

ВНУТРИПЛАТФОРМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Сим Л.А.¹, Маринин А.В.¹, Жиров Д.В.², Гордеев Н.А.¹

¹ Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, sim@ifz.ru

² Геологический институт КНЦ РАН, Анапты

Реконструкция тектонических напряжений на платформенных территориях кинематическим методом [3] позволила откартировать структуры, которые дали возможность обосновать источники тектонических напряжений внутри собственно платформ, что вступает в противоречие с практически общепринятым мнением об относительной однородности поля напряжений внутри платформ и его зависимости от режима перемещения крупных литосферных плит [4]. Определения локальных стресс-состояний (ЛСС) разных точек наблюдения в восточной части Балтийского щита были объединены в общие поля тектонических напряжений по методу Л.А. Сим [11]. В соответствии с этим методом на единую стереограмму наносились ориентации осей сжатия и растяжения ЛСС, восстановленные на некотором участке. Далее по определенным правилам находились оси главных нормальных напряжений сжатия и растяжения общего поля напряжений, действовавшего на рассматриваемый участок извне; ориентировки осей ЛСС отражают возмущения поля напряжений за счёт уже существующих неоднородностей геологической среды. Важным вопросом при определении общих полей напряжений является их ранжирование и соподчинение, поэтому в единое общее поле объединялись ЛСС, связанные структурно. Другим критерием являлась площадь тектонофизических исследований, включающая различные структуры. Так, 1-ый ранг поля напряжений принят для Карельского участка исследований, включавшего на площади 100×100 км различные неотектонические структуры и региональные разломы, определенно активные в новейший этап (Онего-Сегозерский). Прочие определения общего поля напряжений отнесены к рангам меньшего порядка (например, исследованная часть Ковдорского массива). На восточной части Балтийского щита были закартированы крупные по площади районы и структуры, которые находились в согласии с концепцией тектоники плит и показали ЗСЗ ориентации осей сжатия и субмеридиональной – оси растяжения (Карельский полигон, Ковдорский массив щелочных пород) в сдвиго-

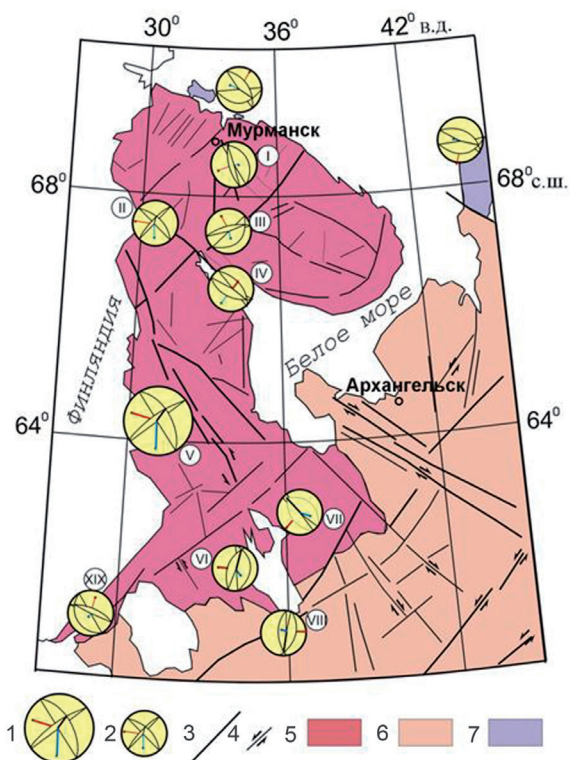


Рис. 1. Неотектонические напряжения восточной части Балтийского щита (по: [16] с изменениями и дополнениями).

