ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

**Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

в рамках

**Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/387

О СПОСОБАХ УПРАВЛЯЕМОГО ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ В РАЗЛОМАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ УПРЕЖДАЮЩИХ РЕЖИМОВ ИНЖЕКЦИИ РАСТВОРОВ ЧЕРЕЗ ГЛУБОКИЕ СКВАЖИНЫ

¹Ружич В.В., Шилько Е.В., ^{1,2}Вахромеев А.Г., ^{1,2}Сверкунов С.А.

¹Институт земной коры Сибирского отделения РАН, Иркутск

²Иркутский Филиал ООО РН-Бурение, Иркутск

Традиционные способы обеспечения сейсмобезопасности по многим параметрам остаются недостаточно эффективными, что проявляется в огромном ущербе при опасных трудно прогнозируемых тектонических и наведенных землетрясениях. Во многом это происходит из-за отсутствия технических средств для наблюдений и достоверных сведений о трибофизических и геомеханических параметрах подготовки очагов разрушительных землетрясений в интервале глубин земной коры 5-30 км. Согласно анализу новых сведений, полученных при проведении натурных геофизических испытаний на сегментах зон разломов, а также при визуальном геологическом изучении сегментов сейсмоактивных разломов, эксгумированных после длительной денудации с глубин 12-18 км, были рассмотрены петрофизические условия возникновения косейсмических смещений в разломах в моменты проявления сильных палеоземлетрясений с возрастами в сотни миллионов лет [1,2]. Выяснено, в частности, что во многом определяющее значение в изменениях скорости скольжения происходит в результате проникновения флюидов в плоскости скольжения разломов. Об этом свидетельствуют выявленные признаки минерального “залечивания” вследствие флюидизации глубинных косейсмических разрывных нарушений и замещения продуктов истирания горных пород минеральными новообразованными фазами с пониженными значениями сдвигового сопротивления. Процессы “залечивания” препятствуют смыканию стенок разрывов и способствуют повторным косейсмическим смещениям из-за ранее возникшего пониженного сдвигового сопротивления, а также облегченному раскрытию разрывов в случаях новых впрыскиваний флюидов под давлением. Показано, что проведенные в течение многих лет серии натурных физических испытаний с контролируемыми закачками жидкостей в приповерхностные сегменты разломов с протяженностью в 10-100 м обеспечивали постепенную по скорости разгрузку напряжений в разломных участках, что фиксировалось по измерениям низкоскоростных сдвиговых деформаций и снижению сейсмической активности [3,4]. Однако очевидно, что для применения подобной технологии тестовых управляющих воздействий на глубинные сегменты разломов, в которых зарождаются очаги сильных землетрясений, требуются более сложные технологии из-за наличия высоких температур и давлений, а также распределения флюидных потоков на сейсмофокальных уровнях земной коры.

В данном сообщении рассмотрены возможности применения управляемых воздействий путем оптимального режима закачек растворов в выявленные потенциально сейсмоопасные участки зон разломов через пробуренные глубокие многозабойные наклонные скважины для безопасной релаксации возникших избыточных упругих деформаций. Накопленный опыт технологии глубокого бурения российскими специалистами позволяет считать, что подобными способами может быть осуществлено контролируемое изменение параметров трения, сдвигового сопротивления и скорости скольжения в глубинных участках разломов [5-7]. Установлено, что гидравлические длиннопериодные вариации в режиме нагнетания и разгрузки давления растворов позволяют оказывать влияние на флюидную гетерофазную систему проницаемого трещинного коллектора, которая эффективно передает низкочастотные волновые изменения давления флюидной системы в тектонических разрывах, распространяющиеся на сотни метров – первые км. Режим плавной разгрузки в разломной зоне может обеспечивать последовательное снятие избыточной упругой в отдельном сегменте зоны сейсмоопасного разлома путем гидравлических волновых

Секция 13. Мезомеханика, флюидодинамика, сейсмичность и триггерные эффекты в геосредах

