

Отзыв

Научного консультанта на диссертационную работу докторанта Казахского Национального Исследовательского Технического Университета им. К.И. Сатпаева Сибилкановой Акгенже Оришановны на тему «Особенности геологического строения и сейсмический режим Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона», представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070600 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых

Текст диссертационной работы изложен на 126 страницах, включая 54 рисунков, 8 таблиц и список цитируемой литературы из 149 наименований; структурно диссертация состоит из введения, шести глав и заключения.

Предметом исследований является земная кора сейсмоопасной территории Казахстана (Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньский регион) в связи с сейсмичностью и сейсмическим режимом. Исследования проведены на базе репрезентативных для изучаемой территории сейсмологических каталогов для сильных землетрясений ($M \geq 4,8$) для территории Казахстана и сопредельных государств с древнейших времен по 2021г., а также слабых землетрясений с энергетическим классом от $K \geq 4$ за 1951-2021 гг. для территории Казахстана, составленного по мониторинговым данным Республиканской сети сейсмических станций СОМЭ МЧС РК. Методические основы составления каталогов, разработаны специалистами Института сейсмологии при непосредственном участии диссертанта.

Цель работы заключается в моделирование сейсмического режима территории Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона на основе разработки комплекса количественных параметров сейсмичности.

Задачи диссертации связаны с:

- Анализом материалов о геологическом и тектоническом строении Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона, как среды, где зарождаются очаги землетрясений.
- Получением детальной геолого-геофизической характеристики тектонических разломов на изучаемой территории и их связи с сейсмичностью региона.
- Представлением методики моделирования кулоновского переноса напряжений на тектонических разломах, реализацией (впервые в Казахстане) компьютерной программы Coulomb 3.3 для расчетов кулоновского переноса напряжений, разработкой карты оценки сейсмической опасности территории Северного Тянь-Шаня по модели Кулона переноса тектонических напряжений и сравнительного анализа ее соответствия используемой в настоящее время карты оценки сейсмической опасности Северо-Тянь-Шаньского региона в баллах макросейсмической шкалы интенсивности MSK-64 (K).
- Разработкой региональных картографических моделей долговременных параметров сейсмичности Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона на основе их количественной оценки.
- Исследованием временных вариаций в сейсмическом режиме Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона.

Диссертационная работа состоит из 6 глав.

Первая глава посвящена истории геологического развития Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона, строению литосферы и сейсмичности территории Казахстана. Представлены двумерные скоростные модели литосферы изучаемой территории, структура земной коры и верхней мантии, рассмотрены геофизические критерии выделения глубинных разломов. Показано, что наибольшее количество землетрясений связано с областями каледонской консолидации (в зонах неотектонической активизации), а внутри них – с массивами гранитоидов, причем наиболее сильные сейсмические события произошли в районе крупнейших батолитов, расположенных в областях интенсивных новейших поднятий; в зависимости от ориентации главных разломов по отношению к морфоструктурам (продольные, поперечные и их

пересечения), выявилась наибольшая приуроченность землетрясений к пересечениям разломов, затем – к продольным и наименьшая – к поперечным.

Во второй главе анализируется тектоника Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона, в том числе, тектоническое районирование и структурно-вещественные комплексы консолидированного фундамента, новейшие тектонические движения и сейсмичность, количественная оценка сейсмичности. Сделан вывод, что новейшая структура имеет блоковый характер. Границы блоков проходят по долгоживущим разломам различной глубины проникновения в земную кору.

