

ОЦЕНКА НОВЕЙШЕЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ СЕВЕРНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА РЕЛЬЕФА И ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Агибалов А.О.¹, Бондарь И.В.², Сенцов А.А.², Усанова О.И.¹

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, ²Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

Территория Северного Приладожья (юго-восток Балтийского щита) относится к областям со сложным геологическим строением, испытывающим активизацию в новейшее время. Об этом свидетельствует комплекс геолого-геоморфологических данных, в том числе прямое выражение докембрийского структурного плана в современном рельефе [2, 7], приуроченность эпицентров землетрясений малых магнитуд к дизъюнктивным структурам [2], материалы гелиевой съемки [5] и др.

С целью оценки степени выраженности древних дизъюнктивных структур в современном рельефе авторами данной работы проведен анализ морфометрический анализ. Исходными материалами являлись цифровая модель рельефа, построенная по [6, 12], схемы разрывных нарушений [11], блоковой делимости Северного Приладожья [2] и линеаментов дна Ладожского озера [4]. Методика работ включала в себя построение расчетных ячеек прямоугольной формы размерами 11,2х3,2 км. Каждая ячейка была расположена таким образом, что поверхность сместителя разрыва разделяла ее короткие стороны на отрезки равной длины. Построенным расчетным ячейкам присвоены значения различных параметров рельефа: средней крутизны склонов, средней плотности вертикальных стенок, суммарной длины рек и линеаментов, ориентированных вдоль направлений простираний соответствующих разрывов. Установлено, что повышенные значения крутизны склонов приурочены к разрывам, расположенным в пределах впадины Ладожского озера, проявляющую большую сейсмическую активность по сравнению с сопредельными участками, рассматриваемым в рамках данной работы [9]. К границам впадины приурочены сейсмогенерирующие структуры, выделенные А.А. Никоновым и С.В. Шваревым [8]. Кроме того, акватории Ладожского озера присвоен 3 класс новейшей тектонической активности, в то время как на ее периферии расположены неотектонические зоны 2 и 1 классов [10]. По плотности вертикальных стенок выделяются разрывные нарушения, ограничивающие котловину Ладожского озера с северо-запада и востока, показанные на карте активных разломов Евразии [13]. Повышенные значения плотности вертикальных стенок вдоль разрывных нарушений, расположенных вблизи г. Сортавала, связаны с гранито-гнейсовыми куполами, которые нередко отличаются контрастным рельефом и представляют собой развивающиеся неотектонические структуры [3]. По плотности вертикальных стенок и уступов фрагментарно выделяется северная часть Вуоксинского сейсмолинеамента северо-западного простирания, находящегося в 25 км к востоку от г. Выборг [8]. Дизъюнктивные структуры аналогичного направления хорошо выделяются по рисунку гидросети, о чем свидетельствует характер распределения значений длин рек и линеаментов, нормированных относительно ячейки (Рисунок 50).

