

Асылбекова А.А.

**Әртүрлі деңгейдегі
ірі масштабты ландшафттық
карталарды құрастыру үшін
ғарыштық суреттерді
таңдау және талдау**

Мақалада заманауи ғарыштық аппараттар мен олардан алынатын ғарыштық суреттерге, олардың кеңістіктік дәлдіктеріне сипаттама беріледі. Арақашықтықтан зерделеу мәліметтерінің түсірілген биіктігі, масштабы мен кеңістіктік түсіру мүмкіндіктері, сәулелену диапазоны, суреттерді алудың технологиялық әдістері бойынша жіктелулері де мақалада көрсетілген. Аталмыш жұмыста алғашқы жоғары дәлдікті ғарыштық аппараттар туралы мәліметтер кеңінен талқыланады. Мысалы, EROS-B, Ресурс-ДК, КОМПСАТ-2, Cartosat-2, Landsat және т.б. Сондай-ақ өзінің технологиялық көшбасшы орнын сақтап отырған GeoEye-1, WorldView-1 және WorldView-2 секілді ғарыштық аппараттар сипатталады. Сондай-ақ жоғары дәлдіктегі ғарыштық суреттерді ландшафттық карталарды құрастыруда қолдану мәселелері де қарастырылған. Мәселе, дәлдігі бірнеше ондаған метр болатын, әлдеқайда кең таралған ғарыштық суреттер территорияның ландшафттық құрылымын талдау үшін жақсы дереккөзі болып табылады.

Түйін сөздер: ландшафт, ландшафттық карталар, Жерді арақашықтықтан зерделеу, ғарыштық суреттер.

Assylbekova A.A.

**Analysis and selection of satellite
images for mapping large-scale
landscape maps at various levels**

The article describes the characteristics of today's spacecraft and satellite images, as well as their spatial resolution. The classification of data remote sensing capture height, scale and resolution and technology of taking satellite images. Widely described spacecrafts, as – EROS-B, Resurs-DK, КОМПСАТ-2, Cartosat-2, Landsat, and others. Also, leading spacecraft GeoEye-1, WorldView-1 and WorldView-2. It is considering using high-resolution satellite images for mapping large-scale landscape maps. For example, the high resolution satellite images is the source for the analysis of the structure of the landscape.

Key words: landscape, landscape maps, remote sensing, space images.

Асылбекова А.А.

**Анализ и выборка космических
снимков для составления
крупномасштабных
ландшафтных карт
различного уровня**

В статье описывается характеристика современных космических аппаратов и космических снимков, а также их пространственных разрешений. Дается классификация дистанционных данных на высоте съемки, по масштабу и разрешению, по диапазону и технологии получения снимков. Широко описываются космические аппараты, такие как EROS-B, Ресурс-ДК, КОМПСАТ-2, Cartosat-2, Landsat и др., а также, лидирующие космические аппараты GeoEye-1, WorldView-1 и WorldView-2. Рассматриваются вопросы использования космических снимков высокого разрешения для составления крупномасштабных ландшафтных карт. Например, космические снимки высокого разрешения служат источником для анализа структуры ландшафтов.

Ключевые слова: ландшафт, ландшафтные карты, дистанционное зондирование Земли, космические снимки.

ӘРТҮРЛІ ДЕҢГЕЙДЕГІ ІРІ МАСШАБТЫ ЛАНДШАФТТЫҚ КАРТАЛАРДЫ ҚҰРАСТЫРУ ҮШІН ҒАРЫШТЫҚ СУРЕТТЕРДІ ТАҢДАУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

Кіріспе

Жоғары дәлдіктегі ғарыштық суреттер көптеген мәселелерді шешу кезінде қолданылады. Олар жер шарының кез келген аумағын зерттеуде мәлімет көзі бола алады. Әртүрлі елдердегі қорғаныс мақсатында жиналған ғарыштық суреттердің мұрағаттары енді коммерциялық пайдалану үшін қол жетімді, сондай-ақ пайдаланушыларда үлкен қызығушылық тудырып отыр, себебі – қамтылған территорияның ауқымдылығы және жедел ақпараттармен салыстырғанда сенімділігі. Жоғары рұқсаттылықтағы ғарыштық суреттерді пайдалану ГАЖ тұтынушыларына тақырыптық карталар мен сызбалар, мысалы, территорияны, орман алқаптарын пайдалану сызбасы мен т.б. жасау үшін ғана емес, сонымен қатар елді мекендердің, өндірістік орындар мен т.б. территорияларының жоғары дәлдікті планын дәйектеп, жеке ғимараттары мен құрылыстарын көрсетіп, оларды пландық өлшемде ғана емес, биіктіктік өлшемдерде де көрсетіп жасап шығаруға мүмкіндік береді. Бұл жеке аудандарды, сондай-ақ күрделі мәселелі территориялардың үш өлшемді үлгісін жасауға, сол арқылы жағдайды бақылап, мәселенің шешімін табуға мүмкіндік береді. Яғни, заманауи ғарыштық суреттер ГАЖ-дың жаңа толқынына – үш өлшемді ГАЖ-ға жақындау үшін тағы бір қадам жасауға жағдай жасайды. Осылайша, өңдеудің кейбір қиындықтарына қарамастан, арақашықтықтан зерделеудің ғарыштық жүйесінің көмегімен алынатын жоғары дәлдіктегі ғарыштық суреттер нарығын кеңейту тұстары жақсы дамып келеді.

Зерттеу нысаны

Алматы облысы Қарасай ауданы. *Қарасай ауданы* – Алматы облысының оңтүстігінде орналасқан әкімшілік-аумақтық бөлік. Аудан аумағының оңтүстік, оңтүстік-батыс бөлігі таулы (Іле Алатауының биік шыңды сілемдері), орталық бөлігі сай-жыралармен тілімделген жазық. Ауданның ең биік жері – Іле Алатауы баурайынан Ақсай өзені бастау алатын Айдатау шыңы (4029 м). Аудан жерімен Қаскелең, Шамалған (Қасқасу), Ұзынқарғалы, Ақсай, Үлкен Алматы өзендері ағып өтеді. Мұн-

да таудың қара топырағынан бастап, қуаң дала-ның бозғылт қоңыр, сұр топырағына дейінгі бар-лық табиғи белдемге тән топырақ түрлері бар.

