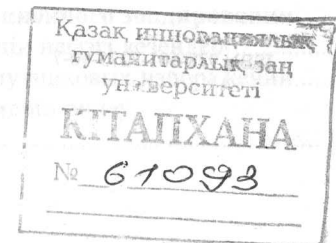


М.Ш. Алинов

## ЖЕРДІ ЦИФРЛЫҚ ӘДІСПЕН ЗЕРТТЕУ

## ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Алматы, 2019



0  
1  
1  
2  
6  
8  
3  
4  
36  
4  
36  
8  
40  
6  
49  
1  
54  
1  
54  
9  
3

*Баспаға Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ҰТЗУ ғылыми кеңесі ұсынған*

*Пікір бергендер:*

- Омарбеков Т.О.** – техника ғылымдарының докторы, ҚазҰАУ-нің профессоры  
**Иващенко А.Т.** – биология ғылымдарының докторы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ профессоры  
**Скакова А.А.** – география ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ доценті

**Алинов М.Ш.**

- А 44 Жерді цифрлық әдіспен зерттеу / Цифровые методы исследования Земли:**  
оқу құралы / М.Ш.Алинов. – Алматы: «Бастау», 2019. – 232 бет.

ISBN 978-601-7275-90-7

Ғарыштық дистанциялық зондтаудың принциптері, әдістері және технологиялары қарастырылады. Географиялық ақпараттық жүйелер туралы мәлімет береді. Ауыл шаруашылығы, климаттық көріністер, табиғи және экстремальды экологиялық апаттар, аумақтардың дамуын ұйымдастыру, сонымен қатар экожүйелердің биологиялық және су ресурстарының жай-күйі туралы кеңістіктегі ақпараттық бейнелерді қолдану мысалдары келтірілген.

*География, геоинформатикалық жүйелер, экология, цифрлық ақпаратты өңдеу және басқалай жоғары білім беру жүйесінде бағыттарға арналған, сондай-ақ осы саладағы ғалымдар мен мамандар үшін қызығушылық тудырады.*

Рассматриваются принципы, методы и технологии космического дистанционного зондирования Земли. Приводятся сведения о географических информационных системах. Приводятся примеры использования космических информационных изображений на практике в сферах сельского хозяйства, климатических проявлений, стихийных и чрезвычайных бедствий экологии, организации застройки территорий результаты, а также состояния объектов биологических и водных ресурсов экосистем.

*Предназначено для системы высшего образования по направлениям и специальностям: География, Геоинформационные системы, Экология, Цифровая обработка информации и других, а также представляет интерес для ученых и специалистов данных сфер деятельности.*

ӘОЖ 528  
КБЖ 26.12

ISBN 978-601-7275-90-7

© Алинов М.Ш., 2019  
© «Бастау», 2019

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе .....	8
Введение .....	120
<b>1-тарау. Дистанциялық зондтау жүйесінің жалпы технологиялары .....</b>	<b>9</b>
<b>Глава 1. Общие технологии системы дистанционного зондирования .....</b>	<b>121</b>
1.1. Кіріспе .....	9
1.1. Введение .....	121
1.2. Негізгі ақпараттар .....	10
1.2. Общие сведения .....	122
1.3. Ғарыштан Жерді дистанциялық зондтаудың тарихы .....	13
1.3. История дистанционного зондирования Земли из космоса .....	126
1.4. Суретке түсірудің негізгі технологиясы .....	16
1.4. Основные технологии получения снимков .....	128
1.5. Дистанциондық зондтау жүйелерінің шешімдігі .....	20
1.5. Разрешающая способность систем дистанционного зондирования .....	133
<b>2-тарау. Гео-ақпараттық жүйелер және ұшу-навигациялық технологиялар .....</b>	<b>24</b>
<b>Глава 2. Геоинформационные системы и спутниковые навигационные технологии .....</b>	<b>136</b>
2.1. Геоақпараттық жүйе .....	24
2.1. Геоинформационная система .....	136
2.2. Орбита мен ғарыштық спутниктердің сипаттамасы .....	28
2.2. Характеристика орбит и космических спутников .....	140
2.3. Қазақстандағы қашықтықтан зондтаудың ғарыштық жүйелері .....	36
2.3. Космические системы дистанционного зондирования Земли в Казахстане .....	149
<b>3-тарау. Дистанциялық деректерді өңдеу .....</b>	<b>41</b>
<b>Глава 3. Обработка данных дистанционного зондирования .....</b>	<b>154</b>
3.1. Спутниктік бейнелерді өңдеудің негізгі кезеңдері .....	41
3.1. Основные этапы обработки спутниковых изображений .....	154
3.2. Дистанциялық зондтау деректерін өңдеу бағдарламаларына шолу .....	49



3.2. Обзор программных средств обработки данных дистанционного зондирования.....	163
<b>4-тарау. Ауыл шаруашылығында дистанциялық зондтау жүйесінің қолдануы.....</b>	<b>58</b>
<b>Глава 4. Применение системы дистанционного зондирования в сельском хозяйстве.....</b>	<b>172</b>
4.1. Дәлді жер шаруашылығының геоақпараттық технологиялары.....	58
4.1. Геоинформационные технологии точного земледелия.....	172
4.2. Ауыл шаруашылығы техникасының навигациялық жүйесі.....	64
4.2. Система навигации для сельскохозяйственных машин.....	178
4.3. Басқару және бақылау жүйесінің жұмысы.....	65
4.3. Работа системы контроля и мониторинга.....	179
4.4. Қазақстандағы ауыл шаруашылығы өндірісінің ғарыштық мониторингі.....	67
4.4. Космический мониторинг сельхозпроизводства в РК.....	181
<b>5-тарау. Дистанциялық зондтау деректерін картографияда қолдану.....</b>	<b>71</b>
<b>Глава 5. Применение данных дистанционного зондирования в картографии.....</b>	<b>185</b>
5.1. Спутниктік бейнелерге негізделген әр түрлі мақсаттар үшін карталарды қалыптастыру.....	71
5.1. Формирование карт различного назначения на основе космических снимков.....	185
5.2. Құрылыстағы аумақтың картографиялық деректер базасын құрудың үлгі мысалы.....	77
5.2. Модельный пример создания картографической базы данных застраиваемой территории.....	191
<b>6-тарау. Дистанциялық зондтау мәліметтерді гидрологияда қолдану.....</b>	<b>84</b>
<b>Глава 6. Применение данных дистанционного зондирования в гидрологии.....</b>	<b>198</b>
6.1. Қазақстанның гидроресурстары.....	84
6.1. Гидроресурсы Казахстана.....	198
6.2. Гидрологиядағы дистанциялық зондтау технологиялары.....	87
6.2. Технологии дистанционного зондирования в гидрологии.....	201

<b>7-тарау. Дистанциялық зондтауды қоршаған ортаны қорғау және төтенше жағдайларда қолдану.....</b>	<b>99</b>
<b>Глава 7. Применение дистанционного зондирования в задачах охраны окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.....</b>	<b>213</b>
7.1. Экологиядағы дистанциялық зондтау деректерін қолдану.....	99
7.1. Использование данных дистанционного зондирования в экологии.....	213
7.2. Дистанциялық зондтауды төтенше жағдайларда қолдану.....	106
7.2. Применение дистанционного зондирования в задачах выявления чрезвычайных ситуаций.....	220
<b>Бақылаудың сұрақтары.....</b>	<b>112</b>
<b>Вопросы для контроля.....</b>	<b>226</b>
<b>Пайдаланылған және ұсынылған әдебиеттер тізімі.....</b>	<b>116</b>
<b>Список использованной и рекомендуемой литературы.....</b>	<b>230</b>

## ЖЕРДІ ЦИФРЛЫҚ ӘДІСПЕН ЗЕРТТЕУ

## КІРІСПЕ

Өткен онжылдықта ғарыштық технология мен геоақпараттық технологияларды дамыту нәтижесінде аумақты зерттеудің спутниктік әдістері маңызды болды. Әсіресе олар климаттың өзгеруі, биологиялық жүйелер, белгілі бір облыстардағы және географиялық аумақтардағы экологиялық және төтенше жағдайлар көріністеріне байланысты зерттеулерге сұранысқа ие болды. Дистанциялық зондтау жүйесінің көмегімен қоршаған ортаның жай-күйі мен жерді пайдалану туралы, флора мен фаунаның жай-күйі, өсімдік өнімділігін бағалау, су объектілерінің жай-күйі және табиғи апаттардың салдары: су тасқыны, жер сілкінісі және орман өрттері туралы ақпарат алу мүмкіндіктері кеңейтілді. Дистанциялық зондтау құралдарының тиімділігі жердің жай-күйі мен жаһандық ауқымдағы атмосфераның арасындағы байланысты анықтайтын бірегей ақпаратты алуда көрінеді. Зерттеу деректері, әдетте, цифрлық форматта, пайдалану үшін жарамды ақпаратты өңдейтін суретке түсіріледі.

Қазіргі уақытта бұл мәселелер бойынша қажетті ғылыми, оқу-әдістемелік әдебиеттердің болмауы байқалады. Шетелдік аударылған оқу-әдістемелік материалдар қазақстандық жағдайларда және білім беру жүйесіне аз пайдаланады.

Оқу құрал лекциялық және практикалық материалдар негізінде әзірленді және осы салаларда жаңа білім беру бағдарламаларын енгізуді талап етуді ескере отырып әзірленді.

## 1-ТАРАУ. ДИСТАНЦИЯЛЫҚ ЗОНДТАУ ЖҮЙЕСІНІҢ ЖАЛПЫ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

### 1.1. Кіріспе

*Жерді дистанциялық зондтау (ЖДЗ)* – бұл объектімен, аумағымен немесе құбылысымен тікелей байланыссыз ақпарат жиналатын процесс. Дистанциондық зондтау әртүрлі өлшеу платформаларынан: ұшақтар мен ғарыштық аппараттардан (ұшақтар, тікұшақтар, ғарыштық аппараттар, спутниктер және т.б.), кемелер мен суасты қайықтарының және жердегі станциялардан жүзеге асырылатын байланыссыз тексерулердің барлық түрлерін қамтиды. Бұл жағдайда суретті зерттеу объектілер туралы географиялық ақпараттарды алып тастау арқылы өз бетімен немесе шағылысқан радиацияны қашықтан тіркеу және өлшеу нәтижесінде мақсатты түрде алынған нақты нысандардың екі өлшемді метрикалық бейнесі ретінде анықталады. Соңғы онжылдықта дистанциондық зондтау материалдарының көлемі, әртүрлілігі және сапасы айтарлықтай өсті. Бүгінгі таңда жердің бүкіл бетін толығымен жабатын, сондай-ақ бірнеше қабаттасатын өңірлердің елеулі бөлігі үшін аэроғарыштық суреттердің үлкен қоры жиналды.

Жер бетінің кеңістіктік бейнесі ерекше маңызды. Түсіру ғарыш аппараттарынан, спутниктерден, шарлардан жасалған. Ғарыштық жүйелер жүйелі түрде толықтырылып отырған спутниктік жұлдыздарға негізделген, олар орбитадағы ғарыш аппараттарының жұмысын қамтамасыз ететін күрделі инфрақұрылымды, ақпарат алуды, оны сақтау мен таратуды қамтамасыз етеді.

Оның қасиеттеріне байланысты ғарыштық суреттер тәжірибелік және ғылыми салаларда кеңінен қолданылады. Ғарыштан жерді зерттеуге арналған материалдар жер ғалымдарында кеңінен қолданылады. Ғарыштық суреттер табиғат ресурстарын жан-жақты зерделеуге, табиғи құбылыстардың динамикасына, қоршаған ортаны қорғау міндеттеріне бағытталған зерттеулерде қолданылады. Спутниктік бейнелерден атмосфераның, литосфераның, гидросфераның, биосфераның және аймақтық, аймақтық және жаһандық ауқымдағы ландшафттарының негізгі құрылымдық ерекшеліктерін зерттеуге болады. Жерді зерттеудің жаңа ғылыми бағыты бар, мысалы спутниктік метеорология, спутниктік гидрофизика, ғарыштық картография және ғарыштық геодезия және т.б. Дистанциондық зондтау деректері картографияда кеңінен қолданылады және жалпы географиялық және тақырыптық карталарды құрастыру және жылдам жаңартып алу көзі ретінде кеңінен қолданылады. Аймақтардың

геоэкологиялық мониторингін жүзеге асыруда қоршаған ортаның жедел мониторингін жүргізу үшін ғарыштық ақпараттарды пайдалану ерекше орын алады.

Табиғи объектілерді зерделеудің дистанциондық әдістері көп көрінуді, мезгіл-мезгіл деректерді қайта алу мүмкіндігін, суреттерді қабылдау мен берудің жоғары жылдамдығын, сондай-ақ құбылыстың динамикасын жан-жақты талдауға және бағалауға мүмкіндік береді.

Картографиялық мақсаттар үшін спутниктік бейнелерді пайдалану спутниктік бейнелердің өте құнды қасиеттері арқылы анықталады:

- ірі аумақтық қамту және суреттерді жоғары қорыту;
- ғаламшардың негізгі құрылымдық, және аймақтық ерекшеліктерінің суреттерін зерттеу;
- кең аумақтарды зерттеудің уақтылығы;
- табиғи құбылыстардың динамикасын – мерзімді және эпизодтық, сондай-ақ шаруашылық қызметті (егістік, пісетін, жинау, жер және теңіз ластануы) зерттеуге мүмкіндік беретін сауалнаманы үнемі қайталау. Спутниктік бейнелерден тұратын карталар қазіргі заманғы және сенімді.

Дистанциялық зондтау деректерін картаға түсірудің негізгі артықшылықтары: зерттеу кезінде деректердің өзектілігі, объектілердің шекараларын анықтаудың жоғары дәлдігі, объектілерді анықтаудың жоғары объективтілігі және объектіні белгілі бір сыныпқа беру.

Сонымен қатар, дистанциялық зондтау деректерін қолдану жердегі зерттеулердің көлемін азайтуы мүмкін және осылайша зерттеу уақытын қысқартуы мүмкіндігі.

Осылайша, ғарыштан Жерді зерттеу әдістері жоғары технологияларды тек зымыран технологиясын, күрделі оптикалық-электронды құрылғыларды, компьютерлерді қолданумен байланысты ғана емес, сонымен қатар өлшеу нәтижелерін түсіндіруге жаңа тәсілмен де атайды.