Третья глава рассматривает роль активных глубинных разломов при формировании очаговых зон землетрясений на территории Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона. Показано, что в зависимости от ориентации главных разломов по отношению к морфоструктурам (продольные, поперечные и их пересечения) наблюдается наибольшая приуроченность землетрясений к пересечениям разломов, затем – к продольным и наименьшая – к поперечным; в зависимости от глубины заложения главных разломов (мантийные, симатические, сиалические, седиментные) основная часть землетрясений с $M \geq 6$ приурочена к мантийным, меньшая – к симатическим и наименьшая – к сиалическим; в зависимости от степени деформированности консолидированного фундамента (интенсивности складчатости) установлено уменьшение количества событий (землетрясений) по мере упрощения складчатых форм; с увеличением плотности разломов (ρ) – магнитуда землетрясений сначала увеличивается, но при дальнейшем росте этого показателя – уменьшается; магнитуда землетрясений ($M \geq 4,5$) с ростом мощности коры сначала увеличивается (достигая максимума $M > 8$ при $T_{зк} = 50-60$ км), а затем уменьшается до $M = 6-6,5$ при $T_{зк} = 60$ км; возникновение очагов землетрясений достаточно тесно связано с крупными интрузивными телами (размером около 300-500 и более км²); сейсмоактивными структурами являются высоко-поднятые блоки (с абс. отм. от 2,5 до 4,5 и более км) докембрийского сиалического фундамента, сложенные почти полностью разновозрастными интрузивными телами, рассеченными глубинными взбросо-надвигами.

В четвертой главе излагается методика моделирования кулоновского переноса напряжения на активных разломах, разрабатывается Карта оценки сейсмической опасности территории Северного Тянь-Шаня по этой модели и проводится сравнительный анализ с Картой общего сейсмического зонирования территории в баллах макросейсмической шкалы интенсивности MSK-64 (К). Отмечено, что в Казахстане впервые реализована компьютерная программа Coulomb 3.3, предназначенная для расчета изменений статического кулоновского, касательного (сдвигового) и нормального напряжений на активных плоскостях геологических разломов, разработанная учеными из Киотского университета (Япония) и Национальной геологической службы США, и любезно предоставленная докторанту его зарубежным консультантом *Путером Сэммондс* (Лондон, Великобритания). Проведено моделирование кулоновского переноса напряжений на активных разломах Северного Тянь-Шаня: Чилик-Кеминский, Заилийский, Алматинский, и Алтын-Эмельский, где были сосредоточены эпицентры сильнейших землетрясений, произошедших на территории Казахстана, показано, что наиболее сильное кулоновское напряжение сосредоточено на концах изучаемых разломов. Впервые разработана Карта сейсмической опасности Северо-Тянь-Шаньского региона по результатам моделирования переноса кулоновского напряжения и проведен ее сравнительный анализ с Картой общего сейсмического зонирования данной территории в баллах макросейсмической шкалы интенсивности MSK-64 (К). Показано, что в районе Национального парка Алтынэмель (северо-восточная часть разлома Алтынэмель), на западном окончании разлома Алтынэмель, а также на концах разлома Чилик-Кемин наблюдаются самые высокие значения напряжения Кулона (5 бар), что говорит о повышенной вероятности возникновения здесь сильных сейсмических событий в будущем, чего не предсказывает используемая в настоящее время карта

оценки сейсмической опасности, что требует повышенного внимания при решении задач сейсмического прогноза во избежание «пропуска цели» при возможном назревании в этих районах сейсмической активизации.

Пятая глава связана с анализом сейсмичности и сейсмического режима изучаемой территории. Приведена информационная основа сейсмологических исследований, представлены эпицентральные поля очагов землетрясений и их распределение по глубине, рассмотрены вопросы количественной оценки сейсмичности и сейсмической опасности региона. Показано, что очаги сильных землетрясений тяготеют к тем местам, где мощность сейсмоактивного слоя наибольшая, поэтому вероятными местами возникновения будущих сильных землетрясений на рассматриваемой территории следует считать сейсмоактивный слой широтного простирания длиной порядка 200 км, территориально приуроченный к хребтам Заилийский и Кунгей Алатау.

