

Таким образом, в настоящее время обнаруживается как унаследованное региональное поднятие юго-восточной части Фенноскандинавского щита, сходящее на нет к Ю-В, так на этом фоне и дифференцированные (разрывные) смещения, вероятно в основном сейсмогенные, в пределах Ладожского грабена.

Обобщая, можно сказать, что новое рассмотрение региональных вертикальных движений в поздне- и послеледниковое время, вплоть до настоящего, вполне подтверждает и лишь уточняет выявленные ранее закономерности (см. выше). В этот период в Приладожской депрессии и на её северной периферии в прибрежной зоне не обнаруживаются какие-либо особенности, которые можно было бы отнести за счёт структурного или динамического воздействия флексуры Полканова. Этот вывод, однако, преждевременно было бы распространять на движения неотектонического этапа, что должно стать предметом специального исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Berghell H. Bidrag till kännedom om södra finlands kvartära nivåförändringar // Fennia. 1896. V. 13. N 2. P. 14-64.
3. Ailio Ju. Des Ladogasses in postglazialer zeit und ihre beziehundg zur steinzeitlichen besiedelung // Fennia. 1915. V. 38. N 3. 157 p.
4. Ramsay W. Material zur Kenntniss der spätglazialen Niveauverschiebungen in Finland // Fennia. 1931. V. 54. N 3. S. 109-118.
5. Марков К.К. Поздне- и послеледниковая история окрестностей Ленинграда на фоне поздне- и послеледниковой истории Балтики // Труды комиссии по изучению четвертичного периода. 1933. С. 5-67.
6. Марков К.К., Порецкий В.С., Шляпина Е.В. О колебаниях уровня Ладожского озера согласно данным Айлио, Хиппэ и Землякова / Тр. Комис. по изуч. четвертичного периода. 1934. С. 71-144.
7. Нуурпэ Е. Die postglazialen Niveauverschiebungen auf der Karelischen Landenge // Fennia. 1932. V. 56. N 1. 241 S.
8. Никонов А.А. Восточно-Ладожское землетрясение 30 ноября 1921 года // Физика Земли. 2005. № 7. С. 15-19.
9. Никонов А.А. Сейсмогравитационные склоновые нарушения в Северном Приладожье. Петрозаводск. 2008 (в печати).
10. Никонов А.А., Гусева Т.В., Никонова К.И. Изучение современных тектонических движений земной коры в восточной части Балтийского щита по результатам повторного нивелирования по трассе Волховстрой-Мурманск // Исследование строения и соврем. движ. земной коры на Кольском геофизическом полигоне. М.: Наука. 1972. С. 139-147.
11. Никонов А.А., Энман С.В. Современные движения земной коры на юго-восточной периферии Балтийского щита / Глубинное строение и геодинамика Фенноскандии, окраинных и внутриплатформенных транзитных зон: Материалы VIII Междунар. конф. Петрозаводск, 16-20 сент. 2002. С. 179-180.
12. Энман С.В. Современные вертикальные движения земной поверхности на Карельском перешейке и близлежащих территориях // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2006. Т. 81, вып. 6. С. 23-32.
13. Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. М-б 1:10 млн. М. ГУГК. 1973.
14. Карта современных вертикальных движений земной коры на территории Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Румынии, СССР (Европейская часть), Чехословакии. М-б 1:10 млн. М. ГУГК. 1986.
15. Ekman M., Makinen J. Recent postglacial rebound, gravity change and mantle flow in Fennoscandia // Geophys. J. Int. 1996. V. 126. P. 229-234.
16. Kakkuri J., Wang Z.T. Structural effects of the crust on the geoid modelled using deep seismic sounding interpretations // Geophys. J. Int. 1998. V. 135. P. 495-504.
17. Makinen J., Saarinen V. Determination of post-glacial land uplift from the three precise levellings in Finland // J. of Geodesy. 1998. V. 72. P. 516-529.
18. Молчанов И.В. Ладожское озеро. Л.-М.: Гидрометеиздат, 1945. 560 с.
19. Богданов В.И., Кравченко Т.Г., Малова Т.И., Маринич М.А. Изменения уровня Ладожского озера по наблюдениям 1859-2001 гг. на Валааме // ДАН. 2002 а. Т. 386. № 5. С. 672-675.
20. Богданов В.И., Кравченко Т.Г., Малова Т.И., Маринич М.А., Трубицина А.А. Валаамский ряд урвнemerных наблюдений 1859-2001 гг. // Тезисы докладов. 5-я Междунар. конф. по проблемам физической метрологии. Санкт-Петербург, 17-21 июня 2002 г. СПб: Санкт-Петербургский Политехн. Ун-т. 2002 б. С. 78-83.

ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛАТВИИ

Никулин В.Г.

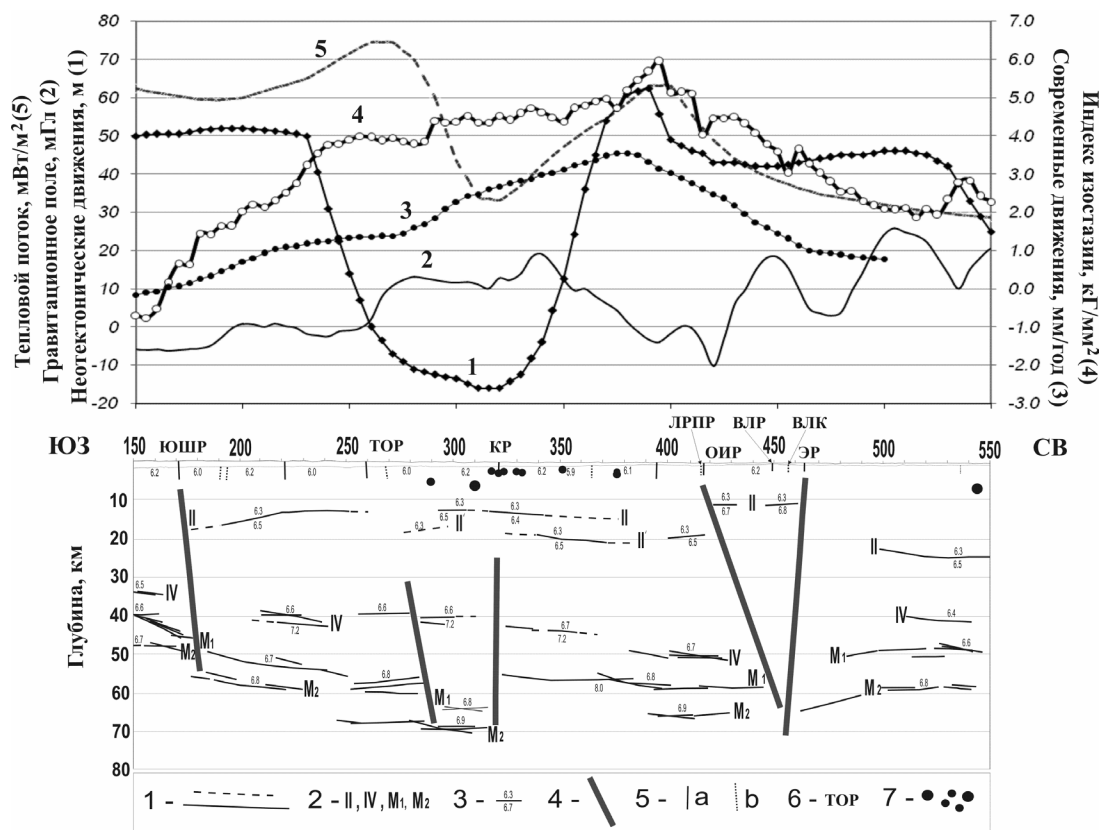
Латвийское агентство среды, геологии и метеорологии, г. Рига, Латвия, valerijs.nikulins@lvgrma.gov.lv

