
**СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ РЕЧНЫХ СТОКОВ
В ОТВЕТ НА ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И СОКРАЩЕНИЕ ЛЕДНИКОВ****Ж. Ш. Жантаев, А. А. Калдыбаев, А. Ж. Бибосинов**ДТОО «Институт ионосферы» АО «Национальный центр космических исследований и технологий»,
Алматы, Казахстан**Ключевые слова:** речной сток, изменение климата, сокращение ледников, бассейн реки Каратал, Манн-Кендалл тест.**Аннотация.** Основываясь на данных речного стока, температуры воздуха и осадков с 1960 по 2012 год, были исследованы последствия изменения климата и сокращение ледников на водные ресурсы в западной части Жетысуского Алатау. Долгосрочные тренды гидроклиматических колебаний были изучены с помощью теста Манна-Кендалла. Анализируя климатические данные, мы обнаружили значительное повышение температуры и достаточно стабильных тенденций осадков в период исследования. Положительные тренды в годовом стоке были обнаружены почти во всех оледененных притоках реки Каратал. Повышение речного стока, скорее всего, связано с общей тенденцией повышения температуры и интенсивного таяния ледников Тянь-Шаня.*Поступила 03.11.2015 г.***NEWS****OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

ISSN 1991-346X

Volume 6, Number 304 (2015), 27 – 33

**GIS ANALYSIS OF MODERN GEODYNAMIC PROCESSES
ON THE TERRITORY OF ALMATY****Zh. Sh. Zhantayev, A. Zh. Bibossynov, A. A. Kaldybayev,
B. E. Junisbekova, S. M. Nurakynov**"Institute of Ionosphere", JSC "National Center of Space Research and Technology", Almaty, Kazakhstan.
E-mail: nurakynov@gmail.com**Key words:** Geographic information system, remote sensing, synthetic aperture radar, displacement of Earth surface, cluster analysis.**Abstract.** The paper shows the efficiency of GIS and remote sensing data to identify and analyze modern geodynamics. For the territory of Almaty new data about the modern deformations of crust are received. On the territory of Almaty, we identified tectonic faults, which are the boundaries of crustal blocks and can move even during small earthquakes. Today, the problem of tectonic faults and their zones of influence on the territory of city become very important due to intensive development of the city with high-rise buildings. They are located irregularly within the territory of city, and such kind of distribution of buildings can make different strain on the ground, what can increase the possible seismic hazard. GIS analysis of modern geodynamic processes of the Earth's surface, buildings and structures are the crucial and important topic on the background of the rapid growing urban infrastructure.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ г. АЛМАТЫ

Ж. Ш. Жантаев, А. Ж. Бибосинов, А. А. Калдыбаев,
В. Е. Джунисбекова, С. М. Нурақынов

ДТОО «Институт ионосферы» АО «Национальный центр космических исследований и технологий»,
Алматы, Казахстан

Ключевые слова: географическая информационная система, дистанционное зондирование земли, радарная интерферометрия, смещения земной поверхности, кластерный анализ.

Аннотация. В работе показана эффективность применения геоинформационных технологий и данных ДЗЗ для выявления и анализа проявлений современной геодинамики. Получены новые сведения о современных деформациях земной коры на территории г. Алматы. Построены карты тектонических разломов на территории г. Алматы, которые являются границами блоков земной коры и могут прийти в движение даже при не очень сильных землетрясениях. Сегодня проблема уточнения положения тектонических разломов на территории Алматы и их зон влияния являются актуальной в связи с интенсивной застройкой территории города с высотными зданиями. Они расположены неравномерно по территории города и, соответственно, создают неравномерную нагрузку на грунт, что в свою очередь, может усиливать возможное сейсмическое воздействие. Гис-анализ современных геодинамических процессов земной поверхности, зданий и сооружений представляется наиболее актуальным и значимым в рамках быстрого роста городской инфраструктуры.

