

озера на несколько частей [2], следует относить к разломам сбросового типа. Что касается южной половины Ладожского грабена, то она, скорее всего, являлась областью разгрузки и скупивания тектонически смещенных – из северной половины грабена, обломочных масс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Милановский Е.Е. Рифтогенез и его роль в мезокайнозойской геодинамике // Геотектоника, 1991, №1, С. 3-20.
2. Лукашов А.Д. Морфоструктура Северного Приладожья // Геоморфология и геология четвертичного периода северо-европейской части СССР. Петрозаводск: изд-во Карелия, 1974. С. 50-59.
3. Ладожское озеро (ред Г.С. Бискэ); Петрозаводск: Изд-во Карелия, 1978, 203 с.
4. Зотиков Н.А., Даксбери Н.С. О генезисе озера Восток // Доклады Академии наук 2000, т. 374, № 6. С. 824-826.
5. Талалай П.Г. Первые итоги бурения самой глубокой скважины во льдах Гренландии // Природа, 2005, № 11, С. 32-39.
6. Масолов В.Н., Лукин В.В., Шереметьев А.Н., Попов С.В. Геофизические исследования подледникового озера Восток в Восточной Антарктиде // Доклады Академии наук. 2001, т. 379, № 5, С. 680-685.
7. Чувардинский В.Г. Неотектоника восточной части Балтийского щита. Апатиты: КНЦ РАН, 2000. 287 с.
8. Чувардинский В.Г. Букварь неотектоники. Новый взгляд на ледниковый период. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. 85с. (2-е издание – 2008).
9. Бискэ Г.С. Четвертичная геология и геоморфология Карелии. Петрозаводск: Изд-во Карельской АССР, 1959, 307 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ НИЗКОЧАСТОТНОГО МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА (на примере Архангельской области)

Шахова Е.В.¹, Капустян Н.К.²

ИЭПС УрО РАН, г. Архангельск, shahovaev@yandex.ru
ИФЗ РАН им. О.Ю. Шмидта, г. Москва, nkapustian@gmail.com

Сотрудниками Института экологических проблем Севера УрО РАН совместно с учеными Института физики Земли РАН в последние годы разрабатывается экспресс-методика для определения сейсмической активности платформенных территорий, основанная на статистическом анализе эндогенного микросейсмического волнового поля [4, 5]. Как известно, сопоставление результатов, полученных с применением существенно различных методик, увеличивает надежность интерпретации. Именно поэтому для полученных ранее карт (рис. 1) было применено низкочастотное микросейсмическое зондирование – методика выделения неоднородностей в верхней части земной коры, успешно применяемая А.В. Горбатиковым [1]. Эта методика, в отличие от разрабатываемой нами, базируется на просвечивании с использованием поверхностных волн. При обработке анализируется пространственное распределение амплитуд вертикальной компоненты микросейсмического поля в допущении, что амплитуды для частот 0,02-1,0 Гц в основном определяются вкладом фундаментальной моды поверхностных волн Рэлеевского типа. Если в месте исследований вертикальная компонента будет содержать большой процент объемных волн, то последние будут представлять собой помеху. Высшие моды, как и объемные волны, также будут являться помехами в данной методике, т.е. для комплексной интерпретации мы извлекаем из поля микросейсм еще один тип независимой информации. Поверхностные волны Лява для анализа не используются и автоматически отфильтровываются при измерениях ввиду их субповерхностной поляризации. Допущение относительно преобладания в вертикальной компоненте микросейсмического поля волн Рэлеевского типа основывается на большом количестве экспериментальных исследований, выполняемых в мире, и в настоящее время может считаться обоснованным и хорошо известным [1, 6]. Некоторые исследователи выявляют в низкочастотном микросейсмическом поле присутствие высших Рэлеевских гармоник, хотя анализ опубликованных случаев показывает, что первая гармоника выявляется в очень редких случаях даже для сравнительно высоких частот сигналов, а вторая и выше – практически никогда.

В районе нашего исследования (Приморский р-н Архангельской области) многие пункты наблюдений находятся в местах относительной близости от береговой линии, т.е. подвержены морскому приливу. Это обуславливает для микросейсм сравнительно низких частот $f < 0,2-0,3$ Гц следующие известные механизмы генерации – воздействие прибоя, а также передача вариаций давления через водную толщу на дно с последующим распространением на сушу. Кроме того, существенным является передача вариаций атмосферного давления непосредственно в земную кору. Такие микросейсм могут распространяться от источников в виде поверхностных волн на расстоянии в сотни и тысячи километров. Существенно, что нами измерения проводились примерно при одинаковых метеорологических условиях.

Ниже приведен пример применения метода низкочастотного микросейсмического зондирования на исследуемой нами территории. По методике А.В. Горбатикова рекомендуется вести обработку для значений

частот около 0,2 Гц. Для наших измерений эта частота находится на склоне амплитудно-частотной характеристики сейсмометра СМ-3, но, учитывая применение калиброванных на виброплатформе сейсмометров, для качественной оценки это допустимо. На спектрах мощности исследовалась частотная полоса в диапазоне от 0,175 до 0,225 Гц. Рассчитывалась скорость поверхностных волн Рэлеяского типа: $V_R = V_0(1 - \xi)$, где

$$\xi = \sqrt{\frac{A_{\max} - \frac{A_1 + A_2}{2}}{\frac{A_1 + A_2}{2}}}, \quad A_{\max} - \text{значение скорости смещения на спектральной частоте 0,2 Гц, } A_1 \text{ и } A_2 - \text{значения}$$

скорости смещения в крайних точках выбранного частотного диапазона. Среднее значение скорости фундаментальной моды Рэлеевской волны V_0 была выбрана 0,5 км/с с учетом того, что для данного региона характерны водонасыщенные грунты, для которых значение скорости поперечных волн меньше среднего, т.е. будет также понижена скорость Рэлеевских волн учитывая соотношение $V_R = 0,9V_s$. Как было показано в [1], глубину расположения неоднородности h можно оценить соотношением:

$$h = \lambda/2,$$

где $\lambda = V_R/f$, f – частота, для которой определяется значение $A_{\max}$.