1-2 – Тектонические напряжения, восстановленные кинематическим методом О.И. Гущенко [3]: 1 – 1-го, 2 – 2-го рангов. На стереограммах показаны оси главных нормальных напряжений: синие – растяжения, черные – промежуточные, красные – сжатия, и плоскости действия максимальных касательных напряжений (сетка Вульфа, верхняя полусфера). 3-4 – Неотектонические разломы и сдвиговые перемещения по ним. 5-7 – Тектонические структуры: 5 – Балтийский щит, 6 – Русская плита, 7 – байкалиды – выход на дневную поверхность фундамента Тимано-Печорской плиты. I – Мурманский участок; II – массив Ковдор; III – массив Хибин; IV – залив Кандалакша; V – Карельский полигон; VI-VIII: VI – северо-запад побережья Онежского озера; VII – северо-восток побережья Онежского озера; VIII – юг побережья Онежского озера; IX – Карельский перешеек. В пределах СВ крыла Западно-Тиманского глубинного разлома: п-ов Рыбачий и п-ов Канин (по: Сим, 2000).

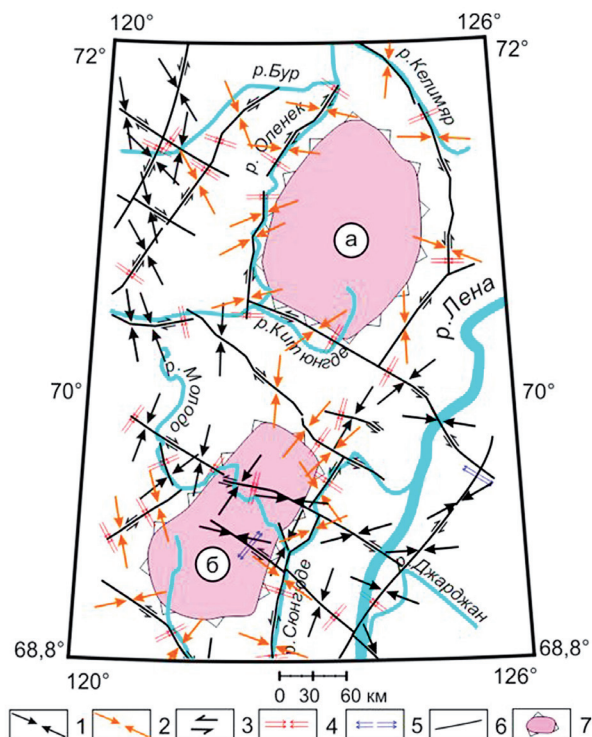


Рис. 2. Схема неотектонических напряжений восточной окраины Анабарского щита Восточно-Сибирской платформы. 1-2:

- 1 – оси сжатия в горизонтальной плоскости, характеризующие: разломы,
 - 2 – сводовые поднятия;
 - 3 – сдвиги;
 - 4-5 – локальные геодинамические обстановки:
 - 4 – сжатия, 5 – растяжения;
 - 6 – разрывные структуры;
 - 7 – структуры фундамента, унаследовано развивающиеся в неотектонический этап как поднятия.
- а – Оленёкское поднятие;
б – Мунско-Суханское поднятие.

вом поле, связанном с воздействием процессов спрединга в северной Атлантике [13]. Реконструкции тектонических напряжений в Хибинском массиве показали отклонение оси сжатия от широтного и ЗСЗ простираний, а также взбросовое поле напряжений с субвертикальной ориентацией оси растяжения (геодинамический режим горизонтального сжатия) [16]. Анализ авторского полевого материала, собранного в полевой сезон 2016 г на трассе Мурманск-Апатиты позволил охарактеризовать общее поле напряжений в северном и СЗ обрамлении Хибинского массива также как взбросовое с субгоризонтальной ориентацией оси сжатия с ВСВ ориентацией. Назовем это общее поле условно «Мурманский участок» (рис. 1). Таким образом, как минимум два определения общих полей напряжений на Балтийском щите: Мурманский участок и Хибины не согласуются с концепцией о наличии в восточной части Балтийского щита сдвигового поля напряжений, обусловленного влиянием спрединга в Северной Атлантике. Сбросовое поле напряжений, общее для побережья Канда-лакшского залива, увязывается с развитием неотектонической структуры Кандалакшского грабена и вполне объяснимо с позиций тектоники плит. В районе Карельского перешейка и в обрамлении Онежского озера также восстановлены общие поля тектонических напряжений сдвиго-взбросового типа. Необходимо отметить, что эти определения находятся практически в зоне неустойчивых тектонических напряжений на границе между западным (оси сжатия ЗСЗ – широтного направления) и восточным (субмеридионального направления) типами ориентации осей сжатия в горизонтальной плоскости [13, 15].

