

## АНДАТПА

6D071100 - «Геодезия» мамандығы бойынша PhD Философия докторы дәрежесіналу үшін диссертациясы

**Орынбасарова Эльмира Орынбасарқызы**

### **ТЕҢІЗ КЕН ОРНЫН ПАЙДАЛАНУ ЖАҒДАЙЫНДА ӨНЕРКӘСІПТІК БЕТТІҢ ШӨГУІН БАҒАЛАУ МІНДЕТТЕРІНДЕ ҒАРЫШ ТҮСІРЛІМДЕРІН ПАЙДАЛАНУ ЖӘНЕ КЕШЕНДІ ДАЙЫНДАУ ӘДІСТЕМЕСІН ЖЕТІЛДІРУ**

Өнеркәсіптік беттің шөгуін бағалау үшін ғарыш деректерін пайдалану зерттелетін аумақтағы бүгінгі геодинамикалық жағдайды көріп қана қоймай, 30-40 жыл бұрын жағдайды көруге мүмкіндік береді. Мұрағаттық ғарыштық суреттерден алынған ақпарат жер бетінің жылжуындағы негізгі трендтерді бағалауға және тұрақты деформациялық сипаттамаларды алуға мүмкіндік береді. Бұл ретте, спутниктік деректерді қолдану жер үсті бақылауларын жоспарлау қажеттілігін жоққа шығармайды, бірақ оларды дәл оқшаулауға және уақыт пен кеңістікте неғұрлым сиретілген орындауға мүмкіндік береді. Алайда, бүгінгі күніде, деректерді өңдеудің классикалық әдістерінің бірі SBAS көптеген кемшіліктерге ие және дұрыс нәтиже бере алмауы мүмкін.

SBAS алгоритмінің модификациясы болып табылатын үзік кіші базалық желілі (ISBAS) әдісі әлеуетті шешім болып табылады. Модификация қарқынды жер жамылғысының (мысалы, шабындық алқаптардың, ормандардың, ауыл шаруашылығы алқаптарының) үзік сипатын ескереді, барлық жерде қамтылуын қамтамасыз ету үшін қала емес аудандарда өлшеу тығыздығын едәуір арттырады. ISBAS әдісі бұрын жер асты суларын алу, көмірді жер астында өндіру, сырғымалар мен шымтезекшелердің жай-күйі салдарынан жер үсті қозғалысын анықтау және сандық анықтау үшін пайдаланылды. Бұл әдіс сондай-ақ Нидерландтағы Алкмар аймағындағы газ кен орындарына қолданылған, онда ол нивелирлеудің дәстүрлі деректері бойынша табысты тексерілген. Бұл зерттеу қала емес аудандар үшін жердің шынайылығы туралы тиісті деректер аз екенін ескере отырып, тексеру үшін құнды мүмкіндік берді. Алайда, әртүрлі экологиялық және климаттық жағдайлары бар әлем бөліктерінде мұнай-газ операцияларының жаһандық мониторингі үшін ISBAS әдісін неғұрлым кеңінен қолдану әлі де көрсетілуі тиіс.

Теңіз мұнай кен орны оның динамикалық жартылай құрғақ ландшафты және елді мекендері жоқ жерде орналасқан, ол үшін топырақтың деформациясының кешенді мониторингі кейбір DInSAR әдістерін пайдалана отырып қиын болуы мүмкін. Дегенмен, көмірсутектерді өндіру топырақ деформациясының жалғыз басым факторы болып табылатындықтан және әдетте қалың өсімдік жамылғысының жеткіліксіздігі болғандықтан, мұнай кен орны бұрын SBAS және SqueeSAR сияқты бірнеше dinsar әдістерін

пайдалана отырып зерттелген, бұл оны зерттеу үшін тамаша үлгі етеді. Тиісінше, бұл зерттеу Теңіз кен орнының үстіндегі деформацияның егжей-тегжейлі, жан-жақты сипаттамасын беру үшін NASBA әдісінің тиімділігін бағалауға бағытталған. Біріншіден, SBAS пайдаланып алынған топырақ қозғалысын өлшеу SBAS әдеттегі әдістемесіне арналған деректермен, DInSAR алдыңғы зерттеулерінің нәтижелерімен және нивелирлік түсірудің деректерімен салыстыру жолымен тексеріледі. Содан кейін IS BAS әдісі аймақтағы геодинамикалық мониторингке қолдау көрсету үшін оның әлеуетін көрсете отырып, мұнай кен орны үстіндегі соңғы өзгерістің жаңа перспективасын ұсыну үшін SAR қазіргі заманғы деректеріне қолданылады. Сондай-ақ, бұл жұмыста сыни параметрлердің конфигурациясы және радарлық деректерді өңдеудің негізгі сәттерінде ұсынымдар түрінде өңдеу сапасын қамтамасыз ету әдістері келтіріледі.

Барлық осы мәселелер Қазақстан Республикасы Президентінің 1996 жылғы 29 қаңтардағы №2828 "Жер қойнауы және жер қойнауын пайдалану туралы" заң күші бар жарлығымен, "мұнай туралы" және "қоршаған табиғи ортаны қорғау туралы" Қазақстан Республикасының заңдары реттеледі, онда мұнай-газ өндіруші кәсіпорындарға кәсіпорынның қалыпты жұмысын қамтамасыз ету үшін өңделетін объектілер мен инженерлік коммуникациялар массивінің жай-күйіне мониторинг жүргізу жүктелген.

Жұмыс Geomatic Ventures компаниясында және Ноттингем университетінде (Англия) шетелдік ғылыми кеңесші Эндрю Соутер басшылығымен орындалды. ENVISAT ASAR ғарыштық суреттері Еуропалық Ғарыш Агенттігімен зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін өтінім негізінде ұсынылды.

**Зерттеу объектісі** Атырау облысында орналасқан Теңіз мұнай кен орнының аумағы болып табылады.

**Зерттеу пәні** мұнай кен орнын ұзақ және қарқынды игеру нәтижесінде болатын жер бетінің деформациясы мен ығысуы болып табылады.

**Зерттеудің мақсаты** өнеркәсіптік бетің шөгуін бағалау үшін радиолокациялық синтезделген аппаратураның деректерін кешенді дайындау және пайдалану әдістемесін жетілдіру болып табылады.

**Жұмыс идеясы** Еуропалық ғарыш агенттігі ұсынған Envisat Asar радар деректерін, рса Sentinel-1 еркін қол жеткізу деректерін, берілген аумақты нивелирлеу деректерін, ұңғымалар бойынша геологиялық деректерді пайдалану болып табылады.

**Қойылған мақсатқа** келесі міндеттерді шешу жолымен қол жеткізіледі:

- жер бетінің деформациясын бақылаудың қазіргі заманғы әдістерін талдауды орындау

- SBAS дифференциалды интертферометриясының классикалық әдісін қолдана отырып, Теңіз кен орнының үстіндегі өзгерістер динамикасын талдау және деформацияны анықтау.

- Теңіз кен орнының ығысуын мониторингілеу кезінде диапазоннан деректерді өңдеу үшін ISBAS инновациялық әдісін апробациялауды орындау.

- жүргізілген зерттеулердің дәлдігін бағалауды жүргізу.
- мониторинг міндеттері үшін PCA - ны таңдау өлшемдерін әзірлеу
- PCA деректерін қолдана отырып, мұнай кен орындары үшін шөгудің мұльдасын есептеудің жалпылама әдістемесін жетілдіру.

### **Зерттеудің әдіснамалық базасы**

Диссертациялық жұмысты орындау кезінде қолданылатын зерттеулер мен талдаулардың негізгі әдістерінің қатарына:

- EOLISA бағдарламалық қамтамасыз ету арқылы ENVISAT ASAR қол жетімді радар деректерін осы аумаққа талдау;

- Берілген аумаққа қол жетімді Sentinel-1 деректерін талдау және суреттерді жүктеу.

- PUNNET бағдарламалық қамтамасыз етуінде ENVISAT ASAR және Sentinel-1 радарлық деректерді SBAS классикалық өңдеу әдісін және ISBAS инновациялық әдісін қолдана отырып өңдеу;

- \* Сыни параметрлердің конфигурациясы, негізгі сәттерде өңдеу сапасын қамтамасыз ету.

- \* Statisticalcost, Network-flow Algorithm әдісімен фазаны ашу.

