

УДК 624.131: 621.3

DOI: 10.38054/IAEEE-202306

## КОМПЛЕКСНЫЕ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Молдобеков Б.Д.<sup>(1)</sup>, Усупаев Ш.Э.<sup>(1)</sup>

(1)Центрально Азиатский институт прикладных исследований Земли г. Бишкек,  
[b.moldobekov@caiaig.kg](mailto:b.moldobekov@caiaig.kg), [sh.usupaev@caiaig.kg](mailto:sh.usupaev@caiaig.kg)

*Аннотация:* В статье приводится опыт работ ЦАИИЗ в области междисциплинарных комплексных инструментальных измерений и исследований с помощью современных геодезических, геофизических и сейсмических методов и методологий, позволивших разработать и создать серии тематических карт сайт эффектов для городов Бишкек, Каракол и Нарын, а также сеть системы раннего оповещения от сильных землетрясений на территории Кыргызской Республики. Система раннего оповещения жителей густонаселенных городов функционирует и является первой технологией основ будущего искусственного интеллекта в решении проблем снижения риска от землетрясений и георисков

## INTEGRATED SEISMOLOGICAL STUDIES AND CREATION OF AN EARLY WARNING SYSTEM ON THE TERRITORY OF THE KYRGYZ REPUBLIC

Moldobekov B.D.<sup>(1)</sup>, Usupaev Sh.E.<sup>(1)</sup>

(1)Central Asian Institute for Applied Geosciences, Bishkek  
[b.moldobekov@caiaig.kg](mailto:b.moldobekov@caiaig.kg), [sh.usupaev@caiaig.kg](mailto:sh.usupaev@caiaig.kg)

*Abstract:* The article presents the experience of CAIAG work in the field of interdisciplinary complex instrumental measurements and research using modern geodetic, geophysical and seismic methods and methodologies, which made it possible to develop and create a series of thematic maps of site effects for the cities of Bishkek, Karakol and Naryn, as well as a network of early warning systems from strong earthquakes on the territory of the Kyrgyz Republic. The early warning system for residents of densely populated cities is functioning and is the first technology of the foundations of the future artificial intelligence in solving the problems of reducing the risk from earthquakes and georisks

## КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ТЕРРИТОРИЯСЫНДА ИНТЕГРАЦИЯЛЫК СЕЙСМОЛОГИЯЛЫК ИЗИЛДӨӨ ЖАНА ЭРТЕ ЭСКЕРТҮҮ СИСТЕМАСЫН ТҮЗҮҮ

Молдобеков Б.Д.<sup>(1)</sup>, Усупаев Ш.Э.<sup>(1)</sup>

(1)Борбор Азия прикладдык геоолимдер институту, Бишкек  
[b.moldobekov@caiaig.kg](mailto:b.moldobekov@caiaig.kg), [sh.usupaev@caiaig.kg](mailto:sh.usupaev@caiaig.kg)

*Аннотация:* Макалада заманбап геодезиялык, геофизикалык жана сейсмикалык ыкмаларды жана методологияларды колдонуу менен дисциплиналар аралык комплекстүү аспаптык өлчөө жана изилдөө чөйрөсүндөгү CAIAG ишинин тажрыйбасы берилген, бул Бишкек шаарлары үчүн объектилердин объекттеринин бир катар тематикалык карталарын иштеп чыгууга жана түзүүгө мүмкүндүк берген. Бишкек, Каракол жана Нарын, ошондой эле Кыргыз Республикасынын аймагындагы катуу жер титирөөлөрдөн эрте кабарлоо системаларынын тармагы. Калк жыш жайгашкан шаарлардын жашоочулары үчүн эрте эскертүү системасы иштеп жатат жана жер титирөөлөр менен георисктердин коркунучун азайтуу маселелерин чечүүдө келечектеги жасалма интеллекттин негиздеринин биринчи технологиясы болуп саналат.

**Методы.** В работе использованы геофизические методы зондирования землетрясений, современные объемные панорамные киносъемки зданий,

спутниковые высокоточные снимки, наземные инструментальные мониторинговые наблюдения сейсмичности и фиксации сильных движений акселерометрами установленными на этажах различных конструкций зданий, и в скважинах на глубинах от 50 до 150 м. [1-3].

ЦАИИЗ с GFZ (г. Потсдам) создали междисциплинарную сеть мониторинга изменений окружающей природной среды из 80 станций различного назначения для исследований природы землетрясений и передачи данных в реальном режиме времени [1-3].

