

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА АЛМАТИНСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

MONITORING THE STATE OF EARTH CRUST AT ALMATY GEODYNAMIC POLYGON

*S. Soltabaeva,
candidate of technical sciences,
associate professor;*

*K. Kartbayeva,
PhD student;*

*B. Myngzhasarov,
PhD student,
tutor;*

*K. Menayakov,
candidate of Technical Sciences,
associate professor,
KazNITU named after K. Satbayev,
Republic of Kazakhstan.*

Information on the organization of geodynamic processes monitoring in Almaty geodynamic polygon (GDP) is provided by the Institute of Seismology of the Republic of Kazakhstan and Satbayev University.

Keywords: Almaty geodynamic polygon, monitoring, geodetic methods, GPS-measurements, interpretation of results.

*С.Т. Солтабаева,
кандидат технических наук,
доцент;*

*К. Картбаева,
докторант;*

*Б. Мынгжасаров,
докторант,
преподаватель;*

*К.Т. Менайков,
кандидат технических наук,
доцент,
КазННТУ имени К.И. Сатпаева,
Республика Казахстан.*

Ключевые слова: Алматинский геодинамический полигон, мониторинг, геодезические методы, GPS наблюдения, интерпретация результатов.

В день памяти А.Ж. Машанова в свете современных тенденций уместно говорить о значении оставленных им значимых научных трудов, о сохранении этого наследия и его развития. Среди его многочисленных работ видное место занимает проблема изучения землетрясений. В 1948 году вышла книга А. Машанова «Тайна Земли», один из ее разделов посвящен теме «Как происходит землетрясение», а в 1949 году была издана отдельная книга «Землетрясения». Позже была выпущена книга «У очага чудесного огня». В настоящее время мы, ученики А.Ж. Машанова, преподаватели, докторанты кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», впрочем, как и ученики, работающие в других организациях, приняли эстафету от своего учителя и продолжаем совершенствовать методы и методики разработанные им.

Основное содержание. Регион Центральная Азия (Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан) имеет сложный контрастный рельеф и очень интересен для изучения внутриконтинентальной геодинамики. Активные современные геодинамические процессы, связанные с продолжающимся горообразованием на значительной части территории Азии, обуславливают высокую сейсмичность этого региона. Следствия повышенной геодинамической активности выражены в частом возникновении в Центральной Азии природных явлений, таких как землетрясения, наводнения, оползни, прорывы леднико-

вых озер, сели, засухи и др. Происходящие природные и природно-техногенные бедствия влекут за собой гибель людей, материальные и экономические потери, создают экологические проблемы, и имеют сильное негативное воздействие на устойчивое развитие и благосостояние общества в Центральной Азии.

Земная кора Тянь-Шаня, у северного подножия которого находится город Алматы, является одной из наиболее сейсмоопасных во всей Центральной Азии. Алматы расположен в специфических инженерно-геологических условиях и находится в зоне воздействия сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня. На геодинамические процессы также оказывают влияние техногенные причины: инженерная деятельность, разработка полезных ископаемых, проходка метрополитена и др. [1].

Город Алматы является крупнейшим мегаполисом Казахстана. Интенсивное развитие города Алматы, выражающееся в изменении его планировки, появлении новых крупных объектов и сооружений в городской черте, расширении границ, должно сказаться на величине и нагрузке верхних частей геологического разреза с определенным изменением и некоторых геодинамических параметров верхов разреза. В этом отношении изучение геодинамического состояния городов и урбанизированных территорий традиционными методами трудоемко и поэтому для таких участков исключительно необходимы высокоточные наблюдения GPS, которые представляют значительный практический интерес.

Надежную информацию о деформациях массива пород можно получить прямыми геодезическими наблюдениями на геодинамических полигонах. Высокоточные геодезические измерения дают возможности выявить подвижность блоков вблизи разлома, что существенно для оценки геодинамической ситуации изучаемого района. Но геодезические измерения являются дискретными, они не позволяют получить полную картину деформационных процессов во времени.

