

ENVISAT спутнигінің деректері бойынша Қарағанды қаласының жұмыс істемеген аумақтарының ғарыштық мониторингі нәтижелеріне шолу

¹***ЖУМАДИЛОВА Динара Куанышбековна**, магистр, аға оқытушы, dinara91.08@mail.ru,

¹**АЛДАНЫШ Жадра**, магистр, аға оқытушы, zhadra.bota.90@mail.ru@mail.ru,

¹**КАСЫМЖАНОВА Айжан Ерболовна**, магистр, аға оқытушы,
aizhan_kasymzhanova@mail.ru,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақала ENVISAT спутнигінен өңделген радарлық суреттердің деректері бойынша Қарағанды қаласының өңделген аумақтарында деформацияны бақылау әдістемесін әзірлеуге арналған. Мақалада қазіргі заманғы радиолокациялық жерсеріктік жүйелерді қолдануға шолу жасалған. Eoli-sa бағдарламасында Қарағанды қаласының аумағына мұрағат деректерін кезең-кезеңмен іздеу сипатталған. ENVI бағдарламалық кешенінің SARscape модулінде ENVISAT спутнигінен 2003 жылдан 2010 жылға дейінгі кезеңде радарлық суреттерді өңдеу егжей-тегжейлі сипатталған. Өңделген деректер бойынша динамикалық процестердің графиктері жасалды. Радар деректерін интерферометриялық өңдеу нәтижелеріне талдау жасалды. Сондай-ақ, өңделген аумақтардың деформациясын қадағалаудың дәстүрлі және қазіргі заманғы әдістері талданды.

Кілт сөздер: спутниктік радарлық интерферометрия, жер бедерінің өзгерістері, геодинамикалық үрдістерді бақылау, радарлық мәліметтер, ғарыш суреттерін өңдеу, жылжу интерферограммасы, шөгуге графигі, деформациялық үрдісінің динамикасы, ғарыштық зондтау мәліметтері.

Кіріспе

Бүгінгі күні көмір қоры бойынша Қазақстан әлем бойынша сегізінші орынды алады. Көмір өндіру тау сілемдерінде бос кеңістіктерді пайда болуына әкеліп соқтырады, ал бұл жер бетінің жылжуына себепкер болады. Жер бетінің жылжымауын болдырмаудың классикалық тәсілі, яғни бос кеңістіктерді материалмен толтыру, экономикалық жағынан тиімсіз болатындықтан Қазақстанда сирек қолданылады, сондықтан жер бетінің күйреуі жиі кездеседі. Тек 2014 жылдың өзінде-ақ осындай күйреулер Қазақстанның бірнеше қаласында болды: Риддер, Қарағанды және Көкшетау. Қарағанды облысының шахталары бір-біріне жақын орналасқан және соған байланысты үлкен тау-кен өндірісі ортасында қалған Қарағанды қаласында жер бетінің өте қауіпті шөгуге үрдістері байқалады.

Осындай жер бедерінің өзгерістері мен

геодинамикалық үрдістерді бақылауды нивелирлеу мен тахеометрлік түсіріс сияқты дәстүрлі өлшеу әдістерін қолдану арқылы жүзеге асыру көп уақыт шығыны мен көп еңбекті талап ететін үрдіс болып табылады. Сонымен қоса дәстүрлі бақылау әдістері профильдік сызықтардан тыс немесе қол жетімсіз жерлерде болатын үрдістердің толық бейнесін алуды қамтамасыздандыра алмайды. Бұндай құбылыстарды бақылауға арналған спутниктік радарлық интерферометрия технологиясы кезеңдер арасындағы мәлімет жинау уақытын қысқартады және сол сәттегі жер бетінің қарқынды жылжу бейнесін алуға мүмкіндік береді. Оның қамту ауданы 30*30 км құрайды. Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында радарлық интерферометриялық түсіріс жасаумен шетел компаниялары айналысуда [1, 4].

Материалдар және зерттеу әдістері

Спутниктік радарлық интерферометрия

– электромагниттік толқындардың интерференция әсерін қолданатын өлшеу әдісі. Әдістің негізгі мәні интерферограмманың құрылуында. Интерферограмма бір ауданның бір спутникпен түсірілген екі суретінің композициясы болып табылады және сигналдың фазасы мен амплитудасы туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді.

Спутниктік радарлық интерферометрия деректерін қолдану салаларының арасында келесілерді ерекшелеуге болады:

- жергілікті жердің сандық үлгісін құру, оның ішінде жоғары дәлдікті (кеңістіктік үлкейтілімі шамамен бір метр және биіктікті анықтау дәлдігі 1-2 метр болатын үлгілер);

- дәлдігі радар толқыны ұзындығының бөлігіндей болатын деформацияларды өлшеу;

- жылдам қозғалыстағы нысанның мысалы, автокөліктің жылдамдығын анықтау.