- \* SRTM ЦМР көмегімен топографиялық қатені жою

- ArcGIS бағдарламалық кешендегі нәтижелерді визуализациялау және жіктеу;

- Жер бетінің өзгеру динамикасын талдау

- Жүргізілген өлшеулердің дәлдігін бағалау.

### **Қорғауға шығарылатын ғылыми ережелер:**

1. Одан әрі өңдеу үшін сапалы радарлық деректерді алуға мүмкіндік беретін ғарыштық суреттерді бағалау және таңдау критерийлері.

2. Төмен таулы интерферограмманы болдырмайтын өңдеудің негізгі сәттерінде сыни параметрлер конфигурациясы бар ғарыштық суреттерді өңдеу әдістемесі.

- 3.Жер бетінің ығысуын есептеу үшін еркін тірек нүктесін қолдануға мүмкіндік беретін ISBAS инновациялық әдісі.

**Жұмыстың ғылыми жаңалығы:** жұмыста келесі жаңа ғылыми нәтижелер алынды:

- 1.Теңіз кен орнын пайдалану жағдайында жер бетінің шөгуін бағалау міндеттері үшін радарлық деректерді оңтайлы таңдау үшін өлшемдер әзірленді.

2. Техногендік жүктелген аймақтарда деформациялық үдерістерге мониторинг жүргізуге мүмкіндік беретін диапазондағы радиолокациялық синтезделген апертурадан ғарыш түсірілімдерін өңдеу әдісі жетілдірілді.

3. ISBAS инновациялық алгоритмін қолдану ығысу мониторингі кезінде тірек нүктесін таңдаумен байланысты қателерді болдырмауға мүмкіндік беретіні анықталды.

**Диссертацияның метрологиялық қамтамасыз етілуі туралы мәліметтер.**

Алынған нәтижелердің шынайылығы дәлдікті бағалау бойынша жүргізілген талдаумен расталады. Мұнай кен орны бұрын SBAS және

SqueeSAR сияқты бірнеше DInSAR әдістерін пайдалана отырып зерттелген. Сондай-ақ осы кен орнында мониторингтің жер үсті геодинамикалық әдісінің деректері нивелирлеу деректері бар.

**Жұмыстың ғылыми мәні** Мұнай және газ кен орындарын игеру кезінде массивтің деформациялану механизмі туралы түсініктерді дамыту, соның ішінде Теңіз кен орнының эксплуатациясы жағдайында өнеркәсіптік беттің шөгуін бағалау міндеттерінде түсірімдерді кешенді дайындау және пайдалану әдістемесінің теориялық және эксперименталдық негіздемесі болып табылады.

**Жұмыстың тәжірибелік маңыздылығы** оқу процесіне Теңіз мұнай-газ кен орнында ғарыштық түсірілімдерді дайындау мен өңдеудің әзірленген әдістемесін және Sentinel-1 және ENVISAT ASAR деректерін қолдана отырып, деформациялық мониторингті орындау үшін ғылыми-зерттеу ұйымдарын, сондай-ақ жерді қашықтықтан зондтау сияқты пәнді өту кезіндегі оқу процесін енгізуден тұрады.

Сонымен қатар диссертацияның тәжірибелік маңыздылығын Web of science, Scopus және т. б., Хирш базасына кіретін жоғары импакт-факторы бар журналдарда шыққан мақаламен негіздеуге болады.

**Алынған қорытындылар мен ұсыныстардың нәтижелерінің дұрыстығы** жүйелік талдау элементтерін пайдалана отырып, мұнай-газ құбырының әсер ету аймағындағы табиғи және техногендік факторлардың өзара іс-қимыл процестерін зерттеу көлемімен, сондай-ақ МОК өндірісінде және оқу процесінде әзірленген әдістемені іс жүзінде қолданумен расталады.

#### **Автордың жеке үлесі**

- Зерттеудің мақсаты мен міндеттерін қою, табиғи және теориялық зерттеулер жүргізу;

- ГДП геодезиялық желілерін құру әдістемесін жетілдіру;

- ғарыштық суреттерді дайындау және өңдеу әдістемесін жетілдіру;

- жер бетінің жылжуына бақылау жүргізу;

- алынған нәтижелерді оқу процесіне енгізу;

- ғылыми-практикалық нәтижелерді баспада жариялау.

**Жарияланымдар** "International Journal of Applied Earth observation and Geoinformation" (Web of science базасы) рейтингтік журналында бір мақаладан, ҚР БҒМ және білім саласындағы бақылау комитеті ұсынған басылымдарда 4 мақаладан тұрады.;

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі:** диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 тараудан, қорытындыдан, 98 атаудан және қосымшадан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс машинкамен басылған 103 бет, 48 сурет, 9 кестеден тұрады.

**Кіріспеде** жұмыстың жалпы сипаттамасы берілген. Тақырыптың өзектілігі, зерттеудің мақсаты мен міндеттері тұжырымдалған, қорғауға шығарылатын ғылыми ережелер мен жұмыстың практикалық маңыздылығы баяндалған.

**Бірінші тарауда** зерттеу объектісі - Теңіз ОТС кен орны сипатталған, ол әлемдегі алып кен орындарының бірі болып саналады және зерттеу үшін

ғылыми қызығушылық танытады. Кен орны барлық өріс бойынша құрылымдық рельефке сәйкес шектелген үш облысқа бөлінген: платформа, борттық (рим) және беткей. Өндіруші ұңғымалардың басым көпшілігі платформада орналасқан және жоғарғы-визей, Серпухов және башқұрт су қоймаларындағы түйіршікті және пакстонды тастан литофациалды құрылымдарда көмірсутектерді өндіруге арналған. Теңіз мұнай кен орнын талдау игерудің ағымдағы жай-күйін зерттеу мақсатында орындалды, бұл жер бетінің деформациясын мониторингілеу кезінде маңызды аспект болып табылады.

Сондай-ақ, аталған тарауда ғарыш түсірілімдерін, оның ішінде радарлық түсірілімдерді қолдануға талдау жүргізілді. Ғарыш түсірілімінің деректерін кеңінен қолдану қоршаған ортаның жай-күйі мен жер бетінде болып жатқан процестердің өзгеруін мониторингілеу үшін жаңа перспективаларды ашты. Интерференция үшін қашықтықтан радиолокациялық зондтау мәліметтерінің шағылысқан сигналында фазаның ығысуын пайдалану идеясын алғаш рет 1971 (АҚШ) - да Д. Ричман айтты. Алайда, ұсынылған әдістеме бойынша алғашқы тәжірибелік нәтижелерді тек 1986-1989 жылдары зерттеушілер Р.М. Голдстейн және Х. А. Зебкер алды. Ал дифференциалды интерферометрияны пайдалану туралы алғашқы жарияланған жұмысы 1993 жылы Д. Майсоннеттің жұмысы болды. Бүгінгі таңда, радандық түсірілім деректері әлемдік экономиканың түрлі салаларында қолданылады, олар: ауыл шаруашылығы, мұз жамылғыларының мониторингі, орман шаруашылығы, теңіз желдері және т. б. Тау-кен және мұнай-газ өнеркәсібі жағдайында, сондай-ақ ғимараттар мен құрылыстардың деформациясына мониторинг жүргізу кезінде жер бетінің өзгеруін мониторингілеу міндеттерінде ғарыш апаратын қолдану ТМД және ҚР елдерінде соңғы онжылдықтар кеңінен таралады. Сондай-ақ, біздің елімізде жер бетінің деформациясын мониторингілеу мақсатында ғарыштық радарлық деректерді өңдеуге арналған негізгі әдістеме SBAS классикалық әдісі болып табылатыны анықталды.

**Екінші тарауда** радиолокациялық синтезделген апертураның негізгі теориялық аспектілері келтірілген, оның ішінде *dinsar* SBAS классикалық әдісінің толық сипаттамасы берілген. SBS технологиясы-жер бетінің деформациясын анықтауға мүмкіндік беретін *Dinsar* (дифференциалды радиолокациялық интерферометрия) әдісі, және ең бастысы, оның уақыт бойынша дамуын талдау.