В шестой главе представлены результаты исследования долговременных вариаций в количестве сильных землетрясений и суточных вариаций в количестве слабых землетрясений. Показано, что изменение сейсмичности во времени в пределах крупных сейсмоактивных зон носит квазициклический характер, под которым понимается закономерное чередование периодов активизации и затишья сейсмического процесса в целом; те участки (блоки), для которых заканчивается период покоя или еще не завершился активный период, считаются местами возможного возникновения сильных землетрясений, что позволило разработать и использовать в Институте сейсмологии методику долгосрочного прогноза землетрясений «Сейсмический цикл». Что касается суточной вариации в количестве слабых землетрясений, то выявлены регионы, где она проявляется более четко и где выражена слабо. Проведен сравнительный анализ геолого-геофизических и сейсмических параметров на территориях с наиболее и наименее выраженными суточными вариациями в числе землетрясений. Сделано заключение, что для территории Халыктауской зоны долговременные ряды данных статистически достаточны для решения поставленной задачи, а на территории Северо-Тянь-Шаньской зоны пока недостаточны, что может измениться в будущем по мере накопления сейсмологических данных.

В заключение приведены основные результаты диссертационной работы.

Диссертант выносит на защиту следующие положения:

1. Сейсмоактивными структурами Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона являются высоко-поднятые блоки (с абс. отм. от 2,5 до 4,5 и более км) докембрийского сиалического фундамента, сложенные разновозрастными интрузивными телами, рассеянными глубинными взбросо-надвигами.

2. Наибольшая приуроченность землетрясений Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона связана с ориентацией главных разломов (продольные, поперечные и их пересечения) по отношению к морфоструктурам и зависимости этих разломов от глубины заложения (мантийные, симатические, сиалические, седиментные). Основная часть землетрясений с $M \geq 6$ приурочена к мантийным, меньшая – к симатическим и наименьшая – к сиалическим.

3. Моделирование по методике переноса Кулоновских тектонических напряжений на активных разломах позволяет определить влияние смещений активных разломов (источника) на неактивные разломы (приемные) и окружающую местность и в будущем усовершенствовать картографические модели количественных долговременных параметров сейсмичности на территории Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона (карты эпицентров землетрясений, карта плотности эпицентров, карта плотности эпицентров по глубине залегания очагов, карта сейсмической активности), а также улучшить методики прогнозирования возможных сильных землетрясений.

4. Наблюдаемая приуроченность сильных землетрясений к крупным тектоническим разломам Северо-Тянь-Шаньского региона, с чередованием периодов сейсмической активизации и затишья продолжительностью 20-25 лет, является фактологической основой для реализованной в Институте сейсмологии методики

долгосрочного сейсмического прогноза «Сейсмический цикл». Суточные вариации в количестве слабых землетрясений, выделенные для отдельных регионов Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона представляют научную ценность для разработки физического механизма генерации землетрясений.

Научная новизна работы - впервые смоделирован процесс переноса тектонического напряжения Кулона на активных разломах Северного-Тянь-Шаня с помощью программы Coulomb3.3 для территории Казахстана; впервые получены результаты о суточной периодичности слабых землетрясений в различных зонах Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона.

Практическая значимость – результаты работы могут быть использованы при оценке сейсмической опасности региона в целях разработки Строительных Норм и Правил (СНиП), а также при разработке и усовершенствовании методов прогноза землетрясений.

Достоверность полученных результатов подтверждается публикациями в реферируемых научных журналах, входящих, в том числе, в библиографические базы данных Scopus и Web of Science.

Личный вклад автора – формирование сейсмологического каталога представительных землетрясений для территории Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона; моделирование процесса переноса тектонического напряжения Кулона на базе четырех активных разломов Северного-Тянь-Шаня; расчет количественных параметров сейсмического режима изучаемой территории; выявление и анализ долговременной периодичности в сейсмической активизации и затишье, а также суточной вариации на территории Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона. Отдельные результаты исследования уже использованы автором при выполнении ПЦФ: «Оценка сейсмической опасности территорий областей и городов Казахстана на современной научно-методической основе» 2021-2023гг., шифр Ф.0980.

В целом, диссертационная работа представляет собой завершенную наукоемкую работу, грамотно структурированную, с логически последовательным изложением материала, обладающую новизной, имеющую научную и практическую ценность, соответствующую уровню диссертации доктора философии PhD.

Считаю, что диссертационная работа Сибилкановой Акгенже Оришановны на тему «Особенности геологического строения и сейсмический режим Жонгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям доктора философии PhD, а ее автор заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070600 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых.

Зав. кафедрой геофизики,
доктор технических наук



Ратов Б.Т.