Баға мен сапа қатынасы бойынша үлкейтілімі төмен (10-30 м – ENVISAT, ERS-2 және т.б.) радарлық мәліметтер көп сұранысқа ие, ал орташа үлкейтілімі (4-8 м) радарлық мәліметтердің болашағы өте жақсы деуге болады. Бұндай радарлық түсірістер жер бедерінің сандық үлгісін құруда, картографиялауда, ауданның экологиялық жағдайын бақылауда, сейсмологиялық қауіпті бағалауда, су басу аудандары мен үнемі тұман ба-

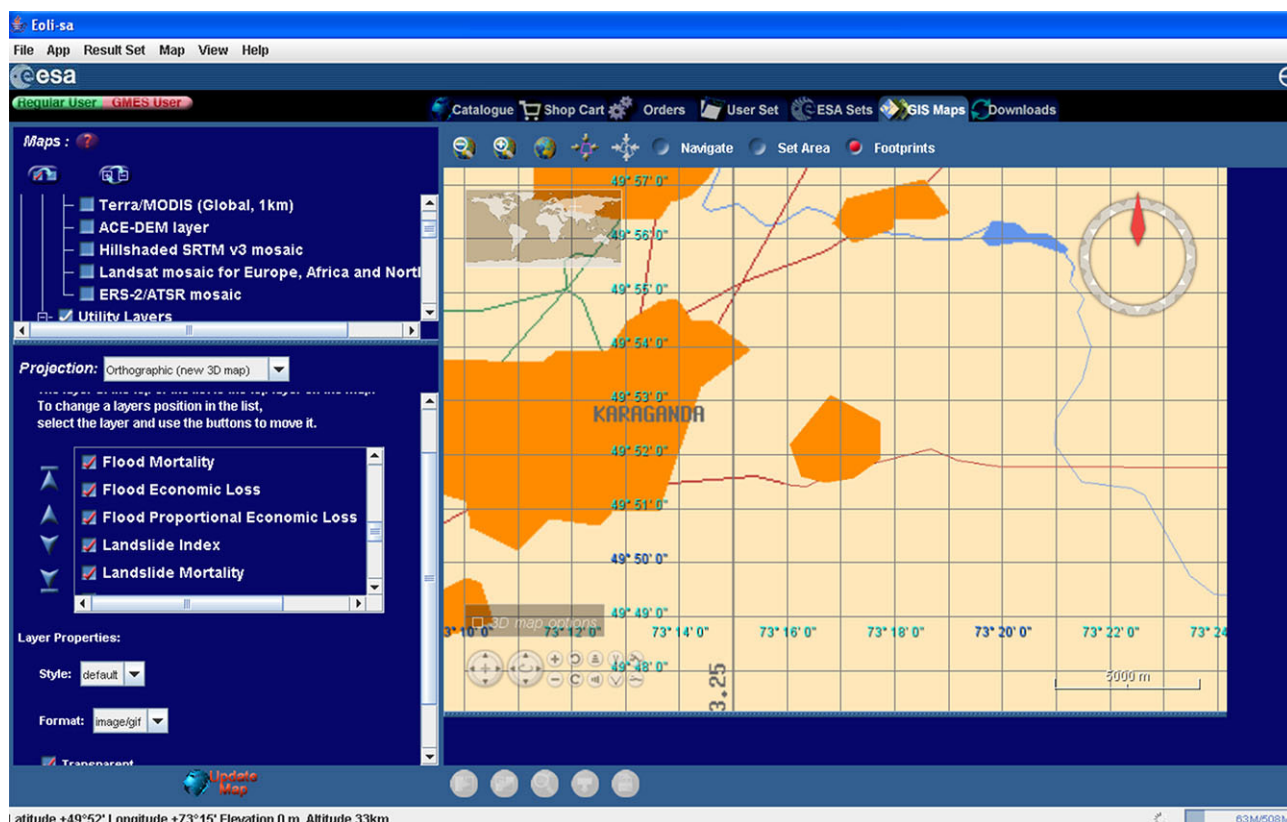
сып тұратын аудандарды бақылауда, және де түрлі қызмет салаларында басқа да көпетеген мәселелерді шешуде қолданылады.

Үлкейтілімі жоғары (1-3 м) радарлық мәліметтер көмегімен бірегей міндеттерді шешуге болады. Бірақта салыстырмалы түрде олардың құнының қымбаттығына байланысты олар негізінен жергілікті мәселелерді шешуде ғана сұранысқа ие. Мысалы, үлкейтілімі жоғары радарлық түсірістердің мүмкіндігі бойынша жер бетінің, әсіресе ғимараттар мен өндірістік үймереттердің жылжуын өте жоғары дәлдікпен анықтауға болады. Осы тұста, жоғары үлкейтілімді радарлық мәліметтердің нысандарды тану және оларды топтастыру мүмкіндігін арнайы мамандандырылған бағдарламалық өнімдер, мысалы ретінде, SARscape едәуір жақсартады [2].

Қарағанды қаласының жер бетінің жылжуын анықтау үшін Еуропалық ғарыш агенттігінің мұрағатынан мәліметтер алу қажет болды.

Еуропалық ғарыш агенттігі мұрағатынан мәліметтер алу үшін, яғни ғарыштық суреттерді таңдап алу үшін Eoli-sa бағдарламасы қолданылды (1-сурет) [3].