Нәтижелері және талдау

Әуеғарыштық суреттерді қолдана отырып, керекті және сапалы ақпараттарды алу мүмкін-дігі көп жағдайда қарастырылып отырған мәсе-ленің мазмұнына байланысты болады. Қазіргі таңда, әуеғарыштық ақпараттардың қоры саны бойынша көп және құрамы жағынан алуан түрлі екендігі белгілі. Арақашықтықтан зерделеу мә-ліметтерінің бірнеше негіздері бойынша, оларды келесідей жүйелеуге болады [1]:

- түсірілім, түсірілген биіктігі бойынша, *әуеғарыштық* (500 м-ден 10 000 м-ге дейін, бі-рақ 30 000 м-ден аспау керек) және *ғарыштық* (150 км-ден жоғары биіктікте түсірілген) болып ажыратылады;

- масштабы мен кеңістікті түсіру мүмкін-діктері бойынша;

- тіркелген сәулелену диапазоны бойынша;

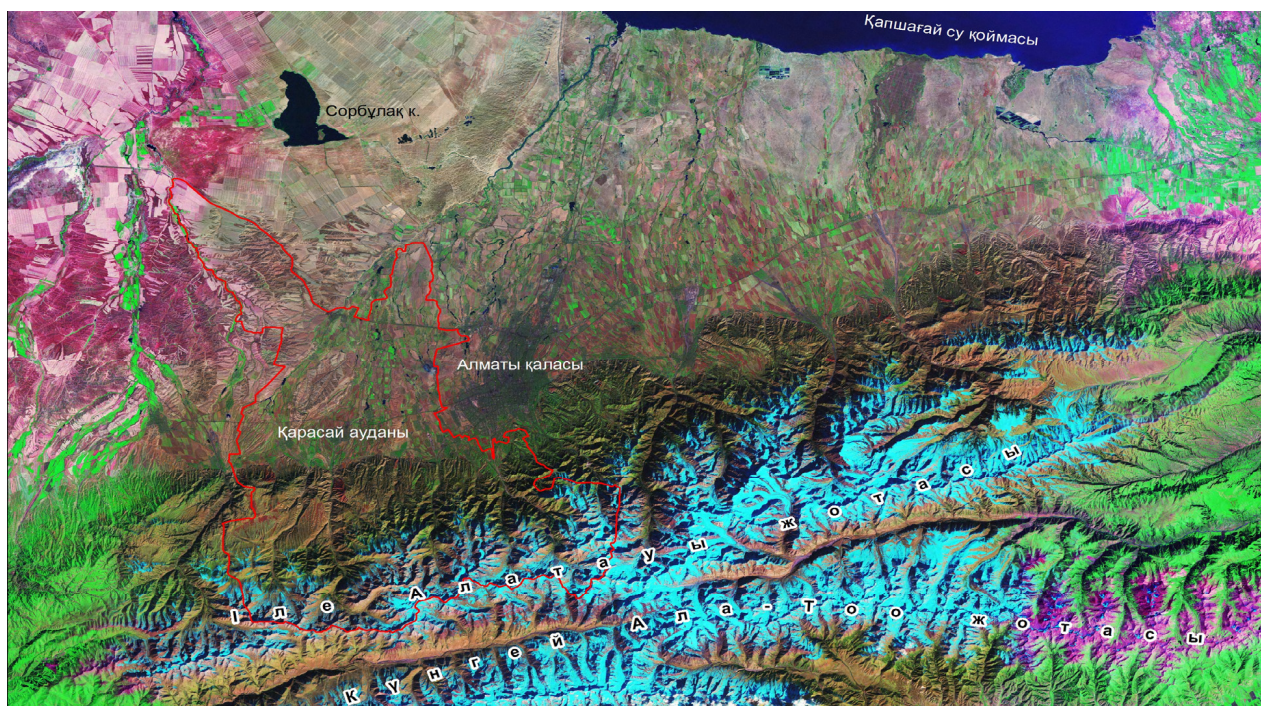
- суреттерді алудың технологиялық әдістері бойынша.

Әуеғарыштық түсіріс көбінесе ұшақпен жү-зеге асырылады. Дешифрлеу мақсатында қолда-нылатын аз биіктіктегі түсірістерге (100-1000 м),

кей жағдайда, тікұшақтар мен радиобасқарушы үлгілер қолданылады. Соңғы жылдары мұндай мақсатта жеңіл ұшақтар жиі қолданып жүр. Қазіргі таңда, әрбір суреттің координатын анық-тауға мүмкіндік беретін және заманауи құрыл-ғылармен жабдықталған құралдардың көмегімен алынған суреттерді тек дешифрлеу үшін ғана емес, сонымен қатар, фотограмметриялық өңдеу жұмыстарына қолдану мүмкіндігі туындап отыр. Әуеғарыштық жұмыстардың негізгі көлемі біздің елімізде 3000-6000 м биікте түсіріс жасайтын АН-30 әуеден түсіретін ұшақ көмегімен жүзеге асы-рылады, ал 10000 м биіктіктегі түсірістер үшін жолаушы ұшақтарында пайдаланады.

Ғарыштық суреттерді Жердің автоматты жа-санды серіктерінен, ғарыш кемелерінен және 180-400 км биіктіктен басқарылатын орбитальді станциялардан және жер бетінен орбитасы 600-900 км болатын (ресурсты серіктерден), 900-1400 км (метеорологиялық) және 36000-40000 км (стационарлы) биіктікте айналып жүретін ав-томатты жасанды серіктерден алады [2].

Ғарыштық суреттердің зерттелетін кеңіс-тік мүмкіндіктері бойынша жіктелуі. Олар-дың бейнесін тек қана суреттің масштабы 2-4 есе ірі болғанда ғана ажыратуға болады. Мұндай жағдай жиынтық және күрделі түрдегі аудандық нысандарға қатысты болып тұр.