Характерными чертами глубинного геологического строения древней коры северо-западной части Восточно-Европейского кратона (ВЕК), в пределах которого расположена территория Латвии, является серия субмеридиональных коровых структур – террейнов. Их своеобразная конфигурация обусловлена взаимодействием трех сегментов земной коры ВЕК: Фенноскандии, Сарматии и Волго-Уралии. Консолидировавшись вокруг архейского ядра Фенноскандии и Сарматии, между 2.0 и 1.7 млрд. лет назад они постепенно срослись друг с другом [1]. Это привело к возникновению в северо-западной части ВЕК четырех террейнов: 1) западно-литовской гранулитовой

области (ЗЛГО), 2) восточного литовско-латвийского пояса (ВЛЛП), 3) белорусско-балтийского гранулитового пояса (ББГП) и 4) центрально-белорусского пояса (ЦБП). Границами между ВЛЛП и ЗЛГО, ВЛЛП и ББГП являются системы разломов субмеридионального простирания вблизи Елгавы и Валмиеры.

Елгавский глубинный разлом (ЕГР), имеющий угол падения около 71° в северо-восточном направлении, выделяется как единая, целостная граница, которая, по мнению некоторых исследователей [2], является древнейшим прообразом субдукционной зоны, вдоль которой происходило погружение Курземской миниплиты под край Новгородской миниплиты. «Роль» островной дуги «играл» Рижский протовулканический пояс, входящий в состав Восточно-латвийского протогеосинклинального мегаблока (ВЛПГМ), расположенного восточнее ЕГР. ВЛПГМ состоит из целой системы блоков различных порядков. Существование океанического протобассейна подтверждается особенностями строения ВЛПГМ, а также наличием в складчатых образованиях северо-западной протяженности продуктов подводных излияний базальтовых лав – офиолитов, являющихся индикаторами океанической коры [2].

Представления о глубинном геологическом строении Латвии (пикеты 266-473) и прилегающей территории основаны, в первую очередь, на результатах ГСЗ 1986 года по профилю Советск – Рига – Кохтла-Ярве. В глубинном разрезе выделяются 3 главные внутрикоровые границы II, IV и M1 (рис.) и одна граница M2 в верхней мантии [3], которая практически повторяет поведение границы M1 (Мохо). Зоны глубинных тектонических разломов разделяют отдельные блоки земной коры с различной мощностью и сложным рельефом поверхности Мохо. Крупная глубинная структура мощностью до 64 км констатируется в районе пикетов 290-312. Новые исследования ГСЗ, в рамках международного проекта *Eurobridge* в 1994-1997 гг., подтвердили наличие тектонического контакта между двумя палеозойскими террейнами ВЛЛП и ЗЛГО [4] и позволили выделить два слоя земной коры мощностью 44 км на северо-западе ВЕК в Литве [5].



Глубинное строение земной коры и верхней мантии в Балтийском регионе и геолого-геофизические параметры вдоль профиля Советск – Рига – Кохтла-Ярве.

Обозначения на верхнем графике: 1 = суммарные амплитуды неотектонических движений в м, начиная с рупеция [12]; 2 = относительное наблюдаемое гравитационное поле, мГл; 3 = скорость современных вертикальных движений земной коры, мм/год; 4 = индекс изостазии, кг/мм^2 ; 5 = плотность теплового потока, мВт/м^2 . Обозначения на глубинном разрезе: 1 = границы раздела в земной коре и верхней мантии (уверенные и предполагаемые); 2 = индексы границ раздела в земной коре и верхней мантии; 3 = средние (вверху) и граничные (внизу) скорости продольных сейсмических волн, км/с; 4 = глубинные тектонические разломы в земной коре и верхней мантии; 5 = тектонические разломы проникающие (а) и непроникающие (б) в осадочный чехол; 6 = аббревиатура тектонических разломов; 7 = гипоцентры землетрясений. Обозначения разломов: ЮШР – Южно-Шилальский, ТОР – Таурагско-Огский, КР – Кекавский, ЛРПР – Лиепайско-Рижско-Псковский, ОИР – Олайне-Инчукалский, ВЛР – Валмиерский, ВЛК – Валкский, ЭР – Эргемский