Eoli-SA еркін мультиплатформалық интерактивті бағдарлама болып табылады. Ол пайдаланушыларға EFA Жер Өнім каталогына қол жеткізуге, оларға тапсырыс беруге



және сайып келгенде, олардың мәртебесін қадағалауға мүмкіндік береді. Ол сондай-ақ GSP, SCI мен SPR операторлары үшін деректер мен өнім метадеректерін онлайн түрде алуға мүмкіндік береді. Өнімдер мазмұны оңай сұрауға және қарауға болатын коллекцияларға біріктірілген [3].

Мұрағаттағы бар мәліметтердің талдау нәтижесі бойынша ENVISAT спутниктік жүйесі таңдалып алынды.

Мұрағаттағы мәліметтерді іздеу нәтижесінде Eoli-sa бағдарламасында ASAR сенсорынан 4 түрлі трактерден алынған (2-сурет) анықталды. Нақты қарау және ғарыштық суреттерге тапсырыс беру үшін ASAR Image

Mode сенсорын анықтап, бақылау уақытын таңдау керек. Бақылау уақытын таңдауда 2003 жылдан 2010 жылға дейінгі аралық қарастырылды (2-сурет).

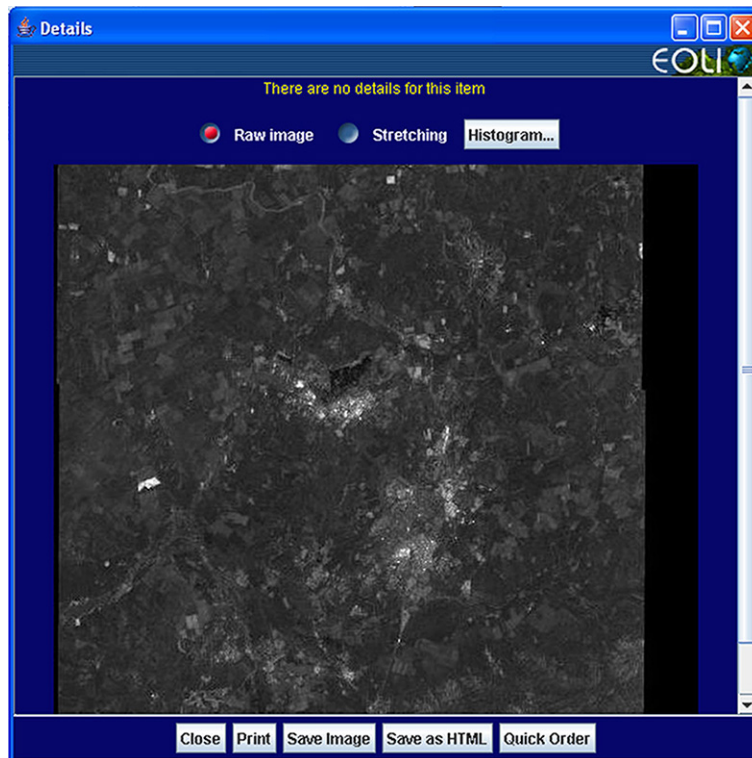
Суреттерді талдау нәтижесінде мақаланы жазу үшін мұрағаттық суреттердің №91–11 трактары және жалпы суреттердің №363–14 трактары сәйкес келеді.

Іздеу нәтижесі бойынша анықталған суреттерді картадағы сурет контурына басу арқылы, картаның оң жағында тұрған суреттің кішірейтілген бейнесіне басу арқылы немесе кестедегі жолды таңдау арқылы қарауға болады. Мұрағаттық суреттің мысалы 3-суретте көрсетілген.

The screenshot shows the EOLI SA database query interface. On the left, there are search filters for Date (From: 08-Nov-2002, To: 08-Nov-2012), Area (Center Lat/Lon: 49:54:11, 73:15:26; Height/Width: 4.05, 3.82), and Query Mode (Standard). On the right, a table lists search results with columns: Product, Status, Start, Stop, Orbit, Track#, Swath, and Pass. The table contains 17 rows of data for ASAR images.

