

## СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТАДЖИКИСТАНА

*Негматуллаев С.Х., Девонашоев А.Ю., Улубиева Т.Р. Геофизическая Служба АН РТ,  
Таджикистан email: [n\\_sobit@mail.ru](mailto:n_sobit@mail.ru)*

Приведены сведения о системе сейсмического мониторинга в Таджикистане, восстановленной с участием Швейцарского управления по развитию и сотрудничеству

(ШУРС). Сеть станций обеспечивает регистрацию событий на территории Республики с очагами в районе действующих, строящихся и проектируемых гидротехнических сооружений, и на многие сотни километров за ее пределами. Планируется расширение сети станций по Республике и создания локальной Нурекско-Рогунской сети в связи с продолжением строительства Рогунской ГЭС. В связи с подписанием в Центральной Азии Договора о безъядерной зоне ведется подготовка к работам по контролю за проведением ядерных испытаний на региональном уровне.

**Ключевые слова:** сейсмология, сейсмические наблюдения

## THE MODERN SEISMIC MONITORING SYSTEM OF TAJIKISTAN

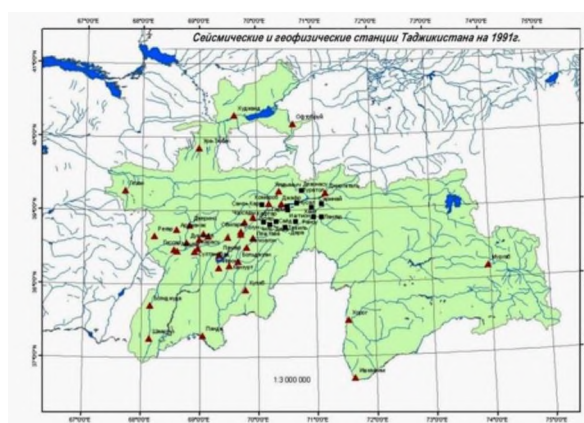
*Negmatoullaev S. H., Devonashoev A. Yu., Ulubieva T.R.*

*Negmatoullaev S. H – Director Geophysical Service of the Academy of Sciences of Republic of Tajikistan, [n\\_sobit@mail.ru](mailto:n_sobit@mail.ru)*

Information on the seismic monitoring system in Tajikistan, restored with the participation of the Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) is provided. A network of stations provides registration of events in the area of existing, constructed and planned hydraulic structures of our Republic as well as many hundreds of kilometers beyond. It is planned to expand the network of stations in the Republic and create a local Nurek-Rogun network in connection with the continuation of the Rogun hydroelectric station construction. According to the Nuclear-Weapon-Free Zone Agreement signing in Central Asia, all preparations work to control the nuclear tests at the regional level is being lead.

**Keywords:** seismology, seismic observation

Уникальная система сейсмологических и геофизических наблюдений Таджикистана, созданная усилиями Института физики Земли АН СССР (КСЭ ИФЗ), Института сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Таджикской ССР (ТИССС), а также благодаря совместному сотрудничеству с зарубежными странами, в годы гражданской войны была фактически выведена из строя.



Перестал функционировать и Среднеазиатский центр по прогнозу землетрясений и оценки сейсмической опасности в г. Душанбе, прекратился оперативный обмен сейсмологических данных, перестали выходить ежегодник «Землетрясения Средней Азии и Казахстана», всесоюзный журнал «Прогноз землетрясений».

Для восстановления системы сейсмического мониторинга с помощью и при поддержке Швейцарского управления по развитию и сотрудничеству (ШУРС) был реализован проект

«Реабилитация сети сейсмического мониторинга в Таджикистане» силами НПО «RMR International». ШУРС профинансировало поставку и монтаж первых широкополосных цифровых сейсмических станций фирмы «Nanometrics» со спутниковой связью. Эти станции в соответствии с договоренностью с «Барки Точик» расположены так, чтобы наилучшим образом охватили районы существующих, строящихся и проектируемых ГЭС в центральной части Республики, на юге, на севере и на Памире **Гарм**, **Чуян-Гарон** (25км. северо-восточнее г. Душанбе), **Шаартуз**, **Гезан** (в районе Пенджикента), **Чорук-Дарон** (в районе Каракумской ГЭС), **Игрон** (в районе Нурекской ГЭС), **Манем** (в районе ГЭС Памир-1). Установка станций производилась при содействии специалистов канадской фирмы «Nanometrics» (Девид Рики Мур) и Швейцарского Федерального Геофизического института (Питер Цвайфель). Сотрудники ООО «RMR International» прошли специальное обучение за рубежом.