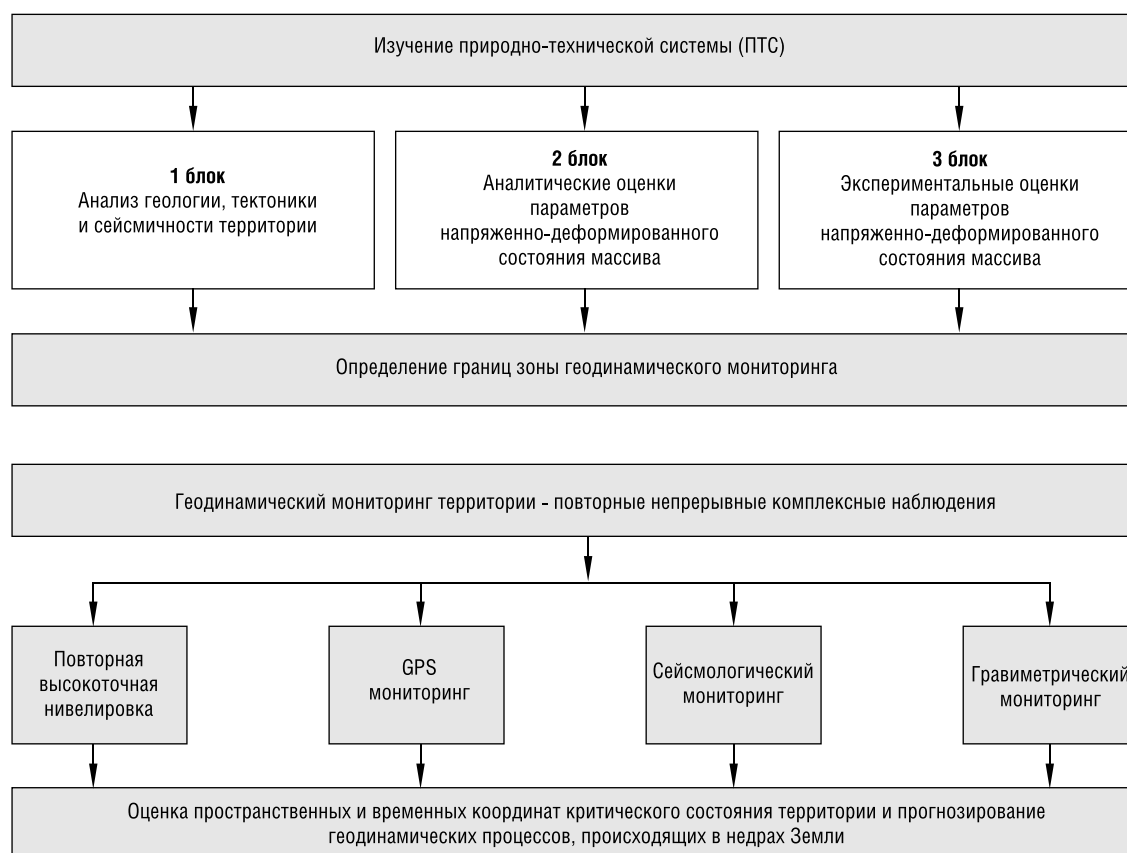


Рис. 1. Блок-схема методики комплексного геодинамического мониторинга.

Это можно осуществить только с использованием методики комплексного геомониторинга, содержание и последовательность основных процедур которого показаны на рисунке 1 [2].

На этой основе поставлена цель, обоснована идея и сформулирована структура мониторинга, проводимого на Алматинском ГДП.

Согласно 1 и 2-блокам рекомендуемой методики изучены материалы многолетнего мониторинга сейсмического режима города Алматы. Получена информации о деформациях пород массива по результатам геодезических наблюдений, которые начались в Казахстане со второй половины 70-х годов XX в.

На рис. 2 представлена карта эпицентров землетрясений за 2005-06.2015 гг. и тектоника района г. Алматы в контуре 60×70 км на топографической карте. Кроме эпицентров современных землетрясений, на карте показаны эпицентры сильных землетрясений с исторических времён с магнитудой 5.5 и более, а также активные разломы [3].

Главной целью (3-блока) мониторинга геодинамики является создание системы быстрого реагирования и раннего оповещения при возникновении любых типов опасности, таких, как землетрясения, оползни, гидрометеорологические опасности, или вызванные антропогенным воздействием на окружающую среду. Важным моментом в проведении данных работ будет использование при мониторинге современных приборов и разработка методик математического моделирования геодинамических процессов для прогноза природных и техногенных катастроф [4].



Рис. 2. Современная сейсмичность (2005-2016 гг.) и тектоника района г. Алматы в контуре 60×70 км на карте рельефа.