Product	Status	Start	Stop	Orbit	Track#	Swath	Pass
ASA_IM_OP	Archived	2004-11-15 05:29:45.86	2004-11-15 05:30:01.86	14173	91	I2	D
ASA_IM_OP	Archived	2004-06-28 05:29:46.74	2004-06-28 05:30:02.74	12169	91	I2	D
ASA_IM_OP	Archived	2005-09-26 05:29:46.57	2005-09-26 05:30:02.57	18682	91	I2	D
ASA_IM_OP	Archived	2005-12-05 05:29:42.25	2005-12-05 05:29:58.25	19684	91	I2	D
ASA_IM_OP	Archived	2005-06-13 05:29:49.24	2005-06-13 05:30:05.24	17179	91	I2	D
ASA_IM_OP	Archived	2004-05-24 05:29:47.06	2004-05-24 05:30:03.06	11668	91	I2	D
ASA_IM_OP	Archived	2004-03-15 05:29:45.69	2004-03-15 05:30:01.69	10666	91	I2	D
ASA_IM_OP	Archived	2003-12-01 05:29:51.62	2003-12-01 05:30:07.62	9163	91	I2	D
ASA_IM_OP	Archived	2004-04-19 05:29:43.04	2004-04-19 05:29:59.04	11167	91	I2	D
ASA_IM_OP	Archived	2003-10-27 05:29:42.87	2003-10-27 05:29:58.87	8662	91	I2	D
ASA_IM_OP	Archived	2006-10-29 16:42:54.05	2006-10-29 16:43:10.05	24396	284	I2	A
ASA_IM_OP	Archived	2009-01-17 05:32:23.35	2009-01-17 05:32:39.35	35988	363	I2	D
ASA_IM_OP	Archived	2010-09-04 05:32:18.53	2010-09-04 05:32:34.53	44505	363	I2	D
ASA_IM_OP	Archived	2010-02-31 05:32:18.17	2010-02-31 05:32:34.17	44004	363	I2	D

2-сурет – Траекториясы мен тракы ескерілген әр суреттің толық нәтижесі



3-сурет – 2006 жылдың 18 желтоқсанында түсірілген Қарағанды қаласының мұрағаттық суреті

Ғарыш суреттерін өңдеу ENVI бағдарламалық кешенінің SARscape модулінде жүзеге асырылды. Бұл бағдарлама да жоғарыда айтылған ҚР ҒЖБМ қаржыландыратын гранттық жобасының аясында сатып алынды.

Өңдеудің бірінші кезеңінде ENVISAT ғарыштық суреттерін шикі *.N1 кеңейтілімнен *.cls кеңейтіліміне импорттау және базалық сызықтарды өңдеу жүзеге асырылды. Зерттеу мәліметтері, яғни ENVISAT track 363 спутниктік суреттері бойынша уақыт факторының сыни базалық сызыққа тәуелділігінің графигі құрылды (4-сурет) [4].

Өңдеудің екінші кезеңі интерферометриялық өңдеу үшін жұп таңдау болды. Жұп таңдау бірнеше критеріі бойынша, яғни жалпы мүмкін жұптар арасынан таңдалды. Уақыт базасы деп интерферометриялық жұп суреттерінің арасындағы түсіру уақытының аралығын атады [4].

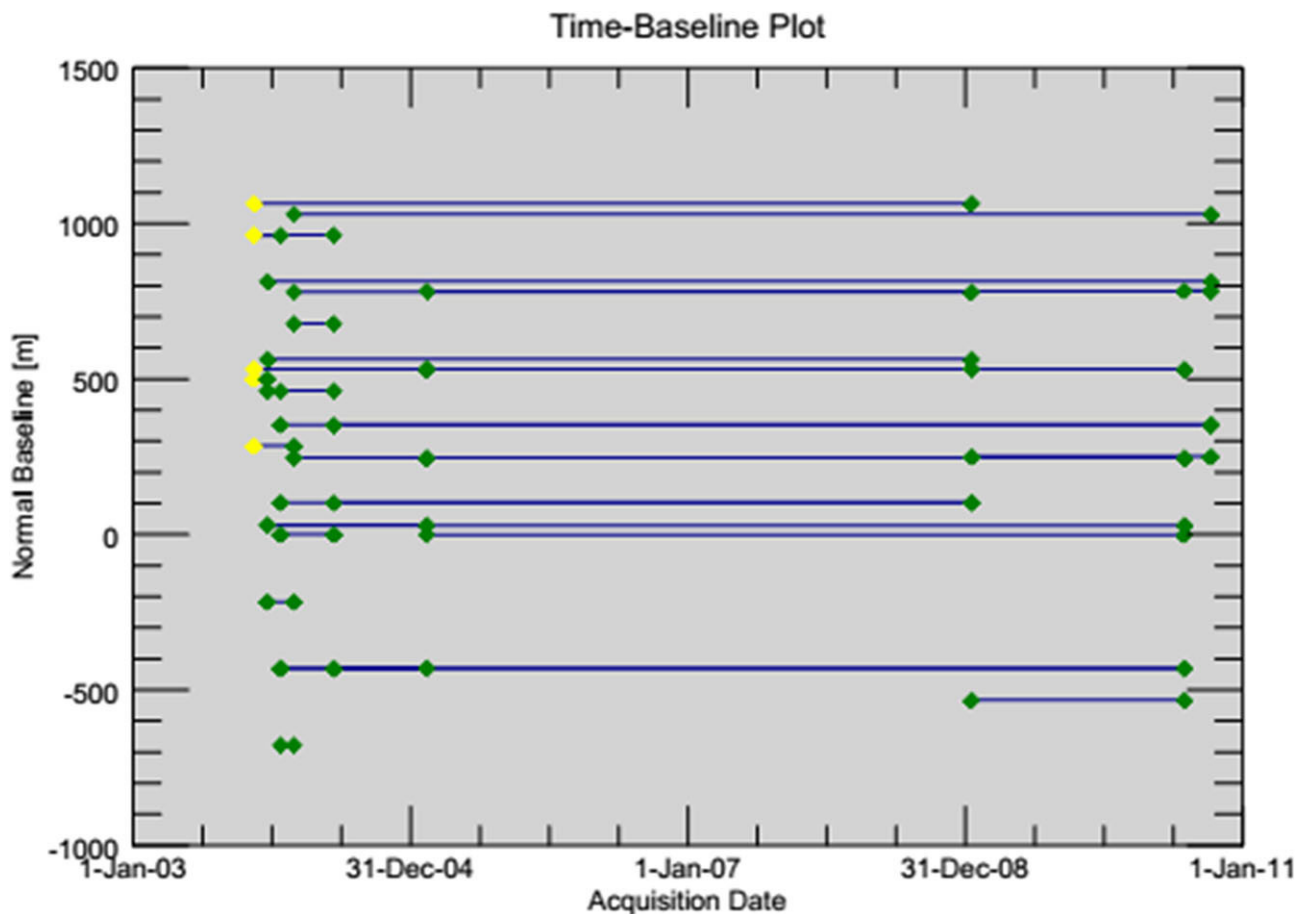
Өңдеудің үшінші кезеңінде жер бедерінің сандық үлгісі (ЖБСҮ) құрылды. Қазақстан территориясында SRTM мәліметтері шамамен 90 метр кеңістіктік үлкейтілімде. Қарағанды қаласының ЖБСҮ құру 31.07.2010 ж. және 09.10.2010ж. ENVISAT – спутниктік суреттері қолданылды.