Созданная система послужила основой для организации Геофизической службы Академии наук Республики Таджикистан

Основные направления ГС АН РТ:

- Сейсмический контроль
  - Оперативное обеспечение всех заинтересованных организаций сейсмологической информацией о землетрясениях, происходящих на территории республики и сопредельных государств
  - Проведение непрерывных сейсмологических, геофизических и других видов наблюдений на территории Республики Таджикистан
- Контроль за ядерными взрывами
  - Участие в работах по контролю за взрывами на ядерных полигонах соседних стран и своевременное информирование о проведенных испытаниях все заинтересованные организации.

Проект предусматривает проведение работ по двум основным направлениям: создание опорной и локальной сети сейсмических наблюдений.

**I. Опорная сеть** сейсмических наблюдений широкополосными цифровыми сейсмическими станциями на территории Таджикистана и приграничных зон обеспечивает своевременной оперативной информацией о происходящих землетрясениях в реальном режиме времени директивные органы РТ, Комитет по чрезвычайным ситуациям (КЧС), Министерство здравоохранения, республиканские и другие государственные и международные организации и научные учреждения. Это дает возможность оперативно определить параметры произошедших землетрясений для принятия превентивных мер, направленных на обеспечение безопасности населения и проведения спасательных работ.

Дальнейшее развитие опорной сети – это организация еще четырех цифровых сейсмических станций фирмы “Nanometrics” (Канада) в центральной части страны-в районе Айни и на Памире – в районе Мургаба, на северо-востоке и юго-востоке. Возможно организации ещё одной станции в районе озера Сарез.



Опорная сеть широкополосных цифровых станций со спутниковой связью.

Опорная сеть содействует получению исходных данных для обеспечения проведения работ по сейсмическому районированию, оценки сейсмической опасности, по сейсмическому микрорайонированию территории городов и крупных стройплощадок. Возможности сети цифровых станций шире, чем аналоговых. Регистрация землетрясений ведется в широком диапазоне частот, что дает возможность получения дополнительных параметров.

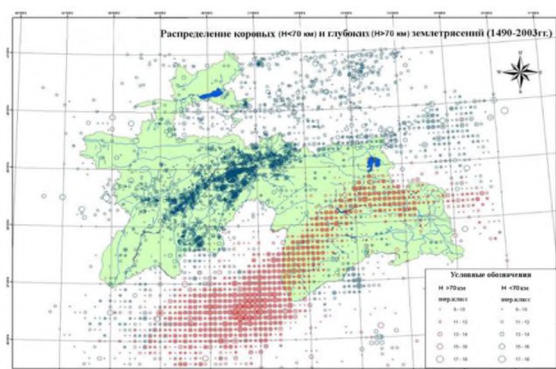
**Результатами этих наблюдений являются:**

- оперативный ежемесячный бюллетень землетрясений Таджикистана и прилегающих территорий с  $K \geq 9,6$  ( $M \geq 3$ );
- ежемесячные карты эпицентров землетрясений Таджикистана и прилегающих территорий.

Анализ и обобщение данных даст возможность более детального изучения закономерностей сейсмического режима территории Таджикистана. Это позволит выявить многие стороны развития сейсмических процессов, а также геологические и динамические эффекты, связанные с землетрясениями.

Основой для продолжения этих работ являются собранные и систематизированные сейсмологические данные, выполненные Институтом сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Таджикской ССР, Геофизической службой АН РТ и ОО «РМР International»:

- данные о сильных землетрясениях за период с 1490г. по 2003г.;