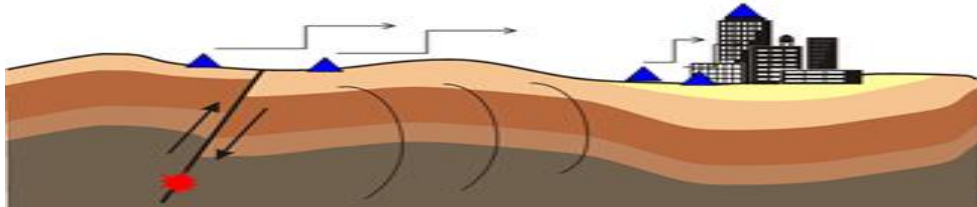


Рис. 2. Модель разреза земной коры и воздействия сейсмических волн от разрушительных землетрясений на здания и инфраструктуру населенных пунктов

На (Рис. 3) «Карте эпицентров сильных землетрясений за исторический период времени по 2010 годы на территории Кыргызстана и трансграничных районах со странами Центральной Азии (по каталогу ИС НАН КР)», видно, что интенсивность землетрясений и их эпицентры распространены в южной приграничной, а также в северной части страны.

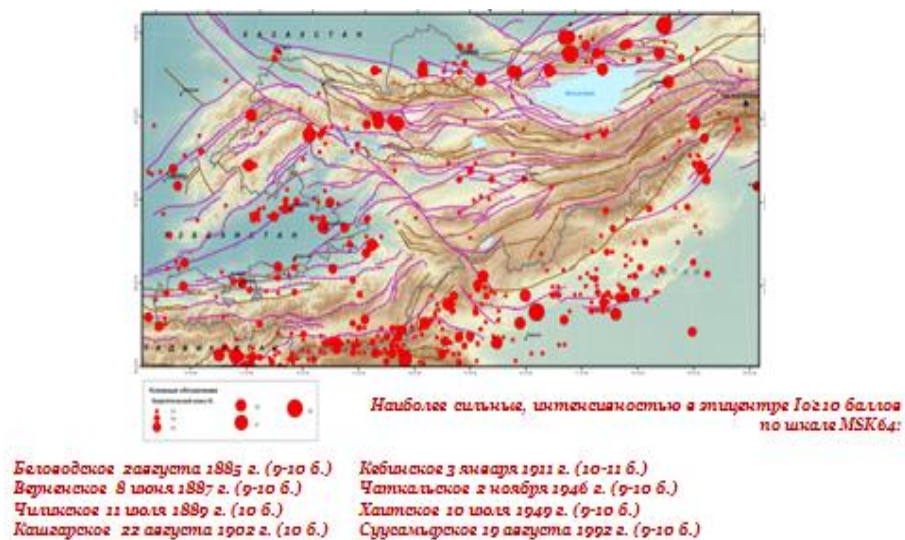


Рис. 3. Карта эпицентров сильных землетрясений за исторический период времени по 2010 годы на территории Кыргызстана и трансграничных районах со странами Центральной Азии (по каталогу ИС НАН КР)

Карты сейсмического микрорайонирования крупных городов стран Центральной Азии составлены были в советский период времени и устарели.

Сейсмические волны, вызванные землетрясениями, проходят через скальную породу в нескальные грунтовые структуры. При размещении и застройке городских территорий следует учитывать параметры сейсмического воздействия, и характер их изменения в грунтовом слое. Поэтому необходимо проводить оценку сайт-эффекта

(site-effect) - исчерпывающих резонансных (амплитудно-частотных) характеристик грунта. Карта амплитудно-частотных характеристик грунта является важным параметром для сейсмического микрорайонирования территории города.

Создание системы раннего оповещения для жителей городов Бишкек и Ош от сильных разрушительных землетрясений, базируется на модели разгрузки сейсмической энергии в гипоцентре вследствие формирования вертикальной подвижки по разлому и воздействию сейсмических волн на фундаменты зданий и сооружений (Рис.1) [2, 3].

На территории г. Бишкек и его агломераций проведены измерения сейсмичности с составлением карты микрозонирования по методу сайт-эффектов. Для системы предупреждения сильных землетрясений и оценки уязвимости зданий, были пробурены скважины глубиной 150 метров и установлены на различных глубинах 6 акселерометров, а также 4 акселерометра установлены на 3 этажах здания ЦАИИЗ (Рис.4 -5).

**Динамика взаимодействия грунтов и строений** в системе мониторинга сильных сейсмических событий. В зданиях МЧС КР окрестностях 3 зданий были пробурены 4 скважины глубиной 50 м. в целях определения сотрясений земли и зданий и их взаимодействия при сильных землетрясениях В 4 скважинах, расположенных на разных глубинах 0-15-30-50 м установлены 16 акселерометров для регистрации движения грунта, а в 3-х зданиях на разных этажах закреплены 15 акселерометров Sosewin для регистрации сотрясения зданий (Рис. 4, 5). К концу 2019 года все установочные работы и подключение к Интернету были завершены и система работает в тестовом режиме, а полученные данные обрабатываются для проверки наземных датчиков.



