I															
	Б	II III IV V VI															
2.2	А	I															
	Б	II III V VI															
Территория в целом	А	I															
	Б	II III IV V VI															

Рис.2. Соотношения морфолинеamentов и геологической структуры

Пространственный рисунок линеamentов и разломов изучаемой территории в целом сходен (рис.1, Б, В). Заметно как сходное распределение линейных структур с преобладанием северо-западных разностей, так и совпадение отдельных структур. Однако, в распределении тех и других структур по отдельным тектониче-

ским зонам выявляются существенные различия. Если для разломов в целом северо-западной ориентировки преобладающими являются румбы  $340-350^{\circ}$  (подзоны 1.1; 1.2),  $330-340^{\circ}$  (2.1; 2.2), то в линеamentном поле локализуется направление  $290-300^{\circ}$  (1.1; 1.2),  $300-310^{\circ}$  (2.1; 2.2), т.е. налицо широтный «подворот» основного направления. В то же время, распределение линеamentов и разломов в подзоне 1.3. демонстрирует практически полное совпадение, а в подзоне 1.1 северо-западные линеamentы распадаются по направлениям на два равнозначных румба –  $300-310^{\circ}$  (близкое к преобладающему направлению разломов) и  $290-300^{\circ}$ .

Учитывая интенсивную раздробленность территории, её хорошую экспонированность, высокую степень соответствия ландшафтных особенностей линеamentного поля элементам геологической структуры, можно предположить, что описанное замещение близмеридиональных направлений разломов на близширотные направления линеamentов отражает долговременные изменения поля, свидетельствуя о преобладании субширотного вектора напряжений при новейшей активизации. Такая ситуация присуща северо-западному обрамлению Ладожской котловины. При удалении на северо-запад и север от Ладожского озера такое расхождение направлений разломов и линеamentов или исчезает или становится не столь однозначным.

При сравнении с розой-диаграммой направлений главных осей сжатия для всей Фенноскандии [12], нельзя не обратить внимание на точные совпадения преобладающих румбов  $300-310^{\circ}$  с главными направлениями линеamentного поля. Естественным представляется интерпретировать это как отражение в линеamentной сети именно новейшего и современного поля тектонических напряжений.

*Работа в очерченном направлении продолжается.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бискэ Г.С. Четвертичные отложения и геоморфология Карелии. Петрозаводск. 1959. 307 с.
2. Бискэ Г.С., Ильин В.А., Лукашов А.Д. Влияние тектонических факторов на формирование водно-ледниковых комплексов (на примере Карелии) // Природа и хозяйство Севера. Мурманск. 1976. Вып. 4. С. 15-18.
3. Вигдорчик М.Е. и др. О роли тектоники в формировании котловин великих озер северо-запада Русской равнины // Материалы II симпозиума по истории озер Северо-Запада СССР, 27-28 мая 1967 г., Минск, 1967. С.26-28
4. Доливо-Добровольский А.В. Балтийский щит // Космическая информация в геологии. М.: Наука, 1983. С. 173-179.
5. Ладожское озеро. Ред. Г.С. Бискэ. Петрозаводск. 1978. 203 с.
6. Лукашов А.Д. Морфоструктура Северного Приладожья // Геоморфология и геология четвертичного периода Севера Европейской части СССР. Петрозаводск. 1976. С. 50-59.
7. Лукашов А.Д. Неотектоника Карелии. Ленинград, 1976, 108 с.
8. Лукашов А.Д., Ильин В.А. Озы и тектонические нарушения // Новейшие и современные движения земной коры в восточной части Балтийского щита. Петрозаводск. 1974. С. 43-46.
9. Никонов А.А. К неотектонике Ладожской депрессии // Тектоника неогена: общие и региональные аспекты. Материалы XXXIV Тектонич. совещ. М.: ГЕОС, 2001. Т. 2. С. 80-83.
10. Светов А.П., Свириденко Л.П. Центры эндогенной магматической активности и рудообразования Фенноскандинавского щита (Карельский регион). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. 357 с.
11. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000, лист Р-35-XXIV, Р-36-XIX (Сортавала). Второе издание. / Авт. Степанов К.И. и др. Гл.ред. Богданов Ю.Б. СПб, ВСЕГЕИ, 2005.
12. Юдахин Ф.Н. Геодинамические процессы в земной коре и сейсмичность континентальной части европейского Севера // Литосфера. 2002. № 2. С. 3-23.

#### НОВЕЙШИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА УНИКАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

**Шварцман Ю.Г.**

Поморский государственный университет, Институт экологических проблем Севера УрО РАН,  
г. Архангельск, Shvartsman2007@yandex.ru

На территории Архангельской области расположен ряд уникальных объектов природного наследия. Прежде всего, это Соловецкие острова, Кенозерье и Беломорско-Кулойское плато. Всех их объединяет то, что они лежат на границе Балтийского щита и Мезенской синеклизы, где активные геологические процессы идут с древнейших времен, измеряемых миллиардами лет, до настоящего времени. Здесь расположены Соловецкий историко-архитектурный и природный музей-заповедник, Кенозерский национальный парк (КНП), Пинежский заповедник, Приморский и Соянский заказники.

Соловецкий архипелаг находится в пределах Кандалакшской рифтовой зоны Кольско-Беломорской рифтогенной области распространения карелид Балтийского щита на северо-восточной границе его с Мезенской синеклизой [1]. Он расположен в узле пересечения Приморско-Стрельнинского разлома Балтийско-Мезенской зоны глу-