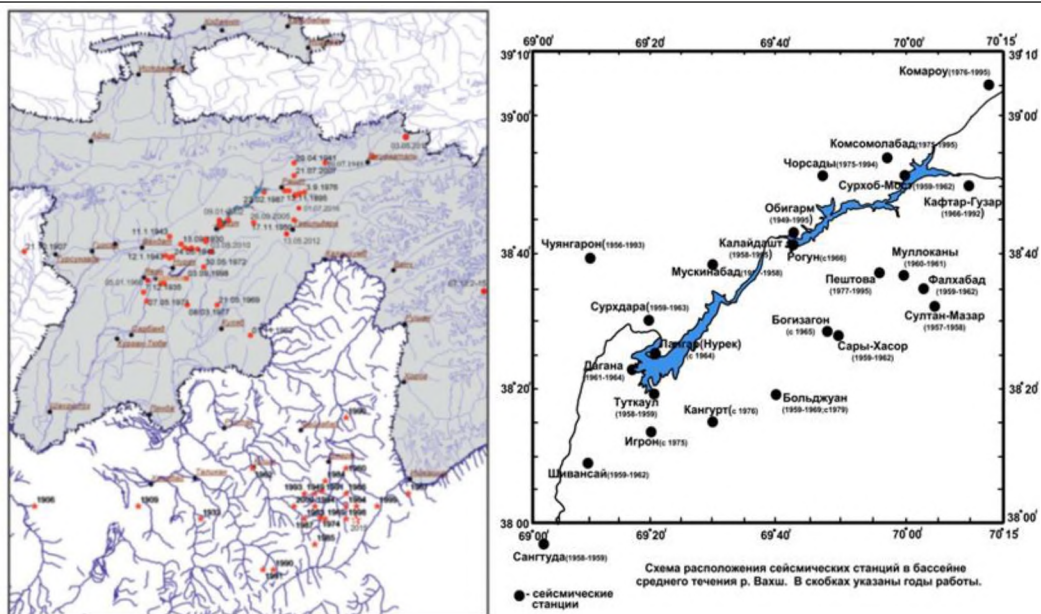
- «Карты эпицентров землетрясений Таджикистана за 1955-2006гг.» на базе данных, полученных аналоговыми сейсмическими станциями ТИССС (издано в 2016г.)

- «Карты эпицентров землетрясений Таджикистана за 2007- октябрь 2015гг.» на базе данных, полученных цифровыми широкополосными сейсмическими станциями ГС АН РТ (издано в 2016г.);

- «Каталог ощутимых землетрясений Таджикистана за период с 1955 по 2015гг.» (издано в 2016г.)

Эти данные опубликованы издательством Академии наук в 2016г. и доступны всем заинтересованным лицам.

- Карта эпицентров сильных коровых и глубоких Памиро-Гиндукушских землетрясений за период с 1895 по 2016гг. ощутившихся в районе бассейна среднего и верхнего течения реки Вахш.



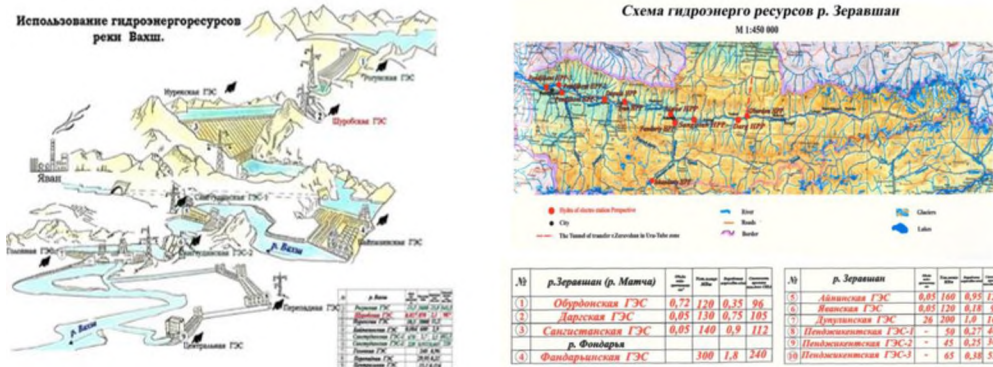
Создаваемая система дает возможность оперативного обмена данных с соседними Государствами с целью уменьшения ущерба от трансграничных землетрясений, а участие в международном обмене способствует решению актуальных сейсмологических задач.