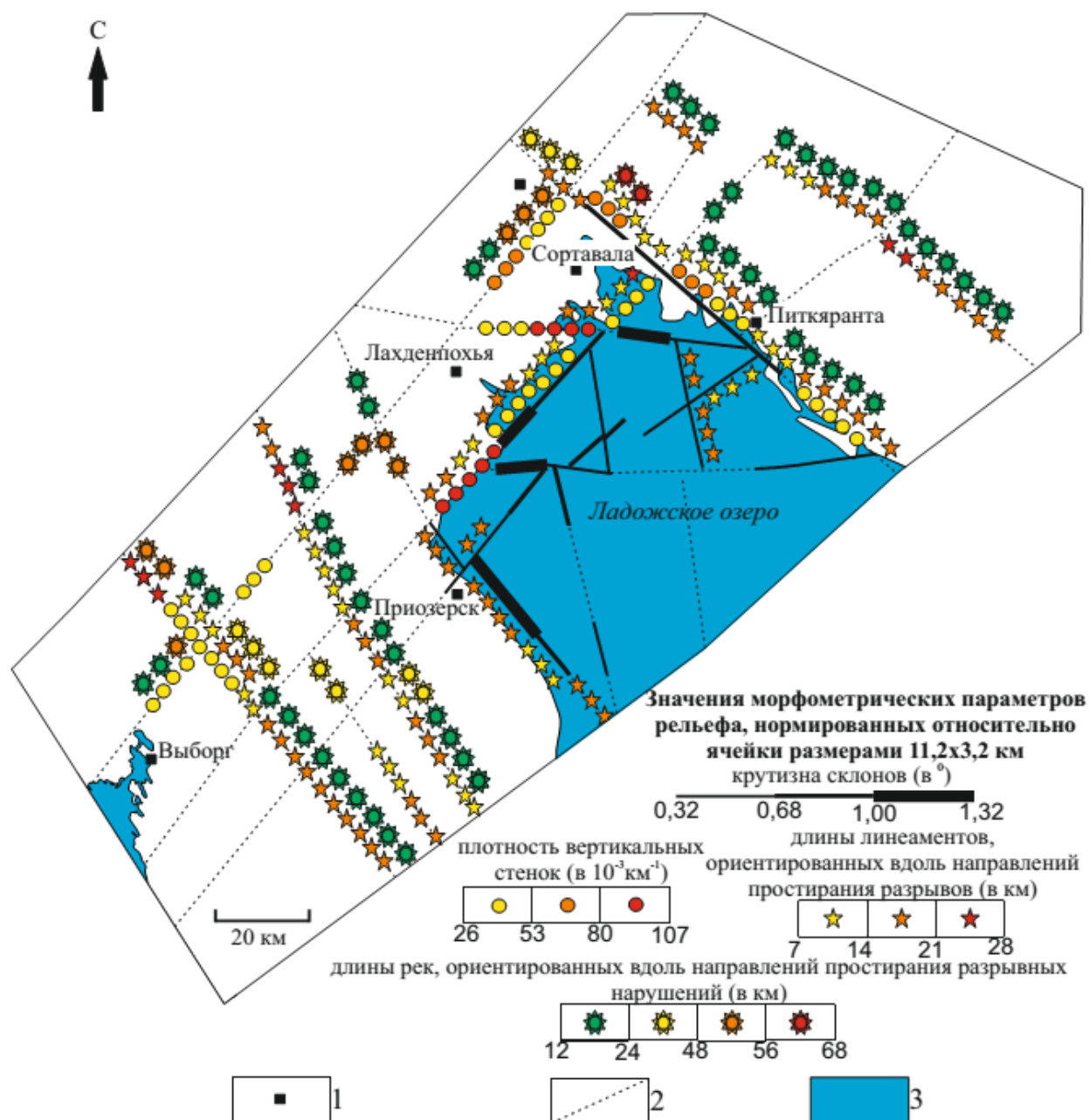


Рисунок 50. Значения морфометрических параметров, измеренных в зонах разрывных нарушений и нормированных относительно ячейки размерами 11,2x3,2 км: 1 – населенные пункты, 2 – разрывные нарушения, по [9], 3 – акватория Ладожского озера и Финского залива

Этот факт может быть обусловлен не только влиянием экзогенных процессов (прежде всего, экзарационной деятельностью ледника), но и развитием рассматриваемой территории в обстановке северо-западного сжатия на новейшем этапе [2]. В таком случае «ослабленные зоны», ориентированные ортогонально оси сжатия, будут развиваться как структуры растяжения.

Проведенное аналоговое тектонофизическое моделирование, в ходе которого образец из глины испытывал локализованные в широкой зоне сдвиговые деформации, показало, что вдоль «ослабленных зон» северо-западного простирания при ориентировке оси максимального сжатия по азимуту 310° формируются трещины отрыва. Локальные структуры растяжения возникают в процессе смещения отдельных блоков вдоль

«ослабленной зоны», имитирующей разрывное нарушение субширотного простирания, расположенного в северной части Ладожского озера, и приурочены к проявляющим сейсмическую активность сегментам. По некоторым «слабым зонам» в течение эксперимента проходили сдвиговые смещения, максимальные амплитуды которых связаны с «ослабленными зонами», моделирующими разрывные нарушения акватории Ладожского озера (Рисунок 51).