## 1.2. Негізгі ақпараттар

*Аэроғарыштық сурет* – объектілердің жарықтығын қашықтан жазу арқылы және қоршаған әлемнің көрінетін және жасырын объектілерін, құбылыстары мен процестерін зерттеуге, сондай-ақ кеңістіктік жағдайды анықтауға арналған, нақты геометриялық және радиометрикалық заңдарға сәйкес алынған нақты нысандардың екі өлшемді бейнесі.

Қазіргі заманғы аэроғарыштық суреттер ауқымы өте үлкен: ол 1:1000-нан 1:100 000 000-ға дейін, яғни өзгеруі мүмкін. жүз мың рет. Сонымен қатар аэрофотосъемкалардың ең таралған таразылары 1:10 000 – 1:50 000

ауқымында және 1:200 000 – 1:10 000 000 ауқымында орналасқан. Барлық аэроғарыштық суреттер әдетте аналогтық (әдетте фотографиялық) және сандық (электрондық) бөлінген. Цифрлық суреттердің бейнесі жеке бірдей элементтерден қалыптасады – *пиксел* (ағылшын тілінен – pixel); Әрбір пикселдің жарықтығы бір нөмірмен сипатталады.

Аэрокосмостық бейнелер жер бетіндегі ақпараттық модель ретінде суреттер, радиометриялық (фотометриялық) және геометриялық сипаттармен сипатталады. Графикалық сипаттары бейнелерді ұсақ бөлшектерді, түстерді және объектілердің тональды градиацияларын ойнату мүмкіндігін сипаттайды. Объектілердің жарықтығын сандық тіркеудің дәлдігінің радиометриялық дәлелдері. Геометриялық объектілердің өлшемдерін, ұзындығын және аумақтарын және олардың бейнелерінен салыстырмалы орналасуын анықтау мүмкіндігін сипаттайды.

Жер бетіндегі спутниктік бақылауды қолданудың ең жақсы тәсілі оларды басқа көздерден алынған ақпаратпен бірге талдау. Бірнеше орбитадан (стерео) бір-бірімен қиылысу арқылы суретке түсіру үшөлшемді нысандардың неғұрлым дәл бейнесін алуға мүмкіндік береді.

Мультизоналық бейнелерді пайдалану түрлі объектілердің тональдық сипаттамаларының бірегейлігіне негізделген. Жарықтылық деректерін түрлі спектральды ауқымдардағы суреттерден біріктіру кейбір кеңістіктік құрылымдарды нақты ажыратуға мүмкіндік береді. Көптеген санын (10-дан астам) тар ату алаңдарын атуға шақырады гиперспективті. *Гиперспектральды* бейнелеу кезінде сіңіру жолақтарының болуымен сипатталатын объектілерді сәйкестендіру мүмкіндіктері артады, бұл типтік, мысалы, ластану. Көп аймақты және гиперспектральды зерттеулер субъектілердің спектральды жарықтығы олардың түсіндіру үшін айырмашылықтарын неғұрлым тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

*Бірнеше рет түсіру* – алдын-ала белгіленген күндерде кесте түсірілімі, бұл сипаттамалар уақыт өткен сайын өзгертін объектілердің суреттеріне салыстырмалы талдау жүргізуге мүмкіндік береді.

*Көп деңгейлі түсіру* – әртүрлі дискреттеу деңгейлерімен түсіру, зерттеу аймағы туралы егжей-тегжейлі ақпарат алу үшін қолданылады.

Әдетте, барлық деректерді жинау процесі үш деңгейге бөлінеді: спутниктік суреттер, әуе сауалнамалары және жерге негізделген шолулар. Аралас әдіс көп уақыттағы, көп аймақты және көп поляризациялық зерттеулерді пайдалану болып табылады.

Қашықтан басқару құралдары алыстағы объектілердің сипаттамаларын өлшеуді қамтамасыз етеді, сондықтан олар зерттелген нысаннан немесе бақыланатын бетінен тұрақты платформаға орналастырылуы керек. Қашықтағы құралдарға арналған платформалар Жерде, ұшақта,



ғарыш кемесінде немесе Жердің атмосферасынан тыс жерсерікте орналасуы мүмкін. Сателлиттер бірнеше ерекше қасиеттерге ие, олар Жер бетінің зондтау үшін әсіресе пайдалы.

Дистанциондық зондтау құрылғыларымен жабдықталған бірқатар спутниктер жан-жақты геофизикалық ақпаратты алу үшін арнайы орбитаға шығарылды. Түсіру ультракүлгін (УК), көрінетін жақын және орташа инфрақызыл (ИК), термиялық IR және радио толқындар жолақтарында жүргізіледі.

УК-да көрінетін және ИК-диапазондардан айырмашылығы радиацияның қарқындылығы өте төмен. Ультрафиолет аймағы 0,1-0,2 мкм – бұл атмосфераның молекулалық оттегі толығымен сіңіп, Жер бетіне 60 км-ден төмен өтпейтін спектрдің аймағы. 0,2 ден 0,4 мкм аралығындағы ультракүлгін сәуле шығару Озон қабатына түседі, ол Жердегі барлығын УК сәулесінің зиянды әсерінен қорғайды. Ұзын толқын ұзындығының ультракүлгін сәулесінің шағын бөлігі әлі күнге дейін Жер бетіне жетеді.

**УК диапазоны** жоғарғы атмосфераның және Жердің өзін бақылау үшін әзірленуде. 2006 жылдан бастап осындай датчиктер ғаламдық ғарыш жүйесінде (XFC) сыналды. УК-диапазонында топырақтың және дақылдардың ластануы, егіннің жай-күйі және тар спектральды арналарымен лақтауыштың өзі анықталуы мүмкін.

**Көрінетін және жақын IR диапазондарындағы** дистанциондық зондтау олардың нысандарымен көрсетілетін күн сәулесінің тіркеуін спектрлік рефлексияға негізделген. Суреттер объектілердің оптикалық сипаттамаларын – олардың спектральды жарықтығын көрсетеді. Түсіру үшін жарықтандыру қажет, ал бұл жағдайда бұлттар түсіруге кедергі келтіреді. Оптикалық камералар мен сканерлердің көмегімен осындай зерттеу жүргізілуде: ресейлік «Ресурс-О», «Метеор» және «Океан» спутниктері; шетелден – NOAA, Landsat және басқалардан. CZCS (Coastal Zone Color Scanner) жүйесінің океанның түсі үшін арнайы әзірленген SeaStar спутниктің Nimbus және SeaWiFS (Seaviewing Wide Field Sensor – Sea Color Scanner) жерсеріктік спутниктері.

Жер бетінің температурасын анықтау үшін **термиялық инфрақызыл** тербеліс бетінің меншікті жылу сәулеленуін өлшеуге негізделген. Бұл диапазонда түсіру жарықтандыруға байланысты емес, ол түнде жасалуы мүмкін, бірақ бұлттар да бұл жерде кедергі болып табылады. Ең танымал - NOHR сериялы спутниктерінде орналасқан AVHRR (Advanced High Resolution Radiometer) сканерлеу радиометрі. Осы құрылғыдан алынған мәліметтер кеңінен таралған және бүкіл әлемде қолданылады. Тағы бір әйгілі аналог – Еуропалық ERS және Envisat жер серіктеріне орнатылған ATSR сериялы радиометр. Жердің EOS ғаламдық бақылауларының

АҚШ бағдарламасына сәйкес Terra спутнигінің бейнесі ерекше болды. MODIS 36-каналды бейнелеу жүйесі 1 қызу рұқсаты бар 10 жылу арнасында суретті түсіруді қамтамасыз етеді және 14 арналы ASTER жүйесі 90 метрлік рұқсатпен 6 жылу арнасында толығырақ суреттерді ұсынады. Келіп түсетін ату материалдарымен жақсы танысу, оларға еркін кіру мүмкіндігі Интернет оларды кеңінен қолданды.

**Радио диапазонында** түсіргенде, радиотолқындар сіңірілмей дерлік бұлт пен туман арқылы өтеді, олар кез келген ауа-райында және күннің кез келген уақытында қабылданады. Суреттер бетінің рельефті және кедір-бұдырын, оның ылғалдылығын және кейде жер асты құрылымдарын анық көрсетеді. Микротолқынды диапазондағы пассивті дыбыс бетінің ішкі радиациясын тіркеуге негізделген. Белсенді сезім – спутниктен сәулеленуге және радиожііліктің көрінетін бетін алуға мүмкіндік береді. Пассивті радиометрлер көмегімен мұздың негізі, біртектілігі және қалыңдығы, сондай-ақ бұлттың ылғалдылық сақтауы, жауын-шашынның қарқындылығы, желдің жылдамдығы туралы ақпарат алуға болады.

Белсенді сезімнің негізгі құралы шынайы антеннамен және синтетикалық тесік антеннасымен бүйіріндегі радарлар болды. Seasat, ERS-1, ERS-2, Radarsat және Envisat спутниктеріндегі SAR радиолы шетелдік құрылғылардың арасында ең танымал болып табылады, ал «Алмаз» спутнигіндегі Океан және SAR спутниктеріндегі ресейлік радар станциялары ең танымал. Торех, Jason және басқа да спутниктердің радиополимерлері белсенді орналасу қағидаты бойынша жұмыс істейді, аталған датчиктердің көпшілігі Дүниежүзілік мұхиттың ғаламдық мониторингіне ұзақ уақыт пайдаланылды.

### 1.3. Ғарыштан Жерді дистанциялық зондтаудың тарихы

Дистанциондық жерді қашықтан зерттеулер әдістері ұзақ уақыт бойы қолданылған. Алдымен біз зерттелетін объектілердің кеңістіктік орналасуын анықтайтын суреттер суреттерін қолдандық. Фотосурет өнерін ойлап тапқан кезде, негізінен фототеодолитке негізделген суретке түсіру жүргізілді, онда тау-кен өңірлерінің карталары перспективалы фотосуреттерге сәйкес жасалған. Авиацияның дамуы жоғарыдан, жоспардан көрінетін аэрофотосъемкаларды ұсынды. Бұл жер туралы ғылымдар қуатты зерттеу құралымен – **ауе әдістерімен** жабдықталған.

Дистанциондық зондтау тұжырымдамасы 19-ғасырда фотосурет өнертабысынан кейін пайда болды және астрономия қолданудың алғашқы бағыттарының бірі болды. Кейінірек, дистанциондық зондтау әскери салада қарсылас туралы ақпарат жинау және стратегиялық

шешімдер қабылдау үшін қолданыла бастады. Американдық азаматтық соғыс кезінде бақылаусыз ұшақтардың көмегімен алынған фотосуреттер әскерлердің қозғалысын, жеткізуді жеткізуді, фортификация жұмыстарын жүргізуді және артиллериялық шабуылдардың әсерін бағалауды бақылау үшін пайдаланылды.

Өртүрлі мемлекеттер қаржыландырған зерттеулердің нәтижесінде, алғаш рет әскери мақсаттар үшін сенсорларды жасауға, содан кейін бұл әдісті азаматтық қолдануға мүмкіндік беретін технологиялар әзірленді. Екінші Дүниежүзілік соғыстан кейін дистанциондық зондтау қоршаған ортаға бақылау жасау және аумақтардың дамуына, сондай-ақ азаматтық картографияға арналған. XX ғасырдың 60-жылдары ғарыштық зымырандар мен спутниктердің пайда болуымен ғарышқа дистанциондық зондтау енгізілді.

Дистанциондық зондтаудың жаңа дәуірі ғарыштық ұшу, барлау, метеорологиялық және ресурстық спутниктермен байланысты. 1960 жылдан бастап әскери мақсаттағы DZ мүмкіндіктері КОРОНА, ARGON, LANYARD бағдарламалары шеңберінде барлау спутниктерін іске қосудың нәтижесінде айтарлықтай өсті, оның мақсаты төмен орбиталардан фотосуреттер алу болды.

1961 жылы Құрама Штаттарда іске қосылғалы тұрған адамның ұшу бағдарламалары нәтижесінде, адам 1969 жылы Айдың бетіне алғаш қонды. Жер серігі алынған Меркурий бағдарламасы, егіздердің жобасы (1965-1966 жж.), «Аполлон» бағдарламасы (1968-1975) кезінде дистанциондық зондтау деректерінің жүйелі түрде жиналуын атап өту керек. Жер бетіндегі дистанциондық зондтау барысында (Жерді қашықтықтан зондтау) адам айға қонды, Skylab ғарыш станциясының (1973-1974) ұшуы өтті. Олар жер ресурстарын зерттеу жұмыстарын жүргізді, 1981 жылы басталған қайта пайдалану ғарыш аппараттарының ұшулары.

Кенес Одағында, содан кейін Ресейде ғарыштық бағдарламалар американдық ғарыштық бағдарламалармен қатар дамыды. 1961 жылғы 12 сәуірде Юрий Гагариннің ұшуы ғарышқа алғаш рет ұшқан, Восток ғарыштық аппаратын (1961-1963), Восход (1964-1965) және ғарыштық станциялардың орбитасында жұмыс істейтін «Союз» Сәлем» (1971 жылғы 19 сәуірде тұңғыш рет).

Алғашқы метеорологиялық спутник 1960 жылы 1 сәуірде АҚШ-та іске қосылды. Ауа райы болжамы, циклондардың қозғалысын бақылау және басқа да ұқсас міндеттер үшін пайдаланылды. Жер бетінің үлкен учаскелерін үнемі түсіру үшін қолданылатын жер серіктерінің арасында бірінші болып TIROS-1 болды. Алғашқы мамандандырылған спут-

ник 1972 жылы іске қосылды. Ол ERTS-1 деп аталды және негізінен ауыл шаруашылық мақсаттарында пайдаланылды. Қазіргі уақытта осы сериялардың сателлиттері *Landsat* деп аталады. Олар орта мерзімді шешімдерге ие аумақтарды тұрақты көп аймақты зерттеуге арналған. 1975 жылдан бастап Қытай өзінің жеке спутниктерін мерзімді түрде іске қосты, бірақ олар алған мәліметтер әлі де жабық қолжетімді. Еуропалық ғарыш концорциумы 1991 және 1995 жылдары ERS радиолокациялық спутниктерін, ал 1995 жылы Канадада RADARSAT жер серігін іске қосты.