Результаты исследований по мониторингу публикуются в ежегодном сборнике «Землетрясения Северной Евразии», Обнинск, ГС РАН в соответствии с Межправительственным соглашением стран СНГ, в изданиях АН РТ. Первичные данные сети доступны всем заинтересованным в реальном режиме времени благодаря сотрудничеству с IRIS-ом: <http://service.iris.edu/http://service.iris.edu/fdsnws/station/docs/1/builder/>

Известно, что Таджикистан обладает богатейшими запасами гидроэнергетических ресурсов. Согласно опубликованным мировым данным Республика по общим потенциальным запасам гидроэнергоресурсов занимает восьмое место в мире, уступая только Китаю, России, США, Бразилии, Заиру, Индии и Канаде, а по запасам их на единицу территории – первое место в мире. Для комплексного использования этих ресурсов на территории Таджикистана возведен целый ряд гидроузлов, среди которых одним из крупнейших в Центральной Азии является Нурекский гидроузел с самой высокой в мире 300-метровой грунтовой плотиной, продолжается строительство 335-метровой Рогунской ГЭС. Обсуждается вопрос о строительстве Сарезской ГЭС на базе озера объемом 17км<sup>3</sup> и плотины, образовавшейся в результате сильного землетрясения - естественной плотины 567 метровой высоты, строительство ряда ГЭС на реке Зеравшан и т.д.

Работы по выбору створов будущих ГЭС были выполнены ещё в 30 годы прошлого столетия.





Вот как выглядят сегодня схемы гидроэнерго ресурсов по р. Вахш и р. Зеравшан. Безопасная эксплуатация существующих, строящихся и проектируемых ГЭС в условиях сложного рельефа и геолого-тектонического строения района, которая постоянно подвергается сейсмическим воздействиям, требует постоянного сейсмического мониторинга, особенно если эти ГЭС имеют крупные водохранилища.

Для обеспечения сейсмического мониторинга района г. Душанбе и каскада ГЭС на р. Вахш с целью оценки фоновой сейсмичности и создания базы данных по изучению наведенной сейсмичности в связи с предстоящим заполнением Рогунского водохранилища составляются ежегодные каталоги землетрясений с  $K \geq 5$  Душанбино-Вахшского района. Для каждого землетрясения определяются основные параметры: дата (месяц, число); время в очаге (часы, минуты, секунды); координаты эпицентра ( $\phi^\circ$  - северной широты и  $\lambda$  - восточной долготы) с градацией до 0,01 градуса; глубина очага в км; энергетический класс К:  $K=K_p=lg E$  в дж; расчетная магнитуда  $M=f(K)$ ; расчетный балл в эпицентре для ощутимых землетрясений. Строятся ежемесячные карты в масштабе 1: 1 000 000 формата А3 землетрясений с  $K \geq 5$  для территории Душанбино-Вахшского (Нурекско-Рогунского) района с использованием программы MapInfo Professional.

## II. Создание локальной сети сейсмических наблюдений

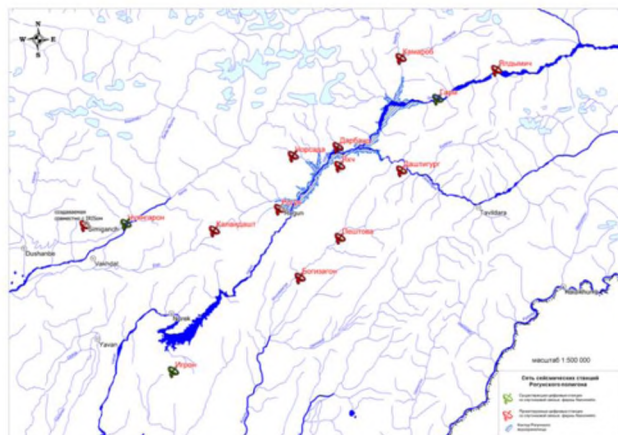
Совместными усилиями с ОАО «Рогунская ГЭС» создается локальная система сейсмического и деформационного мониторинга на Нурекско-Рогунском полигоне. Создаваемая система должна обеспечить детальными сейсмологическими и геофизическими данными. Система должна регистрировать землетрясения с  $M \geq 0.2$  с точностью определения координат 200м., глубину с точностью до 400м. Такая точность необходима для изучения блокового строения района верхнего и среднего течения реки Вахш, изучения и прогнозирования наведенной сейсмичности в связи с предстоящим продолжением строительства Рогунской ГЭС и заполнением крупного водохранилища, влияние механических вибраций на сейсмичность и т.д.

Такие данные позволят контролировать напряженное состояние земной коры в районе водохранилища, определить оптимальный режим заполнения и разработать меры по уменьшения риска от спровоцированных землетрясений.

Подобная локальная система в свое время была реализована в районе Нурекского водохранилища и апробирована для решения перечисленных выше задач.

Планируется многие виды исследований повторить на Нурекско-Рогунском полигоне на базе современной техники и технологии, с учетом того, что на сейсмичность в новых условиях будут влиять уже два водохранилища, так как гидрорежим Нурекского водохранилища и Рогунского будут взаимосвязаны.