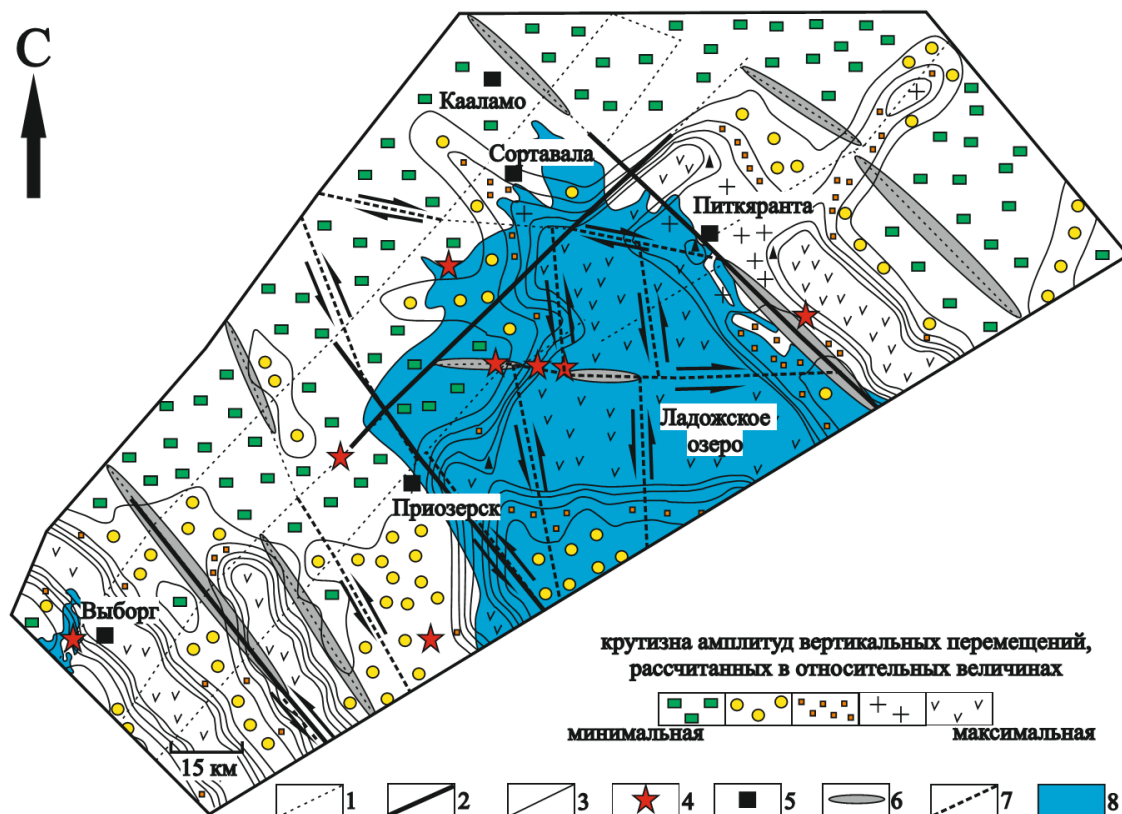


Рисунок 51. Схема крутизны амплитуд вертикальных перемещений, рассчитанных в относительных величинах с помощью компьютерного моделирования: 1 – разрывные нарушения, по [11], 2 – сейсмолинеamentы, по [8], 3 – изолинии крутизны амплитуд вертикальных перемещений, 4 – землетрясения малых магнитуд, по [9], 5 – населенные пункты, 6 – структуры растяжения, возникшие в ходе аналогового моделирования, 7 – разрывные нарушения, по которым происходили сдвиговые перемещения в ходе аналогового моделирования (стрелками показана кинематика), 8 – акватория Ладожского озера и Финского залива

Компьютерное моделирование, методика проведения которого описана в статье [1], позволило оценить вертикальные перемещения по разломам в новейшем поле напряжений. Интересно отметить, эпицентры некоторых землетрясений расположены в областях повышенных значений крутизны амплитуд вертикальных смещений, рассчитанных в относительных величинах. В целом, повышенные значения этого параметра приурочены к акватории Ладожского озера (Рисунок 51).