Атап айтқанда, бұл технология синтезделген апертурасы (SAR) бар радиолокатордың көмегімен жиналған деректердің көп мөлшерін пайдалануға негізделген және арнайы БҚ-да есептелген *DInSAR* әдістемесін пайдалана отырып, көп іріктелген интерферограммаларды біріктіруге мүмкіндік береді, сайып келгенде жер бетінің орташаланған жылжу жылдамдығының картасын әзірлеуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, радарлық интерферометрияны қолданудың негізгі мәселелері қарастырылды, олар теориялық негіздерден және радарлық деректерді өңдеудің классикалық алгоритмдерін пайдалану кезінде пайда

болады. Сапалы нәтиже алуға әсер ететін негізгі факторларға беттің шағылысу қабілетін, өсімдіктердің көп санын, ылғалды климатты, жер бетіндегі тірек нүктелері болмаған кезде тірек нүктесін таңдауды, атмосфералық фазаның "экран", суреттер геометриясының өзгеруін, ЦМР мен т. б. әсерін жатқызуға болады. Осы факторлардың көпшілігі когерентті сурет алуға әсер етеді, ал басқа фактор-суреттердің артықтығы-интерферометриялық бу құруға, сондай-ақ шу әсерін талдау кезінде уақытты арттырады. Жоғарыда аталған қателердің көздерін қарастыру осы зерттеу жұмысының маңызды аспектісі болып табылады, өйткені бұл диссертацияның мақсаты деректердің PCA өңдеудің қазіргі әдістерін жетілдіру болып табылады.

**Үшінші тарауда** осы диссертациялық жұмыстың эксперименттік бөлігін сипаттайды. Зерттелетін аймақтағы беттің орташа тік деформациясын есептеу үшін уақыт аралығында 2004 жылғы 21 шілдеден 2009 жылғы 25 ақпанға дейінгі кезеңде алынған PCA (SAR) отыз үш төмен түсіретін бейнесі пайдаланылды. Суреттер Еуропалық ғарыш агенттігінің ENVISAT қоршаған ортасын зерттеу үшін жерсерік бортында с-диапазоны (толқын ұзындығы 5,6 см, жиілігі 5,3 ГГц) синтезделген апертурасы бар жетілдірілген радиолокатордың көмегімен алынған. ENVISAT ASAR бейнелерінің толық жиынтығы, ол шамамен 100 км × 100 км аумақты қамтиды, алыстығы бойынша 25 м кеңістікте рұқсат етілген және азимут бойынша 5 м, зерттелетін аймақты қамтитын 42 × 40 км ішкі жинақтауға дейін кесіліп, содан кейін интерферометриялық синтезделген апертурасы (DInSAR) дифференциалды РЛС талдау әдістерін пайдалана отырып өңделді.

Суретті өңдеу алдында 2005 жылдың 16 ақпанында алынған басты сахнада субпиксельге дейінгі дәлдікпен бірге тіркелген. Шуды азайту және когеренттілікті арттыру үшін ұзақтығы бойынша 4 және азимут бойынша 20 көп нұсқалы коэффициенттер қолданылды, нәтижесінде шамамен 100 м × 100 м жердегі рұқсатқа сәйкес пиксельдер алынды. ENVISAT шағын фондық зерттеулер сияқты интерферограммалар уақытша бастапқы сызық бойынша 4 жылдық шектеумен және бастапқы сызыққа перпендикулярлы 250 м алынды, нәтижесінде 135 көпварианттық дифференциалды интерферограммалардан жиынтық алынды. Бұл шектеулер интерферограммалардағы уақытша және кеңістіктік корреляцияны минимумға төмендетеді, осылайша фазаның сапасын және когеренттілікті арттырады, сонымен бір мезгілде дифференциалды интерферограммаларды генерациялау үшін пайдаланылатын рельефтің сандық моделіндегі қателіктердің әсерін азайтады.

Когерентті шашыратқыштың стандартты талдауы Lanari және т.б. (2007) сипатталған базалық процедураны сақтай отырып, көп нұсқалы деректер негізінде жүзеге асырылды, сондықтан әрбір интерферограммада  $\geq 0.25$  орташа когеренттілігі бар пикселдер ғана өңделді. Осы құжатта бұл тәсіл SBAS техникасы деп аталады. Керісінше, ISBAS әдісі когеренттікпен қатар ең төменгі сапа стандартын қосу жолымен талдау үшін қолайлы пикселдерді анықтайды. Атап айтқанда, пиксель сақталады, егер ол

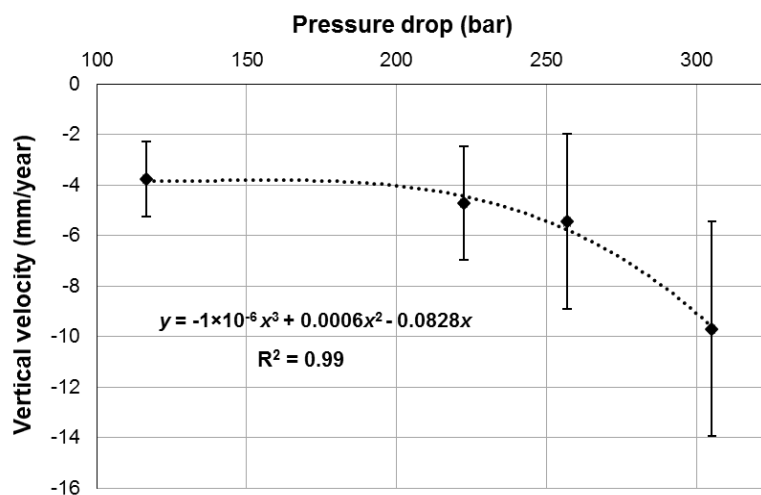
когеренттік  $\geq 0,25$  интерферограммалардың ең аз саны болса, бұл кескіннің шынысында мезгіл-мезгіл когерентті элементтерді талдауға мүмкіндік береді. Интерферограммалардың шекті мәндерінің ең аз саны кеңістіктік камту мен алынған деформация өлшеулерінің дәлдігі арасындағы, интерферограммалардың көп санымен компромиссты табуға мүмкіндік береді, бұл өлшеулердің сирек таралуымен неғұрлым дәл нәтижеге әкеледі. Isbas жылдамдығы бойынша шешімдердің орташа квадраттық қателігі мен интерферограммалардың саны арасындағы эмпирикалық тәуелділіктен оңтайлы шекті анықтауға болады. Бұл жағдайда ISBAS әдісі үшін интерферограммалардың ең аз саны 60 тең болды.

Топографиялық фаза радиолокациялық топографияны (Shuttle Radar Topography Mission) (SRTM) өңдеуге арналған көп реттік көліктік ғарыш кемесінің ұшу рельефінің 90 м сандық моделінің көмегімен дифференциалды интерферограммалардан кез келген орбиталық скаттар сияқты, статистикалық шығыстардың желілік ағынының алгоритмі когерентті (яғни SBAS) және үзік когерентті (яғни ISBAS) өрістету үшін қолданылды. Содан кейін бақылау нүктесіне қатысты әрбір пиксель үшін орташа қозғалыс жылдамдығы есептелді, ол барлық интерферограммалар бойынша когерентті және DInSAR талдауының барлық кезеңінде тұрақты болып қала беруді қамтамасыз ету үшін мұқият таңдалған. Бақылау нүктесі  $53,4^\circ$  С. Е.,  $46,2^\circ$  В координаттары бойынша мұнай және газ өңдеу зауытының шегінде салынған конструкцияда орналасқан.

Нәтижесінде, стереоанализ үшін төмендеу орбитасынан ENVISAT-тың жеткілікті деректері болмаса, радардың (LOS) тура көріну сызығындағы орташа жылдамдық әр пиксель үшін төмендеу бұрышының косинусына бөлу жолымен тиімді тік жылдамдыққа қайта құрылды. Бұл түрлендіру теңестіру деректерімен де, SAR алынған кейінгі деформациямен де салыстыру мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін жасалды. Конвенция арқылы оң тиімді тік жылдамдықтар беттің көтерілуін (немесе көтерілуін) білдіреді, ал теріс жылдамдықтар топырақтың шөгуін көрсетеді.