Оснащение сейсмических и деформационных станций предусмотрено осуществлять силами Геофизической службы АН РТ, ООО «PMP International», ОАО «Рогунской ГЭС». В этих исследования предусмотрено участие наших коллег из США, с которыми аналогичные работы вели в районе Нурекского гидроузла.



Локальная сеть сейсмических станций Нурекско-Рогунского полигона.

### Система деформационных наблюдений

В районе Нурекско-Рогунском полигоне в 80-90 годы по заданию ТИССС были запроектированы и построены уникальные объекты для организации комплекса сейсмологических и геофизических наблюдений.

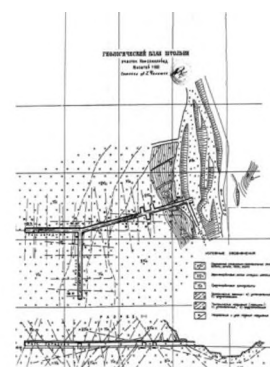
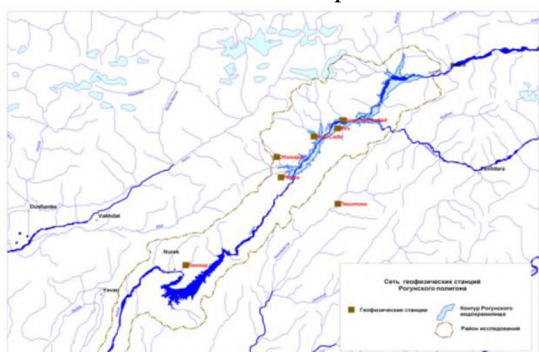


Схема сейсмогеофизических подземных штолен.

Сейсмогеофизические штольни «Яхч» и «Комсомолобад»

Остальные станции были запроектированы и построены по аналогии с приведенными выше.

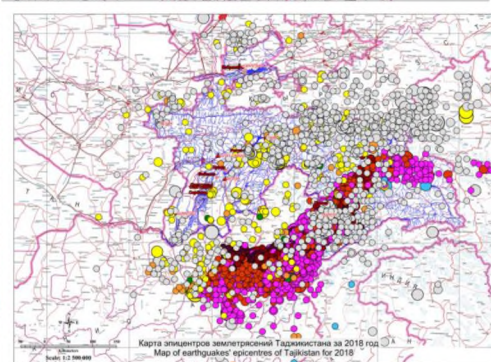
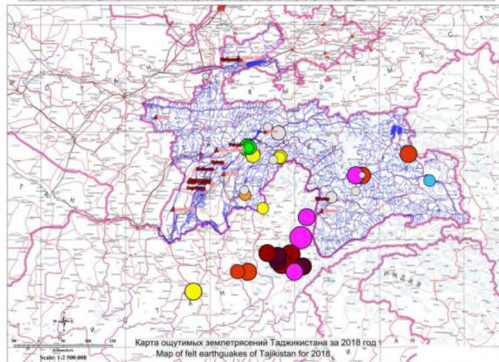
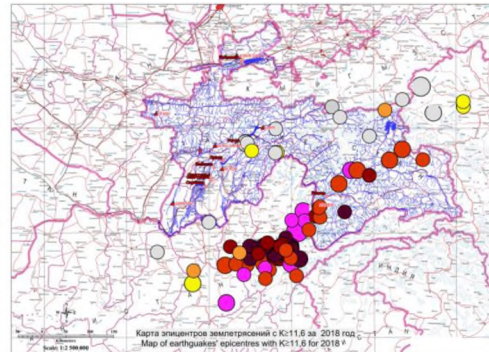
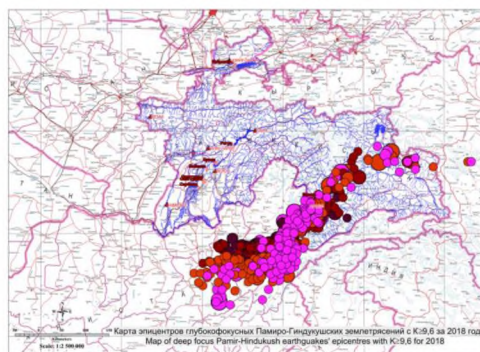
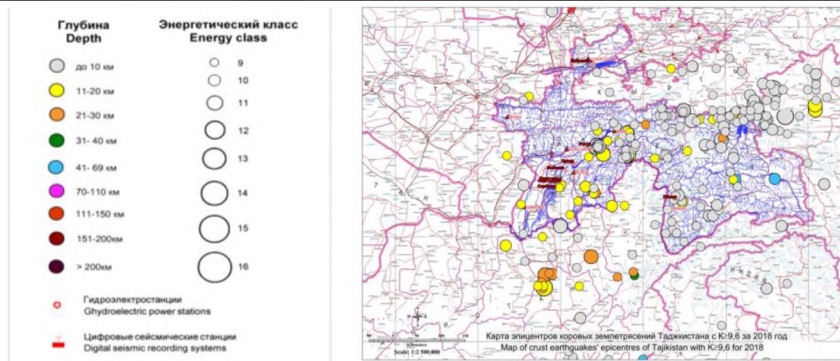
После завершения ремонтно-восстановительных работ совместными усилиями ОАО «Рогунская ГЭС», ГС АН РТ и ООО «RMP International» планируется организовать наблюдения за деформациями и наклонами земной поверхности.