Таким образом, в современном рельефе по комплексу признаков хорошо выделяются разрывные нарушения, ограничивающие впадину Ладожского озера, по которым, судя по данным тектонофизического моделирования, могут происходить динамические подвижки на новейшем этапе. Отражение в рельефе дизъюнктивных структур северо-западного простирания связано, по-видимому, не только с влиянием экзогенных процессов, но и с развитием территории Приладожья в обстановке северо-западного сжатия в новейшее время. Значительная часть разрывов северо-восточного простирания (исключая северо-западное

ограничение котловины Ладожского озера) не выделяется по данным анализа рельефа и тектонофизического моделирования и, по-видимому, не относится к активно развивающимся в новейшее время структурам.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00359.

Литература:

1. Агибалов А.О., Зайцев В.А., Полетаев А.И., Сенцов А.А. Изучение новейших движений земной коры Северного Приладожья с помощью морфометрических методов и компьютерного моделирования // Бюллетень МОИП. Отдел геологический, 2018. Т. 93. Вып. 1. С. 3 – 9.
2. Агибалов А.О., Зайцев В.А., Сенцов А.А., Девяткина А.С. Оценка влияния современных движений земной коры и активизированного в новейшее время докембрийского структурного плана на рельеф Приладожья (юго-восток Балтийского щита) // Геодинамика и тектонофизика, 2017. Т. 8. №4. С. 791 – 807.
3. Агибалов А.О., Сенцов А.А., Зайцев В.А. Анализ рельефа гранито-гнейсовых куполов Северного Приладожья // Материалы конференции «Ломоносовские чтения», 2018. Режим доступа: https://conf.msu.ru/file/event/4912/eid4912_attach_361f01ff3261a457b92577438c17e3fc1ca9b8f2.pdf
4. Анохин В.М., Науменко М.А., Нестеров Н.А. Особенности направленности линейных форм рельефа дна Ладожского озера // География: развитие науки и образования. Часть I. Коллективная монография по материалам ежегодной Международной научно-практической конференции LXIX Герценовские чтения, посвященной 115-летию со дня рождения С.В. Калесника. СПб: Издат-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2016. С. 108-117.
5. Богачев М.А., Бородулина Г.С. Связь аномалий гелия в подземных водах Карелии с тектоническими зонами // Связь поверхностных структур земной коры с глубинными: Материалы XIV международной конференции. Петрозаводск, КарНЦ РАН, 2008. Т.1. С. 62 – 63.
6. Карта глубин Ладожского озера. Масштаб 1:250 000. М.: ГУГК, 1988.
7. Лукашов А.Д. Новейшая тектоника Карелии. Л.: Наука, 1976. 109 с.
8. Никонов А.А., Шварев С.В. Сейсмолинеaments и разрушительные землетрясения в российской части Балтийского щита: новые решения для последних 13 тысяч лет // Материалы международной конференции «Геолого-геофизическая среда и разнообразные проявления сейсмичности». Нерюнгри: Издательство Технического Института СВФУ, 2015. С. 243 - 251.
9. Сейсмический каталог Хельсинского университета. Режим доступа: <http://www.seismo.helsinki.fi/EQ-search/query.php>
10. Тектонический кодекс России/ Гусев Г.С., Межеловский Н.В., Гушин А.В. и др. М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС, 2016. 240 с.
11. Хазов Р.А., Шаров Н.В., Исанина Э.В. Глубинное строение и металлогения Приладожья // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2004. Вып. 7. С. 55 – 74.
12. Цифровая модель рельефа. Режим доступа: http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_srtm30.cgi.
13. Trifonov V.G. The Map of Active Faults in Eurasia: Principles, Methods, and Results // J. Earthquake Prediction Res., 1996. V. 5, №3. P. 326–347.