1-сурет – Зерттеу нысанының ғарыштан көрінісі (Landsat 8)

Өте жарық және көлемдері кіші нысандардың өлшемдері фотограмметриялық суреттерде шекаралық эффект көмегімен асыра бейнеленеді, яғни эмульсияның көршілес *зерендердің* жарық түсіруі нәтижесінде болады. Бұл, әсіресе, сызықтық нысандарды зерттегенде жақсы көрінеді. Күн сәулесі Жер бетінде шағылысып, ғарыштағы көру құралдарына жету, аймағындағы өте жарық жолдар мен өзендер қара реңде өзінің нақты өлшемінен әлдеқайда кең болып көрінеді, ал дәл сондай қара түстер жарық реңде, жоғалып кетеді. Түрлі түсті суреттерді визуалды дешифрлеу кезінде мынаны ескертетін келесі жағдай бар. Ғарышта қабылдайтын құралдар өте кіші нысандарды сәулелік спектрдің ахроматиялық түрін қабылдайды. Сондықтан суреттегі нысандары түсі, оның өлшемінен өлшемінен 2-3 есе үлкен болған жағдайда ғана анықталады. Әуеғарыштық суретте салыстырмалы түрде ірі нысандар, мысалы, жеке ауылшаруашылық алқаптарының түстік реңдері бойынша жақсы ажыратылады. Ғарыштық суреттерде дәл сол нысандардың өлшемдерін қабылдау мүмкіндігінің болуы жақын болғанда ғана, оның түстері айырмашылықсыз бейнеленеді.

1 *Қабылданған сәуле шығару диапазоны.* Әуеғарыштық суреттер жерден шағылысқан сәулелік спектрдің оптикалық, жылу инфрақызыл және радиодиапазондардың әртүрлі бөліктерін қабылдау алынады. Спектрдің көрінетін (0,4-0,7 мкм) және жақын инфрақызыл (0,7-3,0 мкм) облыстарында шағылысқан күн радиациясы қабылданады. Қабылданған түсірістің негізгі саны 0,4-1,3 мкм спектр учаскесіне тиесілі болса, яғни мұнда атмосфераның мөлдірлігі жоғары болады. Фотографиялық суреттерді 0,4-0,09 мкм интервалында алады, ал оптикалық-электронды жүйелерді қолдану арқылы, оның интервалын 1,3 мкм дейін кеңейтуге мүмкіндік болады. Қазіргі таңда оптикалық диапазонда жұмыс істейтін кейбір түсіріс жүйелерінің құрылымы спектрдің 1,5-3,0 мкм учаскесіндегі шағылысқан радиацияны тіркеу мүмкіндігін қарастырып отыр [3].

Жылу инфрақызыл диапазонында (3-1000 мкм) Жердің өзіндік сәулесі қабылданады. Инфрақызыл (жылу) радиометрлерден алынған суреттерде нысандардың температуралық айырмашылықтары бейнеленеді. Атмосфераның экранға әсер етуінен түсіріс жасау кең аумақты диапазондардың кейбір учаскелерінде жасалынады: 3-5, 8-14 және 30-80 мкм.

10-12 мкм интервалға Жердің жылу сәуле шашуының көп бөлігі тиесілі. Сондықтан түсіріс жасауға көп қолданылады.

Кеңістіктікі суретке түсіру мүмкіндігі жоғары болатын ғарыштық және әуесуреттер арқылы төмендегілерді анықтайды [4]:

- термальды деректер;
- жанартаулық белсенділіктің байқалуы;
- ормандағы және шымтезектегі өрт ошақтары;
- термальды ластанулар: жылу жүйесіндегі жылудың шығуы, өндірістік сулардың қалдықтары.

Жылу инфрақызыл диапазонындағы суреттерде температуралық айырмашылықтар арқылы топырақ және жердің ылғалдылық ерекшеліктерінің көрінісін табады. Бұл жағдай осы диапазондағы түсірістердің кең қолданылуына мүмкіндік береді. Мұндай суреттер оптикалық диапазондағы суреттерді толықтыра келе, нысандарды дешифрлеу нақтылығын арттырады. Радиодиапазонда (1 мм–10 м) жердің өзіндік сәуле шашуы, радиолокациялық станция көмегімен жасалынатын жер бетінен шағылысатын жасанда сәуле шашу да қабылданады. Радиодиапазонның едәуір қысқа толқынды учаскесінде (1 мм–1 м) радиожарық температуралары тіркелінеді. Радиоажылулық (немесе қысқатолқынды) сурет жер бетінің өзіндік сәуле шашуын тіркейді, оны сканерлеу әдісі арқылы алады. Мұндай суреттерде түрлі сәуле шашу сипатына ие нысандар анықталады, көбінесе, топырақ – ылғалдылығы бойынша, сулар – тұздық дәрежесі бойынша және т.б. Радиоажылу түсіріс кезінде теңіз мұздарының жасы анық байқалады. Қысқатолқынды суреттердің кеңістіктік мүмкіндігі өте төмен – 10-20 км тең.

2 Радиолокациялық түсіріс табиғи ресурстарды зерттеуде кеңінен қолданылады. Оның ең басты ерекшелігі – ауа райының барлық жағдайында жұмыс істеуінде, яғни түсіріс сапасы тәулік мезгіліне, метеорологиялық жағдайларға тәуелді емес. Ол әрдайым бұлтты болып тұратын аудандардың үздіксіз мониторингін жасауға өте ыңғайлы. Екіншіден, радиосигнал олардың жиілігіне және жердің сипатына қарай біртіндеп тереңге ене алады. Радиолокациялық суреттердің кеңістіктік мүмкіндігі спектрдің көрінетін және жақын инфрақызыл учаскелеріндегі суреттердің мүмкіндігіне жақын болып келеді [1].