Аэроғарыштық әдістерді дамыту тарихы ғалымдар мен технологиялардың жаңа жетістіктері бейнелерді алу технологиясын жетілдіру үшін бірден пайдаланылатынын көрсетеді. XX ғасырдың ортасында компьютерлер, ғарыш аппараттары, радиоэлектрондық бейнелеу жүйелері сияқты дәстүрлі аэрофототүсірілім әдістерінде революциялық өзгерістер болғанда – аэроғарыштық зондтау басталды. Ғарыштық суреттер өңірлік және жаһандық деңгейдегі мәселелерді шешу үшін геоақпаратпен қамтамасыз етті.

Қазіргі уақытта аэроғарыштық зондтау прогрессивті дамуындағы келесі үрдістер анық көрінеді.

- Интернетте тез орналастырылған ғарыштық бейнелер кәсіби мамандар үшін де, жалпы халық үшін де кеңінен танымал бейне ақпарат болып табылады.
- Ашық қолжетімді спутниктік бейнелердің ажыратымдылығы мен метрикалық сипаттары жылдам өсіп келеді. Аэрофототүсіріліммен сәтті бәсекелесетін ультра жоғары ажыратымдылықты өлшеуіш және тіпті дезометрдің орбиталық суреттері танымал болып келеді.
- Ауа райы радарын дамыту оны метрикалық – нақты кеңістіктік геоақпарат алуың прогрессивті әдісіне айналады.
- Жердің аэроғарыштық зондтауының түрлі өнімдері нарығы тез қалыптасады. Орбитада, әсіресе шетелде жұмыс істейтін коммерциялық ғарыш аппараттарының саны тұрақты түрде артып келеді.

***Жерді дистанциондық зондтауға арнаған қазақстандық жерсеріктері.***

4 жыл бұрын, 2014 жылғы 30 сәуірде «Kazuosat-1» ғарыш аппараты *Жерді дистанциондық зондтаудың алғашқы қазақстандық жер серігін* («Жерді қашықтықтан зондтау») Құру космодромынан (Француз Гвианасы) табысты іске қосты. Бұл спутникті кеңістіктік ажыратымдылық Қазақстан Республикасының Жерді қашықтықтан зондтау жүйесінің алғашқы объектісі болды. 2014 жылғы 2 мамырда өткен KazEOSat-1-тің



алғашқы түсірімі Астананың әкімшілік орталығының кеңістігі болды. Екі айдан кейін, 2014 жылдың 20 маусымында, Yasny ресейлік ұшыру базасынан орташа (6,5 метрлік) кеңістіктік рұқсатымен екінші KazEOSat-2 қазақстандық қашықтықтан зондтау спутнигі іске қосылды. Астанада спутниктерді іске қосу сәтіне жердегі ғарыш аппараттарын басқару кешені салынды, ал алғашқы күндерден бастап Қазақстандағы «Қарашыш Сапары» АҚ мамандары жер серіктерін басқаруды қабылдады. 2015 жылы Қазақстан Республикасының Жерді қашықтықтан зондтаудың толықтай жерсеріктік жүйесі пайдалануға берілді, елдің Жерді қашықтықтан зондтау жөніндегі ұлттық операторы «Қазақстан Ғарыш Сапары» ұлттық компаниясы болып белгіленді. «КС ДДЗ әдеттегідей үшінші жыл жұмыс істейді және қорғаныс, ұлттық қауіпсіздік, ауыл шаруашылығы, ішкі істер, төтенше жағдайлар, экология және қоршаған ортаны басқару мәселелерін және ел экономикасының басқа салалық міндеттерін шешу үшін Жерді қашықтықтан зондтау туралы тәуелсіз және жедел ақпарат алуға мүмкіндік береді. Компанияның мәліметтері бойынша, үш жылдан астам уақыт бойы Қазақстанның дистанциондық зондтау жер серігі 570 миллион шаршы шақырым жерді басып алды. 2017 жылы Қазақстанның мемлекеттік органдары үшін 11,5 миллион шаршы шақырым жердегі 10 мыңнан астам спутниктік бейнелер өңделіп, өңделді.

#### 1.4. Суретке түсірудің негізгі технологиясы

Әртүрлі спектралды диапазондарда түсірген кезде әртүрлі технологияларды қолданады және әр түрлі суреттерді түсіреді.

**Фотосуреттер** – жер үстіндегі объектілердің фотопленкаларға көрсететін күн радиациясының кадрлармен жазуының нәтижесі. Аэрофотосуреттер ұшақтар мен тікұшақтардан, ғарыш аппараттарынан және орбиталық станциялардан, су астындағы камералардан және фототеодолиттерден алынған. Қолданылатын жабдықтар мен фотопленкалардың түріне байланысты, суретке түсіру электромагниттік спектрдің барлық көрінетін диапазонында, оның жеке аймақтарында, сондай-ақ жақын инфрақызыл диапазонда алынады. Атудың шамасы фотосуреттің биік-тігіне және құрылғының фокус ұзындығына байланысты. Оптикалық осьтің көлбеуіне байланысты ғарыш камералары жер бетінің жоспарлы және перспективті суреттерін алуға мүмкіндік береді.

Жекелеген спутниктік бейнелерді пайдалану үшін ыңғайлы болу үшін, фотокескіндер немесе топографиялық нүктелерімен фотоманиттер дәлдікпен 0,1 мм және одан да дәл белгіленеді. Фотосистеманың

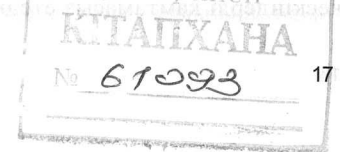
фотосуреттерін монтаждау үшін тек фотосурет спутниктері ғана пайдаланылады. Масштабты ғарыш бейнесін жоспарланған жерге келтіру үшін, трансформация деп аталатын арнайы процесс қолданылады. *Трансформацияланған* ғарыш суреттері ғарыштық және кеңістіктік фотосуреттер карталарын жасау үшін пайдаланылады және әдетте координаттардың географиялық торымен оңай байланыстырылады.

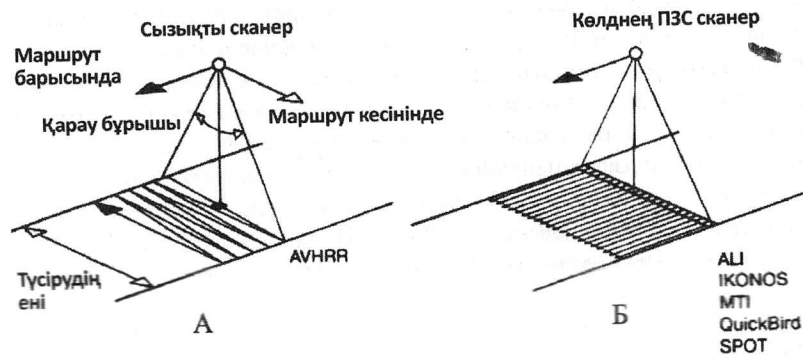
Ғарыштық суреттер жақсы геометриялық қасиеттермен және жоғары сурет сапасымен ерекшеленеді. Азаматтық пайдаланушыға қол жетімді бейнелердің ажыратымдылығы 2 метрге жетеді, ол биіктігі 10 м және жоспардағы 15 м дәлдікпен 1:50,000 масштабтағы топографиялық карталарды жасау үшін жеткілікті.

Спектрдің көрінетін бөлігіндегі *телевизиялық зерттеулер* алдымен 60-шы жылдардың басында Жердің метеорологиялық жасанды серіктерінен (AES) алынған. Осындай суреттер, негізінен, Жердің жалпы географиялық зерттеуі үшін пайдаланылды. Бірақ телевизиялық суреттердің сапасы жақсарғандықтан, әртүрлі салалардағы түрлі сарапшылардың оларды пайдалану деңгейі өсті.

Түсірілім әртүрлі телевизиялық камералары көмегімен орындалады, ол 0,3-тен 3 км-ге дейін рұқсатты және 180-ден 1800 км-ге дейін түсірудің енін суреттейді. Геологиялық, географиялық және мұхиттық құрылымдарды қадағалау кезінде тақырыптық карталардың шолуын жаңарту кезінде жаһандық қамту және телевизиялық бейнелерді алудың жоғары жиілігі анықталды. Ұзындығы 100-200 км-ден астам үлкен табиғи құрылымдар теледидар бейнелері арқылы байқалды. Дегенмен, олар теңізді мұздың қозғалысы, қар жамылғысының түсуі және қалыптасуы, топырақ ылғалының өзгеруі және т.б. Әртүрлі табиғи процестердің дамуын болжау, мөлшерін анықтау, қарқындылықты бағалау және болжау үшін ең перспективалы болып табылды. шаң-тозаң дауылдары, жанартаудың атқылауы, орман және шымтезек өрттері сияқты апатты жағдайлар.

Ақпараттың көпшілігі *сканердің суреттерімен* қамтамасыз етіледі – жер бетінің объектілерінен радиацияның элементтік және сызықтық тіркеулері және радиохабарлар арқылы ақпарат беруі. Ұшақ немесе спутниктен желілік сканерлеуді жүргізу кезінде (1-сурет, А) сканерлеу құрылғысы дәйекті түрде жолақ жолымен қозғалып, қозғалыс бағыты бойынша аумақты сканерлейді және фотоэлектрлік қабылдағышқа жарқын ағын жібереді. Содан кейін электрлік сигналға айналады, содан кейін байланыс арнасы арқылы жерді қабылдайтын құрылғыны цифрлық нысанда беріп, кескін ретінде жазылады.





1-сурет. Жер бетінің сканерлеудің әр түрлі әдістері

Нәтижесінде жол құрылымы бар суреттер алынады. Жолдардың жинақталуы спутниктің немесе басқа тасымалдаушының қозғалысына байланысты оның траекториясына байланысты болады. Сонымен қатар, сызықтар кіші элементтерден тұрады – пикселдер, яғни сканер кескінінің қарапайым ұяшықтары. Әрбір пиксел сканердің лездік бұрыштық өрісіне сәйкес келетін жердің аумағының интегралды жарықтығын көрсетеді.

Сканердің ең маңызды сипаттамасы – сканерлеу бұрышы және өлшемді жойылған жолақ пен рұқсаттың енін анықтайтын лездік бұрыш. Осы бұрыштардың шамасына қарай, сканерлер дәл және шолуға бөлінеді. Дәл сканерлер үшін сканерлеу бұрышы  $5^\circ$  дейін төмендетіледі, ал камераларды көру үшін ол  $50^\circ$  дейін артады. Ажыратылатын сызықтың еніне кері қарама-қарсы пропорционалды. Ұшу кезінде зерттеу тұрақты түрде жүргізіліп, ауқымды кеңістіктік жолды сканерлейді. Жалпы алғанда, сканердің суреттерінің сапасы фотосуреттерден төмен, бірақ нақты уақыт режиміндегі тиімділік пен цифрлық формасы бұл әдісті баға жетпес артықшылықтармен қамтамасыз етеді.

1980-шы жылдары механикалық сканерлеуден басқа сәуле қабылдағышы зарядталатын құрылғыларға негізделген миниатюралық сәулелену детекторларының жинағынан тұратын жаңа сканерлеуді қолдануға кірісті. Бұл бүкіл сызықтың бейнесін бірден береді, ал жабдықты тасымалдаушының қозғалысы – сызықтардың жинақталуы (1-сурет, Б). Көлднен ПЗС пленка сканерлерінің қозғалатын құрылымдық элементтерінің болмауы жақсы геометриялық кескін сапасын қамтамасыз етеді, ал ресивердің кіші өлшемдері өте жоғары ажыратымдылықтағы кескіндерді қамтамасыз етеді. Әдетте сканер бейнелерінде көрінетін және

IR диапазонындағы суреттер туралы айтылады, бірақ сканерлеу принципі басқа спектрлік ауқымдарда суретке түсіргенде де қолданылады.

**Термиялық инфрақызыл радиометриялық бейнелер** (немесе жылу кескіндері) термиялық инфрақызыл диапазондағы түсіру нәтижесінде алынған. ИК радиометрлері Жердің өздерінің жылулық сәулелерін механикалық түрде сканерлейді. Суреттер өте жоғары рұқсат емес. Инфрақызыл (ИК) диапазонын (0.78-15.0 мкм) бейнелеу үшін дамыту 1964 жылдың тамыз айынан бастап метеорологиялық спутниктерде басталды. Алайда, бастапқыда кеңістіктік кедергілердің салдарынан олар дұрыс қолданылмады. Арнайы мультиспектралды сканерлеу жүйелерін жасап шығарғаннан кейін, IR кескіндері өнеркәсіп пен ғылымның көптеген салаларында кеңінен қолданылды. Термиялық инфрақызыл суреттерді жерасты суларын іздеу, тектониканың элементтерін анықтау, мұнай кен орындарын тікелей іздестіру және экологиялық проблемаларды шешу кезінде пайдалануға болады. 8-12 мкм «мөлдір терезе» IR түсіру бұлт пен Жердің өздерінің жылу сәулеленуін зерттеуге арналған және әрқайсысы 3,4-4,2 мкм, мысалы, өзен желісін қалпына келтіру, ежелгі өзен төсектері, түрлі жастағы террастар, тау жыныстары, тектоникалық бұзылыстар, топырақтың ылғал мен өсімдік жамылғыларындағы айырмашылықтар, вулканикалық белсенділік көріністері, мұхиттық токтар мен су массаларының әр түрлі түрлері. Инфрақызыл радиометрияның негізгі артықшылықтары жоғары радиометриялық сезімталдық, эмиссияның шамалы өзгеруі және жақсы кеңістіктік рұқсат. Инфрақызыл диапазонда алынған қашықтықтан зондау деректерін сандық интерпретациялаудың негізгі мәселесі атмосфералық түзету болып табылады.

**Микротолқынды радиометрлік суреттер** диапазонында механикалық сканерлеу қағидасын қолдана отырып, микротолқынды радиометриялық суреттер (0,3-10 см) қабылданады. Радиациялық қабылдағыштар – бұл антенналар, суреттердің ажыратымдылығы бірнеше шақырыммен шектеледі. Спектрдің бұл диапазонында атмосфераның көтеріңкі сәулелену қарқындылығына өте аз әсері бар және бұлттар іс жүзінде «мөлдір». Микротолқынды радиометрияның кемшіліктері мынада, бұл эмиссияция бетінің күйіне өте тәуелді. Микротолқынды деректерден судың бетінің температурасын бағалау дәлдігін арттыру үшін елеулі кедергі – бұл микротолқынды радиометрлердің төменгі ауытқу сезімталдығы.