### Краткая информация о результатах ежегодного сейсмического мониторинга на примере 2018г.

На территории Таджикистана в январе - декабре 2018 года продолжались непрерывные сейсмологические наблюдения по регистрации землетрясений Таджикистана и сопредельных государств в широком диапазоне энергетических классов цифровыми широкополосными сейсмическими станциями: Чуян-Гарон, Гарм, Игрон, Гезан, Манем, Шаартуз и Чорухдаррон. Всего этими цифровыми станциями зарегистрировано 23217 землетрясений.

Зарегистрировано 35 ощутимых землетрясений с  $K=8.5 - 15.1$  ( $M=2.5-6.2$ ) с интенсивностью сотрясений на поверхности от 2 до 5 баллов.

Составлены каталоги землетрясений Таджикистана. Всего локализовано 17093 землетрясения с  $K \geq 5$ . Число землетрясений с  $K \geq 9$  составило 8560, из них 7153-глубокофокусные Памиро-Гиндукушские землетрясения и 1407– мелкофокусные. По данным каталога построены ежемесячные и итоговые карты.



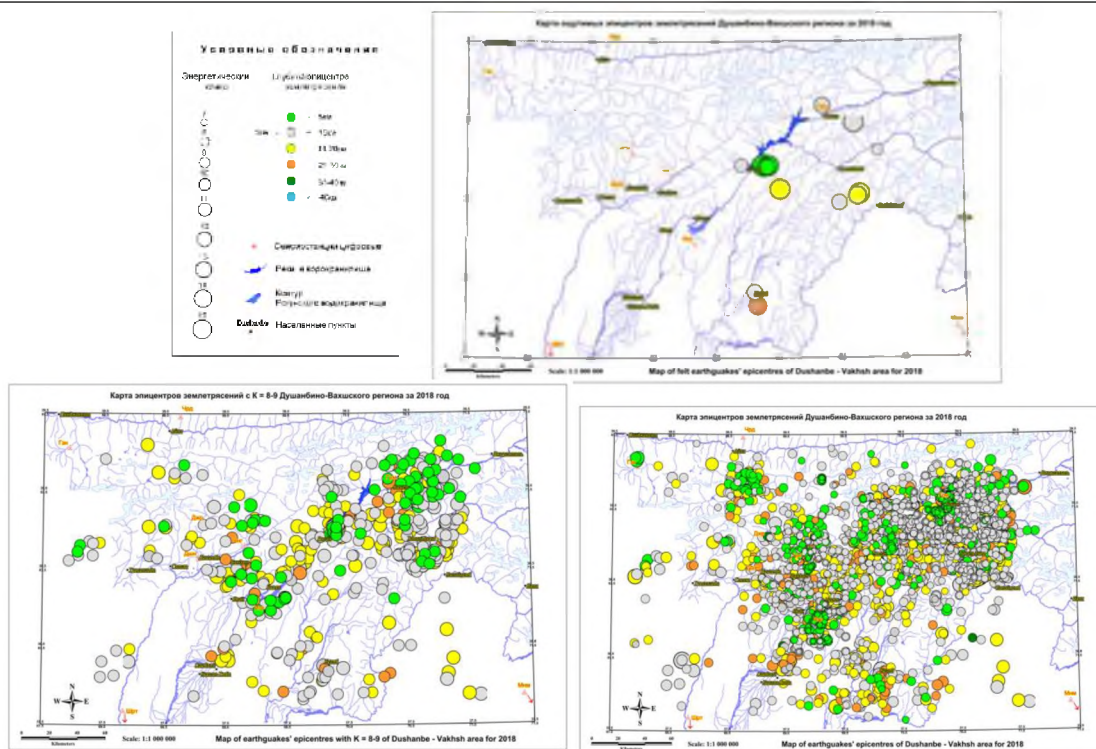
## Особенности сейсмичности территории Душанбино-Вахшского сейсмоактивного района (ДВР) за 2018 год