Введение. В настоящее время данные дистанционного зондирования (ДДЗ) являются самым оперативным источником получения геоинформационных данных. Следовательно, они являются основным источником для поддержания информации ГИС в актуальном состоянии, особенно если фактор актуальности играет решающую роль (контроль стихийных бедствий, геодинамический мониторинг, разведка природных ресурсов и т.д.). Из-за важности геоинформационных технологий для обработки ДДЗ следует констатировать тенденцию взаимного сближения технологий ГИС и обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ) Земли.

Методы обнаружения и изучения геодинамических процессов на практике весьма разнообразны. Помимо традиционных или хорошо опробованных методик и инструментов исследования современных деформаций земной коры, в настоящее время мы имеем мощные средства обработки пространственной информации [3-5]. Речь идет о географических информационных системах (ГИС), потенциал которых в теории и практике геодинамических исследований раскрыт далеко не полностью.

Согласно традиционной точке зрения современные движения земной поверхности равнинно-платформенных асейсмичных областей характеризуются относительно слабыми скоростями, до 5-10 мм/год, в отличие от орогенных сейсмоактивных регионов, где скорости могут достигать величин существенно больших, 50 мм/год и более [9]. Подобный вывод вполне обоснованно следует из анализа карт современных вертикальных движений земной поверхности построенных по данным радарных интерферометрий на территориях г. Алматы (рисунок 2).

В работе представлены примеры реализации различных подходов к изучению тех или иных проявлений современной геодинамики на территории г. Алматы с использованием инструментов ГИС. На различных этапах исследования также использовались: программа обработки данных дистанционного зондирования SARscape (ExelisVIS, США), программа обработки статистических данных SpatialStatistics (ArcGIS).

Результаты обработки данных радарной съёмки. Входными данными для обработки в специализированных программных комплексах являются интерферометрическая пара (либо многопроходная серия) радарных снимков [1].

Последовательная интерферометрия постоянных рассеивателей (PS) радарного сигнала. Этот вариант радарной интерферометрии характеризуется точностью оценки смещений 2-4 мм по высоте. Входными данными для гарантированно успешной обработки должны являться не менее

30 снимков одной и той же территории за разные даты, сделанные в одной и той же геометрии съемки спутникового радара [1, 2]. В случае съемок города Алматы был набран массив из 45 снимков за 2003-2010 гг. полученные спутником ENVISAT ASAR, подходящих для обработки по технологии PS. Результирующий продукт обработки по методу PersistentScatterers постоянные отражатели PS (рисунок 1) относится к измерению линейных смещений и дает выходные значения высоты отдельных отражателей (точек), которые обычно характеризуются высокой когерентностью. Для каждой точки вычислены величины смещений в миллиметрах по состоянию на каждую дату съемки. Дополнительно рассчитаны среднегодовая скорость смещений в миллиметрах в год, а также высота в метрах над эллипсоидом WGS-84[13-16].

Результат визуально выглядит качественно, зашумленность низкая, четко отделяются стабильные точки от смещающихся. Весь векторный файл точек – постоянных рассеивателей радарного сигнала, содержится в цифровом виде в форматах *.shp и *.kmz (таблица 1). Именно результат обработки PS использован для дальнейшего анализа смещений и деформаций земной поверхности г. Алматы.