Тектонические нарушения в коренных породах и перекрытые рыхлыми отложениями (пунктиром): 1 - главные разломы; 2 - основные разломы; 3 - второстепенные разломы; Эпицентры землетрясений с магнитудой M_{pV} : 4 - с 4 до 4,7; 5 - с 3 до 4; 6 - с 2 до 3; 7 - до 2; 8 - Эпицентры сильных землетрясений с исторических времён с магнитудой 5.5 и более; 9 - Эпицентры ощутимых землетрясений после 2005 года с записями сильных движений; 10 - контур города Алматы 2015 г.

На территории Казахстана специалистами Института сейсмологии и сотрудниками Сейсмологической опытно-методической экспедиции (СОМЭ) созданы локальные сети непрерывно действующих станций GPS Алматинского ГДП, где проводятся постоянные наблюдения и интерпретация данных GPS-измерений. В основе наблюдений использованы данные локальной сети непрерывно действующих станций GPS Алматинского геодезического полигона.

GPS-наблюдения позволяют существенно упростить технологию полевых работ, сведя ее до простых наблюдательных процедур в отдельных точках. Данные наблюдений подвергаются первичной обработке по высокоточной технологии с использованием известных программных комплексов типа BERNESE или GAMIT/GLOBK в специализированном центре обработки. Далее результаты первичной обработки используют для интерпретации и многопланового анализа, позволяющего выявить детальные особенности движения и деформирования территории.

На выходе этих программ выдаются урavnенные координаты, ошибки урavnенных величин и их корреляционные матрицы. Для сравнения координат взяты результаты измерений 2018 г., обработанные с привязкой к постоянно действующей станции Селезашита (таблица 1) [5, 6].

Из таблицы 1 видно, что пункты (Пионерский) и пункт (Порт-Артур) имеют наибольшие смещения, например, за эти годы пункт Пионерский сдвинулся по широте к северу на 0,00132", по долготе к востоку 0,0027". Пункт Порт-Артур по широте сдвинулся в противоположную сторону

на 0,00239", по долготе к востоку на 0,00052". Пункт 15 – Пионерский в 2008-2017 годах находился почти в неподвижном состоянии, а в 2018 году его сдвиг к востоку по долготе составил 0,00328", по широте к югу – 0,0088". Пункт 14 – Порт-Артур имеет незначительные смещения по широте и долготе.

При определении причин смещений вышеперечисленных пунктов были приняты во внимание результаты исследований Института геофизических исследований НЯЦ РК в 2019 г. и проведены дополнительные исследования. По данным исследований выявлена новая схема тектонических разломов территории ГДП Алматы (рис. 3).

Из рис. 3 видно, что между пунктами Тастыбулак-Курсай – Пионер проходят тектонические разломы Иле, Предгорный и Жанатурмыс. Между пунктами Горный Гигант и Порт-Артуром нет тектонических разломов, и только 14-й Порт-Артурский пункт расположен в месте слияния Предгорного и Жанатурмысского разломов [7].

По результатам данных повторного нивелирования установлены устойчивые закономерности временного хода изменения превышений. Например, для сильных землетрясений с магнитудой более 5, удаленных от нивелирных профилей не более чем на 200 км, за несколько лет до землетрясения происходит наклон поверхности в северном направлении; за 1-2 года до землетрясения наклон прекращается и меняет знак на обратный. В период нескольких лет перед землетрясением картины изменения превышений по разным профилям согласованы.

Таблица 1

Ведомость сравнения координат пунктов триангуляции, измеренных GPS приемником.

№	Название пунктов	dB по широте, секунд	dL по долготе, секунд	dX, мм	dY, мм	I, мм	Название четверти	Дирекционный угол
2	Боролдай	-0,00003	0,00047	-0.9	10,6	10,6	ЮВ	94°51'11"
10	Чаналысай	-0,00041	0,00069	-12.6	15,6	20	ЮВ	128°55'39"
15	Пионерский	-0,00132	0,00270	-40.7	61,1	73,4	ЮВ	123°40'06"
14	Порт-Артур	0,00239	0,00052	73.8	11,8	74,7	СВ	09°05'03"
16	Каратумсук	0,00012	0,00012	3.7	2,7	4,6	СВ	36°07'09"
11	Узбек	-0,00037	0,00018	-11.4	4,1	12,1	ЮВ	160°13'08"
17	Курсай	0,00005	-0,00002	1.5	-0,4	1,6	СЗ	345°04'06"
7	Горный Гигант	0,00020	0,00015	6.2	3,4	7,1	СВ	28°44'23"
1	Береговой	-0,00029	0,00065	-8,9	14,7	17,2	ЮВ	121°11'33"
3	Ата-Курган	-0,00040	0,00073	-12,3	16,5	20,6	ЮВ	126°42'10"
8	ГЭС	0,00015	0,00021	4,6	4,8	6,6	СВ	46°13'08"
6	Куртугуль	-0,00001	0,00015	0,3	3,4	3,4	СВ	84°57'27"
12	Караульды Нов.	-0,00025	0,00066	-7,7	15,6	17,4	ЮВ	116°16'14"
4	Пригородный	-0,00011	0,00089	-3,4	20,1	20,4	ЮВ	99°36'03"
13	Бассейн	-0,00031	-0,00025	-9,6	-5,6	11,1	ЮЗ	210°15'23"
5	Котурбулак	-0,00001	0,00008	-0,3	1,8	1,8	ЮВ	99°27'44"
9	Тастыбулак	0,00020	0,00030	6,2	6,8	9,2	СВ	47°38'33"
18	SELE	0,00000	0,00000	0,00	0,00	0,00		