**Радарлы суреттер** түсірудің белсенді әдісімен қабылданады, егер сурет жүйесіндегі антенна радио шығарылымын тудыратын болса, онда ол беті арқылы көрсетіледі және жазу құрылғысы арқылы түсіріледі. Сигналдың көрінісі бетінің топографиясына, оның кедір-бұдырына, композициялық тау жыныстарының құрылымына және құрамына, өсім-

діктер мен топырақтың ылғалына тәуелді болады. Белгілі бір радио толқын ұзындығы олар жер бетінің астына еніп, жер асты суларының линзаларын көрсетеді. Суреттердің ажыратымдылығы антеннаның өлшеміне байланысты, ал ұзындығы бірнеше метрге созылған антеннасы 1-2 км. Антеннаны жасанды түрде кеңейту, олар шамамен 20 м қашықтықта түсіруде. Ұшақтар мен ғарыштық аппараттарда борттық радарлар пайдаланылады, олар тасымалдаушының бағыты бойынша түсіріледі. Осылайша, бедерлі рельеф радиотенді береді, ол мәнерлі бейнені береді. Радиолокациялық суреттердің басты артықшылығы оның ауа райы қабілеттілігі болып табылады: ол мұхитты зерттеуге өте ыңғайлы – оның толқуын, ластануын.

Орналасқан жердің жаңа түрлерінің арасында лазер локаторлары – **лидарлар** арқылы алынған фотосуреттер көрсетілуі керек. *Лидарлер – импульстік сәулелену көзінен (лазер) және жоғары жиілікті қабылдау құрылғысынан тұратын зондтау құрылғылары.* Lidar бейнесі белсенді және толқындардың тұрақты толқын ұзындығы бар монохроматикалық лазерлік сәулеленуімен жарықтандырылған рефлективті бетінің жауапты үздіксіз қабылдауына негізделген. Эмитенттің жиілігі сканерленген компоненттің резонанстық сіңіру жиілігіне реттеледі. Шын мәнінде, лидар спектрометриясы – микроэлементтерді немесе олардың қосылыстарын анықтауға бағытталған атмосфераның беткі қабаттарының геохимиялық зерттеуі.

Айрықша **аумақ мезгілде спектрдің** бірнеше аймақтарында суретке түсірілген немесе сканерленетін болса, көп мәнді кескіндер айрықша маңызды. Аймақтық бейнелерді біріктіріп, түрлі түрлердің ормандарын, ауылшаруашылық жерлерін, сулы-батпақты жерлерді керемет түрде көрсететін түсті синтезделген бейнелерді шығарады. Көп аймақты бейнелеу материалдары тақырыптық карталарды құрастырудың ең бағалы көзі болып табылады.

Атқарудың тағы бір түрі белсенді түрде дамып келеді – гиперспектральды, тар спектральды аймақтарда көп мөлшерде радиация тіркелген – бірнеше ондағандан бірнеше жүзге дейін. Бұл тау жыныстарының минералды құрамын анықтауға мүмкіндік береді, атмосфераны және мұхитты, олардың ластануын зерттеу мүмкіндігін кеңейтеді. Гиперспектральды материалдар қоршаған орта мониторингі мен картаға әсіресе бағалы.

### 1.5. Дистанциондық зондтау жүйелерінің шешімдігі

Аналогтық және цифрлы қашықтықтан зондтау жүйелерінің шешімі келесі параметрлермен анықталады:

- 1) спектральды шешім
- 2) радиометриялық рұқсат
- 3) уақыт шешімі
- 4) кеңістіктік рұқсат.

Бұл сипаттамаларды түсіну қашықтықтан зондтау деректерін дұрыс пайдалану үшін өте маңызды.

#### **Спектральды ажыратымдылық**

Спектральды ажыратымдылық қашықтан зондтау жүйесінің белгілі бір толқын ұзындығы аралығын ажыратуға қабілеттілігінің сипаттамасын береді. Спектральды ажыратымдылық неғұрлым жоғары болса, нақты арнада жазылған толқын ұзындығының диапазоны тар. Спектральды ажыратымдылықты бағалау кезінде екі сипаттамалар қарастырылады: диапазондардың саны және әрбір диапазонның ені. Жоғары спектральды ажыратымдылық ауқымдардың санын ұлғайту және олардың әрқайсысының енін азайту арқылы қол жеткізіледі. Іс жүзінде, спектральды ажыратымдылықтың сипаттамаларын олар жиналған ақпараттың түріне сәйкес болу үшін таңдау маңызды.

Бір арна бар **панхроматикалық** кескінің спектральды рұқсаты өте төмен, себебі ол сигналдарды әртүрлі толқын ұзындығы бар сигналдарды оқшаулау мүмкін емес. Түсті бейнелердің жоғары спектральды ажыратымдылығы түсті фильмнің көк, жасыл және қызыл спектрлік аймақтарда сәулеленуге тәуелсіз сезімталдығына байланысты.

Бірнеше тәуелсіз спектральды диапазондағы радиацияны жазатын дистанциондық зондтау жүйелері олардың спектральды ажыратылымдарында да ерекшеленуі мүмкін.

**Көпспектральдық** кескінінде бірнеше түрлі түсті ақпарат бар. Кескінің әрбір пикселі мәндердің матрицасы арқылы сипатталады. Бұл бір мезгілде бірнеше суретті спектрдің әр түрлі бөліктерінде бір мезгілде жазылған, бірақ жеке-жеке жүргізетін сауалнамалардың ең ақпараттандыратын және перспективалы түрлерінің бірі. 3, 4, 5, 7 және одан да көп болуы мүмкін.

**Гиперспектральды** кескіндер жоғары спектральды ажыратымдылыққа ие және объекті туралы көбірек ақпаратпен қамтамасыз етеді. Мұндай зерттеулер жерлердің объектілерінің көрініс спектрін егжей-тегжейлі зерделеуге мүмкіндік береді, өсімдіктердің, жыныстары мен топырағының түрлерін және тіпті белгілі бір түрлерін анықтауға болады, судың бетіне ластану пленкасының құрамын анықтайды, бұл жол жабындысы жасалған материал.

#### **Радиометриялық дәлдік**

Рентометриялық дәлдіктер электромагниттік сәулелену қарқындылығының өзгеруіне сенсордың сезімталдығымен, яғни радиациялық



энергия деңгейлеріндегі ең аз айырмашылықпен анықталады. Бұл сипат кескіндегі пайдалы ақпараттың нақты мөлшерін көрсетеді. Ол әдеттегі фотографиялық және сандық суреттерге де қатысты. Бірінші жағдайда радиометриялық өлшемдер қардың көлеңкелерінің ең аз вариациясын анықтауға мүмкіндік береді, ал екіншіден, сенсордың динамикалық ауқымы және толықтай ақ түске дейін ақ түске дейін өтетін іріктеу деңгейінің саны (биттердің саны) бойынша анықталады. Мысалы, 8-биттік радиометриялық өлшемде әр арнадағы 256 градацияны, 9 бит – 512 градацияны, 10 бит – 1024 градацияны, 11-бит-2048 градацияны және т.б. сақтауға мүмкіндік береді.

#### **Уақытша анықтау**

Уақытша шешімдер деректерді жинау жиілігі бойынша анықталады. Мысалы, деректер күн сайын, айына бір рет, үш айда бір рет немесе жылына бір рет табиғи құбылыстарды зерттеу үшін жиналуы мүмкін. Жер бетіндегі бірдей аймақтардың суреттерін жүйелі түрде қашықтықтан зондтау үшін қолданудың негізгі бағыттарының бірі. Сонымен қатар зерттеу аймағында орын алған белгілі бір өзгерістерді анықтау мүмкіндігі ату жиілігіне байланысты. Қашықтан зондтау жүйесінің абсолютті уақытша шешімі Жердің айналасындағы жер серігі орбиталық кезеңімен анықталады. Бұл кезең бірнеше күн болуы мүмкін. Объектінің суреттерін әр түрлі уақытта салыстыра отырып, оның сипаттамаларының өзгеруін бақылай алады.

#### **Кеңістік шешімдер**

Кеңістіктік ажыратымдылық қашықтықтан зондтау жүйелерінің маңызды сипаттамаларының бірі болып табылады, бұл датчиктің кеңістіктік деректердегі мәліметтерді ажырата білу қабілетін сипаттайды. Кеңістіктік шешім қарапайым фотосуреттің анықтығына ұқсас. Кеңістіктік ажыратымдылыққа әсер ететін факторлар: платформаның биіктігі, сенсор элементтерінің өлшемі және оптикалық жүйенің фокус ұзындығы.

Осылайша, датчиктің шешімі Жер бетіндегі алаңмен анықталады, сенсордың бір қарапайым ұяшығына сәйкес келеді. Онда көрсетілген жер бетіндегі ең кіші элемент өлшемімен анықталған кеңістіктік ажыратымдылық суреттері төмендегі санаттар бойынша бөлінеді:

- 1) өте төмен рұқсат – 10 км-ден астам,
- 2) төмен – 1-10 км,
- 3) орташа – 100-999 м,
- 4) салыстырмалы түрде жоғары – 50-99 м,
- 5) жоғары – 20-49 м,
- 6) өте жоғары – 1-19 м,
- 7) өте жоғары ажыратымдылық – 1 м дейін.

Төмен кеңістіктік ажыратымдылықтағы суреттерде тек үлкен нысандар ғана көрінеді. Жоғары ажыратымдылықтағы суреттерде заттардың ұсақ бөлшектерін ажыратуға болады.

#### **Пиксель түсінігі**

Дистанциондық зондтау әдістерімен алынған кескіндер растр болып табылады. Олар пикселдер деп аталатын элементтердің матрицасы. Суреттегі әрбір пиксель жер бетінің ең кіші элементіне сәйкес келеді, ол шешілуі мүмкін. Бейнелеу жүйесінің сенсорын сипаттайтын кеңістік ажыратымдылығынан айырмашылығы, «пиксель» түсінігі бұл сенсор арқылы қалыптастырылған бейнені білдіреді. Мысалы, егер сенсордың кеңістіктік ажыратымдылығы 10 м болса, әрбір пиксель 10x10 м беткі аймағына сәйкес келеді, бірақ пиксель санын ұлғайту арқылы кеңістік ажыратымдылығын ұлғайту сандық кескіндердің өзіндік құнының өсуіне әкеледі.

## 2-ТАРАУ. ГЕО-АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР ЖӘНЕ ҰШУ-НАВИГАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

### 2.1. Геоақпараттық жүйе

XX ғасырдың аяғында белсенді компьютерлендіру мен автоматтандырудың арқасында табиғат пен қоғам арасындағы ең маңызды процестер туралы кең ауқымды ақпараттарға қол жеткізілді. Көптеген түрлі ақпараттарды сақтау қажет. Сондықтан ақпараттық технологиялар негізінде географиялық ақпараттық жүйелерді құру басталды.

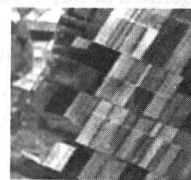
**Геоақпараттық жүйе (ГАЗ)** – бұл деректерді жинау, өңдеу, талдау, модельдеу және көрсету үшін, сондай-ақ сандық картографиялық, аналогтық және мәтіндік ақпаратты қолданумен ақпараттық және есептік мәселелерді шешуге арналған автоматтандырылған жүйе.

Қазіргі уақытта ГАЗ көмегімен жер бетінде пайда болатын процестер мен құбылыстардың көбісі зерттелуде. Географиялық ақпараттық жүйелерді қолдану ауқымы өте кең. ГАЗ табиғи ресурстарды басқару, кадастр, білім беру, картография, құрылыс, ғылым, жол объектілері, мұнай-газ саласы және т.б. экономика, саясат, экология, басқару және сақтауда қолданылады.

ГАЗ-дың ұйымдастырудың базасында кез-келген дерекқордағы кеңістіктік объектілердің құрылымдық сипаттамасы берілген. Қабат – белгілі бір аумақта және топтар жиынтығына ортақ координат жүйесінде бір тақырыпқа немесе нысандар класына жататын ұқсас түрлердің жиынтығы. ГАЗ ақпараттық қабаттары рельеф, гидрография, жол желісі, елді мекендер, топырақ, өсімдік жамылғысы, ластауыш заттардың таралуы және т.б. туралы топтардан тұрады. соңғы қабатты электрондық картаны қалыптастыру. Географиялық ақпараттық жүйедегі ақпараттық тақырыптық топтарды талдау және өңдеу процесінде олардың әр түрлі комбинациялармен үйлесуі мүмкін. Осылайша, көп қабатты электрондық карта көп көлемді кеңістіктік деректерді сақтауға, оларды талдау, таңдауды, визуализациялауға мүмкіндік береді, сонымен қатар интерактивті өндеудің тиімділігін арттырады.

Кез-келген ГАЗ негізі деректерді жинау, өңдеу, талдау, модельдеу және сақтау, сондай-ақ карталарды жасауды көздейтін құралдар мен бағдарламалық қамтамасыздандырудан тұратын автоматтандырылған кешен болып табылады. Кешен ақпаратты енгізу, өңдеу және шығарудың кіші жүйелерінен тұрады. Ақпараттық кіріс жүйесі – бұл кеңістіктік ақпаратты сандық ақпаратқа түрлендіруге арналған құрылғы, содан кейін ол компьютердің жадына немесе кеңістіктік және атрибуттық деректердің

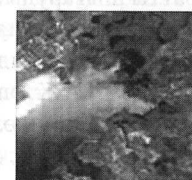
### Ғарыштық ақпараттарды қолдану арқылы шешілген мәселелер



Ауыл шаруашылығы



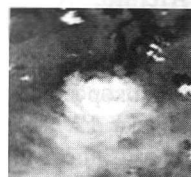
Орман шаруашылығы



Гидрология



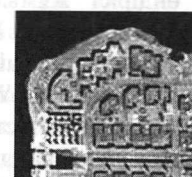
Картография



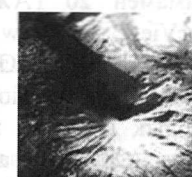
ТЖ бақылау



Эко мониторинг



Урбалаймақ мониторингі



Геодинамикалық жағдайлар



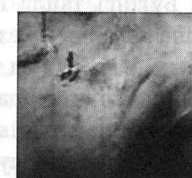
Жобалау, құрылыс



Геокартирование



Мұздақты бақылау



Океанология

2-сурет. Ғарыш туралы ақпаратты пайдаланып шешілетін тапсырмалар

дерекқорына енгізіледі. Ол үшін сандық сканерлер қолданылады. Сканерленгеннен кейін, сандық ақпарат дерекқорға енеді. Бастапқы цифрлық ақпарат ретінде жиі қолданылатын сканерленген топографиялық карталар және аэроғарыштық суреттер жиі қолданылады. Кеңістіктік деректер базалары цифрлық түрде ұсынылған тақырыптық қабаттардың реттелген деректер массивтерін құрайды. Мәселен, рельеф, жер учаскесі, жол желісі, экологиялық ақпарат және т.б. туралы мәліметтер базасы. Ақпаратты өңдеу шағын жүйесі компьютерді, басқару жүйелерін және бағдарламалық қамтамасыз етуді қамтиды. Шағын жүйенің негізгі функциялары визуализация, түсіндіру болып табылады аэроғарыштық бейнелер мен карталанған объектілердің классификациясы, модельдеу

процестері, құрылыс карталарын біріктіріп, оларды басып шығару және тағы басқалар. Ақпаратты шығарудың шағын жүйесі – өңделген ақпаратты картографиялық түрде визуализациялауға арналған құрылғылар кешені. Олардың ішіне компьютерлік экрандар, принтерлер, плоттерлер және т.б. кіреді. Олардың көмегімен ГАЗ операторы картографиялық материалдарды, мәтіндерді, графиктерді, үшөлшемді үлгілерді, кестелерді жылдам басып шығара алады.