Таблица 1 – Векторный файл точек – постоянных рассеивателей радарного сигнала

	Velocity	Coherence	Lon	Lat	Z	Velocity_P	Height_cor	Tot_Displ	D_20030423	D_20030702	D_20030800	D_20031015	D_20031224	D_200	
23199	1.248921	0.797341	76.872987	43.256011	729.172677	0.223637	-6.353083	98.076976	5.905185	5.763841	-1.196954	3.346665	25	0.498926	11.
23200	1.228159	0.796419	76.872980	43.256012	727.291888	0.224159	-4.431521	85.761877	13.525579	13.977281	1.414549	13.947692	04	3.540435	-9.
23201	-0.305062	0.874035	76.835788	43.261707	706.428607	0.174041	0.413113	108.383766	3.089765	-4.464911	1.648807	2.011204	17	3.757336	3.
23202	-0.377392	0.892161	76.835769	43.261710	702.840861	0.161175	4.135935	-153.019790	-10.097975	11.900266	7.008786	-2.449351	04	10.472560	-9.
23203	-0.523720	0.760335	76.962116	43.242272	826.785190	0.243909	5.743984	-93.024416	-4.751414	-4.056777	7.448563	4.381604	30	8.507679	-5.
23204	0.038634	0.769073	76.950759	43.244022	807.988054	0.239289	8.038338	0.041692	12.571442	-4.763086	-11.836682	0.395249	25	-13.996275	9.
23205	-0.186706	0.850988	76.921887	43.248466	760.268119	0.189990	4.510354	-42.881994	-8.504874	-7.543884	4.425506	-4.506121	92	3.897893	-9.
23206	-0.117799	0.777967	76.906557	43.250822	756.154032	0.232549	-5.514103	55.714213	5.167668	1.953643	-9.022792	-8.234457	88	-10.262506	3.
23207	-0.037888	0.792928	76.906534	43.250825	752.736164	0.223732	-2.003884	-162.322524	-7.683592	-10.129744	-5.222194	13.562919	69	-4.236957	-8.
23208	0.594893	0.851141	76.876257	43.255472	739.631524	0.190637	-11.644038	85.043992	4.312288	5.731349	12.733137	10.405339	07	7.406352	4.
23209	0.647910	0.907752	76.876203	43.255481	733.149764	0.150768	-5.550330	91.676348	4.659745	6.297713	-5.606494	-6.553827	30	-8.320976	5.
23210	0.744638	0.914813	76.876188	43.255483	731.554264	0.145224	-4.067987	-37.137634	11.927372	13.507746	-3.210389	2.946630	84	-4.810262	11.
23211	-0.000554	0.835489	76.860160	43.257939	719.353523	0.198863	-4.775554	-101.669998	9.714313	8.738061	-5.514962	-1.772522	20	-0.529279	12.
23212	-0.250233	0.852781	76.860137	43.257943	715.947156	0.187750	-1.397197	-105.777987	-4.363443	-3.201644	0.031327	-9.167603	06	-0.056614	-0.
23213	-0.234554	0.798208	76.860111	43.257947	710.493064	0.222009	4.058367	-25.551987	-9.878666	-5.702633	8.473861	-6.559522	79	3.837456	-6.

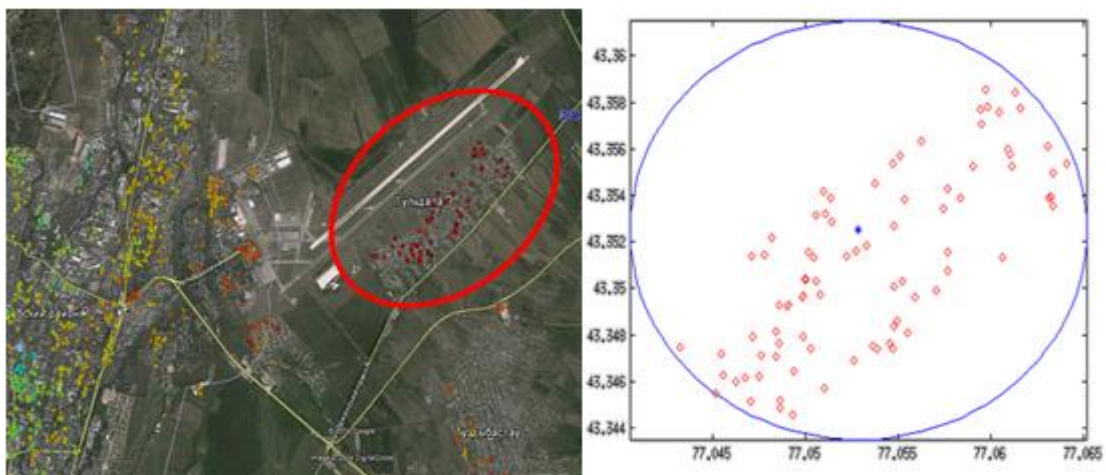


Рисунок 1 – Пример отображения результатов мониторинга смещений постоянных отражателей на территорию аэропорта г. Алматы

