

МЕХАНИЗМ ГЕНЕРАЦИИ ОСТАТОЧНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ШИТАХ ДРЕВНИХ ПЛАТФОРМ (НА ПРИМЕРЕ ХИБИНСКОГО И ОЛЕНЕКСКОГО МАССИВОВ)

Л.А. Сим, Ю.Л. Ребецкий, Н.А. Гордеев

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

Повышенное горизонтальное сжатие в пределах Хибинского массива фиксируется многолетними инструментальными измерениями напряжений *in situ*. В работе (Ребецкий и др., 2017) проанализирована возможность варианта формирования избыточного горизонтального напряжения, которое связано с происходящими в коре орогенов, щитов и плит внутренними литосферными процессами. К ним относятся вертикальные восходящие движения на подошве коры или литосферы и связанные с ними экзогенные процессы. Последние сопровождаются денудацией и эрозией поверхностей формирующихся поднятий. Впервые выполненную оценку остаточных напряжений гравитационного напряженного состояния для верхних горизонтов коры Кольского п-ова можно трактовать как источник внутриплатформенных тектонических напряжений, не связанных с воздействием извне направленных относительно платформ процессов. Источником для расчета остаточных напряжений послужили данные об объемах осадков, накопленных в арктических морях с мезозоя (Сим, 2012). В работе (Ребецкий, 2008) показано, что в областях поднятия в коре формируется напряженное состояние горизонтального сжатия, а в областях опускания – горизонтального растяжения. Механизм генерации избыточных напряжений горизонтального сжатия в массиве горных пород показывает, что в условиях действия только массовых (гравитационных) сил в породах существуют области: а) чисто упругого деформирования, непосредственно примыкающие к кровле коры; б) упруго-катакластического течения, где из-за превышения предела трещинной текучести уровень горизонтального сжатия может приближаться к литостатическому давлению, оставаясь при этом ниже него; в) упругой разгрузки, вызванной эксгумацией пород при воздымании поверхности ее денудации. Последнее условие максимально приближено к формированию остаточных горизонтальных напряжений на Фенноскандинавском щите и, в частности, к обстановке горизонтального сжатия в Хибинском массиве. Полученные рассчитанные данные позволяют говорить о возможном уровне остаточных напряжений горизонтального сжатия до 90 МПа в приповерхностных горизонтах коры. Это хорошо согласуется с результатами измерений, производившихся в Горном институте КНЦ РАН в течение 40 лет.

Исследования тектонических напряжений на Балтийском щите комплексом методов свидетельствовали о доминировании регионального сдвигового поля неотектонических напряжений с ЗСЗ ориентацией оси сжатия и меридиональной – оси растяжения. Такое напряженное состояние было установлено на Западно-Европейской платформе, Балтийском щите и западе Белорусской антеклизы и могло быть обусловлено влиянием спрединга в Северной Атлантике на тектоническое напряжение платформ (Сим, 2000). Реконструкция тектонических напряжений Хибинского массива показала, что общее поле напряжений этой структуры характеризуется взбросовым типом. Хибинский щелочной массив морфологически близок к лополиту с асимметричными более крутыми восточным и северным и с более пологими западным и северным контактами; на глубине он становится конической структурой центрального типа. Тектонические напряжения в пределах массива восстановлены

преимущественно кинематическим методом (Гуценко, 1979) и методом выделения сколовых сопряженных трещин (Гзовский, 1954). Возраст восстановленных полей напряжений принимается за неотектонический и современный, так как в определении общего поля напряжений участвуют и локальные стресс-состояния в четвертичных породах (Сим и др., 2011). Общее взбросовое поле напряжений или режим горизонтального сжатия находится в согласии с воздыманием Хибинского массива на новейшем этапе. Предложенную концепцию избыточного горизонтального сжатия в коре щитов предлагается использовать как собственный источник тектонических напряжений. Воздыманию Хибинского массива под воздействием избыточного горизонтального сжатия способствует как коническая структура массива, так и постгляциальная тенденция подъема всего щита в новейший и современный этапы.