### ГАЗ түрлері

Қазіргі уақытта геоақпараттық міндеттерді шешу үшін Ресейдің шамамен 20 ГАЗ өндірісі жұмыс істейді. ArcLIS ArcInfo, ArcGIS ArcView, ArcView GIS, Autodesk Map, Panorama, Geograph, GraphIn, Horizont, PARK, GeoLink, GK32, Zulu, WinPlain және сыртқы оқиғалар – GeoMedia Professional, Microstation. Windows платформасында көрсетілген барлық ГАЗ-нің жұмыстары кеңістіктік ақпараттарды басқа ГАЗ-мен және АЖЖ-мен алмасуды қолдайды. Ең жиі қолданылатын шетелдік жүйелер – MapInfo Professional, ArcGIS ArcInfo, ArcGIS ArcView, ArcView GIS. Отандық ең танымал Panorama, Zulu, Geographer.

Бүгінгі таңда геоақпараттық жүйе аумақ, шаруашылық субъектілері және олардың өзара әрекеттесуі туралы мәліметтер мен білімдерді ұйымдастырудың қажетті құралдарымен, басқару шешімдерін қабылдау үшін ақпаратты дайындаудың тиімді құралы болып табылады.

Геоақпаратты картаға түсіру және Жерді дистанциондық зондтау деректерін талдау, сондай-ақ қалалық жерлердің кеңістіктік деректер базасын дамыту бойынша бірқатар жұмыстар жүргізілуде.

Географиялық ақпараттық жүйелер үйлестірілген ғарыштық уақыт деректерімен жұмыс істейді. Сондықтан кеңістіктік объектілердің координаттарын анықтау қажет. Ол үшін қазіргі уақытта *жаһандық позициялау жүйесі (GPS)* қолданылады.

Соңғы 20-30 жылда ғарыш саласының маңызды жетістігі американдық жаһандық спутниктік позициялау жүйесінің Global Position System (GPS) және Ресейдің Ғаламдық навигациялық спутниктік жүйесі (GLONASS) пайда болуы болды.

GPS-жүйесін құру 1978 жылы АҚШ-та алғашқы Navstar спутнигінің іске қосылуымен басталды. Ол ғарыштық сегменттен, басқарушы сегменттен және пайдаланушы сегменттен тұрады. Ғарыш сегменті шамамен 20 200 км биіктікте алты орбитада (әр төрт спутникте) орналасқан 24 спутниктен тұрады. 1982 жылы кеңес ғалымдары ГЛОНАСС жүйесін дамытты және оның алғашқы спутниктері іске қосылды. ГЛОНАСС спутниктерінің штаттық жағдайы 1996 жылы берілді. 19.100 км биіктікте орналасқан ГЛОНАСС спутниктері екі жолақты, L1 (1200 МГц) және

L2 (1600 МГц) навигациялық сигналдарын шығарады. Олар 45 градус бұрышта үш орбитаға (әрбір 8 спутникті) орналастырылған. Ұшақтың орбиталық кезеңі – 11 сағат 15 минут. Бүгінгі күнге дейін 21 ғарыштық аппарат өз мақсаттарына арналған.

Спутниктік навигациялық жүйелерді пайдалану арқылы шешілетін негізгі міндеттер:

- геодезиялық желілерді дамыту;
- геодинамикалық процестерді зерттеу;
- коршаған ортаның мониторингі;
- кадастрлық, жерді басқару,
- ауыл шаруашылығы және басқа да жұмыстар;
- мамандандырылған далалық компьютерлер мен сандық бейне камералары бар навигациялық қабылдағыштардың жиынтығы негізінде ГАЗ дерекқорларын құру және жаңарту.

Жоғарыда аталған спутниктік жүйелердің пайдаланушы сегментінің кіші жүйесі – деректерді өңдеу және географиялық координаттарды есептеу, жылдамдықтар, уақытты жүзеге асыратын портативті навигациялық қабылдағыштар. Бүгінгі таңда навигациялық қабылдағыштар бір жүйенің тек GPS, GPS және ГЛОНАСС спутниктерін бір мезгілде қолдануға бағытталған. Координаттарды анықтау дәлдігі навигациялық қабылдағышты түзете алатын көрінетін ғарыш аппараттарының санына байланысты. Бір уақытта екі жүйенің спутниктерін пайдалану көрінетін жерсеріктердің санын көбейтуге және координаттарды анықтаудың дәлдігін 1,5 есеге арттыруға мүмкіндік береді. Екі жүйенің кешендерін пайдалану қалалық көп қабатты ғимараттарда өте маңызды, онда бір жүйе ұзақ уақыт бойы үздіксіз өлшеулерді қамтамасыз ете алмайды. Сондықтан өнімді уақытты екі есеге арттыруға мүмкіндік беретін GLONASS/GPS жүйелерінің кешенін пайдалану ұсынылады.

GLONASS/GPS жерсеріктік орналасу жүйесінің негізгі артықшылықтары:

- тиімділік, ауа райына төзімді, оңтайлы дәлдік;
- деректердің нақты уақытын белгілеу;
- сандық жазу нысаны;
- әр түрлі картографиялық деректердің үлкен көлемін жинау
- болжамдар;
- деректерді ГАЗ-ға экспорттау мүмкіндігі.

ГАЗ-ды пайдалану ақпараттың жоғары деңгейде, модельдік үдерістерде тиімді және тез өңделуіне, сұрауларды орындауға, жаңа тақырыптық топтар құруға, ақпараттық базаға негізделген болжам карталарын жасауға және маңызды карталарды алуға мүмкіндік береді.



## 2.2. Орбита мен ғарыштық спутниктердің сипаттамасы

Жердің жасанды спутнигінің траекториясы оның орбитасы деп аталады. Орбитаның түрі Жердің бетіне қатысты, сондай-ақ спутниктің орбитасына бағытталған бағдарға байланысты. Орбитальдық параметрлер бойынша, спутниктердің екі негізгі түрі бар: **геостационарлық және полярлы-орбитальдық** спутниктер. Әрбір орбитаның өзінің артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Полярлық орбиталар геостационарлық карағанда айтарлықтай төмен, сондықтан полярлы орбитаға орналастырылған құрылғылар әдетте, жақсы кеңістіктік ажыратымдылықты қамтамасыз етеді.

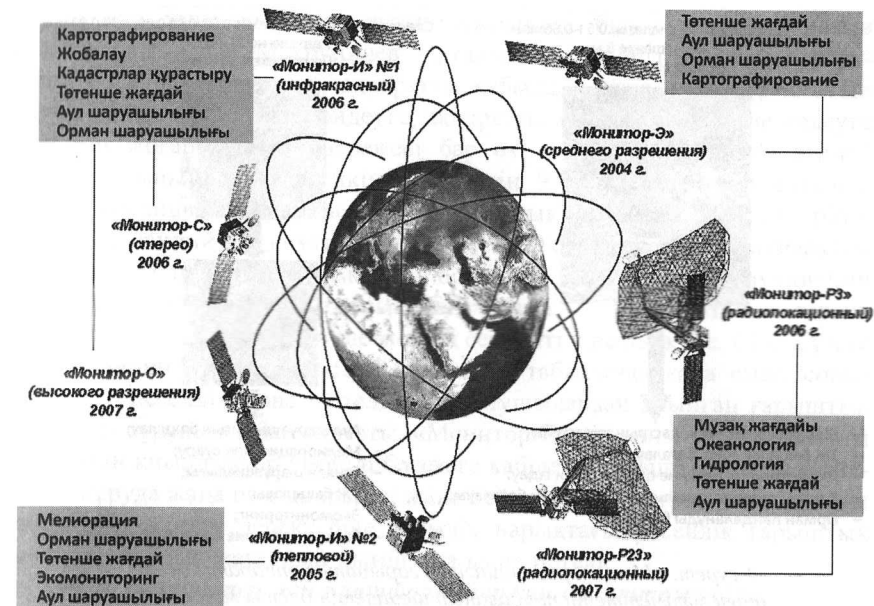
Геостационарлық спутниктер үнемі планетаның бір бөлігін шолуда, яғни экваторға белгілі бір нүктеге қатысты тұрақты ұстаным сақтап отырады, тиісінше, геостационарлық орбитадағы спутниктің көзқарасы  $50^\circ$  С ендікімен шектеледі. sh. –  $50^\circ$  С sh. Орбитадағы полярлы орбитальдық спутниктер, жазықтық шамамен Жерге айналу жазықтығына перпендикуляр, белгілі бір уақыт өткеннен кейін, олар белгілі бір байқау алаңынан жоғары болады. Бұл жағдайда, полярлы-орбитальдық байқау жүйесі басқа түрдегі қиыншылықпен бетпе-бет келеді: жер серігі «жергілікті» немесе күннің әр түрлі кезеңдерінде бірдей зерттеу аймағынан жоғары болуы мүмкін. Бұл жағдайда күн сәулесінің түрлі жағдайларында алынған деректерді салыстыру өте қиын, сондықтан мұндай жерсеріктер, әдетте, күн синхронды орбитаға алып келеді.

Полярлық орбиталардың тағы бір кемшілігі, полярлық орбитада қозғалатын спутниктің жағдайын қадағалау үшін, антеннаны спутниктік сигнал алу үшін түзету керек, ол қымбат тұратын жабдықты қажет етеді. Геостационарлық орбитада қозғалатын спутник стационарлық болып көрінеді және ол үнемі бір нүктеде секілді. Бұл спутниктік сигналды қабылдау үшін өте қолайлы, өйткені антенналық шағылыстырғыштардың орналасуын түзету қажет емес, оларды шығыс спутнигіне жібереді.

### М.В. Хруничев Орталығының Қашықтан зондтау жүйесі

М.В. Хруничев Орталығы ғарыштық дистанциондық зондтау жүйесін дамытады. Ғарыштық жүйе (3, 4-сурет):

- шағын спутниктері орбитальдық топтау – МСА (бес оптикалық-электронды және екі радар);
- миссия бақылау орталығы (МСС);
- ақпарат алу және өңдеу үшін жер үсті комплексі;
- үйлестіру және талдау орталығы (КАК);
- командалық-технологиялық байланыс пен деректерді берудің бірыңғай жүйесі.



3-сурет. «Монитор» жүйесінің космостік сегменті

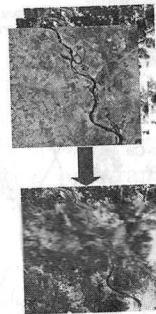
Бағдарламаның мақсаты – ресейлік және шетелдік пайдаланушылардың табиғи ресурстары туралы жедел ақпаратпен қамтамасыз ету. Мониторлар сериясының ғарыштық аппараттары бірыңғай ғарыштық тұғырнамасы (UCP) базасында құрылады. Мақсатты жабдық түрлі функционалды модульдермен жабдықталады. Осындай ғарыш аппараттарының массасы 800 кг-ға дейін жетеді, бұл оларды Рокот жеңіл фундаментті РН арқылы іске қосуға мүмкіндік береді және осылайша ғарыш аппараттарын ұшырудың өзіндік құнын төмендетеді. Ғарыш аппаратының модульдік құрылғысы бағдарламаның орындалу уақытын едәуір қысқартады. Бұл жақсартылған техникалық сипаттамалары бар борттық жүйелердің интеллектуалды жетілдірілген ғарыш аппараттарының түбегейлі жаңа буыны. Ғарыштық сегменттің құрамы әртүрлі әлеуметтік-экономикалық салаларда: картографиялық, жер кадастрын, төтенше жағдайларды шешу, гидрология, орман және ауыл шаруашылығы, балық аулау, қоршаған ортаның мониторингі сияқты тұтынушылардың қажеттіліктерін барынша қанағаттандыру үшін құрылған.

Спектральный диапазон: 0,51-0,85 мкм  
Разрешение 8 м  
Полоса захвата 90 км



- Жер ресурстарын кадастрын құрастыру;
- ТЖ бақылау және бағалау;
- Геокартирование және пайдалы кен іздеу;
- Қаупты геодинамикалық жағдайлардың бағалауы;
- Орман пайдалануды бақылау.

Спектральные диапазоны: 0,54-0,59; 0,63-0,68; 0,79-0,90 мкм.  
Разрешение 20 и 40 м  
Полоса захвата 160 км

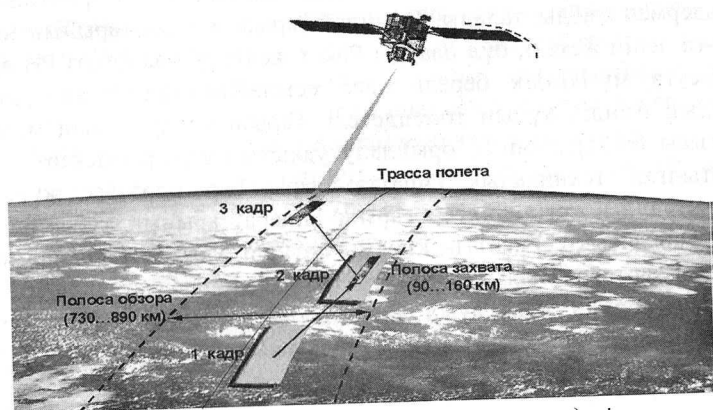


- Аул шаруашылығын бақылау;
- Мелиорация мен суару;
- Орман шаруашылығы;
- ТЖ бақылауы;
- Экомониторинг;
- Геокартирование және пайдалы кен іздеу.