Картирование результатов. Территория г. Алматы расположена в Илийской впадине, которая в свою очередь на юге ограничена складчатой системой хр. Заилийский Алатау, а на севере Джунгарским Алатау. Этот участок Алматинской депрессии является наиболее погру-

женной частью предгорного прогиба. Фундамент сложен породами среднего, верхнего палеозоя и платформенным чехлом, представленным мезокайнозойскими отложениями. Фундамент сложен различной степени метаморфизованными и дислоцированными породами перми и карбона, в составе которых осадочно-вулканогенные образования.

Для получения тектонических разломов для территории г. Алматы в качестве исходных материалов была использована карта современной тектонической обстановки на территории г. Алматы по Куликовскому К.Т. [8].

Наибольшую сейсмическую опасность для города представляет Заилийский разлом (диагональный), проходящий вдоль ул. аль-Фараби, через антенное поле, пл. Республики, пересечение ул. Абая и Кунаева, по ул. Казыбек-Би, через Парк культуры на восток.

Полученные материалы по разломам позволяют говорить о том, что, несмотря на различия в истории развития и условиях реализации тектонических процессов, сказывающихся на специфике формирования разломов, все они обладают рядом общих черт [6, 7]. Кроме того, учитывая высокий уровень развития экономики, наличие большого числа потенциально опасных объектов, значительную концентрацию населения, в настоящее время угрозу городу представляют не только сильные, но и землетрясения средней интенсивности [10, 11].

Для интерпретации полученных результатов обработки наложены разломы на территории г. Алматы. Наложения разломов способствуют визуальной оценке полученных результатов обработки радарных снимков. Основные закономерности распределения смещений связаны с разломами, которые пролегают по территории г. Алматы.

Как видно на рисунке 2, высокая плотность постоянных отражателей радарного сигнала в основном расположена на городской территории, в местах плотной застройки, а также в населенных пунктах Каскелен, Бурындай и других. Несмотря на высокий уровень искажений в отдельных точках, обусловленных сезонностью, низким пространственным разрешением системы и недостаточной плотностью временной базы, очевидно, что в центральной части исследуемой территории преобладают поднятия, а в краевых восточных областях опускания. Причём положительные вертикальные движения сопряжены с зоной распространения разломов, характеризующихся как наиболее активные.