Комплекс геолого-геофизических исследований, с учетом результатов ГСЗ, позволил подтвердить блоковую делимость земной коры, установить связь гравитационного поля, региональных магнитных аномалий, рельефа поверхности кристаллического фундамента с глубиной поверхности Мохо, выделить три этапа формирования общего структурного плана фундамента, провести районирование по генетическим типам земной коры [6-10], оценить гравитационное влияние отдельных слоев земной коры и верхней мантии на аномальное гравитационное поле (Озолина Н.К. и Ковригин В.П.) и глубины основных границ раздела в литосфере [11].

Актуальным вопросом сейсмотектоники Балтийского региона является понимание причинно-следственной связи между сейсмогенными зонами и геологическими структурами, в пределах которых может происходить формирование очагов землетрясений, а также геодинамическими процессами, обуславливающими сейсмическую активность этих структур. Сложности сейсмотектонического анализа обусловлены низким уровнем сейсмической активности ($b = 0.3$) Балтийского региона [13]. Однако, Осмуссаарское землетрясение 1976 года и особенно Калининградские землетрясения 2004 года подтвердили возможность возникновения в Балтийском регионе сильных землетрясений с максимальной магнитудой $M_w = 5.3$. Интенсивность сотрясений в эпицентральной зоне достигала VI – VII баллов, что может представлять опасность, прежде всего для энергетических объектов, расположенных в Латвии и на прилегающей территории: Плявиньской, Рижской и Кегумской ГЭС (Латвия) и Игналинской АЭС (Литва). Поэтому, важной практической задачей представляется выявление сейсмогенных зон и их связи с геолого-геофизическими характеристиками.

Анализ расположения гипоцентров землетрясений показывает, что основным сейсмоактивным слоем в Латвии и на прилегающей территории, является гранитно-метаморфический слой II, мощностью 12-20 км, состоящий из осадочного чехла, верхней и нижней частей фундамента. Внутри этого сейсмоактивного слоя расположены очаги более чем 80% землетрясений. В интервал глубин от 0 до 20 км попадают очаги практически всех землетрясений Балтийского региона. Аналогичное распределение глубин гипоцентров землетрясений характерно для всей Восточно-Европейской платформы. В сейсмоактивном слое до 10 км происходят более 75% землетрясений, а в слое до 20 км – более 95% всех землетрясений. Оценки распределения глубин гипоцентров землетрясений основаны на соответствующих опубликованных каталогах [14].

Анализ взаимосвязи между некоторыми геолого-геофизическими параметрами (индекс изостазии – Δm [15, 16], характеризующий литостатическое давление на уровне границы Мохо, суммарные амплитуды неотектонических движений начиная с рупелия [12] – Σ АНЕОТЕК, наблюдаемое, редуцированное гравитационное поле – $\Delta g^P_{НАБЛ.}$, скорость современных вертикальных движений земной коры – VCBДЗК, Q – плотность теплового потока) вдоль профиля ГСЗ Советск – Рига – Кохтла-Ярве показал, что максимальная корреляция ($r = 0.90$) существует между Δm и VCBДЗК. Значительная отрицательная корреляционная связь ($r = -0.68$) обнаружена между $\Delta g^P_{НАБЛ.}$ и Q . Анализ корреляционной связи между морфологией границ земной коры и геолого-геофизическими характеристиками, показал существенное влияние на Δm глубин залегания границ раздела в земной коре. С увеличением глубинности, это влияние возрастает от $r = 0.50$ для поверхности фундамента, до $r = 0.89$ для границы M1 (Мохо). Анализ связи гравитационных эффектов основных слоев земной коры (фундамента, II, IV, M1) и слоя верхней мантии M2 с Δm показал, что максимальное влияние ($r = 0.80$) на Δm оказывает гравитационный эффект от гранитно-метаморфического слоя II, а также остаточная гравитационная аномалия (0.59), полученная после исключения из наблюдаемого поля гравитационного влияния основных слоев земной коры и слоя верхней мантии M2.