Шағылысатын радиосигнал нысандардың диэлектрлік өтімділігіне тәуелді болады. Ол ылғалдылық құрамымен тікелей байланысты болып (ылғалдылық жоғары болса, сигнал және суреттегі жарық мөлшері де жоғары болады) нысандардың геометриялық типіне де байланысты болады. Сигналдың жер бетіндегі геометриялық сипатына аса сезімталдылығы нәтижесінен жер бетінің бедерін өлшеуге, топографиялық

және геологиялық құрылымын жоғары дәлдікте анықтауға мүмкіндік береді. Зерделенетін сәуле шығару өлшемдеріне (толқын ұзындықтары, поляризация) азимут және зерделеу бұрышы бойынша белгіленген зерделеу бағытына байланысты қабылданатын сигнал көлеміне жер нысандары сипаттарының әсер етуі артады.

3 Радиолокациялық суреттердің визуализациясы үшін үш қара-ақ түсті бейнелердің синтезін қолдануға болады. Бастапқы үш бейне ретінде түрлі диапазон және поляризацияда (олардың рұқсаттылығы бірдей болған жағдайда) және түрлі уақыт шегінде орындалған суреттерді қолдануға болады. Өте ашық сұр түс бір жыл ішінде аз өзгеріске ұшырайтын және кедір-бұдырлығымен ерекшеленетін қамыс бұталарын көрсетеді. Сары түспен судағы өсімдік жамылғысы берілген, ол түсірістің екінші кезеңінде ғана судың бетінде көрініс берген [5].

Радиолокациялық түсірістерді қолдану геологиялық құрылымды және мұхит түбінде болатын толқуларды және т.б. мұхиттағы құбылыстарды шешуде көп нәтиже береді. Радиолокациялық суреттерді дешифрлеу арнайы әдістерді қолдануды талап етеді. Себебі, онда, оптикалық жағынан біздің көзімізге үйреншікті емес нысандардың шағылысуы көрініс табады. Әсіресе жер бедерінің бұрмалануы өте көп болатын таулы аудандардың суреттеріне қатысты болады.

Суреттерді алудың технологиялық әдістері. Әуеғарыштық түсірілімнің негізгі үш әдісі болады [6]:

- фотографиялық;
- оптико-электронды;
- радиолокациялық.

Фотографиялық әдісте суретті фототаспа жүйесі арқылы алады. Әуефототаспаның негізі (подложка), үлбірлік-эмульсионды (жарыққы сезімтал), қорғаныс және ореолға қарсы қабаттардан тұрады. Үлбірлік-эмульсионды жабыстыратын негіз ретінде, көбінесе, лавсанды және эстарды таспалар қолданылады. Жарыққа сезімтал эмульсияның негізгі құрамдас бөлігі ретінде галоидты күміс пайдаланады. Жарық ағынының галоидты күміске әсер етуі нәтижесінде эмульсионды қабатта қара дақ пайда болады. Оны «оптикалық тығыздық» деп атайды және ол, формулаға сәйкес жарықтанудың ондық логарифмі ретінде көрсетіледі:

$$D = \lg H$$

Оптикалық тығыздықтың жарық (эспозициясы) логарифміне тәуелділік графигін «қисық сызықтық сипаттылық» деп атайды. Дәл осы интервалда жергілікті жердегі және оптикалық тығыздықтағы нысандардың арасындағы жарықтықтың дұрыс арақатынасы сақталады. Сипатталған қисықтың тіксызықты жерінің градиенті «кері градиент» деп аталады. Ол фотографиялық енмен байланысты, яғни жерге байланысты фотомәліметтік түстер негізінде жеткізе алу болып табылады. Мұның неғұрлым коэффициент мәні жоғары болса, соғұрлым оптикалық тығыздық арасы және ені де жоғары болады. Контрастылығы төмен суреттерде түрлі кластағы нысандардың бейнесі бірдей болып келеді. Сол себепті оларды дешифрлеу қажетті нәтиже бермейді. Фотографиялық материалдардың ішінде мөлдір негіздегі негативті және позитивті материалдарды қолданған жөн. Фотоқағаздар нақты түрдегі бояқтардың арақатынасын дұрыс бере алмайды. Себебі, біріншіден, олардың фотографиялық ендігінің кіші болуы, екіншіден, жарықтылығы мен оптикалық тығыздығының арасындағы тікелей тәуелділіктің жоқ болуы [7].

Ғарыштық түсірілімдерге, әдетте ақ-қара, осындай және түрлі түсті спектрзоналды таспалар қолданылады. Ақ-қара әуефототаспалардың эмульсиясы спектрдің көрінетін облысының түрлі жерлеріне сезімтал болады. Едәуір кең аумақты панхроматты және изопанхроматты таспаларды пайдаланады. Инфрахроматты таспалар толқын ұзындығы 0,68-0,90 мкм диапазондағы сәулелерге сезімтал болып келеді. Түрлі түсті негативті фототаспа бір ғана емес, үш түсті қабаттан тұрады. Олар позитив процесінен соң түстердің дұрыс берілуін қамтамасыз етеді. Мұндай суреттерде өсімдік жасыл, ал топырақ қоңыр түспен бейнеленеді.

Спектрзоналды таспалардың екі, ал көп жағдайда үш жарыққа сезімтал 3 қабаты болады. Соңғы жағдайда қабаттардың біреуі спектрдің жақын инфрақызыл аумағына сезімтал боып келеді. Біздің көзімізде ондай сәулелерді қабылдайтын қабілет болмайды. Сондықтан мұндай қабатты енгізу спектрзоналды суреттердегі түстердің бұрмалануына алып келеді. Мысалы, ондағы өсімдіктердің түсі қызыл немесе көгілдір болып көрінуі мүмкін.

4 Спектрзоналды таспалардан түс фильтрлерінің сәйкестерін таңдау арқылы, оларды басып шығарғанда, нағыз түстерге жақын суреттерді алуға болады. Спектрзоналды суреттердің түрлі түсті спектірінің саны және олардың реңі-

не қарамастан басымдығы айқын болады. Соған байланысты түрлі түсті спектроналды таспадағы түсіріс әуетүсірісте және ғарыштан түсіріс кезінде кең қолданылады [8].