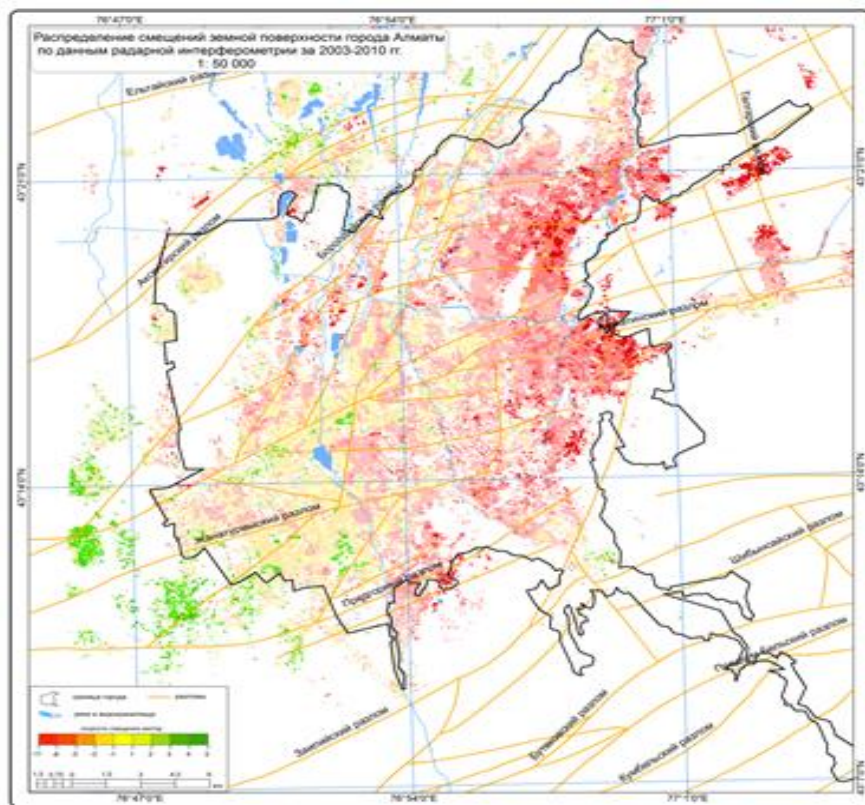


Рисунок 2 –
Карта смещений земной поверхности города Алматы по данным радарной интерферометрии. От желтого цвета к красному – возрастающие оседания; желтый цвет – стабильные участки, зелёный цвет – поднятия; коричневые сплошные линии – разломы

Геоинформационный анализ. В зависимости от поставленной задачи можно перейти к следующему этапу, к кластерному анализу или анализу групп. Кластерный анализ – это метод классификационного анализа; его основное назначение – разбиение множества исследуемых объектов и признаков на однородные в некотором смысле группы, или кластеры. Это многомерный статистический метод, поэтому предполагается, что исходные данные могут быть значительного объема, т.е. существенно большим может быть как количество объектов исследования (наблюдений), так и признаков, характеризующих эти объекты. Большое достоинство кластерного анализа в том, что он дает возможность производить разбиение объектов не по одному признаку, а по ряду признаков. Кроме того, кластерный анализ, в отличие от большинства математико-статистических методов, не накладывает никаких ограничений на вид рассматриваемых объектов и позволяет исследовать множество исходных данных практически произвольной природы. Так как кластеры – это группы однородности, то задача кластерного анализа заключается в том, чтобы на основании признаков объектов разбить их множество на m (m – целое) кластеров так, чтобы каждый объект принадлежал только одной группе разбиения. При этом объекты, принадлежащие одному кластеру, должны быть однородными (сходными), а объекты, принадлежащие разным кластерам, – разнородными. Если объекты кластеризации представить как точки в n -мерном пространстве признаков (n – количество признаков, характеризующих объекты), то сходство между объектами определяется через понятие расстояния между точками, так как интуитивно понятно, что чем меньше расстояние между объектами, тем они более схожи [16].

Для эффективной работы с пространственными объектами целесообразно использовать технологию ГИС и предоставляемые ею геостатистические методы. Для обработки использовались известные аналитические алгоритмы Getis-Ord General G и AverageNearestNeighborDistance. В системе ArcGIS они реализованы через инструменты пространственной статистики High/Low Clustering: Getis-Ord General G (Spatial Statistics) и Average Nearest Neighbor Distance (Spatial Statistics) [17, 18].

В общем случае различают случайное и сгруппированное (кластерное) распределение объектов. Подавляющее большинство статистических тестов основано на так называемой нулевой гипотезе, для нашего случая она гласит, что распределение – случайное. Не углубляясь в теорию статистических методов, примем как априорное знание, что существуют критические значения статического критерия, и при их превышении мы не можем принять нулевую гипотезу – она должна быть отвергнута. В качестве такого статистического критерия мы используем значение Z .