ISBAS жоғарыда көрсетілген процедурасы Теңіз кен орны үстіндегі топырақтың соңғы деформациясын дәл анықтау үшін 2016 жылдың 11 қарашасынан бастап 2017 жылдың 29 қыркүйегіне дейін алынған 52 көтерілмелі бейнелер үшін SAR Sentinel-1 деректеріне де қолданылды. Sentinel - 1-бұл C (C-Band) (5,405 ГГц) ауқымында SAR құралы орнатылған екі жерсерігі бар радиолокациялық миссия. Sentinel-1a және Sentinel-1b 2014 жылдың сәуір айында және 2016 жылдың сәуір айында іске қосылды. 1 жылдық уақытша бастапқы сызық және 150 метрлік перпендикулярлы базалық сызық 1179 көпқабатты интерферограмма алуға мүмкіндік берді. Интерферограмма табалдырықтарының ең аз саны 430 тең болды. Тағы да, радардың (LOS) тура көрінуін өлшеу уақытының сол кезеңіне қатысты Sentinel-1 төмен түсетін орбитасының кескіндерінің жеткіліксіз санына байланысты салыстыру үшін Sentinel-1 және ENVISAT арасындағы Әртүрлі геометрияны қалыпқа келтіру үшін косинусты түзету арқылы тік жылдамдыққа түрлендірілді.

Платформада және обод аймағында ISBAS шөгуінің орташа және ең жоғары тік жылдамдығы -5,5 мм / жыл және тиісінше -15,7 мм / жыл құрайды. Сондай-ақ, SBAS нәтижелерінде көрсетілгендей, ең үлкен шөгу кен орнының солтүстік бөлігіне келеді, онда пайдалану ұңғымаларының ең көп саны және порттық қысымды орналастыру. ISBAS әдісі SBAS арқылы танылмаса да, ол бұл деформацияны шөгу тостағы ретінде толық сипаттауға мүмкіндік береді. Бұл Comola және т.б. орындалған геомеханикалық үлгілеу арқылы бұрын есептелген шөгудің тостағанына толығымен сәйкес келеді (2016). Бұдан басқа, шөгу жылдамдығы Дагистаной және т.б. анықталған бу қысымының әртүрлі аймақтарымен қатты корреляцияланады (2011), бұл осы кезең ішінде қабаттың геомеханикалық сипаттамаларын тікелей жартылай мағыналық түсінуді береді (5-сурет). Сондай-ақ, қабаттағы тереңдіктегі әлсіз екінші корреляция айқын, бұл кернеудің өзгеруі орталық және сыртқы платформаның үстіндегі жабатын топырақтың жұқа қабаттары арқылы жер бетіне оңай беріледі.



1 сурет-қысымның төмендеуі арасындағы Корреляция (2009 ж. және бірінші түйістіру кезінде) және Дагистаноймен анықталған қысым аймағы шегінде ENVISAT ISBAS-дан алынған тұндыру орташа жылдамдығы (2011). Қателіктердің планкалары өңірлердің ішіндегі тік жылдамдықтың стандартты ауытқуын білдіреді.

DInSAR бірқатар алдыңғы зерттеулері Теңіз мұнай кен орны үстіндегі деформацияны анықтау мақсатында жүргізілді. Бұл нәтижелерді осы жерде алынған нәтижелермен салыстырған кезде жылдамдық шамасына және өлшеуді қамтудағы кейбір сәйкессіздік, тіпті өңдеу параметрлеріндегі (мысалы, уақытша және перпендикуляр бастапқы желілердегі) және деректермен қамтылған уақыт кезеңіндегі айырмашылықтарға байланысты бірдей әдіс пайдаланылғанда да сөзсіз деп тану маңызды. Сонымен қатар, тиімді тік жылдамдыққа радардың (LOS) түзу көрінуін өлшеуді түрлендіру үшін косинусты түзетуді пайдалану деформация өрісі өзінің табиғаты бойынша толық тік болып табылады деген болжам жасайды. Конверсиялық тәсіл нивелирлеу деректерімен және Sentinel-1 нәтижелерімен салыстыру



үшін қажет болса да, бұл болжам дәл болмауы мүмкін, сондықтан мұнда алынған тік жылдамдықтар жердің нақты қозғалысының шектеулі шамамен дәлдігі екенін түсіну маңызды.

Жантаев және т.б. (2012) envisat ASAR және ALOS PЛC деректеріне SBAS талдауын синтезделген апертурасы және тиісінше 2004-2009 және 2007-2010 жж. кезеңдерінде алынған фазаланған антенна торы (PALSAR) бар I диапазонды қолданды. Екі нәтиже ISBAS нәтижесіне сәйкес келетін деформация сипатын көрсетеді, онда LOS радарының тікелей көрінуіндегі топырақтың максималды жылдамдығы -20 мм / жылына дейін кен орнының солтүстік бөлігінің үстінде шөгу тостағаны басым болады. Қамту тұрғысынан, ALOS SBAS Жантаева нәтижесі және т. б. (2012) мұнда ұсынылған ENVISAT SBAS нәтижелеріне қарағанда топырақ қозғалысының көп өлшемін ұсынады, бұл көп когерентті пиксельдермен сәйкестендірілгендіктен, толқын ұзындығы үлкен ALOS сигналы (L-диапазон, 23,6 см) беттің жай-күйінің уақытша өзгеруіне аз сезімтал. Дегенмен, ALOS SBAS Жантаева және т.б. (2012) нәтижесі визуалды, ұсынылғандай, ENVISAT диапазонында деректерге қолданылатын ISBAS тәсілі үшін алынғанға қарағанда барлық зерттелетін аймақ бойынша өлшеулердің едәуір аз мөлшерін қамтамасыз етеді. Өсімдік жамылғысы бар аудандарда L-диапазонның деректері с-диапазонмен салыстырғанда неғұрлым ұзақ уақыт бастапқы желілер ішінде фазаны когерентті қалпына келтіруді қамтамасыз етуге мүмкіндік берсе де, когеренттілік әлі де бір жылдан кем уақыт аралығы үшін <0,25 дейін төмендеуі мүмкін.

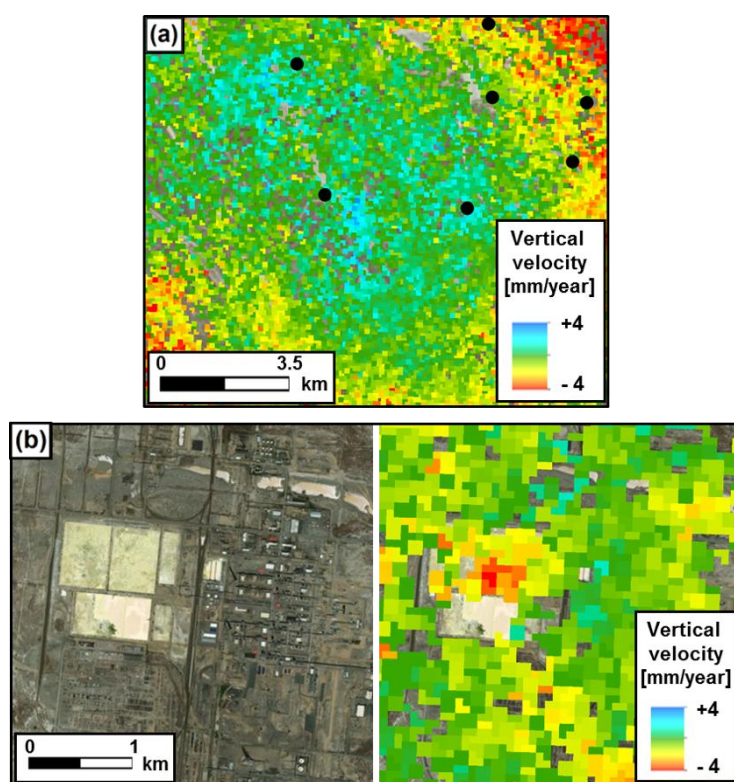
Демек, ALOS SBAS талдау үшін ең аз уақытша бастапқы деңгейді қолданбай, кейбір уақытша декорациялану мұнай кен орнының өсімдік учаскелерінде сөзсіз орын алуы мүмкін. Демек, уақытша декорациялаудың кез келген дәрежесін көрсететін пиксельдер ALOS SBAS талдауында дереу алынып тасталады, ал когерентті пиксельдер ISBAS талдауында сақталады, бұл С-диапазон деректерін пайдалануға қарамастан, мұнда байқалатын топырақ қозғалысының қосымша өлшеулерін ескереді. Comola және т. б. (2016) олардың геомеханикалық модельдеуін оңтайландыру үшін параметрлерді анықтау үшін 2004-2007 жж.ENVISAT деректерін өңдеді. Деректер squeeze SAR әдісін қолдану арқылы өңделді, онда тұрақты және таратылған шашыратқыштар да, қала емес аудандарда топырақ қозғалысын өлшеу тығыздығын арттыру үшін пайдаланылады. SqueeSAR нәтижелері isbas нәтижелерін қосымша растайды, радардың (LOS) -20 мм / жылға дейінгі тікелей көріну жылдамдығымен қабаттың үстінде отырудың нақты белгілі бір тостағандарын анықтайды, олар аздаған құлау бұрышын есепке ала отырып, толық тік болжанады.