Общие поля тектонических напряжений взбросового типа в восточной части Балтийского щита перекликаются с проблемой источников избыточного горизонтального сжатия в структурах платформ, которая давно привлекала исследователей. В ряде работ второй половины XX века такие напряжения интерпретировались как остаточные напряжения от предыдущих эпох [1,5]. Для Фенноскандинавского щита была рассмотрена версия о наличии восходящих движений в земной коре, сопровождающихся денудацией поверхности и приводящих к частичной вертикальной разгрузке пород, следствием которой являлось возникновение остаточных гравитационных напряжений горизонтального сжатия [10]. На основе расчета возможной величины денудационного сноса с Фенноскандинавского щита за мезозой-кайнозой [17] была предпринята попытка расчета остаточных гравитационных напряжений на щите. Расчеты напряжений, выполненные тектонофизическим мето-

дом, учитывающим амплитуды денудации, дают результаты, близкие к величинам напряжений, измеренным инструментальными методами *in situ* для Ловозерского, Хибинского и Ковдорского массивов. Это позволяет рассматривать механизм формирования остаточных гравитационных напряжений, вызываемых денудацией, как один из возможных для объяснения высокого уровня напряжений горизонтального сжатия. Предполагается, что механизм формирования перечисленных структур с общими полями тектонических напряжений взбросового типа обусловлен остаточными гравитационными напряжениями, реализованными при эксгумации пород.

Неотектонические напряжения II ранга, восстановленные на Северном, Приполярье и Полярном Урале показывают вертикальную ориентацию оси растяжения; субгоризонтальные оси сжатия II ранга нормальны к складчатым структурам Урала или параллельны плоскостям крупных разломов [13, 14]. Исключением является Кожимский массив в ядре Ляпинского антиклинория. Здесь восстановлен сбросовый тип напряженного состояния (или режим горизонтального растяжения) с несвойственной для Урала субвертикальной осью сжатия. Массив относится к коре континентального типа, представлявшей восточную окраину Восточно-Европейской платформы, на которую надвинуты уральские структуры в процессе герцинской складчатости. В ядре массива по данным геофизики установлен гранито-гнейсовый купол; на дневной поверхности в процессе новейшего орогенеза обнажаются протерозойские сланцы, прорванные палеозойскими гранитными телами. Гранито-гнейсовый купол всплывает независимо от орогенных процессов на Урале, в его пределах находится наиболее высокая вершина Уральских гор – г. Народная. Локальные стресс-состояния III ранга показывают крутую ось сжатия в ядре структуры, которая выполаживается к периферии и занимает радиальное положение относительно ядра. Таким образом, массив в неотектонический этап явно имеет свой источник тектонических напряжений, независимый от новейшего орогенеза на Урале.

На северо-восточной окраине Анабарского щита Восточно-Сибирской платформы на Оленекском поднятии проведена реконструкция неотектонических напряжений [2] структурно-геоморфологическим методом [12]. Оленекское и расположенное южнее Мунское новейшие поднятия являются положительными структурами фундамента, унаследованно развивающиеся с протерозоя как положительные структуры. По этим поднятиям восстановлены радиально расходящиеся ориентировки горизонтальных осей сжатия (рис. 2), показывающие, что эти структуры формируются под воздействием внутриплатформенных источников деформирования по аналогии со структурами Балтийского щита.

Таким образом, результатами выполненных исследований показано, что новейшие структуры на щитах платформ формируются в значительной мере под действием остаточных гравитационных напряжений, освобождающихся при опережающем относительно вмещающей рамы воздымании и денудации геологических структур и/или блоков. Локальные источники поля напряжений могут превалировать над региональными, а длительно развивающиеся внутренние процессы в пределах платформенных структур (формирование гранито-гнейсовых куполов) способны превышать воздействие процессов складчатости и орогенеза.