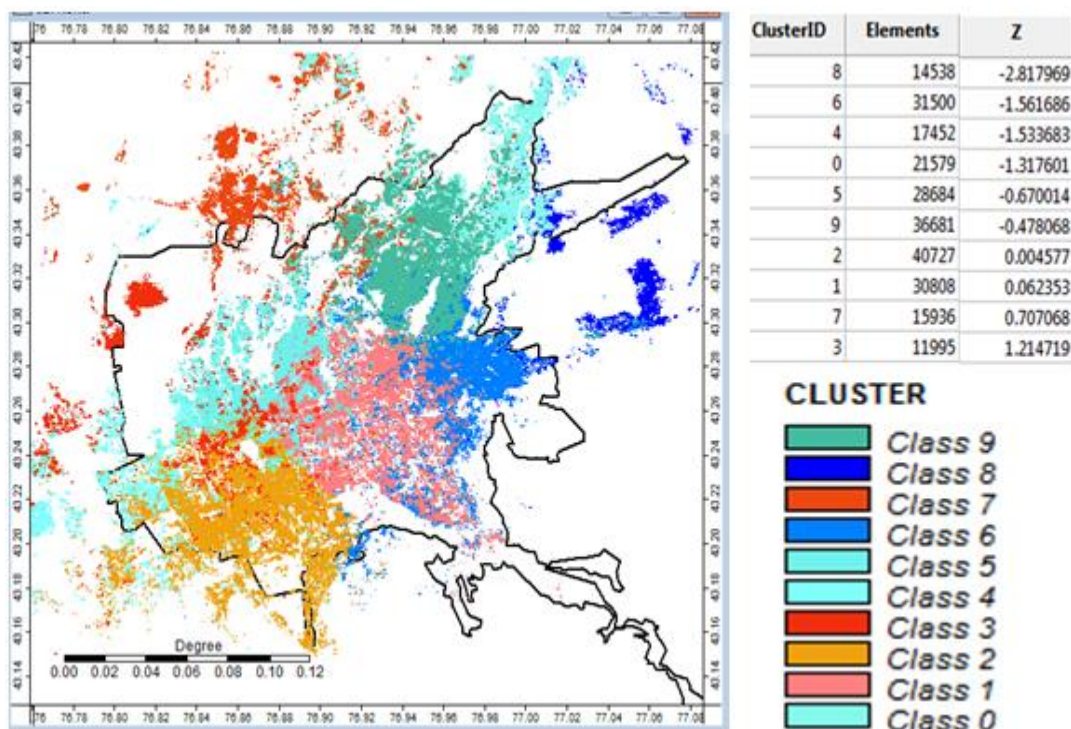


Рисунок 3 – Кластерный анализ вертикальных движений территории г. Алматы

Таким образом, Гис анализ радарных сцен техногенно нагруженных территорий, а также территорий с высокой плотностью застройки промышленными и гражданскими объектами дает очень важные и практические результаты об активности деформаций и их пространственном распределении. Применение точечного анализа позволяет получить информацию не только о пространственном распределении деформаций, но во времени.

Результаты подобных исследований уникальны, так как дают количественные оценки скоростей протекания геодинамических процессов в пространственных масштабах от десятков до нескольких сот квадратных километров.

Выводы. С использованием современных ГИС-технологий построены карты долговременных смещений на урбанизированных территориях. При учете величин сезонных смещений удалось выделить подвижки земной поверхности, связанные с техногенными факторами (рисунок 3). Очевидно, что технологии обработки пространственных данных (геоинформационные системы и комплексы обработки данных ДЗ) являются ключевыми компонентами предложенной методики