реттері қолданылды.

Жалпы мәліметтерді өңдеу SARscape модулінің уақытша лицензиясы бойынша жүзеге асырылды. Лицензия беруші ENVI бағдарламасының Ресейдегі ресми дистрибьютері – Совзонд компаниясы. SARscape бағдарламалық кешені радарлық суреттерді алдын ала және тақырыптық өңдеуге арналған ENVI бағдарламасының қосымша модулі болып табылады. Ал Interferometry модулі радарлық мәліметтерді интерферометриялық өңдеуге, соңында жер бедерінің сандық үлгісін немесе жер бетінің жылжу картасын алуға мүмкіндік береді. Жылжу картасын алу үшін 2003 жылдан 2011 жылға дейінгі ENVISAT ASAR жерсерігінен алынған радарлық суреттер қолданылды.

Берілген өңдеу жұмыстарының негізгі қорытындысы кешенді интерферограммадан жер бедерінің синтезирленген фазасын алу түрінде берілетін дифференциальды интерферограмма болып табылады [2].

ENVISAT жерсерігінен алынған радарлық суреттердің жұптарын өңдеу нәтижесі бойынша азаматтық және өндірістік нысандардың, сонымен қоса Қарағанды облысы мен



4-сурет – ENVISAT track 363 спутниктік суреттерінің уақыт факторының сыни базалық сызыққа тәуелділігінің сызбасы

Әлихан Бөкейханов ауданының шахталары орналасқан аудандар бетінің шөгү картасы алынды.

Геокодтау мен калибровка ертеректе автор жасаған Қарағанды қаласының жер бедерінің сандық үлгісіне қатысты жасалды. Қала ауданындағы өңдеу және есептеу нәтижелері бойынша шағын ығысуы бар тұрақты аудандар да, шөгү үрдісі нақтылы үдемелеп келе жатқан аудандар да байқалды.

Жылжу интерферограммасына сай «Арселор Миттал Темиртау» ҚД АҚ металлургиялық комбинатының ауданы қалыпты жағдайда. Шөгү мәні суреттер бойынша алынған, ал суретте көрсетілген нүктелер бойынша шөгү графигі құрылған (5-сурет).

2013 жылы ХУ-1 кокс химиялық өндірісінің түтін құбырлары орналасқан ауданында мөлшері есеп беру уақыты аралығында 40 мм-ді құраған жер бетінің шөгюі тіркелді (6-сурет).

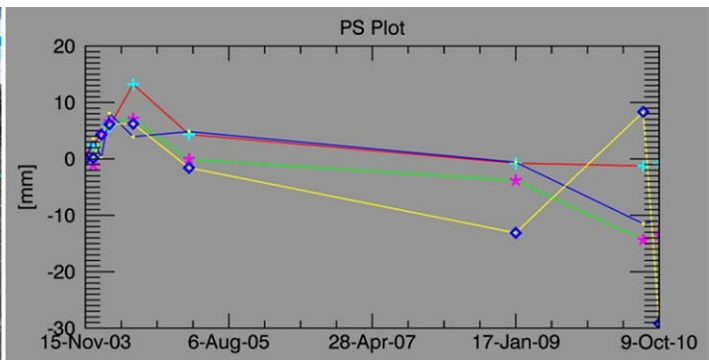
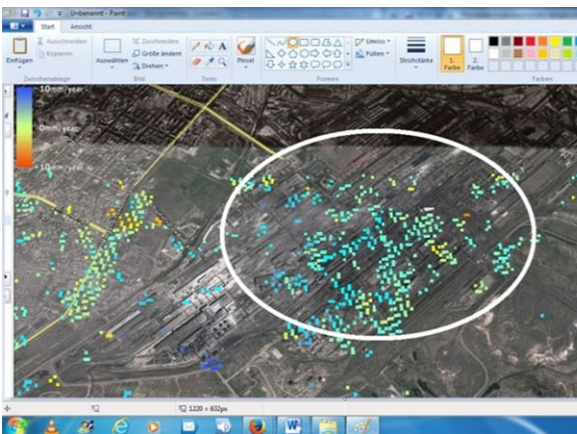
Шахталар орналаспағандықтан, сәйке-