Новейшая геодинамика восточной окраины Сибирской платформы (северо-восточная периферия Анабарской антеклизы – Оленекский и Мунский своды, Вилуйская синеклиза и западная часть Предверхоанского прогиба) изучена комплексом геологических, структурно-геоморфологических и тектонофизических методов. Неотектонические напряжения восстанавливались структурно-геоморфологическим методом (Сим, 1991). Было установлено доминирование сдвигового типа напряженного состояния и выделены разломы с разными геодинамическими обстановками формирования в неотектонический этап. В структуре восточной окраины Анабарской антеклизы наблюдаются многочисленные разрывные нарушения, которые, по данным геологической съемки масштаба 1:200000 и 1:1000000, в основном имеют сбросовую кинематику и являются либо вертикальными, либо крутопадающими. Разрывы нарушают породы фундамента и осадочного чехла и отчетливо картируются при анализе современного рельефа, т.е. подновлены в неотектонический этап. Такая ориентация плоскостей сместителей разломов дала возможность применить структурно-геоморфологический метод реконструкции сдвиговых тектонических напряжений (Сим, 1991). Оси сжатия в горизонтальной плоскости, радиально расходящиеся от центра Оленекского и Мунского поднятий (на рисунке выделены зеленым цветом), дали возможность предположить, что механизм формирования этих структур обусловлен внутриплатформенными источниками тектонических напряжений. Природа избыточных горизонтальных напряжений на щитах исследована в работе и показана выше (Ребецкий и др., 2017).

Для определения степени устойчивости воздымания Оленекского и Мунского сводов Н.А. Гордеевым построены 3D модели фундамента и чехла указанных поднятий (Гордеев, 2016). Постпротерозойское устойчивое воздымание сводов отчетливо проявилось при сопоставлении этих моделей, при этом более активно в новейший этап растет Оленекское поднятие, продолжающийся рост которого обусловил разделение древнего Оленек-Анабарского прогиба на Бурскую и Келимярскую впадины, а также смещение оси Кютингдинского новейшего прогиба на юго-запад относительно оси Кютингдинского древнего грабена. Устойчивое воздымание Оленекского и Мунского поднятий с протерозоя возможно объяснить разгрузкой «разряжающихся» гравитационных горизонтальных напряжений, которое выражено радиально расходящимися осями сжатия.

Изучение механизма генерации остаточных горизонтальных напряжений в коре орогенов, плит и щитов показало, что такие напряжения могут объясняться как разгрузка остаточных напряжений при эрозии и денудации длительно развивающихся поднятий. К таким структурам относятся Хибинский, Онекекский и Мунский древние массивы на Балтийском и щите и Сибирской платформе. Предлагается считать, что горизонтальное сжатие в этих массивах обусловлено внутренними источниками тектонических напряжений.