4-сурет. «Монитор-Е» кішігірім ғарыштық аппараты және оның мәліметтерін пайдаланып шешілетін басты міндеттер

«Монитор-Э» МКА екі түсіру режимін жүзеге асырады: маршрут (5а-сурет) және Трасе (5-сур.) (Кеңістіктік ауытқуы 30°). Бұл сұраным бойынша түсіруге мүмкіндік береді.

РЕЖИМ МАРШРУТНОЙ СЪЕМКИ  
(длительность кадра от 1 до 10 мин)



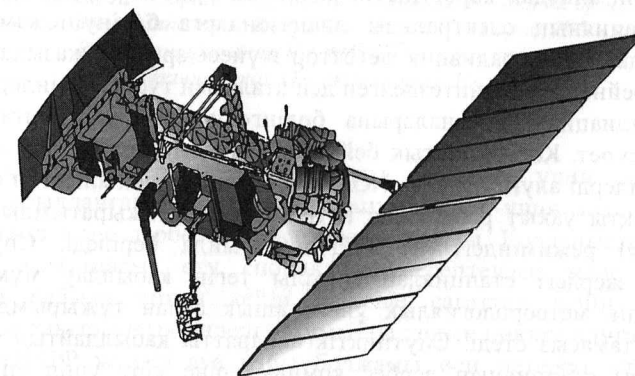
5-сурет. «Монитор-Э» МКА түсіру режимдері

Ресейлік және шетелдік тұтынушылар да бұл ғарыш аппаратын қызықтырды. Олар М.Хруничев Орталығында кішігірім ғарыш аппаратын басқару орталығын, ақпаратты қабылдау және өңдеу орталығын құруға дайын. Ақпаратты өңдеуге, ақпаратты мұрағаттауға және өңдеуге арналған жоғары дәлдік дәрежесі бар екі арнаға 244 Мбит/с дейінгі ақпарат ағынын алуға мүмкіндік беретін 9 м диаметрі бар антенна. оларды жасайды. М.Хруничев ҰҚКҰ Орталық Ресей мен ТМД елдерінің аумағында Индий IRS спутнигін алған IC | ID спутнигі туралы ақпаратты таратады, ол оның сипаттамалары бойынша «Монитор-Э» спутнигінің деректеріне жақын. Мониторлық бағдарлама – бұл орбиталық ғарыш аппараттарын топтастыру және жердің сегменті кіретін жүйе. Оны жүзеге асыру бірінші МКА «Монитор-Э» рейсінің табысынан ғана емес, сонымен қатар ресейлік және шетелдік тұтынушылардан алынған ғарыштық ақпаратқа сұранысқа байланысты. «Монитор-Э» спутнигін жасау арқылы туындаған қиындықтар Ресейді бәсекеге қабілетті ғарыштық технологияларды құруда жаңа позицияларға, жаңа бейнелеу жабдығына әкеледі және қашықтан зондтау деректеріне әлемдік нарықтағы ресейлік ғарыштық кәсіпорындардың жағдайын нығайтуға ықпал етеді.

**Кейбір датчиктер мен платформалардың сипаттамалары**

*AVHRR радиометрінің сипаттамасы*

AVHRR радиометрі АҚШ-тың Ұлттық мұхит және атмосфера әкімшілігінің Ұлттық мұхитағы және атмосфералық әкімшілігінің NOAA полярлы-орбиталық метеорологиялық спутниктерінде орнатылған (6-сурет).



6-сурет. NOAA метеорологиялық спутнигі

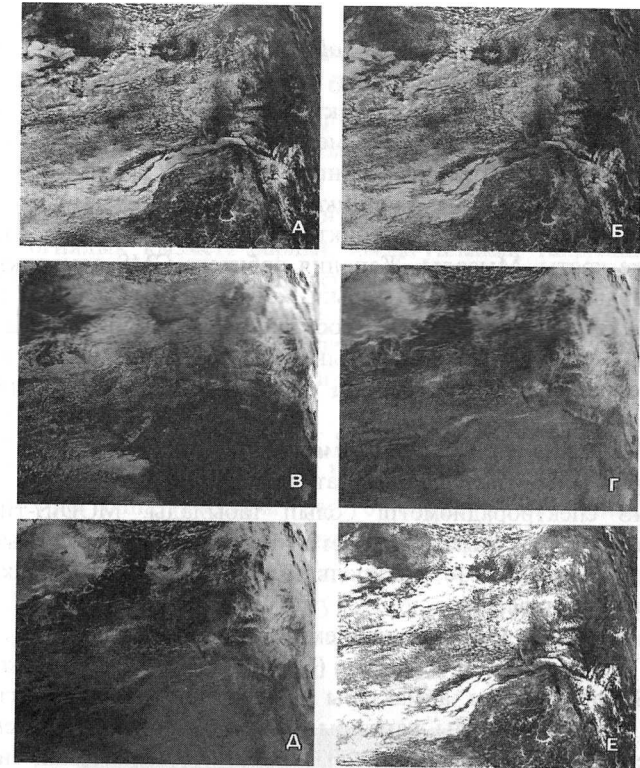
70-жылдардың басынан бастап NOAA сериясының спутниктері ұшуда. Күнмен синхрондалған орбитада шамамен 850 км биіктікте орналасқан. Орбиталық кезең шамамен 102 мин, сондықтан жер серігі 24 сағат ішінде Жердің айналасында 14.1 революцияны құрайды. Орбитаның бейімділігі 96,0-98,5° құрайды.

ABPPP радиометрінің радардағы регулярлы элементінің желілік мөлшері шамамен 1090 шақырымды құрайды. Алынған сурет спутниктің қозғалыс жолының ұзындығы 2600 км болатын жер бетінің жолағын қамтиды.

NOAA спутниктерінің басты артықшылығы ақпараттың жалпыға қолжетімділігі және оны тұрақты түрде алу мүмкіндігі. Қабылдау және өңдеудің тиісті құралы бар әрбір пайдаланушы осы спутниктерден тікелей деректерді ала алады және қажет болған барлық талдауды дербес жүзеге асыра алады.

Осы құрылғының ұзақ жұмыс істеген тәжірибесі бұл жүйе теңіздер мен мұхиттарды, сондай-ақ ішкі суды зерттеу үшін ең табысты болып табылатындығын көрсетті. AVHRR құрылғысы 10-12 мкм атмосфералық мөлдірлік терезесінде сигнал алу мүмкіндігін береді, бұл негізгі беттің температурасын бағалауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, құрылғы сигнал алуға мүмкіндік береді көрінетін және жақын инфрақызыл облысы спектрін.

AVHRR радиометрі әдеттегі сканер болып табылады және өзінің жеке өлшемін өлшейді және Жердің радиациясымен бес спектральды диапазонда көрінеді. Сонымен қатар, Жердің сәулеленуімен ерекшеленетін және телескопиялық жүйе арқылы жиналып, сканерлейтін айнаға бағытталған. Сканерлейтін айнадан көрсетілетін радиация сүзгі жүйесіне түседі. Бұл жүйе радиацияның спектральды диапазондарға бөлінуін қамтамасыз етеді. Осыдан кейін радиация детектор жүйесі арқылы жазылады. Көп аймақтық бейнелерден синтезделген деп аталатын түсті кескіндерді алуға болады. Радиацияның арналарына бөлінгеннен кейін алынған сурет үлгілері 7-сурет. Көп аймақтық бейнелерден синтезделген деп аталатын түсті кескіндерді алуға болады. NOAA жерсеріктерінен алынған суреттер Жердегі нақты уақыт режимінде HRPT (Жоғары ажыратымдылықтағы сурет беру) режиміндегі 1,7 ГГц жолағында беріледі. Спутниктік ақпаратты жердегі станциялар арқылы тегін қабылдау мүмкіндігін Дүниежүзілік метеорологиялық ұйым ашық аспан тұжырымдамасына сәйкес қамтамасыз етеді. Спутниктік ақпаратты қабылдайтын жер үсті станциялары станцияның дербес компьютеріне кіру үшін спутниктік деректерді дайындайды, демодулиреді, алдын ала дайындайды және дайындайды.



7-сурет. AVHRR инфрақызыл арналарының кескіндері  
Көрінетін ауқым: А – 1-арна; инфрақызыл маңайда: Б – екінші арна; термиялық инфрақызыл диапазоны: В – үшінші канал, Г – 4 арна, Д – 5 – канал;  
RGB палитрасында Е – түсті синтезделген кескін  
(R – екінші арна, G – екінші арна, B – 1-арна)

NOAA спутниктерінен сигналдарды қабылдау үшін типтік станциялар қабылданған деректерді бастапқы өңдеу үшін антенна жүйесі, қабылдағыш және дербес компьютерден тұрады. Қолданыстағы бағдарламалық қамтамасыз ету спорияларды есептеуден және деректерді сақтауды қабылдағаннан кейін бірнеше сағаттан кейін спутниктік деректерді тақырыптық өңдеуге жұмысты толық циклге алуға мүмкіндік береді. AVXPP жүйесі ауа райы болжамы мен метеорологиялық жағдайларды талдау үшін кеңінен қолданылғанымен, оны жер бетіндегі заттардың күйін бақылау үшін де пайдалануға болады.



### **GOES спутнигі**

GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellite*) спутнигі NASA (АҚШ Ұлттық аэроавтика және ғарыш басқармасы), Ұлттық мұхит және атмосфералық әкімшіліктер үшін, Ұлттық метеорологиялық қызметтің мүддесі үшін жер беті мен бұлтты жамылғысы туралы жиі шағын шолулар жүргізу үшін әзірленген Америка Құрама Штаттары.

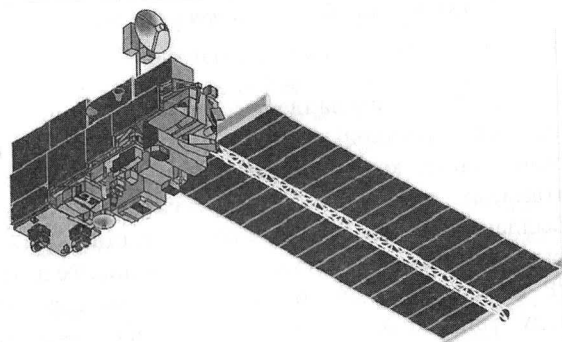
### **Басқа метеорологиялық спутниктер**

Басқа метеорологиялық спутниктерді басқа елдер мен елдер топтары да іске қосты. Мысалы, Жапония орбитаға GMS спутниктер сериясын шығарды, ал Еуропалық ғарыш Консорциумы Meteosat сериясын шығарды. Екі спутник сериясы геостационарлық орбиталарда: GMS – Жапонияға, Meteosat – Еуропа бойынша. GOES бейнелерімен қатар жапон және еуропалық спутниктердің суреттері әр жарты сағатта Жерге жіберіледі.

### **MODIS радиометрінің сипаттамасы**

EOS сериясының американдық сателлиттерінің негізгі құралдарының бірі MODIS спектрорадиометрі болып табылады. MODIS-тің 12-бит радиометриялық рұқсатымен көрінетін, жақын, орта және алыс инфрақызыл диапазондардағы 36 спектральды арнасы бар және аумақты үнемі түсіруге мүмкіндік береді.

MODIS екі сканерден тұратын спектрометрден тұрады, олардың біреуі (MODIS-N) радарда түседі, ал екінші (MODIS-T) түсіру осі қабыданбайды. 36 MODIS спектральды аймақтары 0,4-тен 14,4 мкм дейінгі толқын ұзындығы бар диапазонды қамтиды. Тасымалдаушының траекториясы және жүйенің көру бұрышы 110° (2330 км өткізу жолағының ені) күніне MODIS мүмкіндік береді төменгі ендік сканерлеу жолақтарының арасы арасындағы тар жерлерді қоспағанда, Жердің бүкіл бетінің бейнесін алуға болады.



8-сурет. Terra EOS AM-1 спутнигі

### **Landsat спутниктері**

Landsat бағдарламасы Жердің спутниктік бейнелерін сатып алуға арналған ең ұзақ жобалардың бірі болып табылады. Әр түрлі уақытта түсірілім жүйесі әртүрлі ауыл шаруашылығы, картография, геология, орман, барлау, білім беру және ұлттық қауіпсіздік салаларында көптеген ғылыми зерттеулер жүргізу үшін бірегей ресурс болып табылатын миллиардтаған бейнелерді құрастырған Landsat жер серіктерін орнатқан. АҚШ Геологиялық қызметі барлық қызығушылық танытқан пайдаланушыларды Landsat-8 Жерді қашықтықтан зондтаудың жаңа жер серігі арқылы Жердің суреттеріне қол жеткізуге мүмкіндік берді. Бұл ғарыштық суреттерден алынған деректерге өздерінің іс-әрекеттеріне сенім артатын ғалымдар мен мамандардың бүкіл қауымы үшін өте маңызды.

### **SPOT сериясы Спутниктері**

1986 жылдан бері француздық SPOT ғарыштық қадағалау жүйесі (Systeme Probatoire l'Observation de la Terre) жұмыс істейді. Осы уақыт ішінде әртүрлі сипаттамалары бар 6 спутник іске қосылды. Осы сериялардың спутниктері қашықтықтан зондтау саласындағы жаңа дәуірді ашты, бұл датчиктердің желісін кең ауқымды зерттеуді қамтамасыз етеді. Бүгінгі күні SPOT суреттері олардың техникалық және экономикалық көрсеткіштері бойынша Жерді қашықтықтан зондтау үшін танымал материалдардың бірі болып табылады.



9-сурет. Кеңістіктік ажыратымдылығы 1 м болатын IKONOS-2 панхроматты кескіні

### **IKONOS-2 спутнигі**

Бұл коммерциялық спутникті құру картографиядан ауылшаруашылық дақылдарының жай-күйіне мониторинг жүргізу және қалалық инфра-құрылымды жоспарлау үшін қашықтан зондтау деректеріне сұраныстың артуына байланысты болды. IKONOS-2 адамзат тарихындағы жер серігін ультра жоғары (1 м-нен төмен) рұқсатымен алғашқы коммерциялық спутник болды (9-сурет). Спутниктің жоғары өнімділігі қысқа уақыт ішінде ультра жоғары ажыратымдылығы жоғары дәл кескіндерді алуға және алуға мүмкіндік береді.