сінше өңдеу жұмыстары жүргізілмегендіктен Әлихан Бөкейханов ауданы және Абай қаласының аудандары қалыпты жағдайда (7, 8-сурет).

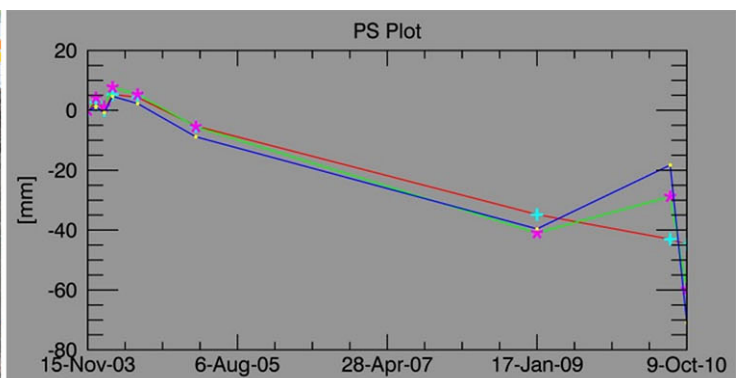
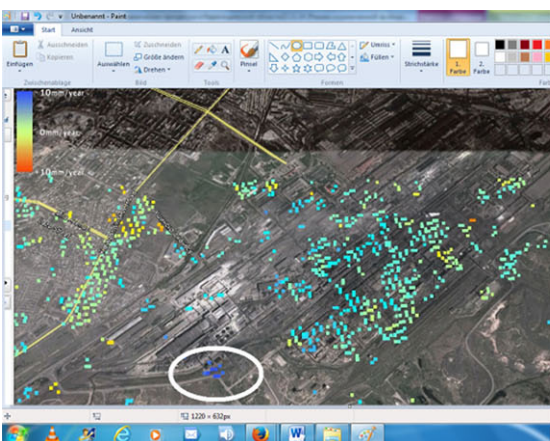
2003 жылдан 2010 жылға дейінгі аралықта Әлихан Бөкейханов ауданында мәні 10 мм шамасындағы шағын шөгюлер байқалды (8-сурет).

2009-2010 жылдары алынған суреттер Қарағанды қаласының ауданында 2011-2013 жылдары болып өткен ғимараттар мен үймереттердің деформациялары мен күйреулермен байланысты болаған оқиғалар мен жазатайым жағдайларды талдауға мүмкіндік берді [5].

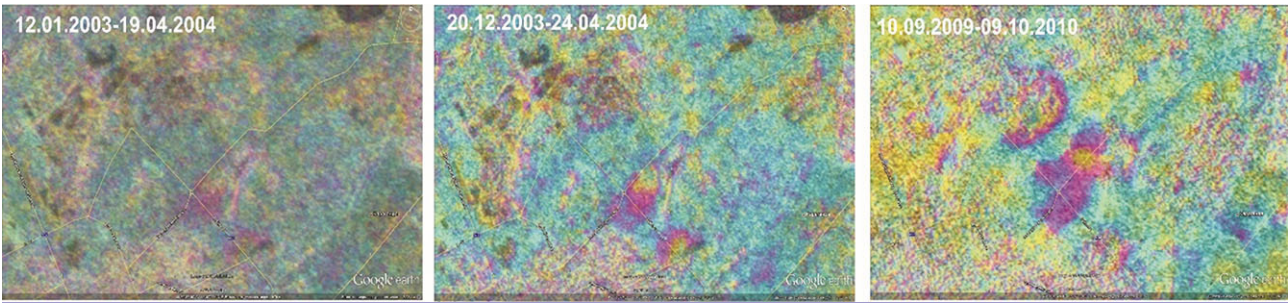
Костенко атындағы шахта ауданындағы жазықтықты талдау нәтижесі, 2004 жылдан бері Костенко атындағы шахтасының ауданында екі шөгю мұльдасы пайда болғанын көрсетті. 2010 жылы шөгю мұльдасының мөлшері мен оның таралу аумағы кеңейген (10-сурет). Жоғарыда қарастырылған уақыт