Көпзоналды фотографиялық түсірісте ақ-қара таспа қолданылады. Әдетте, оларды изопанхроматты және жарықфильтрлер болып, олар жарық ағынын спектрдің жеке учаскелеріне бөледі. Спектрдің жақын инфрақызыл бөлігінің түсірісі үшін инфрохроматты таспа қолданылады. Сонымен, көпзоналды фотографиялық түсіріс бірнеше ақ-қара суреттер сериясынан тұрады. Проекторларды синтездейтін арнайы құралдардың көмегімен зоналды бейнелерді аддитивті жолмен қосып, нәтижесінде нақты немесе бұрмаланған синтезделген түрлі түсті бейне алуға болады [3].

Түсірістің фотографиялық әдісінің ерекшелігі болып, суреттерді өте жоғары рұқсаттылықта, жоғары геометриялық және фотометриялық қасиеттерімен алуға мүмкіндік бере алуы саналады. Сонымен қатар, фотографиялық таспалар – мәліметтерді сақтаудың ең тиімді әдісіне жатады.

Әуетүсірісте фотографиялық түсіріс жүйесін қолдану басым болып келді. Ғарыштан түсіріс жасаудың кемшілігі – оның баяулығында: Таспасы бар контейнер жер бетіне аптасына бір рет түседі. Сол себепті фотографиялық ғарыштық суреттер жедел мақсатта емес, мәліметтерді ұзақ мерзімде қолдануға пайдаланылады. Суреттерді әрі қарай компьютерлік өңдеу үшін, оларды сандық түрге аударуға да болады. Фотографиялық түсіріс жүйелері күннен күнге жетілдірілу үстінде. Ғарыштық түсірістерде қолданылатын фотографиялық жүйелердің рұқсаттылығы 1:300000 масштабта 2-5м, ал 1:800 000 масштабта 10-12 м болады.

Түсірістің оптикалық-электронды әдісінің кең қолданылууда. Ғарыштан түсірілген мәліметтерді тез арада беру оптикалық-электронды сканерлі түсіріс жүйелерінің дамуына алы келді. Тиімді шешімдердің алуан түрлі болғанымен олардың барлығы жалпы қағидаға сүйенеді. Сканерлік түсіріс қағидасы жер бетінен сәуле шығарудың шағылысу жолағы бойынша әр элементті есептеуінде. Дерек көзінен түсетін сәуле шығару электр сигналына айналады, ал содан кейін радиосигнал түрінде жерге жіберіледі. Жерде ол, қайтадан электр сигналына айналады. Мұндай түсіріс кезінде ұзақ мерзімдік мәліметтерді үздіксіз алуға (нақты уақытта немесе бірнеше сағаттан кейін) және оны қабылдайтын станциясына жіберуге мүмкіндік береді [9].

5 Сканерлік түсіріс жүйелері арқылы алынған суреттердің фотографиялық түсіріс жүйелерінен айырмашылығы болып, олардың дискреттік сипаттамасы саналады. Сканерлі суреттер тұтынушыларға магнитті тасымалдаушы арқылы сандық жазба түрінде де, фотографиялық бейнеге айналдырып та берілуі мүмкін. Ол геометриялық қасиеті жағынан фотографиялық суреттерден төмендеу болады. Сканерлі түсірістің рұқсаттылығы пиксельдің өлшеміне байланысты болады. Спектрдің оптикалық диапазонындағы түсіріске арналған алғашқы сканерлеуші жүйелердің рұқсаттылығы 1-2 км болды. Алайда, олар, күннен күнге жетілдіріліп, қазіргі кезде мүмкіндігі 1м-ге дейін жетті [3, 9].

6 Сканерлі түсіріс, көбінесе, көпзоналды вариантта жүзеге асырылады. Оптикалық диапазонда жұмыс істейтін сканерлердің көбінде бірдей үш каналдары болады: 0,5-0,6 мкм, 0,6-0,7 мкм және 0,8-1,1 мкм. Оларға спектр учаскесінде түрлі құрылымдағы басқа каналдар да қосылады. Мысалы, жақын және жылу инфрақызыл және панхроматты каналдар. Бұлар суреттерді жоғары мүмкіндікте алуға мүмкіндік береді. Соңғы жылдары түсірісті 10 каналда жүргізетін гиперспектралды түсіріс жүйесін құрастыру қарастырылуда. Сканерлеу жүйелерін әр түрлі мақсатта құрастырғандықтан, каналдардың спектралды сезімталдығы ғана емес, рұқсаттылығы бойынша да ажыратылады. Оптикалық диапазонда өте жоғары және жоғары рұқсаттағы (1-40 м) сканерлерден басқа орташа (50-200 м) және төмен (300-1000 м) рұқсаттағы жүйелер де қолданыс табады. Олар едәуір аумақты қамти алады. Рұқсаттылықтың әрбір деңгейі табиғи-аумақтық кешеннің нақты иерархиялық деңгейін зерттеуге мүмкіндік береді [9].

Радиолокациялық түсірісте жер бетін радиосигнал арқылы дешифрлейді. Тасымалдаушының – ұшақ немесе жер серігінің бортына радиолокатор, яғни белсенді түрдегі қысқа толқынды қабылдағыш орнатылады. Ол жиіліктің белгілі диапазонында поляризацияланған радиотолқынды жіберіп, қабылдай алады.

Сигналдардың таратылуы сканер ұстанымы бойынша жүреді, яғни бір жолдан екіншісіне өту тасымалдаушының қозғалуына байланысты болады. Антенна локаторына қайтарылған энергия көлемі «кері таралу» деп аталады. Радиолокаторлық суреттің әрбір пикселі белгілі учаске бетінің жалпы коэффициентінің бейнесін немесе антеннаға кері қайтқан сигналдың қуатын көрсетеді. Пикселдер жарығының мәні, яғни шағылысқан

радиотолқандардың түрлі физикалық модельде пайдаланылатын таралудың үлестірілген эффективті бетіне келтірілуі мүмкін. Пикселдің жоғары жарықтылығы сигналдың көп бөлігінің антеннаға қайта келгенін, ал төменгісі керісіншесін білдіреді.