Литература

1. Волох Н.П., Сашурин А.Д., Липин Я.И. Исследования остаточных напряжений в крепких горных породах // Современные проблемы механики горных пород. Л.: Наука. 1972. С. 186-189.
2. Гордеев Н.А. Тектонофизический анализ линеаментов Оленекского поднятия // Четвертая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН. Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле: Материалы докладов 4-й всероссийской конференции – в 2-х томах. Т. 1. М.: ИФЗ. 2016. С. 48-52.
3. Гущенко О.И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений // Поля напряжений в литосфере. М.: Наука. 1979. С. 7-25. Леонов Ю.Г. Напряжения в литосфере и внутриплитная тектоника // Геотектоника. 1995. № 6. С. 3.
4. Лобковский Л.И., Никишин А.М., Хаин В.Е. Современные проблемы геотектоники и геодинамики. 2004. М.: Научный мир. 610 с.
5. Марков Г.А. О распространении горизонтальных тектонических напряжений в зонах поднятий земной коры // Инженерная геология. 1980. № 1. С. 20-30.

6. Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В. От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методы и алгоритмы отв. редактор Ю.Г. Леонов; Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Москва: Изд-во: ГЕОС. 2017. 225 с.
7. Ребецкий Ю.Л. О возможном механизме генерации в земной коре горизонтальных сжимающих напряжений // Докл. РАН. 2008. Т. 423. № 4. С. 538-542.
8. Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Козырев А.А., Рыбин В.В., Жиров Д.В. Первые оценки величин напряжений по геологическим данным // Современное состояние наук о Земле. Матер. междунар. конф., посв. Памяти В.Е. Хаина. М.: 1-4 февраля 2011 г. Изд-во: геол.ф-т МГУ. С. 1553-1554. <http://khain2011.web.ru>.
9. Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В. От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методы и алгоритмы / Ю.Л. Ребецкий, Л.А. Сим, А.В. Маринин; отв. редактор Ю.Г. Леонов; Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Москва: Изд-во: ГЕОС. 2017. 225 с.
10. Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Козырев А.А. О возможном механизме генерации избыточного горизонтального сжатия рудных узлов Кольского полуострова // Геология рудных месторождений. 2017. Т. 59. № 4. С. 263-280.
11. Сим Л.А. Определение регионального поля по данным о локальных напряжениях на отдельных участках. Изв. ВУЗов. Геол. и разв. 1982. № 4. С. 35-40.
12. Сим Л.А. Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации). Изв. ВУЗов. геология и разведка. 1991. № 10. С. 3-22.
13. Сим Л.А. Влияние глобального тектогенеза на новейшее напряженное состояние платформ Европы. // М.В. Гзовский и развитие тектонофизики. М.: Наука. 2000. С. 326-350.
14. Сим Л.А., Юрченко О.С., Сироткина О.А. Тектонические напряжения северных частей Урала // Геофизический журнал. 2005. № 1. Т. 27. С. 110-120.
15. Сим Л.А. Области неустойчивых неотектонических напряжений на Русской плите //Связь поверхностных структур земной коры с глубинными. Матер. 14-й междунар. конф. 27-31 октября 2008. Ч. 2. Петрозаводск. Ред.-изд.отд. Карельского научного центра. С. 190-193.
16. Сим Л.А., Жиров Д.В., Маринин А.В. Реконструкция напряженно-деформированного состояния восточной части Балтийского щита // Геодинамика и тектонофизика. http://gt.crust.irk.ru/magazin2011_3.html. С. 219-243.
17. Сим Л.А. О связи объема осадконакопления в бассейнах обрамления с величиной эрозионного сноса с Фенноскандинавского щита в мезокайнозой // Осадочные бассейны и геологические предпосылки прогноза новых объектов, перспективных на нефть и газ. Матер. XLIV Тект. сов. М.: ГЕОС. 2012. С. 398-401; С. 392-397.