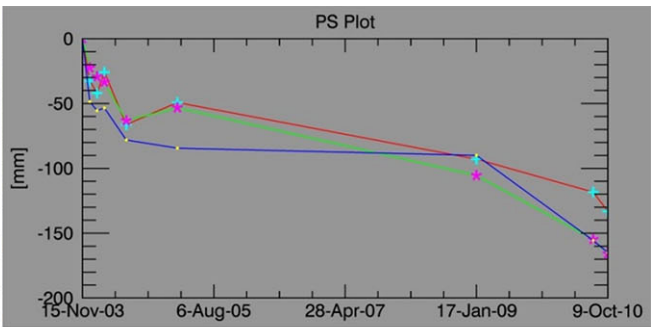
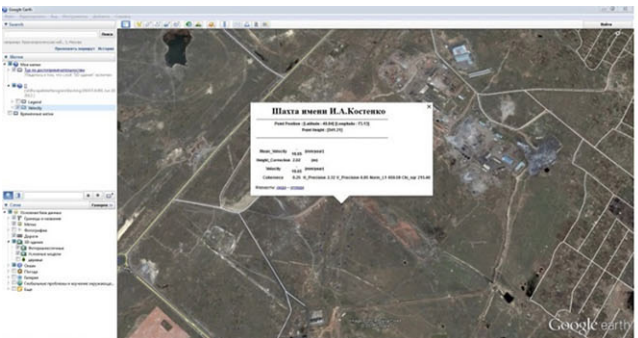
5-сурет – «Арселор Миттал Темиртау» ҚД АҚ зауытының ауданы



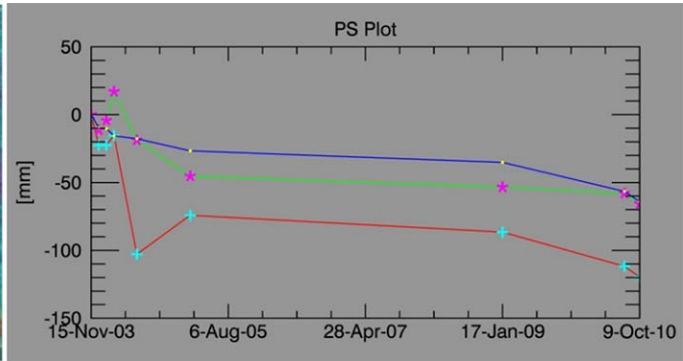
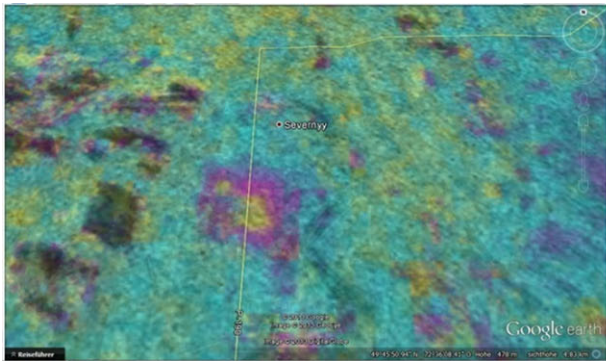
6-сурет – «Арселор Миттал Темиртау» ҚД АҚ зауытында құбырлары орналасқан ауданның жер бетінің шөгюі



10-сурет – Түрлі сурет жұптары бойынша Қарағанды қаласының дифференцирленген интерферограммаларын құру



11-сурет – Костенко атындағы шахта аумағы



12-сурет – Шахтинская шахтасының аумағы

деформациялардың алдын алу үшін қолдануға мүмкіндік беретіндігін көрсетеді. Қауіпті деформацияны алдын ала болжау осы аймақ үшін өте маңызды, себебі шахта жазықтығы маңайында Северный кенті орналасқан [6].

Қорытынды

Зерттеу нәтижесі өңделген аудандардың жер бетінің жылжуын бақылауда спутниктік радарлық интерферометрия әдісінің дәстүрлі түсіру және шөшуді есептеу әдістерімен салыстырғанда бірнеше артықшылықтарға ие екендігін көрсетті. Жер бетінің шөгуі туралы

алынған ақпараттар нәтижесі жақсы корреляция мен өлшеу дәлдігінің жоғарылығын көрсетті. Бұл әдістің оңтайлы жақтарының ішінен ауданы бойынша үлкен территорияларды бақылауды жүргізу мүмкіндігін және алынған нәтижелердің көрекілігін ерекше атап өткен жөн. Осының барлығы шөгулер мен деформацияларды бақылаудың сенімді әдісі ретінде тау жыныстары сілемінің жылжуын бақылаудың спутниктік радарлық интерферометрия әдісін ұсынуға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жерді қашықтықтан зондтаудағы синтезделген апертурасы бар ғарыштық радарлар заманауи жүйелер мен перспективалық жобалар / Н.А. Арманд, А.И. Захаров, Л.Н. Захарова // Жерді ғарыштан зерттеу. – 2010. – № 2. – 3-13 б.
2. <http://sovzond.ru/>
3. EOLI-SA 9.4.7 – User Guide: Interacting with Earth Observation Data. – Telespazio France, 2014. – 139 p.
4. Бағдарламалар туралы талдамалық шолу: Д.В. Мозер, А.К. Омарова, М.Н. Керейбаева, Ж.З. Төлеубекова, Ә.С. Тұяқбай. Қарағанды қаласының жұмыс істеген аумақтарының жай-күйін бақылау кезінде радиолокациялық интерферометрияны қолдану: талдамалық шолу. – Қарағанды: НЦНТИ АҚ ҚФ, 2012. – 35 б.
5. Өңдеу нәтижесі: Д.В. Мозер, А.К. Сатбергенова, Ә.С. Тұяқбай, А.А. Нагибин, Н.И. Гей, А.Д. Каранева. Спутниктік радиолокациялық интерферометрияны қолдана отырып, Қарағанды қаласының заманауи геодинамикалық процестерін зерттеу: ғылыми-зерттеу жұмысы туралы қорытынды есеп. – Қарағанды, 2014. – 110 с.
6. Геодезиялық реперлер мен байқау ұңғымалары бойынша байқаулар жүргізу туралы техникалық есеп. Нысан: «Қарағанды облысындағы МБК зерттеу бойынша 9 постта бақылау жасау және жүргізу» / «Центрмаркшейдерия» РМҚК. – Қарағанды, 2010.

