

УДК 551.242(1-924/-925):004.9

СОЗДАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ 3D МОДЕЛИ ЕВРАЗИЙСКОЙ ПЛИТЫ

Н.А. Калашник

научный сотрудник лаборатории Геофлюидомеханики, Горный институт КНЦ РАН Апатиты, Россия, e-mail: nadezhda-kalashnik28@rambler.ru

Аннотация. Разработана 3D модель Евразийской плиты, отражающая ее тектоно-физическое строение, с пассивным и активным интерфейсом на разделяющих геологические блоки тектонических разломах. Компьютерное исследование модели при различных вариантах граничных условий позволяет решить обратную задачу оценки напряженно-деформированного состояния приповерхностной части земной коры дифференцированно по геологическим блокам плиты, с учетом комплексного анализа данных определения векторов и скоростей смещения по имеющимся станциям GNSS. Новые знания дают развитие в понимании природы современного напряженно-деформированного состояния блоковой тектоники.

Ключевые слова: компьютерное исследование, 3D модель, евразийская плита, GNSS.

CREATION AND COMPUTER RESEARCH OF A 3D MODEL OF THE EURASIAN PLATE

Nadezhda Kalashnik

Researcher of Geo Fluid Mechanical Laboratory, Mining Institute KSC RAS, Apatity, Russia, e-mail: nadezhda-kalashnik28@rambler.ru

Abstract. The 3D model of the Eurasian plate reflecting its tectonic physical structure with the passive and active interface on the tectonic breaks separating geological units is developed. The computer research of model in case of different options of boundary conditions allows to solve the reverse problem of assessment of the intense deformed status of a near-surface part of crust differentially on geological units of a plate, taking into account complex data analysis of determination of vectors and speeds of offset on the available GNSS stations. New knowledge gives development in understanding of the nature of the current intense deformed state of block tectonics.

Keywords: computer research, 3D model, Eurasian plate, GNSS.

Введение. Континентальная часть земной коры имеет весьма сложное геологическое и блочное строение. При этом геометрические размеры блоков могут быть от сотен и десятков метров до сотен и десятков километров. Взаимодействуя друг с другом, они создают сложную мозаичную картину напряженно-деформированного состояния пород верхней части земной

коры, во многом определяющую устойчивость и прочность промышленных и гражданских объектов [1-2]. Региональные поля напряжений в крупных структурах формируются за счет взаимодействия литосферных плит. В частности, напряженно-деформированное состояние Евразийской плиты формируется в результате раздвига пород в рифтовых зонах и давления океанической плиты на континентальную [3].

Цель работы. Для проведения компьютерных исследований формирования напряженно-деформированного состояния пород верхней части земной коры в масштабе Евразийской плиты разработана ее тектонофизическая модель (рис.1). Выделение ослабленных в тектоническом отношении зон было произведено на основе геологических карт и дешифрирования спутниковых снимков.

3D модель. В разработанной 3D компьютерной модели, в дополнение к силам гравитации, было принято действие субгоризонтальных сжимающих тектонических сил T , составляющих значения от 20 до 50 МПа на глубину до 40 км (рис.2). То есть, на боковых гранях модели задается действие горизонтальных усилий $\sigma_x = T + \lambda \gamma y$ (T – тектонические силы, $\lambda = \mu / (1 - \mu)$ – боковой отпор пород, μ – коэффициент Пуассона, γ – объемный вес пород, y – вертикальная координата), а в вертикальном направлении сверху вниз действует собственный вес пород $\sigma_y = \gamma y$.

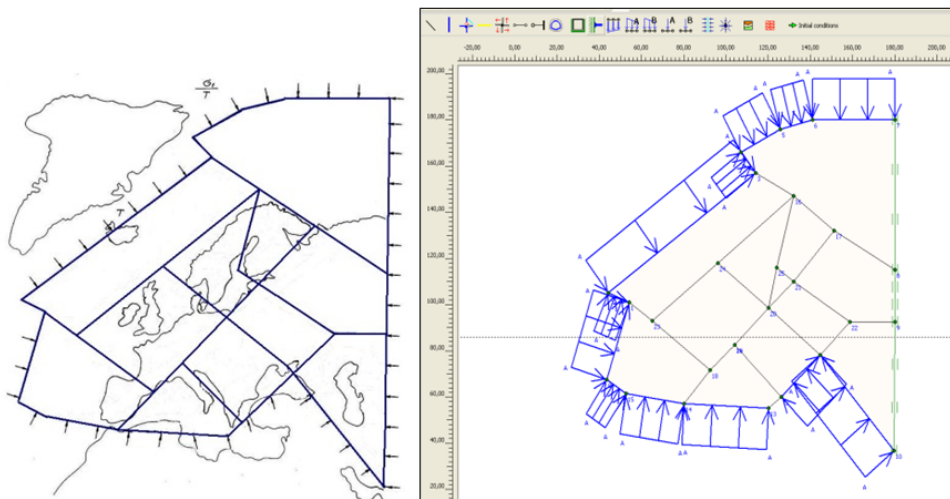


Рисунок 1- Схема тектоно-блочной структуры и граничных условий для модели Евразийской плиты