Squeesar әдісі Isbas қамту қабатының салыстырмалы қамтылуын қамтамасыз етеді, ал тұрақты және таратылған шашыратқыштарға арналған хабарланған орташа тығыздықтар тиісінше 33 өлшем / км<sup>2</sup> және 50 Өлшем / км<sup>2</sup> құрайды, бұл ~ 150 000 өлшеуге әкеледі.

Өлшеу тығыздығы ISBAS қолдануымен салыстырғанда төмен көрінсе де, салыстыру екі әдістің (яғни деректер типі-пиксельге қарсы нүктелер)

және аймақтың ұзындығы мен ENVISAT уақыт кезеңі арасындағы ішкі айырмашылықтардан орынсыз.

ISBAS ұсынатын кеңейтілген қамту бұрын айтылған жоқ басқа да қызықты өзгерістер ерекшеліктерін түсіндіреді. Кен орнының оңтүстік-батысына қарай орналасқан, онда тұрақтылық аймағы байқалады, жеңіл көтерілу ( $<3,5$  мм / жыл) локализацияланған дақтармен кезектеседі (сурет. 2а). Бұл аймақ платформа мен обода облыстарына қарағанда DInSAR талдауымен қамтылған уақыт кезеңінің екінші жартысы ішінде қысымның жүйесіз төмендеуіне ұшыраған қабат қаптамасын жабады. Іс жүзінде, осы уақыт ішінде осы аймақта ұнғымаларда ешқандай өзгерістер немесе аздаған бу қысымының артуы байқалмады, бұл байқалатын деформацияны түсіндіреді.



2 сурет-ENVISAT қолданылған IS BAS әдісі арқылы анықталған локализацияланған деформация. (а) Теңіз мұнай кен орнының оңтүстік-шығыс жағында байқалатын тұрақтылық және көтеру аймағы және (b) күкірт алаңдарының үстінде отыру. Қара шеңберлер ұнғымалардың орналасуын білдіреді

Бұдан басқа, аздаған шөгудің аймағы мұнай-газ өңдеу зауытында қара алаңдарда байқалады (сурет 2b). Күкірт мұнай өңдеу процесінің жанама өнімі ретінде қалыптасады және қозғалыс үйіндінің биіктігінің бұлжытпай азайғанын немесе тұндыру жолымен немесе 2007-2015 жылдар ішінде алаңнан барлық үйінділерді жою жөніндегі іс-қимылдар нәтижесінде кұәландырады. Шөгуден оңтүстікке қарай алаңның үстіндегі жылдамдықты

өлшеудің болмауы, уақыт өте келе алаңның шашырауы сипаттамаларының жылдам өзгеруі салдарынан когененттіліктің ұзақ жоғалуына байланысты- жиналған материалдың едәуір мөлшерін жылдам жоюынан орын алады.

1-кесте - Деформация деңгейлері арасындағы тікелей статистикалық салыстыру (2001-2005) және ENVISAT ISBAS (2004-2009)

Өлшемтүрі	ең төменгі (мм / жыл)	ең жоғарғы (мм / жыл)	орташа (мм / жыл)	Орташа шама (мм / жыл)	Стандартты ауытқу (мм / жыл)
Нивелирлеу	-1.0	-9.9	-6.1	-6.1	2.1
ISBAS	-2.7	-13.7	-8.7	-9.8	3.6

Өлшеусаны = 25

Орташа абсолюттік қателік = 2.71

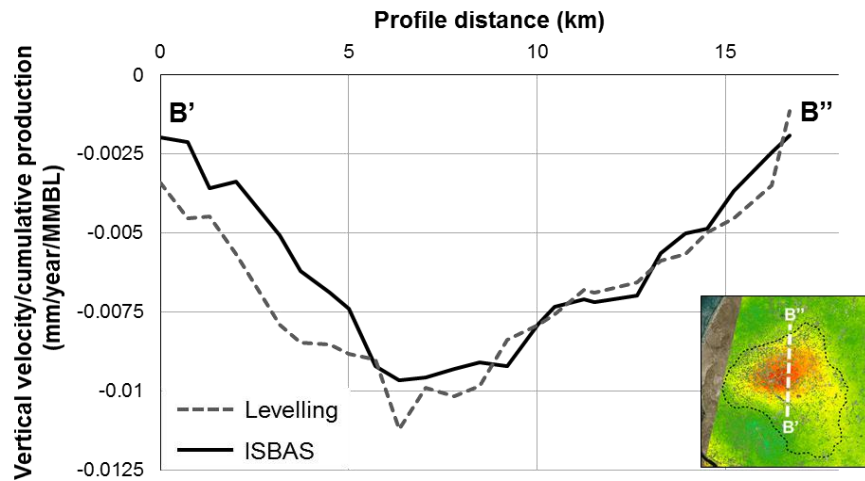
мм / жыл

орташа квадраттық қате

(RMSE) = 3.18

мм / жыл

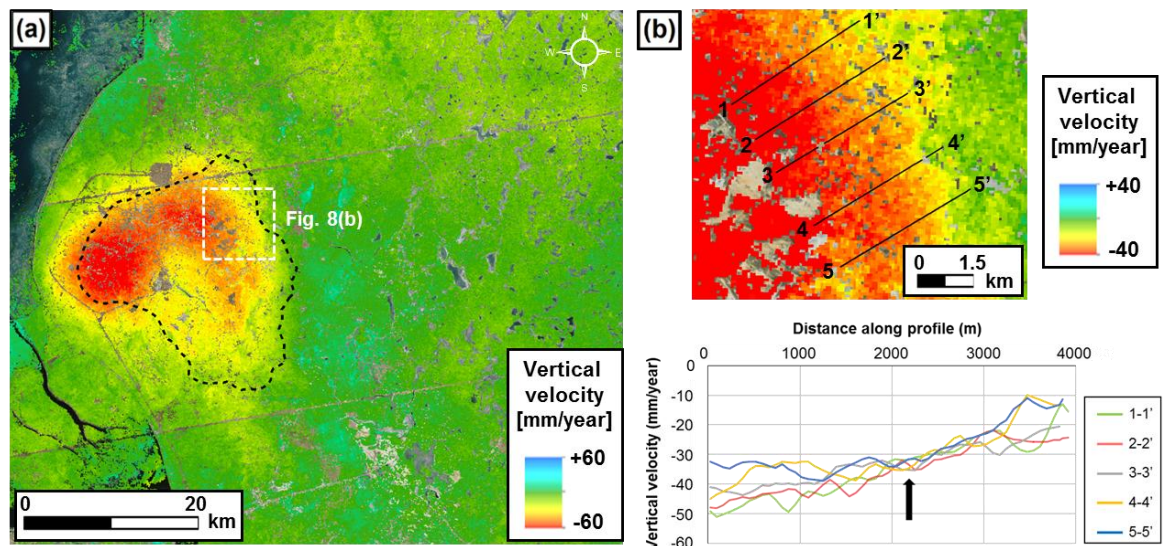
Тікелей салыстыру орташа квадраттық қатемен (RMSE) 3,18 мм / жыл және орташа абсолюттік қателікпен (1-кесте) жоғары дәлдікті нивелирлеу мен ISBAS өлшемдерінің арасындағы сәйкестіктің ақылға қонымды деңгейін көрсетеді. Қабаттың шеткері өлшеулер RMSE 0,64 мм / жыл арқылы көбірек сәйкестікті көрсетеді. Шөгуді жылдамдығындағы айырмашылықтар қабаттың ортасына қарай ең үлкен болып табылады, мұнда ең жоғары жылдамдық ISBAS әдісі үшін -13,7 мм / жыл және -9,9 мм / жыл және сәйкесінше теңестіру. Бұл айырмашылық, ең алдымен, екі өлшем жиынтығы арасындағы уақытша ығысумен байланысты деп болжанады, бұл олардың далалық жағдайларда пайдаланудың бірдей шарттарын көрсетпейтінін білдіреді. Мысалы, нивелирлеуді өлшеу мұнай өндіру салыстырмалы түрде төмен және тұрақты болған кезде 2001-2005 жылдар кезеңін қамтиды (2-суретті қараңыз), ал DInSAR талдауы 2007 жылдан кейін мұнай өндірудің елеулі өсуін белгілейді, ол қабаттың тығыздалуын және топырақтың деформациясын ұлғайтуға алып келді.