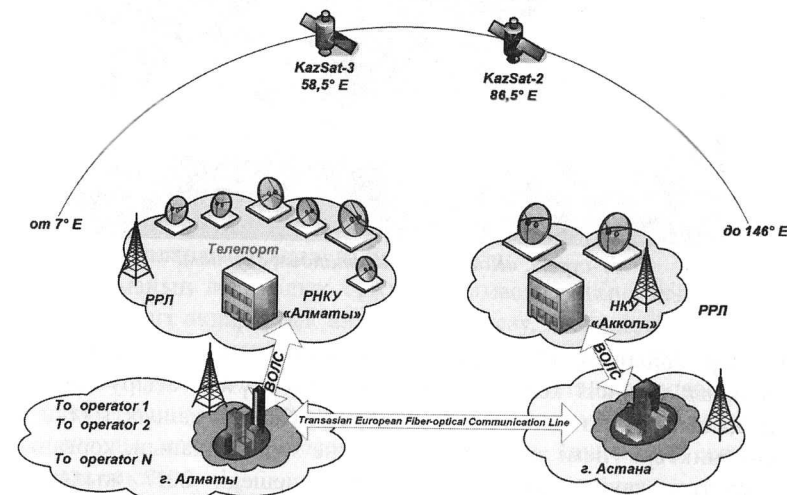
### **QuickBird спутнигі**

Спутник 2001 жылдың 18-қазанында Vandenberg ғарыш айлағынан (АҚШ, Калифорния) DigitalGlobe бірлесіп және оның инвесторларымен табысты түрде іске қосылды. Спутниктің негізгі артықшылықтары кең борттық жадымен, орналасудың жоғары дәлдігімен және күрделі полигондарға тапсырыс беру мүмкіндігімен бірге кең қамту аймағы болып табылады. Тұтынушылар міндеттеріне байланысты QuickBird кескіндерін өңдеудің бірнеше деңгейі бар. Негізгі деңгейдегі суреттер. Бұл деңгейдегі QuickBird кескіндері суреттерді өңдеуге қажетті барлық құралдарға ие тұтынушыларға арналған. Деректер жиынтығы фотограмметриялық өңдеуге қажетті ақпаратты қамтиды – камера үлгісі және кеңістік түсіру параметрлері туралы ақпарат. Негізгі деңгейдегі суреттер радиометриялық түзету және камераның бұрмалануынан туындаған түзету процедурасына ұшырайды. Стандартты деңгей. Бұл деңгейдегі суреттер байланыстың орташа дәлдігіне қанағаттанатын тұтынушыларға арналған. Негізгі деңгейдегі бейнелер арқылы өтетін өңдеу процедураларына қосымша геометриялық түзету қолданылады. Орташа түзетілген деңгей. Бұл санатқа ГАЖ-де қолдануға дайын, соның ішінде картаның немесе дерекқордың негізгі қабаты ретінде орто трансформациялық бейнелер кіреді. Суреттердің бұл түрі өте жоғары геометриялық дәлдікпен сипатталады.

### **2.3. Қазақстандағы қашықтықтан зондтаудың ғарыштық жүйелері**

Байқоңыр ғарыш айлағының орналасуына байланысты Қазақстан ғарыштық технологиясы бар елдер қатарына кіреді. Ресейлік Хруничев орталығымен өндірілген KazSat-1 спутнигі 2006 жылдың маусым айында Байқоңыр ғарыш айлағынан басталды. Алайда, 2008 жылы ғарыш аппараттарымен төтенше жағдай орын алды, өз жұмысын реттеуге болмады, ал жерсерік жоғалып кетті.

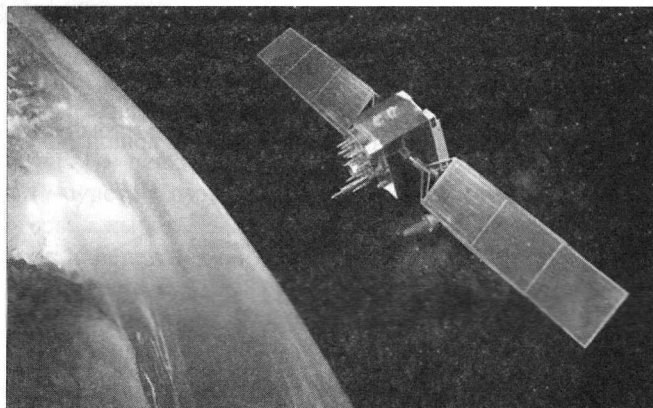
2011 жылдың 16 шілдесінде орбитаға «KazSat-2» телекоммуникациялық ғарыш кемесі ұшырылды. 1330 килограммдық спутникті Мәскеу Хруничев орталығынан жасады. Құрылғының қызмет мерзімі 12,5 жылды құрайды. Спутник Қазақстандағы, Орталық Азиядағы және Орталық Ресейдегі телекоммуникация қызметтерін ұсынуға арналған.



10-сурет. Қазақстанның ғарыштық спутниктерін басқару жүйесі

«KazSat-3» үшінші қазақстандық байланыс спутнигі 2014 жылдың желтоқсан айының соңында толық уақытты пайдалануға енгізілді. KazSat-3-те Ku-band транспондерлері бар және Express-1000NTV платформасына негізделген. Орбитадағы жер серігін пайдалану мерзімі – 15 жыл. Спутник Қазақстан мен көрші мемлекеттер аумағында телекоммуникация сигналдарын қайта беру және «KazSat» спутниктік байланыс жүйесінде деректерді беру желілерін құру үшін арналған. «KazSat» сериясының спутниктерін тек жер үсті бақылау кешенінің (NKU) ғарыш аппаратынан (Ақкөл) қазақстандық мамандар және Алматы облысының ұқсас резервтік орталығы басқарады.

Жерді қашықтан зондтау бойынша алғашқы қазақстандық ғарыш аппаратын ұшыру 2014 жылы жасалды. Сонымен қатар, Ресейде ынтымақтастықты кеңейту нәтижесінде KazSat спутниктік байланыс және хабар тарату жүйесі, жерді қашықтықтан зондтау үшін ғарыштық жүйе, ғарыш аппараттарын құрастыру-сынау кешені құру бойынша жобалар бар және «Бәйтерек» ғарыш зымыран кешенінің өзі.



11-сурет. «KazSat» қазақстандық спутнигі

Жоспар бойынша «Бәйтерек» ғарыштық зымыран кешенінің жаңа экологиялық қауіпсіз кешенін құру жобасын жүзеге асыру жалғасады. Жерді қашықтықтан зондтау спутниктері (Жерді қашықтықтан зондтау) спутниктері үнемі жұмыс істейді және экономиканың, қорғаныстың және ұлттық қауіпсіздіктің міндеттерін шешеді. 2017 жылға қарай KazSat жүйесі бес миллиардтан астам теңге көлемінде кіріс әкелді және шетелдік спутниктердің ресурстарын пайдалануды қысқарту есебінен 12 миллиард теңгеге импорт алмастыруды қамтамасыз етті. 2017 жылы Жерді қашықтықтан зондтау ғарыш жүйесін пайдаланатын мемлекеттік органдар мен ұйымдарға 1,2 млрд. Теңге көлемінде 11,5 млн. Шаршы километрді құрайтын Жердің ғарыш агенттіктері берілді. Сонымен бірге ғарыштық технологияларды сыртқы нарықтарға жылжытуға ерекше назар аударылады. Ең бастысы – көрші мемлекеттердің – Қырғызстан, Өзбекстан, Тәжікстан нарығы, қазіргі уақытта олардың ғарыштық байланыс жүйесі жоқ.

Алдын ала келісімге қол жеткізілгендей, қашықтықтан зондтау үшін қазақстандық-ресейлік ғарыш аппараттарының тобына 4 жер серігі, оның ішінде екі оптикалық-электронды және екі радиотехникалық құрылғылар енгізілетін болады. Ғарыштық қашықтықтан зондтау құралдарын пайдалану арқылы инфрақұрылымның жағдайын, ауыл шаруашылық әрекеттерін, төтенше жағдайларды қадағалауға, жазатайым оқиғалар мен табиғи апаттардың зардаптарын сенімді бағалауға болады.

Қазақстандық тараптың жобаға қатысуы оған жер үсті нысаналы кешенді дамытуға, объектіні қабылдау мен пайдалануға беруді, ғарыш

кешенінің жұмыс істеу компоненттерін, сонымен қатар Байқоңыр ғарыш айлағынан ғарыш аппараттарын ұшыруды дайындауға қатысуды, сондай-ақ бірлескен операторлық қызметке қатысуды қамтамасыз етуге қатысуды қарастырады. Қашықтықтан зондтау қондырғыларының бірегей жиынтығымен, ауа-райының барлық бақылауларын қамтамасыз етеді, жер бетінің суреттерін жоғары, өте жоғары және орташа кеңістіктік ажыратымдылықпен алуға мүмкіндік береді.

RSC Energia өкілдерінің айтуынша, қазіргі кезде ағып кету мен апаттардың салдарынан жоғалтылған мұнай мен газдың оннан бір бөлігінің жоғалуын болдырмау үшін мониторинг жүргізуге мүмкіндік беретін әзірлемелер бар. Өз кезегінде, Жерді қашықтан зондтау жүйелеріне деген көзқарас тұтынушыларға олардың талаптары мен талаптары бойынша бағытталуы керек, өйткені үлкен және мобильді комплекстер түрлі тапсырмаларды орындауға бағытталған.

Бағдарламаның логикалық тұжырымдамасы жоғары дәлдіктегі навигацияның негізгі ақпараттық алаңдарын жасау, геокеңістіктік деректерді алу және республиканың картографиялық базасын анықтау болып табылады. Аймақ туралы білу, оны құру үшін географиялық ақпараттық жүйе құру қажет – бұл қызмет түрлері бойынша құрылым-далған және картаға түсіп, оларды мақсатты мәселелерді шешетін қашықтағы орталықтар жүйесінде сақтау.

Қазақстанда жоғары дәлдіктегі навигацияның тиімді жүйесі, навигациялық алаңдар мен көлік құралдарының мониторингі жасалатын болады. Әзірлеушілердің айтуы бойынша, бірнеше ай ішінде көлік құралының жабдықталған модулі жүргізушінің орналасқан жерін, жылдамдығын және әл-ауқатын қоса алғанда, көптеген параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді. Жыл аяғына дейін демонстрациялық үлгілер құрылады және көрсетіледі, көліктік жүйелердің түрлерін қамтитын ірі корпоративтік желілерді құру бойынша ұсыныстар зерттеледі.

Қазақстан мен Ресей сейсмикалық процестер мен төтенше жағдайлардың ғарыштық мониторингі саласындағы жұмыс туралы келісімге қол қойды. Төтенше жағдайларды бақылау тұжырымдамасы осы заттар мен объектілерге қатысты маңызды объектілердің, қауіпті жүктердің және қауіпті құбылыстардың мониторингін қамтиды. Сарапшылар Қазақстанды халықаралық іздеу және құтқару жүйелерімен айналысатын мемлекеттердің қоғамдастығына енгізу қажеттігін мойындайды.

2020 жылға қарай Қазақстан ғаламдық ғарыштық державалар қатарына енуді жоспарлап отыр. Осының арқасында Астанадағы Ұлттық ғарыш орталығының құрылысы болады. Бұл жоғары технологиялық жобаны іске асыру ғарыштық қашықтықтан зондтау жүйесінің (RS



дистанциялық зондтау жүйесі) жер үсті инфрақұрылымын, жоғары дәлдіктегі спутниктік навигациялық жүйенің (SVSN) жер үсті сегментін, пилоттық өндірумен арнайы жобалау және технологиялық бюроларды, сондай-ақ ғарыш аппараттарын құрастыру және сынау кешенін қамтиды. ҚР ИДМ Аэроғарыш комитеті (Қазкосмос) ұйымдастырған пресс-турға қатысушылар болашақ ғарыш кластерінің айқын жоспарларын көрді.

«Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК» АҚ – Жерді қашықтан зондтау өнімдері мен спутниктік навигация өнімдерін біріктіру арқылы жан-жақты шешімдер ұсына алатын Қазақстандағы жалғыз компания. Бұл қоршаған ортаның экологиялық жай-күйін, техногендік және табиғаттың төтенше жағдайларын бақылау, әлеуетті сейсмикалық белсенділік аймақтарын мониторингілеу, гидротехникалық құрылыстардың жай-күйін және басқа да стратегиялық объектілерді мониторингілеу және бақылау үшін синергетикалық әсер етеді.

#### *Идеядан орбитаға шығу*

2018 жылға қарай Ұлттық ғарыш орталығының аумағында ғарыш аппараттарын жинақтау-сынау кешенін құруды аяқтау жоспарланып отыр. Бұл Қазақстанда ғарыш аппараттарын жобалау, дайындау, құрастыру және сынау үшін технологиялық, өндіріс және, ең бастысы, кадрлық база құрылатындығын көрсетеді. Бұл елдегі тапсырыстарды өздерінің ғарыш аппараттарын құру және болашақта спутниктік өндірушілердің әлемдік нарығына шығу, озық технологияларды беру және дамыту үшін орналастыруға мүмкіндік береді.

2021 жылы Астанада қазақстандық өндірістің алғашқы спутнигін жинау керек, оның мақсаты ретінде ел экономикасына ғарыштық технологияларды жасау және енгізуді қарастыратын компанияның жоспарлары бойынша. Байқоңыр ғарыш айлағынан қол жеткізе отырып, Қазақстан ресейлік әріптестерімен өз ғарыш аппараттарын орбитаға шығаруды жоспарлап отыр. 2025 жылға қарай Астана қаласының сол жағалауының 30 гектары нақты ғарыш қалашығына айналады, мұнда миссия бақылау орталығы, монтаждық-сынақ кешені мен зертханалардан басқа орталық қызметкерлері үшін тұрғын үй, балабақша, сауда-ойын-сауық орталығы және спорт кешені үшін барлық қажетті инфрақұрылым болады.

Ғарышты игерудің өршіл жоспарларын жүзеге асыру үшін біздің елде техникалық және интеллектуалдық ресурстар бар, деп санайды сарапшылар. Монтаж-сынақ кешенінде мыңға жуық адам жұмыс істейді, 90 инженер Ұлыбританияда, Германияда, Францияда оқыды.