Работа выполнена по РБП 076 «Разработать методы математического моделирования деформационных процессов верхней части разреза земной коры урбанизированных территорий на основе данных дистанционного зондирования Земли».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Richards M. A. Beginner's Guide to Interferometric SAR Concepts and Signal Processing, IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 2007, Vol.22, №9. – P. 78-84.
- [2] Ferretti., Prati C., Rocca F. Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR interferometry, Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions, –2000., Vol. 38, №5, Part 1. – P.2202–2212.
- [3] Волгина А.И. Отражение современных геодинамических процессов в гравитационном поле. // Активные геологические и геофизические процессы в литосфере. Методы, средства и результаты изучения: материалы XII международной конференции 18-23 сентября 2006 года. – С. 120-122.
- [4] Лысков И.А., Мусихин В.В. Мониторинг деформационных процессов земной поверхности методами радарной интерферометрии, Вестник Пермский ГТУ
- [5] Чернова И.Ю., Нугманов И.И., Лунева О.В., Даутов А.Н. Применение ГИС при исследовании современных геодинамических процессов. Казанский (Приволжский) федеральный университет УДК 550.814, 004.9
- [6] Тимуш А.В. Горообразование – ключевая проблема сейсмотектоники // Геология Казахстана, Алматы: Гылым, 2004. –С.394-402
- [7] Гарагаш И.А., Паталаха Е.И. Приразломное смятие (сдвиговое течение) и складкообразование, Геотектоника, №6, 1990.
- [8] Куликов К.Т. Карта современной тектонической обстановки на территории г. Алматы
- [9] Kuzmin Yu. O Recent geodynamics of fault zones: faulting in real time scale. Geodynamics & Tectonophysics 5 (2), 401–443. doi:10.5800/GT-2014-5-2-0135. 2014
- [10] Wetzel H.-U., Walter T.R. Land Subsidence pattern controlled by old alpine basement faults in the Kashmar Valley, Northeast Iran: results from InSAR and leveling, J. Anderssohn. – 2008. №174. – P.287-294.
- [11] Chester F., Evans J., Biegel R. Internal structure and weakening mechanisms of the San Andreas fault. J. Geoph. Res., v. 98, B1, 1993, p.771–786
- [12] Zhantaev Zh., Bibosinov A., Nurakynov S. Monitoring vertical surface deformation over a hydrocarbon reservoir by SBAS-DinSar // International Symposium & Exhibition on Geoinformation (ISG) // Universiti Teknologi Malaysia (UTM) Kuala Lumpur, Malaysia 24-25
- [13] Кантемиров Ю.И. Космический мониторинг смещений земной поверхности на месторождениях Кандым и Гумбулак Республики Узбекистан по данным космических радарных съемок // Геоматика. 2011. № 1. С.72–79.
- [14] Жантаев Ж.Ш., Фремд А.Г., Нуракынов С.М. Космический радарный мониторинг смещений земной поверхности над нефтегазовым месторождением Тенгиз, Geomatics, vol. 1, декабрь 2012
- [15] Costantini M., Falco S., Malvarosa F., Minati F. A new method for identification and analysis of persistent scatterers in series of SAR images // Proc. Int. Geoscience Remote Sensing Symp. (IGARSS), Boston MA, USA. –P.449-452.
- [16] Чернова И.Ю. Кадыров Р.И. Компьютерная обработка микрофотографий шлифов карбонатных пород с целью изучения микроструктур и коллекторских свойств продуктивных пластов // ArcGIS ВОБЛАКЕНЗ (54) 2010 г.
- [17] Getis Arthur, J.K. Ord. "The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics." Geographical Analysis 24, № 3. 1992.
- [18] Mitchell Andy. The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2. ESRI Press, 2005

REFERENCES

- [1] Richards M.A. Beginner's Guide to Interferometric SAR Concepts and Signal Processing, IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 2007, Vol.22, №9. – P. 78-84.
- [2] Ferretti., Prati C., Rocca F. Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR interferometry, Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions, –2000., Vol. 38, №5, Part 1. – P.2202–2212.