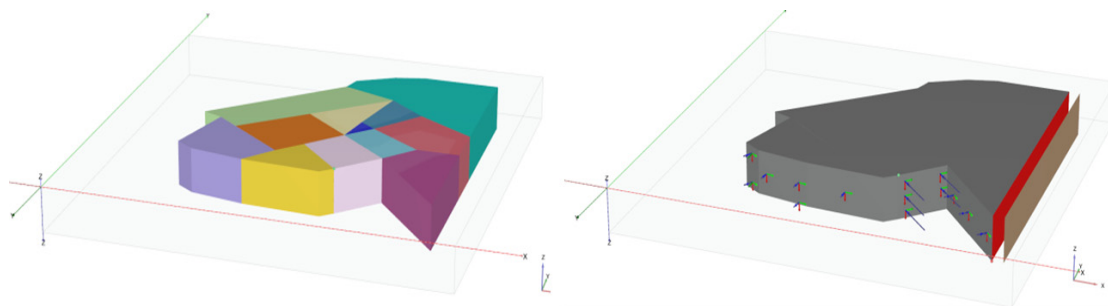


Рисунок 2- Компьютерная 3D модель Евразийской плиты.

Нижняя грань модели, построенная на основании расчетной схемы, и середина (по оси симметрии) шарнирно закреплены, т.е. на нижней грани $v=0$; $u \neq 0$, а на оси симметрии $u=0$; $v \neq 0$, где u , v - горизонтальные и вертикальные перемещения соответственно. Упругие характеристики пород массива задавались в соответствии с данными [4], а разломных зон – в 5, 10 и 20 раз ниже.

Результаты исследования. Компьютерное исследование разработанной 3D модели Евразийской плиты выполнено с использованием программного комплекса PLAXIS 3D [5]. Исследования были выполнены в целях выявления общих закономерностей напряженно-деформированного состояния Евразийской плиты и оценки особенностей формирования геодинамического режима. По результатам исследований построены картины распределения напряжений и деформаций, фрагмент которых представлен на рисунке 3.

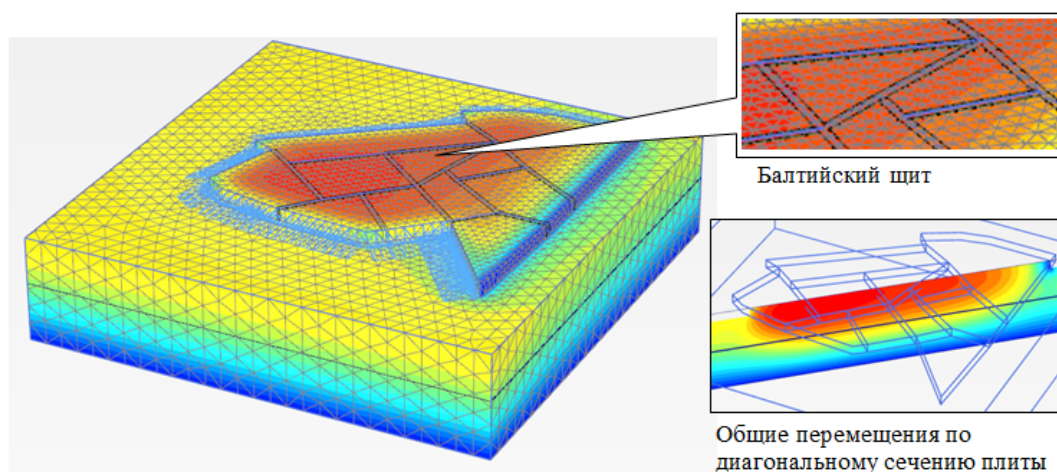


Рисунок 3-Фрагмент результатов компьютерного исследования 3D Евразийской плиты

Использование GNSS. Концептуальная схема, отражающая разработку 3D модели Евразийской плиты, с учетом ее тектонофизических условий и

блочного строения, с заданием пассивного и активного интерфейса на разделяющих геологические блоки тектонических разломах, а также расположение имеющихся станции GNSS, представлена на рис.4.