7 Радиолокациялық жүйелер құрылымы түріне қарай жанынан шолу және антенна апертурасын синтездеу болып бөлінеді. Олар суреттерді түрлі кеңістіктік рұқсаттылықта алуға мүмкіндік береді. Бірінші жағдайда ғарыштан алынған суреттердің рұқсаттылығы 1-2 км, ал екіншісінде 10-25 метр болады. Жоғары мүмкінділік сигналдың кіші импульсімен сәуле шығарудың есебінен алынады. Шағылысқан радиосигналдардың жиілігі және поляризациясы түрліше болуы мүмкін. Сондықтан түсіріс нәтижесінде жер бетіндегі нысандардың дешифрлеу мүмкіндігін жоғарылататын бірнеше суреттерді алуға болады. Тұтынушыға радиолокациялық суреттер сандық түрде немесе фототаспадағы бейне түрінде де берілуі мүмкін [10].

Ғарыштық суреттерде біруақытта табиғи ортаның барлық компоненттері мен олардың өзара байланысы бейнеленетін болғандықтан, олар ландшафттану үшін бағалы. Алайда ландшафттардың ғарыштық суреттерін табиғаттың ерекшеліктерінің индикаторлары ретінде зерттеу аса маңызды. Геологиялық, гидрогеологиялық, топырақ және крио литологиялық зерттеулерде дамыған табиғатты салалық және кешенді зерттеу барысында қолданылатын дешифрлеудің ландшафтты индикациялық әдісі туралы айтудың өзі жеткілікті. Дәстүрлі ландшафттық құрылымды, оның заманауи шынайы тенденцияларын – дамуын, антропогендік түрленуі мен динамикасын зерттеуде ғарыштық суреттердің орны ерекше үлкен.

Егер бұрындары аймақтық ландшафттық зерттеулерде негізгі үлгі болып салалық карталар мен маршруттық зерттеулер нәтижелері бойынша құрастырылған, көп еңбекті талап ететін ландшафттық карталар қызмет көрсетсе, ал қазір, аймақтық ғарыштық суреттердің пайда болуымен ландшафттану әлдеқайда дәл және оңай үлгілерге қол жеткізе алатын болды. Оның маңызды қасиеттері:

– Ұсақ масштабты зерттеулер – ландшафтты және физикалық-географиялық аудандастырудың жоғары бірліктерінің нысандары үшін геожүйелік өлшемдердің жеткіліктігі;

– Дифференциалдылықтың құрлымы және оның бағалылығы;

– Ландшафттық құрылымның басты қасиеттерін оптикалық генерализациялаудың арқасында бейнелеу;

– Тек кеңістіктік ғана емес, сонымен қатар кеңістіктік-уақыттық ақпараттылығы;

– Көпжүйелілік, иерархиялылығы, геожүйелік деңгейлердің диапазонын кеңінен қамтуы.

Дәлдігі бірнеше ондаған метр болатын, әлдеқайда кең таралған ғарыштық суреттер территорияның ландшафттық құрылымын талдау үшін де жақсы дереккөзі болуы мүмкін. Олар фациалды деңгейдегі ландшафттардың құрылымының қарапайым бөліктерін жасыратын болып шықты, себебі олар жергілікті жердің биіктеу аймағында шағылысады екен.

Ғарыштық суреттердің бұл қасиеттері құрылымдық-морфологиялық талдау негізінде ландшафттарға ішкі ортақтықты анықтағанда оларға ерекше бағалылық алып келеді.

Ең маңыздысы ландшафттың динамикалық күйін зерттеу болып табылады. Мұндайда, ғарыштық суреттер бойынша ландшафттың морфологиясымен бірге уақыт мен кеңістік бойынша өзгерістерді бақылауға болады. Ормандар мен жайылымдық шалғындардың, қашықтықтағы жайылымдардың, эрозияланған егіс далаларының белгілі бір қараңғылығы ландшафт табиғатын тануда бірінші деңгейлі мәнге ие болады. Ландшафттардың динамикасын талдау ландшафттың дамуының кеңістіктік-уақыттық қатарларын есепке алып, бір реттік суретке түсіру арқылы да жүруі мүмкін.

Аймақтардың ландшафттық құрылымдарының көпжылдық даму тенденцияларын анықтау үшін әртүрлі уақыттағы ғарыштық суреттерді саластыру немесе заманауи суреттерді ескі карталармен салыстыруға (мысалы, 40-50 жыл бұрын жасалған орта масштабты топографиялық шолу карталары) болады.

1999 жылдан бері әлемдік масштабта оптикалық-электрондық жабдықтамасы бар, 0,4-1,0 м рұқсаттылықтағы суреттерді алуға мүмкіндік беретін 11 азаматтық ғарыш аппараттары (ҒА) жасалған, олар арқылы алынған суреттер кадастрлық жұмыстар жүргізу кезінде, инженерлік ғимараттарды жобалау мен олардың құрылысы барысында, көмірсутегі шикізаттарын барлауда, топографиялық карталар мен пландар жасауда кеңінен қолданылады.

Алғашқы жоғары дәлдікті ҒА жасап шығарушылар тек қана америкалық компаниялар болды, алайда 2006 жылдан бері қарай мұндай аппараттарды басқа елдер құрастыра бастады.

Израиль (EROS-B), Ресей («Ресурс-ДК»), Корея (KOMPSAT-2) және Үндістан (Cartosat-2). Соған қарамастан, АҚШ әзірше өзінің технологиялық көшбасшы орнын сақтап отыр, оның дәлелі орбитаға шығарылған рұқсаттылығы 0,40,5 м болатын GeoEye-1, WorldView-1 және WorldView-2 секілді аппараттар. Оптикалық-электронды жо-

ғары дәлдікті FA негізгі параметрлері мен олардың борттық түсіріу құралдарның ерекшеліктері 13 және 14 суреттерде келтірілген, мұндағы f – фокустық арақашықтық; d – басты айнаның диаметрі; PAN – панхроматты режим; MS – мультиспектральды режим; ЗУ – есте сақтаушы құрылғы; MC – сурет масштабын анықтаушы.