3-сурет Нивелирлеуді (2001-2005 жж.кезеңінде) және ISBAS (2004-2009 жж.)

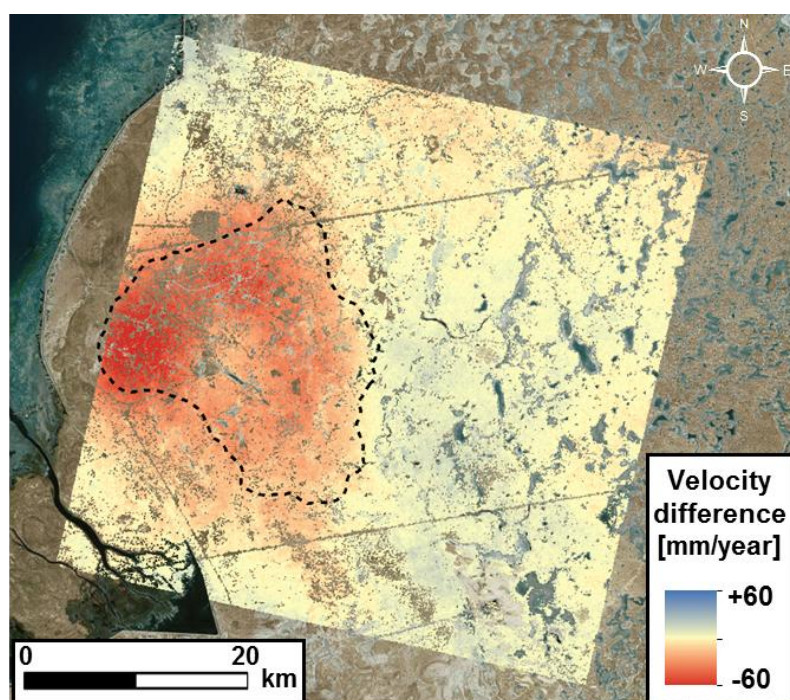
пайдаланаотырыпөлшенгентеңізқабатыныңдеформацияжылдамдығыныңөнім ділігібойыншанормаланғансалыстыру. Профильорналасуыкірістердежәне 1- суреттекөрсетілген

**Нивелирлеу мәліметтерімен салыстыру.** Осы сәйкессіздікті түсіндіру үшін топырақ қозғалысын өлшеудің екі жиынтығы 1993 және әрбір өлшеу кезеңінің соңы арасындағы жиынтық өндіруге (яғни 1993-2005 және 1993-2009 жылдары нивелирлеу және dīnsar деректері үшін кумулятивтік өндіру, тиісінше) нормаланды. Бұл деформация үрдістері арасындағы сәйкестіктің жоғары деңгейіне әкеледі, бұл қабаттың үстінде тұну тостағанының болуын анық растайды (сурет 3). Сонымен қатар, бұл жұмыс дебиті мұнай кен орнында байқалатын деформация жылдамдығын анықтайтын негізгі фактор болып табылатынын растайды. Екі деректер жиынтығы арасындағы кез келген болмашы қалдық алшақтық нүктелік және алаңдық өлшеулерді салыстыруды, беттің жылжу жылдамдығын өлшеу үшін әртүрлі тірек нүктелерін пайдалануды және пайдаланудың далалық жағдайларында басқа да өзгерістерді қоса алғанда, басқа факторлармен байланысты болады.



7 - сурет-(a) isbas әдісін пайдалана отырып, Sentinel-1 (2016-2017) деректері бойынша есептелген тік жылдамдықты көрсететін зерттелетін аймақтың топырағы деформациясының соңғы картасы. (b) мұнай кен орнының шығыс шетінде деформация картасы мен көлденең қима профильдерінің масштабты ішкі жиыны. Қара көрсеткі әлеуетті жұқа еңісті көрсетеді

Топырақтың соңғы деформациясы. Sentinel-1 (2016-2017) деректеріне қолданылған ISBAS әдісі Теңіз кен орны үстіндегі топырақтың соңғы өзгерісі туралы жаңа түсінік береді (сурет. 7a). ENVISAT талдауының шеңберінен шығатын деформация картасы бұрын мойындалған тұндыру тостаған бүкіл қабатты қамтитын отырудың кең аумағына айналғанын көрсетеді. Іс жүзінде, шөгінділер платформа мен жиек аймағынан және қапталдардан тыс 3 км-ге дейін созылды, шығыс жағынан, ол осы жиегі бойынша солтүстік-батыс-оңтүстік-шығыс қозғалмалы сынықтармен байланысты. Әлуетті, дегенмен жұқа, солтүстік-батыс-оңтүстік-шығыс линеамент, отырудың жылдамдығынан ажыраумен түзілген жезөкшелікпен осы салада табылуы мүмкін (7B сурет).



4 сурет-2016-2017 жж. (Sentinel-1) және 2004-2009 жж. (ENVISAT) кезеңдерінің арасындағы топырақтың тік деформация жылдамдығының айырмашылығы. Жылдамдықтың теріс айырмашылықтары 2004 жылдан 2009 жылға дейін шөгу жылдамдығының артуы болып табылады

Платформа ауданында және Шетінде байқалатын отырудың орташа және ең жоғары жылдамдығы  $-36,1$  мм / жыл және  $-79,3$  мм / жыл құрайды. Бұл шөгудің 2004-2009 жж.кезеңімен салыстырғанда 6,6 есе және 5 есе едәуір

ұлғаюы болып табылады. 8) аса өткізбейтін аймақтармен сәйкес келетін. Мұндай аудандар жарықтардың жоғары тығыздығына байланысты жақын арада кен орындарын игеруге ұшырап, кейіннен ең жоғары өнімді аймақтар болып табылады. Солтүстік және батыста Деформация ең көп сырғып кетті, бұл ретте шөгү, әдетте, 2004-2009 жж. қарқынымен салыстырғанда жылына 50-60 мм ұлғаюмен. Платформа орталығы шеттері бойынша кем үзілуге ұшырайды, алайда 2008 жылы осы нақты аймақта мұнай беруді арттыру үшін қышқыл газ айдау технологиясы пайдаланылды. ISBAS Sentinel-1 нәтижелеріне сүйене отырып, негізгі платформадан және обод аймағынан таза көлемнің жоғалуы тек 2016-2017 жж. Мұндай көлем мен шөгү шығындары кен орнында қысым мен тығыздаумен байланысты болады деп күтілуде - бұл, бәлкім, Болашақ Кеңею Жобасының басты факторларының бірі - кен орнында өндіруді ұлғайтуға бағытталған Сағалық қысымды басқару жобасы.

**Төртінші тарауда** суреттерді таңдау бойынша әзірленген өлшемдер және радарлық деректерді өңдеу үшін жетілдірілген ұсынымдар келтірілген.

1. Сапалы интерферограмма алу үшін уақытша базалық желі бойынша 4 жыл және перпендикуляр базалық желі бойынша 250 м шектеуді қолдану қажет. Бұл шектеулер интерферограммаларда уақытша және кеңістіктік декореляцияны минимумға төмендетеді, осылайша фазаның сапасын және когеренттілікті (Gee және т.б., 2017) арттырады, сонымен бір мезгілде дифференциалды интерферограммаларды генерациялау үшін пайдаланылатын рельефтің сандық моделіндегі қателіктердің әсерін азайтады.