Рис. 3. Схема тектонических разломов совмещенных триангуляционными пунктами.

Выводы.

Исследование горизонтальных деформаций показало, что они носят блоковый характер и до землетрясений обнаруживают горизонтальные сжатия, а после — растяжения. Главные оси сжатия ориентированы вкрест разломам, где происходили землетрясения с магнитудами от 6,1 до 7,3. А вертикальные деформации носят колебательный характер, но при этом за несколько лет перед сильными землетрясениями наблюдаются наклоны земной поверхности в меридиальном направлении, которые в течение одного года-двух лет могут изменить знак. Выполненный комплекс работ от получения и обработки исходных данных спутникового мониторинга движений земной поверхности до получения конечного продукта в виде карт скоростей движения земной коры является базовой основой, разрабатываемой методологии изучения геомеханического состояния земной коры кризисных территорий с использованием спутниковых технологий и математического моделирования. ■

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК (Грант №AP08857097).

ЛИТЕРАТУРА

1. Панжин А.А., Мазуров Б.Т., Силаева А.А. Визуализация характеристик деформационных полей по данным геодезических наблюдений // Проблемы недропользования, ИГД УрАН. - Екатеринбург, 2015. - № 3. - С. 13-18.
2. Nurpeisova M.B., Rysbekov K.B., Kyrgyzbaeva G.M. Innovative methods of conducting integrated monitoring at geodynamic polygons. - Almaty: KazNITU, 2015. - 265 p.
3. Михайлова Н.Н., Соколова И.Н., Великанов А.Е., Соколов А.Н. Землетрясения на территории города Алматы // Вестник НЯЦ РК, выпуск 3, 2015. - С. 87-93.
4. Zhantaev Zh.Sh., Vilyaev A.V., Bibosinov A.Zh. GPS monitoring use in the assessment of modern deformations of the Earth's crust in South-East Kazakhstan. Actual problems of modern seismology. Reports of International Conference on the 50th anniversary of the Institute of Seismology. G.A. Mavlyanova, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, October 12-14, 2016, Uzbekistan. Tashkent, 2016. 226-229 p.
5. Нурпеисова М., Нуауанг Д., Картбаева К.Т. Применение GPS мониторинга в оценке современных деформаций земной коры на Алматинском ГДП // «Проблемы освоения недр XXI века глазами молодых». - М.: ИПКОН РАН, 2019. С. 85-88.
6. Картбаева К.Т., Омиржанова Ж.Т., Кыргызбаева Д.М. Организация систем наблюдений на Алматинском геодинамическом полигоне // Маркшейдерия и недропользование, 2019 № 2.-С. 31-35.
7. Nurpeisova M.B., Kartbaeva K.T., Menayakov K.T., Ashirov B.M., Dai Huayang. Satellite observations of earth crust at Almaty geodynamic polygon // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук, № 4, 2021. - С. 71-79.



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ

Информируем Вас

При содействии Международного союза машиностроителей издаются Международные сборники научных трудов ДонНТУ «ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ», выпуски 76-79, которые включены в перечень ВАК ДНР, имеют индекс РИНЦ и Международную индексацию ISSN. Подготовка статей должна быть выполнена по новым правилам.
Срок подачи статей с 1.01.22 г. - 15.06.22 г.
Более детальная информация приведена на сайтах:
<http://ptsm.donntu.org>, <http://tm.donntu.org>

WWW.GEOMAR-NADRA.RU