КА	Страна	Запуск	Высота орбиты, км	Наклон орбиты	Период обращения, мин	Максимальное отклонение от надир	Мощность, Вт	Габариты, м	Масса, кг	Нормальный срок службы, лет
Существующие космические аппараты										
Ikonos-2	США	24.09.1999	681	98,1°	98,3	45°	600	1,8x1,6	720	5-7
QuickBird-2	США	18.10.2001	450	97,2°	93,4	50°	563	3,0x1,8	1028	5-7
OrbView-3	США	26.06.2003	470	97,2°	92,6	50°	625	1,9x1,2	360	5
EROS-B	Израиль	01.03.2006	500	97,3°	97,3°	45°	800	2,3x4,0	350	10
Ресурс-ДК 1	Россия	15.06.2006	361–604	70,4°	94,8	40°	—	7,9x —	6570	3
KOMPSAT-2	Корея	28.07.2006	685	98,1°	94,0	56°	955	2,6x2,0	800	5
Cartosat-2	Индия	10.01.2007	637	97,9°	98,5	45°	900	2,5x2,4	680	7
WorldView-1	США	18.09.2007	496	97,2°	97,4	40°	3200	3,6x2,5	2500	7
Cartosat-2A	Индия	28.04.2008	635	97,9°	93,0	45°	900	2,5x2,4	690	7
GeoEye-1	США	08.10.2008	684	98,0°	98,0	50°	3862	4,4x2,7	1955	7
WorldView-2	США	08.10.2009	770	97,8°	100,0	40°	3200	4,4x2,5	2800	7
Планируемые космические аппараты										
Pleiades-1	Франция	2010	694	90,2	—	45°	1500	—	1000	—
GeoEye-2	США	2012	—	—	—	—	—	—	—	—
Ресурс-П1	Россия	2012	—	—	—	—	—	—	—	—

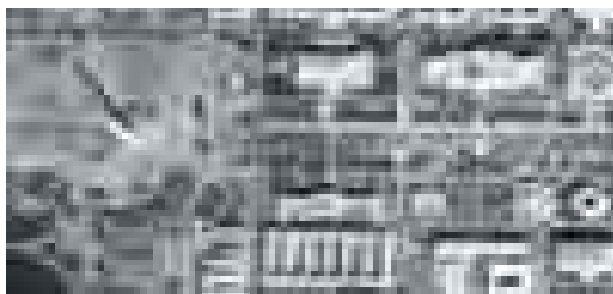
2-сурет – Оптикалық-электронды жоғары дәлдікті FA көрсеткіштері

Қарастырылған FA ішіндегі ең үздіктері GeoEye-1, WorldView-1 және WorldView-2, олар суреттерді м кеңістіктік дәлдіктермен қамтамасыз етеді [11]. Жоғары дәлдіктегі ғарыштық суреттердің нарығы өте жылдам өзгеріп отырады. Жеке компаниялардың жеке жер серіктерін ұшыруы және сол арқылы алынған түсіріс нәтижелерін сатуы арақашықтықтан зерделеу мәліметтерінің жеке нарығын қалыптастырды. Жоғары дәлдіктегі ғарыштық суреттерге қатысты нарықтың сегменті туралы айта отырып, бірнеше мәселелерді атап өту керек. Біріншіден, жаңа жер серіктерді жіберу айғағының өзі ком-

панияларға мұндай ақпараттың тарауының өзі бұл нарықтың болашағы туралы оң баға береді. Екіншіден, фотографиялық жүйелердің сапасымен салыстырғанда алынған материалдардың сапасын қамтамасыз ететін оптикалық-электронды жүйелердің даму үдерісі күмәнсіз алға жылжуда. Үшіншіден, нақты суреттің бар болуы – әлі сәтті өңдеуге кепілдік бемейді, себебі жоғары рұқсаттылықты ғарыштық суреттердің келесі баяндамада айтылатын бірнеше ерекшеліктер қатары бар. Оның үстіне, қазір нарықта бар дәлдігі 1 м болатын кеңістіктік рұқсаттылықты суреттерді өңдеуге басым көңіл бөлінеді (4-сурет).

КА	Параметры оптико-электронной камеры						Параметры ЗУ и передачи информации		Выходные параметры космической системы			
	f, м	d, см	Размер эл-та, мкм		Число элементов в линейке		Емкость, Гбит	Скорость, Мбит/с	Захват, км	МС	Разрешение, м	
			PAN	MS	PAN	MS					PAN	MS
Существующие космические аппараты												
IKONOS-2	10,0	70	12	48	13 500	3375	80	320	11	68 000	1,0	4,0
QuickBird-2	8,8	60	12	48	27 568	6892	128	320	16,5	51 000	0,6	2,4
OrbView-3	3,0	45	6	24	8000	2000	32	150	8	157 000	1,0	4,0
EROS-B	5,0	50	7	Нет	10 000	Нет	2x120	450	7	100 000	0,7	Нет
«Ресурс-ДК1»	4,0	50	9	—	36 000	—	768	300	28,3	90 000	1,0	3,0
KOMPSAT-2	—	—	—	—	15 000	3750	64 и 96	320	15	137 000	1,0	4,0
Cartosat-2	5,6	70	7	Нет	12 288	Нет	64	105	9,6	114 000	0,8	Нет
WorldView-1	8,8	60	8	Нет	35 000	Нет	2200	800	16,4	113 000	0,5	Нет
Cartosat-2A	5,6	70	7	Нет	12 288	Нет	64	105	9,6	56 000	0,8	Нет
GeoEye-1	13,3	110	8	32	35 000	9300	1200	740	15,2	51 000	0,41	1,64
WorldView-2	13,3	110	8	—	32 000	9300	2200	800	16,4	58 000	0,46	1,8
Планируемые космические аппараты												
Pleiades-1	12,9	65	13	52	30 000	7500	600	465	20	53 800	0,5	2,0
GeoEye-2	—	110	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	—
«Ресурс-П1»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5–1	—

3-сурет – Борттық түсіру құралдарының және ҒА шығу көрсеткіштері



4-сурет – Кеңістіктік дәлдігі 1 м болатын ғарыштық суреттің фрагменті

Барлық заманауи түсіріс жүйелері оптикалық-электрондық болып табылады. Сәулелі энергия қабылдағыштардың пайда болуының арқасында бүгінде ПЗС (зарядты байланысы бар құрал немесе ағылшынша – CCD) сызғыштары мен матрицалары фотопенкадағы жарықсезімтал элементтердің өлшемі бойынша (яғни рұқсаттылық қабілеті бойынша) алдыңғы орынды бермейді. Арақашықтықтан зерделеудің заманауи жер серіктері үлкен ресурстарға ие, сол арқылы олар орбитада жылдар бойы қалып, өз жұмыстарын жалғастыра алады (фотопенкалы