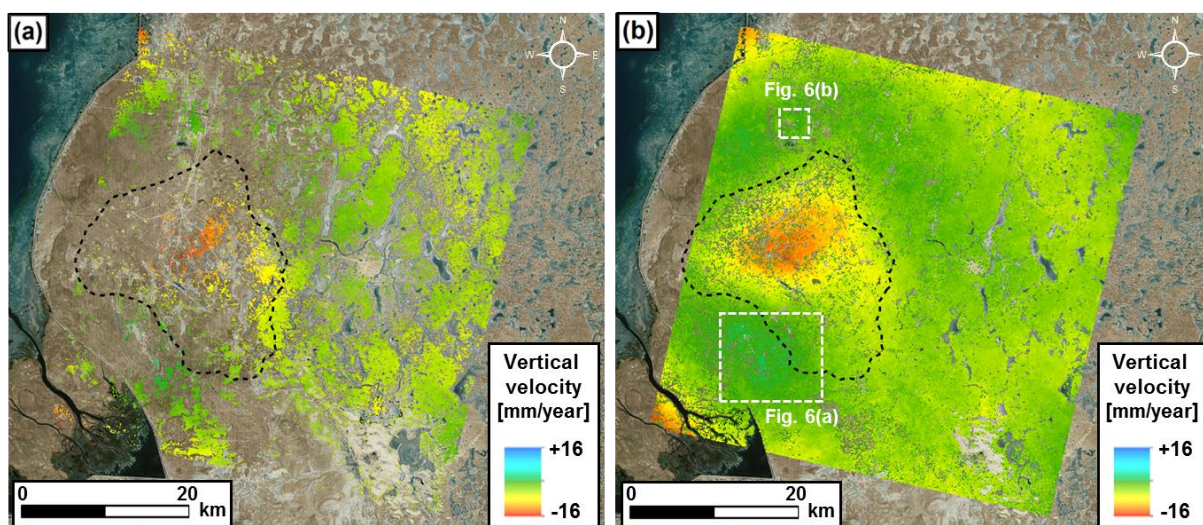
2. Шу деңгейін азайту және когеренттілікті арттыру үшін ENVISAT және ERS деректері үшін ұзындығы бойынша 4 және азимут бойынша 20 көп нұсқалы коэффициенттерді қолдану керек, шамамен 100 м × 100 м жер бетіндегі рұқсатқа сәйкес пиксель алу үшін.

3. Сол уақытта Sentinel-1 деректерінен жасалған интерферограммалардың пиксельдерін кеңістіктік Орташаландыру үшін азимут бағыттарында және қашықтық ауқымында тиісінше 6 және 30 коэффициенттері белгіленеді. Бұл Sentinel-1 пішімі ERS және ENVISAT форматынан қатты ерекшеленеді: Sentinel-1 TOPS процессорын пайдалану арқылы генерацияланады, ал ERS және ENVISAT Stripmap өңдеу арқылы генерацияланады.

4. Ішкі параметрлердің файлдарын манипуляциялау арқылы интерферограмма жасау жылдамдығын арттыратын қызықты аймақты азайтуға болады. Бұл манипуляция, егер өңдеу кезінде қандай да бір қателіктер пайда болса (мысалы, 18 сағат өңдеуден кейін) және қате табылған соң және оны жойылғанына сенімді болу үшін оны жойғаннан кейін, ауданды азайтумен манипуляцияны пайдалануға болады.

5. ISBAS әдісін қолдану, себебі бұл әдіс когеренттікпен қатар (Sowter және т.б., 2013) Ең төменгі сапа стандартын қосу жолымен талдау үшін қолайлы пикселдерді анықтайды. Атап айтқанда, пиксель, егер ол интерферограммалардың ең аз санында  $\geq 0,25$  когеренттілігі бар болса,

сақталады, бұл кескіннің шынысында мезгіл-мезгіл когерентті элементтерді талдауға мүмкіндік береді (9-сурет).



5 сурет - (а) SBAS және (Б) ISBAS әдістерін пайдалана отырып ENVISAT (2004-2009 жж.) деректері бойынша есептелген тік жылдамдықты көрсететін топырақ деформациясының карталары. Оң жылдамдық көтеруді көрсетеді, ал теріс жылдамдық отыруды көрсетеді. Нүктелі қара сызық теңіз мұнай кен орнының платформасы мен ободының ұзындығын көрсетеді. 6 (а) және (б) суреттерінің орналасуы көрсетілген

SBAS және ISBAS әдістерін қолдану арқылы ENVISAT (2004-2009 жж.) деректері бойынша есептелген орташа тік жылдамдықты өлшеу 9-суретте келтірілген. Жалпы алғанда 102 398 когерентті пиксель SBAS әдісін пайдалана отырып сәйкестендірілді, бұл  $\sim 60$  Өлшем / км<sup>2</sup> орташа мәніне сәйкес келеді. Когерентті пикселдер платформаның шекарасынан тікелей солтүстікке қарай Теңіз мұнай-газ кешені сияқты тұрақты шашыратқыштар басым облыстардың айналасында және ортасында және зерттеу алаңынан шығысқа қарай (9а сурет). Үзік когеренттілікті көрсететін пикселдерді талдауға қосу кеңістіктік қамтуды және топырақ қозғалысын өлшеу тығыздығын айтарлықтай арттырады (9Б сурет). 366 842 пикселде ISBAS жер үсті қозғалысын өлшеу саны SBAS үшін қарағанда 3,6 есе көп, бұл орташа  $\sim 215$  Өлшем / км<sup>2</sup> құрайды. SBAS қамтамасыз ететін тек 15% қамтумен салыстырғанда. Қосымша өлшемдер әдетте DInSAR әдеттегі талдау үшін қолайсыз жер қабатының түрлері бойынша орналасқан; әсіресе қалың өсімдік жамылғысы бар жерлер. Мұндай аймақтар өсімдіктердегі физиологиялық өзгерістерге байланысты бақылаулар арасында жиі динамикалық болып табылады, сондықтан бір интерферограммада когерентті болып көрінеді, ал басқаларында жоқ (Sowter және т.б., 2013).

SBAS нәтижелері кен орнының орталығына жақын жерде шөгудің шағын аймағын қоспағанда, негізінен тұрақты топырақты көрсетеді. Ең жоғары шөгу жылдамдығы платформаның солтүстік бөлігінде 14 мм / жыл. Дегенмен, ISBAS әдісімен ұсынылатын кеңейтілген қамту қабаттың

ұзындығын шектейтін шөгудің кең аумағын аша отырып, деформацияның кеңістіктік көрінісін жақсы сипаттайды.

6. Интерферограммалардың шекті мәндерінің оңтайлы ең аз санын таңдау. Дұрыс таңдау кеңістіктік қамту мен алынған деформация өлшеулерінің дәлдігі арасындағы, интерферограммалардың көп санымен компромиссты табуға мүмкіндік береді, бұл өлшеулердің сирек таралуымен анағұрлым дәл нәтижеге әкеледі. ISBAS жылдамдығы бойынша шешімдердің орташа квадраттық қателігі мен интерферограммалардың саны арасындағы эмпирикалық тәуелділіктен (Cigna және Sowter, 2017) оңтайлы шекті анықтауға болады.

7. Оңтайлы тірек нүктесін таңдау. Тұрақты дұрыс таңдалған тірек нүктесі соңғы нәтижені, оның ішінде мұнай өндіру салаларында жер бетінің деформациясының болуын анықтайды. Алайда, ISBAS әдісін қолдану бұрыштық шағылыстырғыштарды өрістету және абсолюттік жердегі позициялау деректерін талап етпейтін еркін бақылау нүктесін пайдалану қажеттілігі жоқ, бұл мониторинг тиімділігін арттырады.

8. Пиксельдің көрші пиксельден тәуелсіздігі.

Диссертациялық зерттеулер нәтижелері бойынша қысқаша қорытындылар

Диссертациялық жұмыста Теңіз мұнай-газ кен орны мысалында мұнай-газ өндіру өнеркәсібінің қолданбалы міндеттерін шешуді қамтамасыз ететін жер бетінің шөгуін бағалау үшін ғарыш түсірімдерін кешенді дайындау және пайдалану әдістемесін жетілдіру бойынша ғылыми – негізделген техникалық әзірлемелер баяндалған.

Орындалған зерттеулердің негізгі нәтижелері:

1. Қазақстандағы теңіз мұнай кен орны үстіндегі топырақтың деформациясын мониторингілеу үшін ISBAS DInSAR технологиясы қолданылды.

2. 2004-2009 жылдар аралығындағы ENVISAT SAR деректерін талдау нәтижесінде ең жоғары шөгу жылдамдығы-15,7 мм / жыл нақты кесе анықталды, бұл басқа DInSAR зерттеулерінің деректерімен расталады және нивелирлеу деректерімен расталады.

3. Ол бұрыштық шағылыстырғыштарды өрістету және еркін бақылау нүктесін пайдалану қажеттілігінсіз қол жеткізіледі және абсолюттік жер үсті позициялаудың деректерін талап етпейді, бұл мониторинг тиімділігін арттырады.