- [3] Reflection of modern geodynamic processes in a gravitational field. // Active geological and geophysical processes in the lithosphere. The methods, tools and results of the study: Materials of the XII International Conference 18-23 September 2006. - p. 120-122. (in Russ.).
- [4] Lyskov I.A. Monitoring of deformation processes of the Earth's surface radar interferometry techniques, Bulletin of Perm State Technical University (in Russ.).
- [5] Chernova I.Y., Nugmanov I.I., Lunev O.V., Dautov A.N. Application of GIS in the study of modern geodynamic processes. Kazan (Volga) Federal University UDC 550,814 (in Russ.).
- [6] Timush A.V. Mountain building - a key issue of seismotectonics, Geology of Kazakhstan. Reports to the XXXII Geological Congress. Almaty: Science, 2004. - p.394-402
- [7] Garagash I.A., Patalha E.A. By the fault collapse (shear flow), and folding, Geotectonics. №6, 1990 (in Russ.).
- [8] Kulikov K.T. Map of modern tectonic situation on the territory of Almaty.
- [9] Kuzmin Yu.O. Recent geodynamics of fault zones: faulting in real time scale. Geodynamics & Tectonophysics 5 (2), 401-443. doi:10.5800/GT-2014-5-2-0135. 2014 (in Russ.).
- [10] Wetzel H.-U., Walter T.R. Land Subsidence pattern controlled by old alpine basement faults in the Kashmar Valley, Northeast Iran: results from InSAR and leveling, J. Anderssohn. - 2008. № 174. - P.287-294.
- [11] Chester F., Evans J., Biegel R. Internal structure and weakening mechanisms of the San Andreas fault. J. Geoph. Res., v. 98, B1, 1993, p.771-786.
- [12] Zhantaev Zh., Bibosinov A., Nurakynov S. Monitoring vertical surface deformation over a hydrocarbon reservoir by SBAS-DinSar, International Symposium & Exhibition on Geoinformation (ISG) // University of Technology of Malaysia (UTM) Kuala Lumpur, Malaysia 24-25 September 2013.
- [13] Kantemirov J. Space radar monitoring of displacements and deformations of the earth's surface and structures, HeraldSibSAU, №5(51), 2013 (in Russ.).
- [14] Zhantaev Zh., Fremd A., Nurakynov S. Space radar monitoring Earth surface displacements over the Tengiz oil and gas field, Geomatics, vol. 1, December 2012 (in Russ.).
- [15] Costantini M., Falco S., Malvarosa F., Minati F. A new method for identification and analysis of persistent scatterers in series of SAR images // Proc. Int. Geoscience Remote Sensing Symp. (IGARSS), Boston MA, USA. -P.449-452.
- [16] Chernova I.Yu., Kadyrov R.I. Computer processing micrographs of thin sections of carbonate rocks in order to study the microstructure and reservoir properties of productive strata // ArcGIS in the cloud N3 (54) 2010.
- [17] Getis Arthur, J.K. Ord. "The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics." Geographical Analysis 24, № 3. 1992.
- [18] Mitchell A. The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2. ESRI Press, 2005.

АЛМАТЫ Қ. АЙМАҒЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ГЕОДИНАМИКАЛЫҚ ҮРДІСТЕРІН ГЕОАҚПАРАТТЫҚ ТАЛДАУ

**Ж. Ш. Жантаев, А. Ж. Бибосінов, А. А. Қалдыбаев,
В. Е. Жүнісбекова, С. М. Нұрақынов**

ЕЖШС «Ионосфера институты» АҚ «Ғарыштық зерттеулер мен технологиялар ұлттық орталығы»,
Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: географиялық ақпараттыр жүйесі, жерді арақашықтықтан зерделеу, радарлық интерферометрия, жер бедерінің ауытқулары, кластерлік талдау.

Анотация. Жұмыста қазіргі геодинамиканы талдауда және анықтауда ҒАЖ технологиясы мен ЖАЗ мәліметтерінің тиімділігін көрсетіледі. Сонымен қатар, Аламаты қ. жер қыртысының қазіргі қозғалыстары жайлы жаңа мағлұматтар алынған.

Алматы қ. жер қыртысы блоктарының шекарасы болып табылатын тектоникалық жарылымдар картасы құрастырылды. Бұл жарылымдар шамасы аз жер сілкінісі кезінде қозғалуы мүмкін. Осыған орай қазіргі таңда Алматы қ. құрлысы қарқындап салынып жатқан кезде бұл тектоникалық жарылымдар көкей кесті мәселенің бірі болып отыр. Жарылымдар бір қалыпты орналаспауы жер сілкініс қаупін арттыра түсіруі мүмкін.

Қалалық инфраструктураның қарқындап дамып тұрған кезінде жер бетінің геодинамикалық үрдістерін ҒАЖ технологиясымен талдау жанашыл әдістердің бірі болып табылады.

Поступила 03.11.2015 г.