құралдар секілді бір ай ғана емес). Бұл дегеніміз – актуалды және бағалы ақпараттарды жылдам алу, жер бетіндегі белгілі бір нүктеде болып жатқан құбылыстардың өзгерісін бақылау, және де, әрине құралдарды тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Шет елдік бірнеше компаниялар (олардың ішінде EarthWatch, Orbimage, Space Imaging, ImageSat) жер бетінің 1 м рұқсаттылықтағы суреттерін беретін аппараттарды жіберуді жоспарлап отырғаны кездейсоқ емес, алболашақта жергілікті жердің суретін шамамен 0,5 м рұқсаттылықта түсіріп беретін жүйесі бар жер серіктерді ұшыру жоспарда бар [11].

Қорытынды

Ғарыштық суреттер – антропогендік түрленулер мен ландшафттың бұзылуын туралы мәліметтер бере алатын тиімді ақпарат көзі. Ғарыштық суреттер бойынша құрастырылған ландшафттық карталар мәліметке өте бай карталар болып табылады. Ғарыштық түсірістердің материалдары арқылы мамандандырылған динамикалық ландшафттық карталарды құрастырады, олар ландшафттарға бейімделген егіншілік

жүйесі (ЛБЕЖ) бойынша мәселелерді шешкен кезде аса бағалы болады.

Жер бетін ғарыштан түсіру ЛБЕЖ жобалау кезінде терриориялық талдау жасау үшін қажет болады. ЛБЕЖ енгізілген аңқты аудандардың интегралданған ғарыштық фотобейнесі дәстүрлі компоненттік тәсілді аймақтардың ландшафт-

ты-құрылымды табиғатымен (геокешендер) ұштастыруға мүмкіндік береді. Аймақтық ландшафттық құрылымдар әр түрлі ландшафттардың кеңістіктік және генетикалық заңдылықтарын ұсынады, олар дифференциалданған ландшафттық жүйелерді экологиялық бағалау кезінде маңызды компоненті болып табылады.

Әдебиеттер

- 1 Книжников Ю.Ф. Основы аэрокосмических методов исследований. – МГУ, 2003 – 137 с.
- 2 Лурье И.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений // Дистанционное зондирование и географические информационные системы. – М.: Научный мир, 2003
- 3 Лурье И.К. Основы геоинформатики и создание ГИС. Дистанционное зондирование и географическое информационные системы. – М.: ИНЭКС-92, 2002. – Ч. 1. – 140 с.
- 4 Книжников Ю.Ф. Основы аэрокосмических методов географических исследований. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 137 с.
- 5 Мирошниченко В.П., Соколов Н.Н., Виноградов Б.В. Использование аэросъемки для географического изучения территории // В кн.: Вопросы географии. Сб. статей Международного географического конгресса, М.–Л., 2000.
- 6 Космические методы геоэкологии. – М.: Геогр. ф-т МГУ, 1997. – 108 с.
- 7 Кравцова В.И. Космические методы изучения природной среды: Современный фонд космических снимков. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 205 с.
- 8 Лабутина И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. – Москва, 2004. – 97 с.
- 9 Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений. – М.: Изд-во МГУ – 1991.
- 10 Щербенко Е.В., Асмус В.В. Методика цифровой обработки аэрокосмической информации для составление почвенных карт // Исследование Земли из космоса. – М.: 1990. – Вып. 4. – С.102-112.
- 11 Лавров В.В. Космические съемочные системы сверхвысокого разрешения // ГИА «Инноттер». – 2010. – №3.

References

- 1 Knizhnikov Ju.F. Osnovy ajerokosmicheskikh metodov issledovaniy. – MGU, 2003 – 137 s.
- 2 Lur'e I.K., Kosikov A.G. Teorija i praktika cifrovoj obrabotki izobrazhenij // Distancionnoe ondirovanie i geograficheskie informacionnye sistemy. – M.: Nauchnyj mir, 2003
- 3 Lur'e I.K. Osnovy geoinformatiki i sozdanie GIS. Chast' 1. Distancionnoe zondirovanie i geograficheskoe informacionnye sistemy. – M.: INJeKS-92, 2002.-140 s.
- 4 Knizhnikov Ju.F. Osnovy ajerokosmicheskikh metodov geograficheskikh issledovaniy. – M.: Izd-voMGU, 1980. – 137 s.
- 5 Miroshnichenko V.P., Sokolov N.N., Vinogradov B.V. Ispol'zovanie ajeros#emki dlja geograficheskogo izuchenija territorii // V kn.: Voprosy geografii. Sb. statej Mezhdunarodnogo geograficheskogo kongressa, M.–L., 2000.
- 6 Kosmicheskie metody geojekologii. – M.: Geogr. f-t MGU, 1997. – 108 s.
- 7 Kravcova V.I. Kosmicheskie metody izuchenie prirodnoj sredy: Sovremennyy fond kosmicheskikh snimov. – M.: Izd-vo MGU, 1991. – 205 s.
- 8 Labutina I.A. Deshifrirovanie ajerokosmicheskikh snimkov. – Moskva, 2004. – 97 s.
- 9 Knizhnikov Ju.F., Kravcova V.I. Ajerokosmicheskie issledovaniya dinamiki geograficheskikh javlenij. – M.: Izd-vo MGU – 1991.
- 10 Shherbenko E.V., Asmus V.V. Metodika cifrovoj obrabotki ajerokosmicheskoy informacii dlja sostavlenie pochvennyh kart // Issledovanie Zemli iz kosmosa. – M.: 1990. – Vyp. 4. – S.102-112.
- 11 Lavrov V.V. Kosmicheskie s#emochnye sistemy sverhvysokogo razresheniya // GIA «Innotter». – 2010. – №3.