4. ISBAS-ны қолдану шығындар мен уақыт тұрғысынан неғұрлым тиімді, кәдімгі жердегі сенсорлық желіге қарағанда, аймақтық, Ұзақ мерзімді деформация мониторингінің жедел құралдарын ұсына алады. Жалпы кілтте, плизді ауыстырыңыз.

5. Топырақтың қозғалысын неғұрлым егжей-тегжейлі және жан-жақты өлшеу қабаттарды жақсы сипаттауға және оны бақылауға мүмкіндік беретіні анықталды, сондай-ақ топырақтың шөгуі мен тектоникалық бұзылысты реактивациялаудың осы қатерді жақсы түсінуге мүмкіндік береді.



6. Эксперименттік зерттеулерге негізделген ғарыш деректерін дайындау және өңдеу бойынша әдістемелік нұсқаулар әзірленді.

#### **Қойылған міндеттердің толық шешілуін бағалау:**

Диссертациялық жұмыста өңделетін аумақтардың деформациясын бағалау үшін ғарыш деректерін пайдалану бойынша отандық және шетелдік тәжірибеге жан-жақты талдау жүргізілді, бұл көмірсутегі кен орындарын пайдалану жағдайында жер бетінің шөгуін бағалау есептерінде ғарыш түсірімдерін кешенді дайындау және пайдалану әдістемесін жетілдіруге мүмкіндік берді.

Ұсынылған әдістеме көмірсутегі кен орнын игерудің тиімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ете отырып, зерттелетін аумақтағы геодинамикалық жағдайды бағалау нәтижелерінің жеделдігі мен дәлдігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Осылайша, қойылған міндет толық орындалды, атап айтқанда:

1) жер бетінің деформациясын бақылаудың қазіргі заманғы әдістеріне талдау жасалды.

2) SBAS дифференциалды интертферометриясының классикалық әдісін қолдана отырып, Теңіз кен орнының үстіндегі өзгерістер динамикасы және деформациясы анықталды.

3) Теңіз кен орнының ығысуын мониторингілеу кезінде диапазоннан деректерді өңдеу үшін ISBAS инновациялық әдісін сынақтан өткізу орындалды.

4) жүргізілген зерттеулердің дәлдігіне бағалау жүргізілді.

5) мониторинг міндеттері үшін PCA-ны таңдау критерийлері әзірленді

6) PCA деректерін қолдана отырып, мұнай кен орындары үшін шөгудің мұльдасын есептеудің жалпыланған әдістемесі жетілдірілді.

**Нәтижелерді нақты пайдалану бойынша ұсыныстар мен бастапқы деректер.** Жұмысты орындаудың әдістері мен реттілігі Қазақстанның басқа да мұнай кен орындары үшін ұқсас жұмыстарды орындау кезінде қолданылуы мүмкін.

Диссертациялық жұмыста алынған және жоғары импакт-факторы бар журналдағы мақала түрінде ресімделген нәтижелер Албанияда зерттеу жүргізу кезінде қолданылды, бұл дәйексөзбен расталды.

**Технологияның экономикалық тиімділігін бағалау.** Жер бетіндегі деформациялар мониторингінің ұсынылатын әдістемелерін қолдану кезінде басқа да мұнай-газ кен орындарында да игерудің қауіпсіздігі мен экономикалық тиімділігі артады.

**Осы саладағы үздік жетістіктермен салыстырғанда орындалған жұмыстың ғылыми деңгейін бағалау**

Орындалған әдеби дереккөздерді талдау, осы жұмыста ұсынылған ұсыныстар мен әдістемені жетілдіру диссертациялық жұмыстың қазіргі ғылыми-техникалық деңгейге сәйкес келетіндігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Келтірілген нәтижелер өңдеудің инновациялық әдісін қолдануына, жер бетінің жылжуын талдауға байланысты шынайы және ғылыми құндылығы

болып табылады, бұл алыс және жақын шетел конференцияларында, сондай-ақ Web of science базасына кіретін 4.8 импакт факторы бар журналда автордың тиісті ғылыми еңбектерінің жарияланымдарымен расталды.

## ДИССЕРТАЦИЯ ТАҚЫРЫБЫ БОЙЫНША ЖАРИЯЛАНЫМДАР

**Халықаралық рецензияланатын ғылыми журналдардағы мақалалар**

1. Stephen Grebby, Elmira Orynassarova, Andrew Sowter, David Gee, Ahmed Athab. Delineating ground deformation over the Tengiz oil field, Kazakhstan, using the Intermittent SBAS (ISBAS) DInSAR algorithm. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Issue 81, pp. 37-49, 2019, ELSEVIER, (ISSN 0303-2434, Web of Science, импакт-фактор **4,846**, квартиль **Q1**), <https://authors.elsevier.com/c/1Z50o14ynSIR0a>

**ҚР БҒМ және білім саласындағы бақылау комитеті ұсынған басылымдардағы мақалалар**

2. *Орынбасарова Э.* История развития применения космических снимков для мониторинга деформаций земной поверхности. Вестник КазГАСА, ISSN 1680-080X. №2(64), 2017, с.219-224

3. *Орынбасарова Э, Кенесбаева А.* Возможности использования данных нового спутника Sentinel-1. Вестник КазГАСА, ISSN 1680-080X. №2(68), 2018, с.168-173

4. *Орынбасарова Э.* Problematic tasks of interferometric processing. Вестник КазГАСА, ISSN 1680-080X. №2(68), 2018, с.168-177.

**Халықаралық ғылыми-практикалық конференциялар, Дүние жүзілік конгрестер, жаһандық форумдар**

5. *Орынбасарова Э.* Особенности формирования натурно-экспериментальных данных по космическим снимкам Тенгизского месторождения. Международный форум маркшейдеров «Инновационные технологии в маркшейдерии и геодезии», ISBN 978-601-228-810-0. Алматы 2015. – сс. 194-197.

6. Курманкожаева А., *Орынбасарова Э.*, Ержанкызы А. Информационная обеспеченность содержания карты в условиях сложных объектов георесурсов. Международная конференция «Развитие науки в XXI столетии», Научно-информационный центр «Знание», ISSN 5672-2605. 2018, Харьков, с. 87-93

7. Elmira Orynassarova, Yerkin Kakimzhanov, Anzhelika Kamza, Ainur Yerzhankyzy, Eugene Levin Comparison of digital elevation models generated with open Source software from various satellite imagery. International

Multidisciplinary scientific geoconference& EXPO SGEM, ISSN 1314-2704. Issue 2.3, 2018, Bulgaria 2018, pp. 73-80

8. AinurYerzhankyzy, Elmira OrynassarovaKamzaAnzhelika, KakimzhanovYerkin. Efficiency of the radar images application in problems of assessing the deformation of the Earth's surface in the condition of oil&gas production. International Multidisciplinary scientific geoconference& EXPO SGEM, ISSN 1314-2704. Issue 2.3, Bulgaria, 2018, pp. 113-120

9. AnzhelikaKamza, Elmira Orynassarova Eugene Levin ,Irina Kuznetsova , AinurYerzhankyzy. Investigation of changes in dem, constructed from time to time data from the seabed. International Multidisciplinary scientific geoconference& EXPO SGEM, ISSN 1314-2704. Issue 2.3, 2018, Bulgaria 2018, pp. 449-454

10. Орынбасарова Э., Эндрю Соутер. Особенности обработки и применения радарных снимков Sentinel-1 при деформационном мониторинге земной поверхности на примере нефтяного месторождения Западного Казахстана.Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. ISSN 2618-981X. 2018 г., Новосибирск : Пленарное заседание : сб. материалов. – Новосибирск :СГГиТ, 2018. – сс. 69-74

11. Шультц Р., Левин Е., Ержанкызы А., Орынбасарова Э.О. Использование данных аэрофотосъемки для наземного лазерного сканирования.Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. ISSN 2618-981X, 2018 г., Новосибирск : Пленарное заседание : сб. материалов. – Новосибирск :СГГиТ, 2018. – сс. 69-74

12. КурманкожаеваА.,Орынбасарова Э., Ержанкызы А. Цифровая модель в задачах развития современной картографии. Scientific discussion, ISSN 3041-4245. Vol 1, No 22, Prague, 2018, pp.36-40