Крупная глубинная структура – ВЛЛП, или по другой терминологии [6, 8] Инчукалнский блок, является ядром древнейшей консолидации [9] и представляет собой область глубинной активизации, подтверждаемой экстремальными значениями Δm , VCBДЗК на профиле ГСЗ Советск – Рига – Кохтла-Ярве и расположением большинства гипоцентров землетрясений Латвии внутри ВЛЛП. Наиболее существенное влияние на современные процессы вертикальной динамики земной коры оказывают гравитационно-активный и одновременно сейсмоактивный слой, идентифицируемый с верхним гранитно-метаморфическим слоем II земной коры, а также морфология поверхности Мохо.

Некоторые участки земной коры ВЛЛП проявляют геодинамическую активность, которая была оценена методом дистанционного зондирования – *Persistent Scatterer Interferometry* в Рижском районе. В рамках проекта *TerraFirma*, начальная обработка материалов была осуществлена агентством *NPA Group* (Британия, Эдинбург). Последующий анализ вертикальных скоростей смещения поверхности земли, позволил выявить значительную деформацию поверхности земли на юго-западе Риги, в зоне тектонического узла, образованного пятью разломами. В течение 1992-2000 гг. здесь наблюдался аномальный подъем поверхности земли со скоростью 19.5 м/год. Преобладающим типом движений земной коры в Балтийском регионе являются горизонтальные перемещения, которые достигают 23.6 мм/год. С такой скоростью GPS репер *Riga* перемещается в северо-восточном направлении (азимут 56°). Вертикальная скорость перемещения GPS репера *Riga*, при этом, значительно меньше – всего 2.6 мм/год.

По-видимому, давление, оказываемое со стороны Срединно-Атлантического хребта, в сочетании с механизмом генерирования локальных напряжений, можно рассматривать как основной фактор, влияющий на сейсмичность в Балтийском регионе [17]. Корреляционные зависимости между Δm , VCBДЗК и гравитационным влиянием

отдельных частей разреза, и глубиной основных границ в земной коре, а также разуплотнение земной коры в центральной части Латвии (Рухну-Лимбажское мегадро) [18], могут указывать на существование источника компенсационных тектонических движений в земной коре и верхней мантии Балтийского региона. Однако, в регионах, удаленных на сотни километров от центра ледниковой нагрузки, причина таких тектонических движений пока еще остается дискуссионным вопросом [17, 19].