Были построены карты скорости V_R (рис. 2) и глубины h (рис. 3).

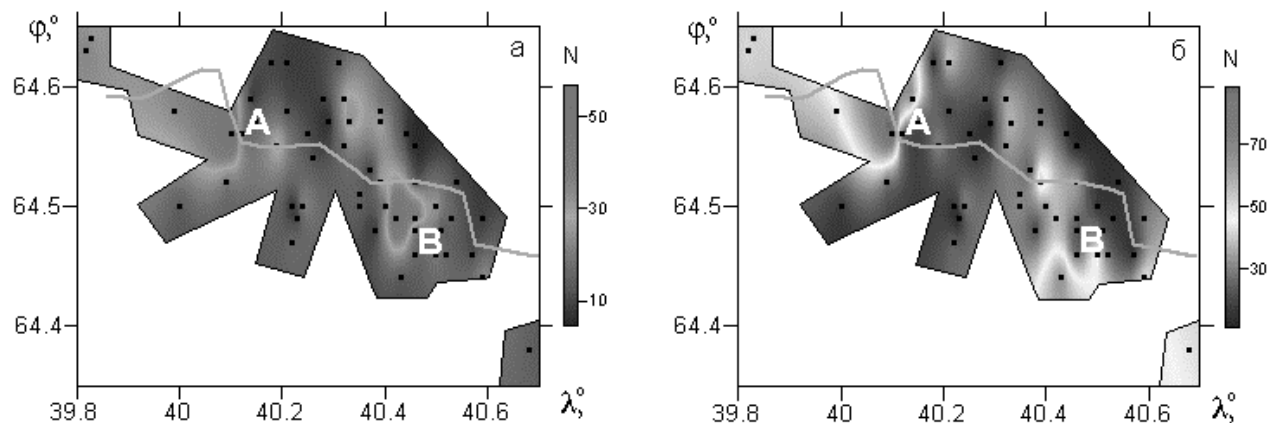


Рис. 1. Карты интенсивности эндогенного сейсмического излучения:

а – для частоты 2,2 Гц, б – для частоты 17,4 Гц (линия – левый берег р. Сев. Двина) [5]

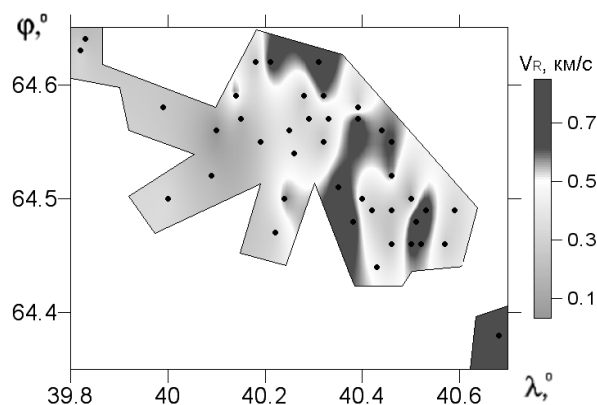


Рис. 2. Карта скорости V_R , построенная путем интерпретации вертикальной компоненты поверхностной волны Рэлея по методике низкочастотного микросейсмического зондирования

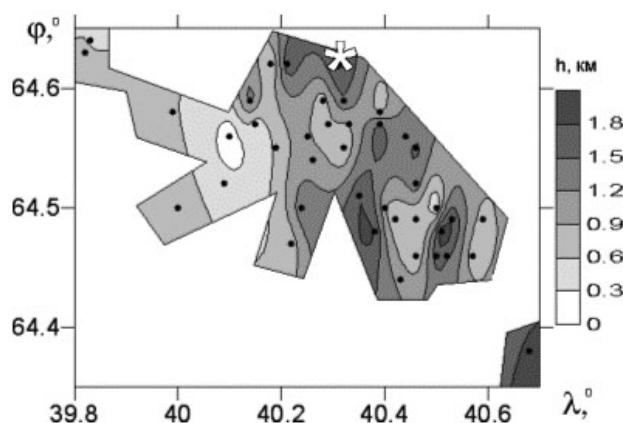


Рис. 3. Карта глубины h залегания неоднородности, построенная путем интерпретации вертикальной компоненты поверхностной волны Рэлея по методике низкочастотного микросейсмического зондирования

Видно, что для областей с наиболее интенсивным излучением (участки А и В на рис. 1) характерны скорости порядка или меньше чем V_0 (серые участки на рис. 2). На данных участках неоднородность практически выхо-

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, линейamentного 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 линейamentной сети и ее возможной структурной обусловленности ранее не проводился.

Этапы работы по анализу линейamentного поля включили: 1) визуальное выделение участков (субрайонов) с разной преобладающей ориентировкой морфолінеamentов; 2) выделение и картирование линейamentов 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 морфолінеamentов внутри границ геологических подразделений (комплексов); 5) анализ соотношений, выявление совпадений и различий путем сравнения роз-диаграмм морфолінеamentов 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 линейamentов и геологической).

Большинство исследователей Южной Карелии признают депрессию Ладожского озера грабенной 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.