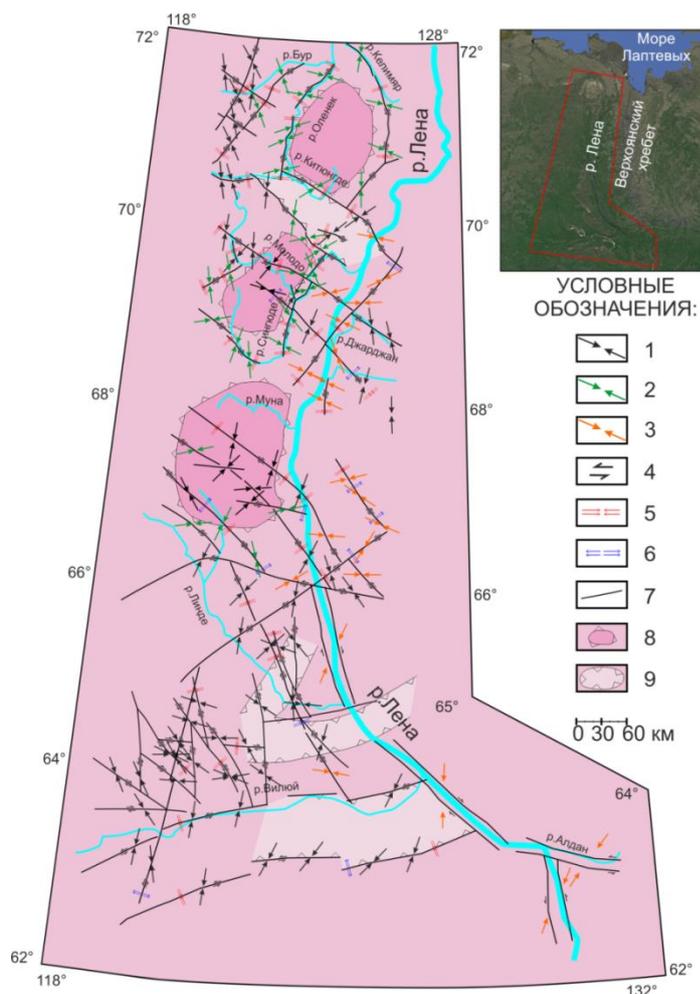


Схема неотектонических напряжений и геодинамики восточной окраины Восточно-Сибирской платформы. На врезке выделен район исследований на космическом снимке. 1–3 – оси сжатия в горизонтальной плоскости, восстановленные структурно-геоморфологическим методом, характеризующие: 1 – разломы, 2–3 – влияние на платформенные структуры: 2 – сводовых поднятий, 3 – орогена; 4 – сдвиги; 5–6 – локальные геодинамические обстановки: 5 – сжатия, 6 – растяжения; 7 – разрывные структуры; 8–9 – структуры фундамента: 8 – поднятия, 9 – грабены (Сим и др., 2018).

Работа выполнена при поддержке Госпрограммы ИФЗ РАН.

Список литературы

Гзовский М.В. Тектонические поля напряжений // Известия АН СССР, сер. геофиз. 1954. № 5. С. 390–410.

Гордеев Н.А. Тектонофизический анализ линейментов Оленекского поднятия // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле: Мат-лы докладов четвертой тектонофизической Всерос. конф. Т. 1. М.: ИФЗ РАН, 2016. С. 48–52.

Гущенко О.И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений // Поля напряжений и деформаций в литосфере. М.: Наука, 1979. С. 7–25.

Ребецкий Ю.Л. О возможном механизме генерации в земной коре горизонтальных сжимающих напряжений // Доклады Академии наук. 2008. Т. 423, № 4. С. 538–542.

Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Козырев А.А. О возможном механизме генерации избыточного горизонтального сжатия рудных узлов Кольского полуострова (Хибины, Ловозеро, Ковдор) // Геология рудных месторождений. 2017. Т. 59, № 4. С. 263–280.

Сим Л.А. Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации) // Известия вузов. Геология и разведка. 1991. № 10. С. 3–22.

Сим Л.А. Влияние глобального тектогенеза на новейшее напряженное состояние платформ Европы // М.В. Гзовский и развитие тектонофизики. М.: Наука, 2000. С. 326–350.

Сим Л.А. О связи объема осадконакопления в бассейнах обрамления с величиной эрозийного среза с Фенноскандинавского щита в мезозое // Осадочные бассейны и геологические предпосылки прогноза новых объектов, перспективных на нефть и газ: Мат-лы XLIV тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2012. С. 398–401.

Сим Л.А., Гордеев Н.А., Маринин А.В. Новейшая геодинамика восточной окраины Сибирской платформы // Геосистемы переходных зон. 2018. Т. 2, № 4, С. 280–289.

Сим Л.А., Жиров Д.В., Маринин А.В. Реконструкция напряженно-деформированного состояния восточной части Балтийского щита // Геодинамика и тектонофизика. 2011. Т. 2, № 3. С. 212–243. <https://doi.org/10.5800/GT-2011-2-3-0044>.