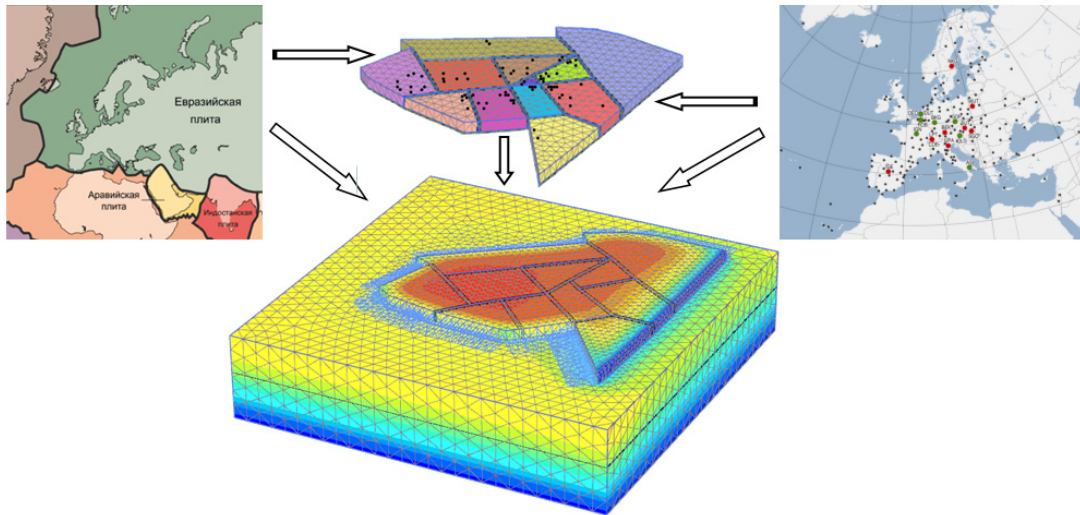


Рисунок 4 – Концепция разработки 3D модели Евразийской плиты, отражающая геологическое строение, тектонофизические условия и местоположение постоянных станций GNSS.

Планируется, что в дальнейшем, применительно к 3D модели Евразийской плиты, будут использованы все доступные GNSS Российской Федерации, скандинавских и ряда европейских стран (национальные сети Швеции, Латвии, Финляндии, Эстонии и международные сети IGS и EPN). По данным современных координатных измерений будут определены закономерности направления векторов и значения скоростей, как собственного движения плиты, так и движений и деформаций внутренних геологических блоков. Эти закономерности будут иметь особый интерес, главным образом, в том, что эта область литосферы подвержена послеледниковому поднятию. Современные модели послеледникового изостатического выравнивания дают хорошее представление о вертикальных движениях Балтийского щита, тогда как адекватная модель кинематики его горизонтальных движений еще не построена, а природа напряженно-деформированного состояния верхней части земной коры этого региона до конца не ясна.

Также в качестве исходных данных будут приняты значения смещений дневной поверхности Евразийской плиты по оперативным и архивным данным радарной съемки спутниками SENTINEL-1A и SENTINEL-2. Съемка в режиме IW (Interferometric Wide Swath) и восстановление кадров до уровня SLC данной площади выполняется ESA с марта 2015 года на восходящих и нисходящих витках. Разрешение для одного импульса составляет 2.3×17.4

м для новой технологии сканирования TOPSAR (Terrain Observation with Progressive Scans SAR), впервые примененной на спутнике SENTINEL-1A. Анализ архивных и оперативных радарных космоснимков позволит выявить неучтенные ранее площадные участки смещений, построить картосхемы относительных и абсолютных смещений и подвижек земной поверхности исследуемого региона [6].

Выводы. Разработана 3D модель Евразийской плиты, отражающая ее тектонофизическое строение, с пассивным и активным интерфейсом на разделяющих геологические блоки тектонических разломах. Компьютерное исследование разработанной 3D модели Евразийской плиты позволит решить обратную задачу оценки напряженно-деформированного состояния приповерхностной части земной коры дифференцированно по геологическим блокам плиты посредством использования в качестве исходных данных поля векторов и скоростей смещения станций GNSS и площадных смещений по результатам интерферометрической обработки радарных спутниковых снимков. Новые знания дают развитие в понимании природы современного напряженно-деформированного состояния блоковой тектоники.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ, грант 15-29-06037

ЛИТЕРАТУРА

1. Charles DeMets, Richard G. Gordon, Donald F. Argus. Geologically current plate motions. *Geophys. J. Int.* (2010) 181, 1–80. doi: 10.1111/j.1365-246X.2009.04491.x
2. Matsuyama, Iwamori. Analysis of plate spin motion and its implications for strength of plate boundary. *Earth, Planets and Space* (2016) 68:36 DOI 10.1186/s40623-016-0405-5
3. Савченко С.Н., Козырев А.А., Мальцев В.А. Напряженное состояние пород блочного строения. *ФТПРПИ*, 1994, №5, С.38-47
4. Калашник А.И., Савченко С.Н., Калашник Н.А. Моделирование напряженного состояния пород Кольского полуострова и шельфа Баренцева моря применительно к задачам добычи и транспортирования углеводородного сырья // *Комплексные геолого-геофизические модели древних щитов. Тр. Всероссийской (с международным участием) конференции.* – Апатиты: Изд. Геологического института КНЦ РАН, 2009. – С. 230-232.
5. Калашник Н.А. Компьютерное моделирование механической прочности и противодиффузионной функциональности ограждающей дамбы хвостохранилища // *Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта.* 2016. № 3. С.304-308.
6. Мельников Н.Н., Калашник А.И., Калашник Н.А., Запорожец Д.В. Применение современных методов для комплексных исследований состояния гидротехнических сооружений региона Баренцева моря // *Вестник МГТУ.* 2017. Т. 20. № 1. С. 13-20.