Рис. 4. Карта-схема расположения сети акселерометрических мониторинговых скважин (красные кружки) и построек (оранжевые прямоугольники).

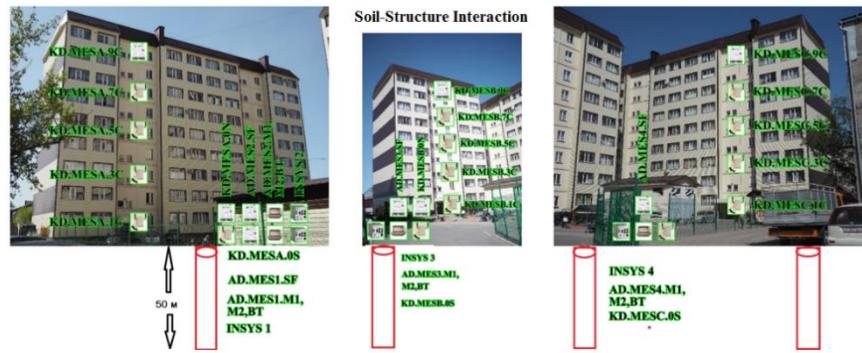


Рис. 5. Схема установки сети акселерометров в скважинах (красные цилиндры) и в зданиях.

В созданных сетях мониторинга проводятся поэтапно тестирования, а с 2020 года научные исследования по их оптимизации. На территории жилого массива МЧС Кыргызской Республики, расположенном по: ул. Чолпон-Атинская 1 А , пробурены 4 скв. (ВН-1, ВН-2, ВН-3, ВН-4). Разрез площади работ представлен аллювиально-пролювиальным четвертичными отложениями: 0-140 м (140 м) – Q III-IV; 140-240 м (100 м) – Q III; 240-370 м (130 м) – Q II. Валунно-галечные отложения с гравийно-песчаным заполнителем имеют высокие фильтрационные и емкостные параметры: коэффициент фильтрации 50-70 м/сут; - водопроницаемость 5000-12000 м<sup>2</sup>/сут. Амплитуда колебания уровня достигает 5-7 м.

Скважины глубиной 52-55 м., оснащены каждая 4-мя акселерометрами размещенными на глубинах 10, 20, 30 и 50 метров. Сети мониторинга сильных движений по системе «Грунты-Здание» позволяют решать задачи оценки уязвимости зданий и одновременно создать основы системы раннего оповещения населения от сильных разрушительных землетрясений [6, 11].

Сейсмической сетью ЦАИИЗ получены были записи сильного Карамыкского землетрясения, произошедшего 3 мая 2017 г. в 10 часов 47 минут по местному времени (в 04 часа 47 минут по Гринвичу) (рис.6) интенсивностью в эпицентре 6-7 баллов по MSK-64 на трансграничной территории между Кыргызстаном и Таджикистаном [2, 3].

На территории Кыргызстана установлено 18 станций из акселерометров. Сеть служит для получения данных о сильных движениях грунта в реальном времени для систем раннего оповещения и быстрого реагирования (Рис. 5).



Рис. 5. Карта космического снимка с пунктами сети сильных движений для системы раннего оповещения населения от землетрясений на террии городов Бишкек и Ош

На 4 скважинах, на разных глубинах (0-15-30-50) были установлены 16 акселерометров Sosoewin для регистрации колебания грунтов и в 3-ех зданиях на разных этажах, инсталлированы 15 акселерометров Sosoewin, для фиксирования колебания зданий. На (Рис. 6) приведены “Карты эпицентров и изосейст землетрясений автоматически зарегистрированных геоинтеллект-технологией в качестве раннего оповещения населения от сейсмокатастроф в Кыргызстане и трансграничных районах стран Центральной Азии”.