воздействий давлением жидкости, по аналогии с технологиями повышения дебита нефтяных скважин. Радиус влияния волнового воздействия позволяет поэтапно и последовательно от сегмента к сегменту зоны разлома плавно снижать избыточные деформации и напряжения горного массива, прилегающего к бортам его магистрального сместителя. Важным достоинством способа гидравлических воздействий является техническая возможность плавного доведения давления жидкости до требуемого уровня в участке массива горных пород через современные технические устройства, перекрывающие локальный участок открытого ствола, вскрывшего обводненную зону конкретного сегмента сейсмоопасного разлома. При проектировании подобных воздействий необходимо учитывать морфогенетический тип смещений, строение разломов, их ориентацию относительно главных напряжений и углы наклонов сместителей. Указанные волновые гидравлические воздействия легче контролировать с поверхности земли в отличие от широко распространенной технологии гидравлического разрыва пласта при разведке и разработке месторождений углеводородов, нередко сопровождающихся возникновением индуцированных землетрясений с $M \approx 5.0-6.1$ [8]. Предлагаемый способ позволяет обеспечивать плавную разгрузку накопленной энергии геоблоков на периоды длительностью в десятки – сотни лет.

Представленный вариант технологии управляющего воздействия позволяет учитывать сложное взаимодействие факторов, возникающее при закачках растворов в системе “пласт-разлом-скважина” и сохранять оптимальный энергетический баланс между иногда возникающей умеренной индуцированной сейсмичностью и режимами закачек. Такие возможности подкреплены и полученными результатами численного моделирования [9]. Из-за недостатка достоверных сведений о параметрах глубинных трибологических процессов при увеличении проницаемости разломов вследствие закачек растворов и возникновении умеренной активации смещений обработку подобных техногенных воздействий на ограниченные по размерам потенциально опасные сегменты разломов необходимо проводить с контролем параметров сейсмического режима и скорости сдвиговых деформаций.

Исследования выполнялись в рамках базового проекта № 0346-2019-0007 «Тектонофизика современных геодинамических процессов в литосфере Центральной Азии как основа прогноза чрезвычайных ситуаций природного характера».

1. Ruzhich V.V., Kocharyan G.G., Savelieva V.B., et al. //Travin A.V., 2018. On the structure and formation of earthquake sources in the faults located in the subsurface and deep levels of the crust. Part II. Deep level // Geodynamics & Tectonophysics 9 (3), doi: 10.5800/GT-208-9-3
2. Psakhie S.G., Ruzhich V.V., Shilko E.V. et. al. A new way to manage displacements in zones of active faults // Tribology International. – 2007. - V. 40. – No. 6. – PP. 995-100
3. Пат. 2273035 РФ. Способ управления режимом смещений во фрагментах сейсмоактивных тектонических разломов // Псахье С.Г., Попов Л.В., Шилько Е.В., Астафуров С.В., Ружич В.В., Смекалин О.П., Борняков С.А. - Бюлл. № 9 от 27.03. 2006.
4. Ruzhich V. V., Psakhie S. G., Shilko E. V., Vakhromeev A. G., Levina E. A. On the Possibility of Development of the Technology for Managing Seismotectonic Displacements in Fault Zones // AIP Conference Proceedings. 2018. V. 2051, Iss. 1. PP. 020261–1–4. <https://doi.org/10.1063/1.5083504>.
5. Vakhromeev A.G., Sverkunov S.A., Ivanishin V.M., et al //Geodynamic aspects of a research of the composite mining-and geological conditions of drilling of the most ancient carbonaceous tanks of naphthaand gas: the review of a problem on the example of Baykitskoy fields of oil-and-gas area. Geodynamics and tektonofizika. 2017; 8(4):903
6. Вахромеев А.Г., Иванюшин В.М., Сверкунов С.А. и др.//Глубокая скважина как стенд гидравлических «on-line» исследований напряженного состояния горного массива флюидонасыщенных трещинных коллекторов. // Геодинамика и тектонофизика. 2019;10(3):761-778. <https://doi.org/10.5800/GT-2019-10-3-0440>.
7. Misyurkeeva N.V., Buddo I.V., Shelohov I.A., Vakhromeev A.G., Agafonov Y.A., Gorlov I.V., Smirnov A.S. Feasibility of Fault Zones Fluid Permeability Assessment From the Set of Geophysical Data. GeoBaikal 2018. 2018. DOI: 10.3997/2214-4609.201802046
8. Guglielmi Y, Cappa F, Avouac J-P, Henry P, Elsworth D (2015) Seismicity triggered by fluid injection-induced aseismic slip. Science 346(6240):1224–1226
9. Antonio P. Rinaldia, Jonny Rutqvistb //Joint opening or hydroshearing? Analyzing a fracture zone stimulation at Fenton Hill - Volume 77, January,2019, Geothermics. Pages 83-982018.08.006https://doi.org/10.1016/j.