ЛИТЕРАТУРА

1. Bogdanova S. Eurobridge: Palaeoproterozoic Accretion of Sarmatia and Fennoscandia. // EUROPROBE News. 2000. №.13. P. 7-9.
2. Ветренников В.В. Латвийский океан – предтеча континента. // Наука и техника. 1988. № 5. С. 10-12.
3. Анкудинов С.А., Брио Х.С., Садов А.С. Глубинное строение земной коры на территории республик Прибалтики по данным сейсморазведочных работ ГСЗ. // Белорусский сейсмологический бюллетень. 1991. N 1. С. 111-117.
4. Kozlovskaya E.G., Karataev G.I., Yliniemi J., 2001. Lithosphere structure along the northern part of EUROBRIDGE in Lithuania; results from integrated interpretation of DSS and gravity data. // Tectonophysics. 2001. V.358. №. 1-4. P. 97-120.
5. EUROBRIDGE'95 seismic working group, Yliniemi J., Tiira T., Luosto U., Komminaho K., Giese R., Motuza G., Nasedkin V., Jacyna J., Seckus R., Grad M., Czuba W., Janik T., Guterch A., Lund C-E., Doody J.J. EUROBRIDGE'95: deep seismic profiling within East European Craton. 2001. V. 339. №.1-2. P. 153-175.
6. Аксаментова Н.В. Тектоника фундамента. Структурно-формационные комплексы кристаллического фундамента. // Тектоника запада Восточно-Европейской платформы. Минск: Наука и техника, 1990. С. 13-16.
7. Апирубите Р.А., Данкевич И.В., Емельянов Г.И., Каратаев Г.И., Пашкевич И.К. Районирование запада Восточно-Европейской платформы по генетическим типам земной коры. // Геофизические модели земной коры Белорусско-Прибалтийского региона. Минск: Наука и техника, 1993. С. 62-63.
8. Каратаев Г.И., Пашкевич И.К., Гирин Р.Е. Геофизические характеристики генетических типов земной коры. // Геофизические модели земной коры Белорусско-Прибалтийского региона. Минск: Наука и техника, 1993. С. 54-62.
9. Гирин Р.Э. Сравнительный анализ генетических типов земной коры, рельефа и тектоники фундамента Белорусско-Прибалтийского региона. // Геофизические модели земной коры Белорусско-Прибалтийского региона. Минск: Наука и техника, 1993. С. 70-87.
10. Каратаев Г.И., Пашкевич И.К., Гирин Р.Е., Русецкая Л.С. Рельеф и глубинность поверхности Мохоровичича в регионе. // Геофизические модели земной коры Белорусско-Прибалтийского региона. Минск: Наука и техника, 1993. С. 37-43.
11. Хотько Ж.П. Глубинное строение территории Беларуси и Прибалтики по данным геофизики. Минск, 1974. 92 с.
12. Garetsky R., Levkov E., Schwab G., Karabanov A., Aizberg R., Garbar D., Kockel F., Ludwig A.O., Lukke-Andersen H., Ostaficzuk S., Palienko V., Sim L., Sliaupa A., Sokolowski J., Stackebrandt W. Main Neogeodynamic features of the Baltic Sea depression and adjacent areas. // Technika poszukiwan geologicznych. Geosynoptyka i geotermia. 1999. №.1 (195). P.17-27.
13. Никулин В.Г. Сейсмичность территории стран Балтии. // Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Петрозаводск: Карельский НТЦ РАН, 2007, книга 1. С. 364-368.
14. Маловичко А.А., Габсатарова И.П., Чепкунас Л.С., Старовойт О.Е. Инструментальные сейсмологические наблюдения на Восточно-Европейской платформе. // Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Петрозаводск: Карельский НТЦ РАН, 2007, книга 1. С. 14-66.
15. Nikulin V. Preliminary results of isostatic conditions estimation of Earth crust in Latvia // Eurobridge Workshop, LIG, Abstracts, Vilnius. 1997. P. 56-58.
16. Nikulin V. Correlation between isostatic anomalies and neotectonic movements in Latvia. // Technika Poszukiwan Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia. Krakow. 1999. № 1 (195). P. 68-76.
17. Husebye E.S., Mantyniemi P. The Kaliningrad, west Russia main shock on the 21st of September 2004 – a discussion about its possible triggering mechanism. // Kaliningrad earthquake September 21, 2004. Abstract. Tartu. 2005. P. 17-19.
18. Любалин В.Д. Глубинная структура Латвии, палеодинамический анализ и оценка современной геодинамической обстановки. // Отечественная геология. 1996. №. 12. С. 27-33.
19. Stewart I.S., Sauber J., Rose J. Glacio-seismotectonics: ice sheets, crustal deformation and seismicity. // Quaternary Science Reviews. 2000. V. 19. №. 14-15. P. 1367-1389.

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАНАТОВ ВОЛОШСКОЙ ПЛОЩАДИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Нуриева Е.М., Лопатин О.Н., Разяпова Д.Р.

Казанский государственный университет, г. Казань, Evgeniya-Nurieva@yandex.ru

Волошская площадь Архангельской алмазоносной провинции с позиции региональных критериев прогнозирования отвечает практически всем признакам нового алмазоносного района. Площадь расположена в западной части Шенкурского кратона (возраст кристаллического основания 2,7-3,5 млрд. лет) в зоне расчленения его мощной зоной глубинных разломов субширотного простиранья. В геофизических полях Волошская площадь проявля-