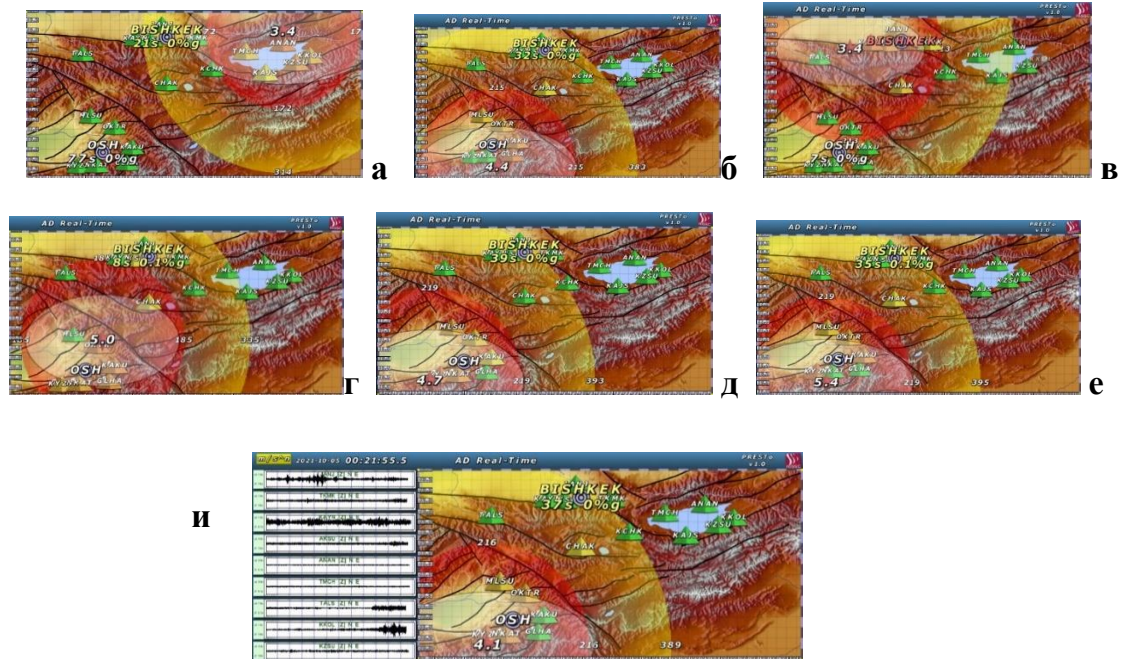


Рис. 6. Карты эпицентров и изосейст землетрясений автоматически зарегистрированных геоинтеллект-технологией в качестве раннего оповещения населения от разрушительных сейсмокатастроф в Кыргызстане и трансграничных районах странан Центральной Азии.

а. М=3.4 с. Ананьево 7 июля, 00 час 04 мин, полночь 2021; б. М=4.4 г.Ош 29 июля, 23.час 10 мин, ночь 2021; в. М=3.4 г. Бишкек 28 сентября, 19 час 41 мин вечер 2021; г. М=5.0 г. Майлуу-Суу 29 сентября, 7 час. 47 мин утро 2021; д. М=4.7 с. Наукат 29 сентября, 12.час 42 мин., полдень 2021; е. М=5.4 г. Ош , 30 сентября, 13.час 05 мин., полдень 2021; и. М=4.1 с Гульча, 5 октября, 00час 21 мин. полночь 2021.

### Заключение

1. Землетрясения в поле палеопрочности Геоида, формируются тектоно-гравиинертными силами трансформируя георисками сейсмопланетосферу.
2. Представлены серии составленных междисциплинарных геодезических, геофизических, сейсмологических карт, схем и моделей предназначенных для их адаптирования в качестве базовых основ технологии искусственного интеллекта в предупреждении землетрясений на территории Кыргызстана.
4. Акселерометрическая сеть технологии раннего оповещения населения от сейсмокатастроф функционирует успешно в тестовом режиме и предана в соответствующие структуры МЧС Кыргызстана.

5. Рекомендуется расширение создание сети раннего оповещения населения от сильных землетрясений для сокращения ожидаемых потерь и ущербов для стран Центральной Азии.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимов В.Т., Молдобеков Б.Д., Усупаев Ш.Э. Опыт дистанционного и наземного исследования геосферной среды в Центральной Азии. В кн: Мониторинг и прогноз возможной активизации чрезвычайных ситуаций на территории Кыргызской Республики (издание 13-ое с дополнениями). Б.: МЧС КР, 2016. С. 671-673.

2. Усупаев Ш.Э. Интегрированные карты и модели типизации и прогноза георисков от сейсмокатастроф в Мире и Кыргызстане. Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики. Материалы научно-практической конференции «Новые подходы в сфере снижения рисков бедствий» посвященной Дню снижения рисков бедствий в Кыргызской Республике». Бишкек, 2018. С. 153 -158.

3 Усупаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д., Орунбаев С.Ж. Инженерные системы интегрированного мониторинга георисков и раннего оповещения от сейсмокатастроф и  $V_s$  картирование в Кыргызстане и Центральной Азии. Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики. Материалы научно-практической конференции «Новые подходы в сфере снижения рисков бедствий» посвященной Дню снижения рисков бедствий в Кыргызской Республике». Бишкек, 2018. С. 158 -163.