На территории ДВР в 2018 году велись непрерывные сейсмологические наблюдения по регистрации землетрясений в широком диапазоне энергетических классов цифровыми широкополосными сейсмическими станциями: Чуянгарон, Гарм, Игрон, Гезан, Манем и Шаартуз. Для обработки и анализа сейсмических данных использовалось следующее программное обеспечение: CoreEarthworm – программа для автоматической обработки землетрясений включающая в себя программу “Nuproinverse”, где собраны годографы и геологические характеристики региона, “Ogacle” – база данных для хранения сейсмической информации и “Atlas” – программа для обработки сейсмической информации в ручную.

Всего в Душанбино-Вахшском районе за 2018г определены основные параметры 8453 землетрясений с  $K \geq 5$  и составлен каталог ДВР и построены ежемесячные карты.

По данным каталога построены ежемесячные и итоговые карты.





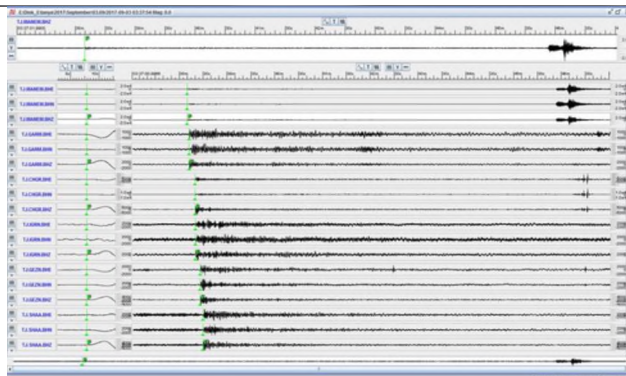
### Контроль ядерных взрывов

В связи с подписанием в 2009 г. Договора о создании новой безъядерной зоны на территории Центральной Азии (включая Таджикистан), Геофизическая служба участвует в работах по контролю за ядерными испытаниями на региональном уровне. Такая работа проводится в тесном сотрудничестве с Институтом геофизических исследований Национального ядерного центра Республики Казахстан и его Центром данных, а также с соответствующими организациями других Центрально-Азиатских республик.

**3 сентября 2017 года** Северная Корея провела шестое ядерное испытание. Первой об этом событии сообщила Корейская метеорологическая администрация. Министерство иностранных дел Японии также пришло к выводу, что Северная Корея провела ядерное испытание. Геологическая служба США сообщила о землетрясении в 6,3 баллов, недалеко от северокорейского ядерного полигона Пунгери. Это ядерное испытание произошло в 03:30 UTC с координатами 41°17'53" с. ш. 129°04'27" в. д.

Времена вступлений ядерного взрыва 3 сентября 2017 года на сейсмических станциях ГС АН РТ

TJ MANEM BHZ	P	2017-09-03	03:38:09.5513 UTC	100.0%	0
TJ GARM BHZ	P	2017-09-03	03:38:12.0859 UTC	100.0%	0
TJ CHGR BHZ	P	2017-09-03	03:38:19.6304 UTC	100.0%	0
TJ IGRN BHZ	P	2017-09-03	03:38:20.0293 UTC	100.0%	0
TJ GEZN BHZ	P	2017-09-03	03:38:26.0623 UTC	100.0%	0
TJ SHAA BHZ	P	2017-09-03	03:38:29.6506 UTC	100.0%	0