Обзор результатов космического мониторинга подработанных территорий г. Караганды по данным со спутника ENVISAT

¹***ЖУМАДИЛОВА Динара Куанышбековна**, магистр, старший преподаватель, dinara91.08@mail.ru,

¹**АЛДАНЫШ Жадра**, магистр, старший преподаватель, zhadra.bota.90@mail.ru,

¹**КАСЫМЖАНОВА Айжан Ерболовна**, магистр, старший преподаватель, aizhan_kasymzhanova@mail.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Статья посвящена разработке методики отслеживания деформации на подработанных территориях г. Караганды по данным обзора радарных снимков со спутника ENVISAT. Выполнен обзор применения современных радиолокационных спутниковых систем. Описан поэтапный поиск архивных данных на территорию г. Караганды в программе Eoli-sa. Детально описан обзор радарных снимков со спутника ENVISAT за период с 2003 по 2010 годы в модуле SARscape программного комплекса ENVI. По обработанным данным составлены графики динамических процессов. Выполнен анализ результатов интерферометрической обработки радарных данных. Также проанализированы традиционные и современные методы отслеживания деформации подработанных территорий.

Ключевые слова: спутниковая радарная интерферометрия, деформация рельефа, контроль геодинамических процессов, радарные данные, обзор космических снимков, интерферограмма перемещения, график осадок, динамика деформационного процесса, данные космического зондирования.

Overview of the Results of Space Monitoring of the Under-Worked Territories of Karaganda According to Data from the ENVISAT Satellite

¹***ZHUMADILOVA Dinara**, Master's Degree, Senior Lecturer, dinara91.08@mail.ru,
¹**ALDANYSH Zhadra**, Master's Degree, Senior Lecturer, zhadra.bota.90@mail.ru@mail.ru,
¹**KASYMZHANOVA Aizhan**, Master's Degree, Senior Lecturer, aizhan_kasymzhanova@mail.ru,
¹NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56,
 Karaganda, Kazakhstan,
 *corresponding author.

Abstract. The article is devoted to the development of a methodology for tracking deformation in the underworked territories of Karaganda according to the data, a review of radar images from the ENVISAT satellite. The article provides an overview of the use of modern radar satellite systems. A step-by-step search for archival data on the territory of Karaganda in the Eoli-sa program is described. The review of radar images from the ENVISAT satellite for the period from 2003 to 2010 in the SARscape module of the ENVI software package is described in detail. According to the processed data, graphs of dynamic processes are compiled. The results of interferometric processing of radar data are analyzed. Traditional and modern methods of tracking deformations of the under-worked territories are also analyzed.

Keywords: satellite radar interferometry, terrain changes, geodynamic process control, radar data, satellite image processing, displacement interferogram, precipitation graph, deformation process dynamics, space zoning data.

REFERENCES

1. Space radars with synthesized aperture in Earth remote sensing modern systems and promising projects. H.A. Armand, A.I. Zakharov, L.N. Zakharova // Study of the Earth from space. – 2010. – No. 2. – Pp. 3-13.
2. <http://sovzond.ru/>
3. EOLI-SA 9.4.7 – User Guide: Interacting with Earth Observation Data. – Telespazio France, 2014. – 139 p.
4. Analytical review of programs: D.V. Moser, A.K. Omarova, M.N. Kereibayeva, Zh.Z. Toleubekova, A.C. Tuyakbai. The use of radar interferometry when monitoring the state of the operating territories of the city of Karaganda: an analytical review. – Karaganda: PF JSC NCNTI, 2012. – 35 p.
5. Processing results: D.V. Moser, A.K. Satbergenova, A. S. Tuyakbay, A.A. Nagibin, N.I. Gay, A.D. Karaneeva. The study of modern Geodynamic processes of the city of Karaganda using satellite radar interferometry: the final report on the research work. – Karaganda, 2014. – 110 p.
6. Technical Report on conducting observations on Geodetic Reapers and observation wells. Object: «Control and conduct at 9 posts on the study of the state enterprise in the Karaganda region» / RSE «Centermarksheidery». – Karaganda, 2010.