Запись взрыва 3 сентября 2017 года сейсмическими станциями ГС АН РТ

### Литература

1. Проблемы Таджикистана/ Труды Первой конференции по изучению производительных сил ТаджССР т. 1 – Ленинград , АН СССР,1933
2. Медведев, С.В., В. Шпонхойер, В. Карник. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. - М.:МГК АН СССР, 1965. – С.11
3. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977.-С. 198-296
4. Мирзоев К.М., Негматуллаев С.Х., Симпсон Д.В., Соболева О.В. Возбужденная сейсмичность в районе водохранилища Нурекской ГЭС.- Душанбе,Дониш,1987.-С.3-402
5. Бабаев А.М., Ишук А.Р., Негматуллаев С.Х. Сейсмические условия территории Таджикистана.-Душанбе, 2008.- С.5-87
6. Девонашоев А.Ю. Система сейсмического мониторинга для Рогунского гидроузла. - Душанбе ,2008 – С. 54-56
7. Негматуллаев С.Х. ,Ишук Н.Р. Озеро Сарез : подведение итогов исследований ГеоРиск, 2011. - №4. – С 4 - 10.
8. Негматуллаев С.Х. Современная цифровая сеть сейсмического мониторинга Таджикистана / Землетрясения Северной Евразии. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 125 – 131
9. Бабаев А.М., Джураев Р.У., Негматуллаев С.Х. Проявление сильных землетрясений в районе расположения каскада ГЭС в верхней части долины реки Вахш. - Душанбе, 2013г.- С. 17
10. Негматуллаев С.Х., Улубиева Т.Р., Маматкулова З.С. Система сейсмического мониторинга для будущего Рогунского гидроузла и необходимые мероприятия для ее организации. - Обнинск: ГС РАН,2013. – С. 219-225
11. Негматуллаев С.Х. Улубиева Т.Р., Джураев Р.У, Маматкулова З. С. Обеспечение сейсмического мониторинга землетрясений Таджикистана цифровыми широкополосными станциями // Тезисы докладов VIII Международной конференции « Мониторинг ядерных испытаний и их последствий". – Курчатов (Казахстан), 2014. - С. 19.
12. Негматуллаев С.Х. Улубиева Т.Р., Рислинг Л.И. Каталог ощутимых землетрясений Таджикистана с 1955 - 2015гг. Душанбе, Дониш -2016.- С. 3-134.
13. Негматуллаев С.Х. Улубиева Т.Р., Рислинг Л.И.Каталог ощутимых землетрясений Душанбино-Вахшского района с 1955 -2015гг. Душанбе, Дониш -2016.- С.3-55
14. Негматуллаев С.Х. Улубиева Т.Р., Рислинг Л.И, Девонашоев А.Ю. Карты эпицентров землетрясений Таджикистана за период 1955-2006гг. Душанбе, Дониш -2016- С.3-183
15. Негматуллаев С.Х. Улубиева Т.Р., Рислинг Л.И, Маматкулова З.С..Карты эпицентров землетрясений Таджикистана за период 2007-2015гг. Душанбе, Дониш -2016г – С.3-196

## **Известия КГТУ им. И.Раззакова 52/2019**

---

16. Негматуллаев С.Х., Джураев Р.У., Улубиева Т.Р. Проявление сильных землетрясений на территории Таджикистана в 2015 году Изв АН РТ, 2016 - № 4(165). - С. 84 – 94.

17. Palmieri, A. Pulatova G., Negmatullaev S., Maskaev K. Lake Sarez: from the Dragon of Pamir to a development opportunity / A. Palmieri, The International Journal on Hydropower&DAMS, 2016. - Vol. 23, Is. 6. - P. 1 – 5.

18. Мирзоев К.М., Николаев А.В., Негматуллаев С.Х., Симпсон Д.В., Лукк А.А., Мирзоев В.К., Дешеревский А.В. Скачкообразность пластических деформаций в геофизических процессах. Душанбе-Москва, Дониш, 2016- С.5-106

19. Негматуллаев С.Х., Джураев Р.У., Улубиева Т.Р. Проявление сильных коровых и глубоких Памиро-Гиндукушских, а также возбужденных землетрясений в районе каскада ГЭС на реке Вахш.//Труды Международной научно-практической конференции « Геолого-геофизические исследования глубинного строения Кавказа: геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований. / Под редак. Заалишвили В.Б.- Владикавказ. ГФИ ВНЦ РАН, 2017.- С.32-43

20. Негматуллаев С.Х., Джураев Р.У., Улубиева Т.Р. Сарезское землетрясение 7 декабря 2015 года. Вестник НЯЦ РК.- Курчатова(Казахстан), 2018-№ 2(74). - С. 171-177.