## 3-ТАРАУ. ДИСТАНЦИЯЛЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ӨНДЕУ

### 3.1. Спутниктік бейнелерді өндеудің негізгі кезеңдері

Көптеген дистанциялық зондтау деректерін дереу цифрлау. Бұл деректерді өндеудің автоматтандырылған жүйелерін пайдалана отырып спутниктік ақпараттың игерілуін және іске асырылуын іске асыруға мүмкіндік беретін заманауи компьютерлік технологияларды тікелей өндеуге мүмкіндік береді. Мұндай жүйелер, әдетте, технологиялық мақсатта әртүрлі блоктардың екі тобын қамтиды. Блоктардың бірінші тобы техникалық проблемаларды шешуді автоматтандыруды, соның ішінде кескіннің географиялық сілтемесін қамтамасыз етеді. Екінші топ маңызды міндеттерді шешуді автоматтандыруға мүмкіндік береді, яғни зерттелетін объектілердің сипаттамалары туралы ақпарат береді.



12-сурет. МКА миссиясын басқару және ақпаратты өндеу орталығы

Ғарыштық зерттеулерде цифрлық кескінді өндеу әдістері, спутниктік бейнелерді көрсетуді қоса алғанда, маңызды рөл атқарады. Географиялық нәтиже алу үшін сандық кескінді өндеу стандартты процедуралардың нақты бірізділігі болып табылады. Деректерді өндеудің негізгі кезеңдері төменде келтірілген. Жердегі деректерді өндеу жүйесі мультиспектралды

қашықтықтан зондтау деректерінен пайдалы ақпаратты алу және оларды тұтынушыларға беру үшін жасалған.

Өңдеу жүйесі қашықтықтан зондтау датчигі мен пайдаланушы арасындағы делдал болып табылады. Сондықтан, оның сипаттамалары көбінесе деректер сипатына және қашықтықтан зондтау ақпаратының тұтынушыларының қажеттіліктеріне байланысты. Қашықтықтан зондтау деректерін халықаралық тәжірибеге сәйкес өңдеу кестеде ұсынылған бірнеше деңгейді білдіреді. 3.1.

Спутниктік деректерді өңдеу деңгейлері

Деңгей	Көрністің өңдеу тереңдігі
0	Бастапқы ақпараттар
1	Көрністі радиометрикалық және картографиялық өңдеу
2	Көрністі картографиялық проекцияға ауыстыру
3	Аймақтың цифрлық моделіне сәйкес көрністі геометрикалық өзгерту
4	Мультиспектралдық өңдеу

Жалпы, қашықтықтан зондтау деректерін өңдеу үш қадамды қамтиды:

1 кезең – алдын ала емдеу;

2-кезең – бастапқы өңдеу;

3 кезең – қайталама немесе тақырыптық өңдеу.

**Бірінші кезеңде** спутниктік деректерді қабылдағаннан кейін оларды магниттік медиаға жазып, қажетті декодтау мен түзету операцияларын орындағаннан кейін деректер тікелей сурет немесе спутниктік кескінге айналады, сондай-ақ өңдеудің келесі түрлері үшін қолайлы пішімдерге айналады.

**Екінші кезеңде** радиометриялық және геометриялық өзгерістер бұрмалануларды түзету үшін, сондай-ақ қажетті географиялық проекцияда (геокодтау) суретті үлкейту және бейнелеу координаттары торымен кескінді гео-сілтеме жасайды.

**Үшінші кезең** – тақырыптық өңдеу – статистикалық өңдеу әдістері мен визуалды түсіндіру және түсіндіру арқылы сандық талдауды қамтиды.

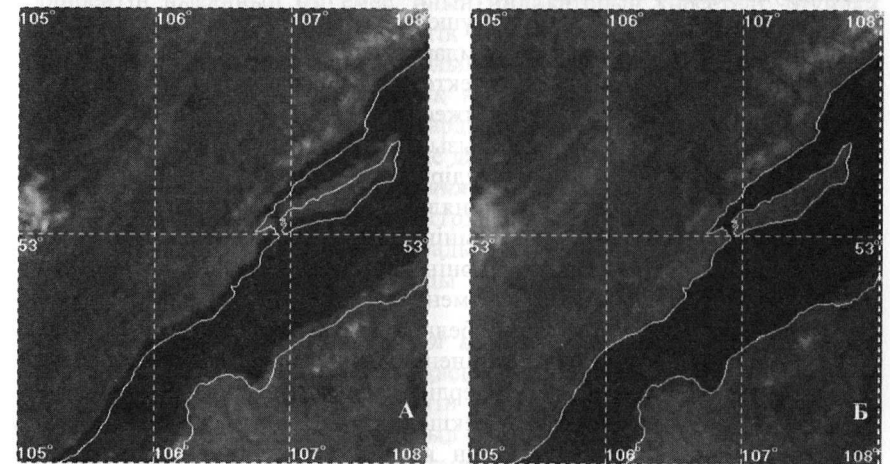
**Радиометриялық түрленулер** деректерді жинау жүйесінде бұрмаланудың белгілі бір түрлерін түзету үшін пайдаланылады, мысалы, электрондық құрылғылардың өтемсіз тұрақсыздығы. Радиометриялық дәлдік ішкі және сыртқы калибрлеу жүйелерімен қамтамасыз етілген.

Деректерді түпкілікті калибрлеуге қажетті ақпарат Жерге жіберілген сигнал құрылымында болуы керек және кейінгі өңдеу кезінде есепке алынады.

**Геометриялық өзгерістер.** Спутниктік деректерді өңдеу кезінде негізгі мақсаттардың бірі қажетті геометриялық сипаттамалары бар суреттерді алу болып табылады. Бұл арнайы өңдеуге ұшырамаған спутниктік бейнес оның геометриялық сипаттамасында әртүрлі стандартты географиялық проекцияда картадан ерекшеленеді және бұрмаланудың өзгеше түріне ие. Геометриялық бұрмалануларды жою және спутниктік бейнелерді стандартты географиялық проекцияға келтіру үшін кескін геометриялық түрде өзгеруі керек. Геометриялық түзету тәртібіне сәйкес түсірудің және астыңғы бетінің геометриясының уақытында кеңістіктегі сенсордың орнын сипаттайтын деректерге сәйкес.

Спутниктік бейнелерді тек спутниктік орбиталық модельді пайдалануға негізделген картографиялық проекцияға түрлендіру жиі жеткілікті дәлдік деңгейін қамтамасыз етпейді. Суретте, 13, көлдің жағалауларында маңызды өзгерістер байқалады. Байқал орбиталық деректер бойынша геометриялық түзетуден кейін қалған. Бұл мәселені шешу үшін географиялық анықтамалар бар.

Спутниктік деректерді өңдеуге арналған заманауи бағдарламалық пакеттер операторға географиялық координаттары деректер базасында орналасқан спутниктік бейненің нүктелерін интерактивті түрде орнатуға мүмкіндік беретін нүктелер бойынша геолокацияны қамтамасыз етеді.



13-сурет. Орбиталық деректермен геометриялық түзетуден кейінгі спутниктік кескін (А) және кейінгі гео-сілтеме (В)

«Біріктіру» және «деректерді қабаттастыру» терминдері деректердің бір жиынтығына екіншісіне геометриялық үйлесімділік процесін білдіреді. Мысалы, бір жиынтығы мұхиттың қашықтықтан зондтау деректері болуы мүмкін, басқа картасы. Біріктіруге немесе қабаттастыруға болатын деректердің кең ауқымы бар екенін ескеріңіз. Мысалы, мұхит қашықтан зондтау деректерін кескін түрінде немесе суретке бөлу суасты топографиясы, байланыс субпартирлы өлшемдері, метеорологиялық параметрлер және т.б. туралы мәліметтерге орналастырылуы мүмкін.

Масштабтау, проекцияларды трансформациялау, жүйелі бұрмалануларды түзету – суретті қажетті масштабта немесе географиялық проекцияда алу үшін қажетті рәсімдер. Суреттерді геометриялық түрде бірдей пішінге түсіргенде, түбір-орташа-квадраттың өзгеру қателігі 0,5 пиксельден аспайтынын сұрайды.

**Деректерді қысу және мұрағаттау** қашықтықтан зондтау деректерін өңдеудің маңызды элементтерінің бірі болып табылады, өйткені ол үлкен деректер ағындарын өңдеуді және өңделген ақпаратты сақтауды талап етеді. Байланыс жүйелеріндегі деректердің пішімін немесе көлемін азайту арқылы деректерді беру, сақтау және өңдеуге қойылатын талаптарды азайтуға болады, нәтижесінде нәтижесінде тұтастай алғанда өңдеу жүйесінің құнының төмендеуіне алып келеді.

Кескіндерді кең мағынада жақсарту кезінде кескін түрінде ұсынылған деректердің кез келген түрін жақсартуға арналған процедураларды, сондай-ақ тар мағынада – сурет түрінде ұсынылған деректерді көрнекі қабылдауды жақсартатын рәсімдерді түсіну керек.

**Суреттерді өңдеу.** Суретті күшейту операцияларынан айырмашылығы, бірнеше спектральды ауқымдардың деректері бейнелерді түрлендіру үшін пайдаланылады, бұл деректер әртүрлі зерттеу күндеріне сәйкес келуі мүмкін. Трансформация нәтижесінде жаңа нысандар пайда болады, онда белгілі бір объектілер мен қызығушылықтың салалары айқынырақ көрсетіледі. Ең қарапайым түрлендірулерге пиксел-пикселді қосу, алып тастау, көбейту және бөлу операциялары кіреді. Мысалы, түсіру операциясы бір суреттің әрбір пикселінің жарықтық мәні бірінші суреттің сәйкес пикселінің жарықтық мәнінен алынып тасталады. Кескінді қосу – ортақтағы шу деңгейін төмендетуге мүмкіндік беретін орташа-лау операциясы. Бұл операция белгілі бір масштабтағы нысандарды таңдау үшін кеңістіктік сүзуге кеңінен қолданылады. Қашықтықтан зондтау деректерін өңдеудегі кескіндердің көбеюі өте сирек қолданылады. Керісінше, көптеген спектрлік ерекшеліктерді есептеу негізделген бөлу операциясы ең жиі қолданылатын қайта өзгерістің бірі болып табылады. Бұл әрекет жердің әртүрлі қақпақтарының спектрлік шағылыстырылуындағы ең аз өзгерісті атап өтуге мүмкіндік береді.

### **Дистанциялық зондтау деректерін интерпретациялау.**

Географиялық зерттеулер мен картографиядағы суреттерді пайдалану оларды оқу және интерпретациялауға негізделген, бұл оларды түзету мен жетілдіруден басқа, бейнеленген объектілерді автоматты түрде тану және интерпретациялау, оларды жіктеу және т.б.

**Суреттердің шифры** объектілердің қасиеттері мен суреттерде олардың көбею сипаты арасындағы байланыстарға негізделген аумақтарды, су айдындарын және атмосфералық құбылыстарды зерттеу әдісі болып табылады. Шешуге объектілердің сапалық және сандық сипаттамаларын анықтау және графикалық (картографиялық), сандық немесе мәтіндік формаларда нәтижелерді көрсетуді анықтау, тану, түсіндіру кіреді. Суреттердің жалпы географиялық (топографиялық) түсіндірмесі, ландшафты және тақырыптық (салалық) – геологиялық, топырақ, орманшылық, гляциологиялық, ауыл шаруашылығы және т.б. бар. Түсіндірме визуалды және компьютерге бөлінеді. Компьютерді интерпретациялауда сонымен бірге зерттелетін объектілердің автоматтандырылған жақтелуінің әдістері де бар.

Суреттегі нысандар тікелей және жанама бөлінген түсіндірме ерекшеліктерімен ерекшеленеді. Реферат формасын, өлшемін, түсі, үні мен көлемкесін бағыттау, сондай-ақ күрделі біріктіру мүмкіндігі – сурет сурет. Жанама белгілер – объектінің орналасқан жері, оның географиялық жақындығы, қоршаған ортамен өзара әрекеттесу іздері.

Объектілер мен құбылыстардың объективті байланыстары мен тәуелділіктеріне негізделген жанама түрде түсіндіргенде, декодер суретте көрінбейтін нысанның өзі емес, оның индикаторын көрсетеді. Мұндай жанама интерпретация индикативтік деп аталады, оның географиялық негізі индикативті ландшафтық ғылым болып табылады. Көп аймақтық кескіндерді декодтау. 4-6 аймақтық кескіндермен жұмыс бір суретпен салыстырғанда күрделірек және оларды түсіндіруде арнайы әдіснамалық тәсілдер қажет. Салыстырмалы және дәйекті түсіндіру бар.

**Салыстырмалы интерпретация** фотосуреттерден спектральды кескінді анықтауға, оны белгілі спектрлік шағылыстырумен және объектіні анықтаумен салыстырудан тұрады. Кездейсоқ түсіндіру аймақтардың суреттерін әртүрлі нысандарды онтайлы түрде көрсету фактісіне негізделген.

**Бірнеше уақыттағы бейнелерді интерпретациялау** объектілердегі өзгерістерді және олардың динамикасын зерттеуді, сондай-ақ динамикалық ерекшеліктеріне қарай өзгертін объектілерді жанама түрде түсіндіруді қарастырады. Мысалы, ауыл шаруашылығы дақылдары ауыл шаруашылығы күнтізбесін ескере отырып, вегетациялық кезеңде кескінді өзгерту арқылы танылады.



Далалық және камеральды түсіндіру бар. Далалық декодтау кезіндегі объектілер табиғатпен салыстыра отырып, жер бетінде анықталады. Бұл түсіндірудің ең сенімді түрі, бірақ ең қымбат. Бұл аэро визуальды интерпретацияны алуан түрлі болуы мүмкін.

Сандық классификациялау кезінде белгілі бір класына пикселдерді беру процесін түсіну керек. Объектіні жіктеу автоматтандырылған имидждің негізін құрайды. Сонымен қатар, мультизоналық кескіннің әрбір пиксельі спектрлік сипаттамалардың немесе спектрлік кеңістіктегі вектордың өлшемдеріне сәйкес келеді, олардың өлшемі зерттеу аймақтарының санына тең деп есептеледі. Жіктелудің қиындықтары, ең алдымен, белгілердің өзгермелілігіне байланысты – шағылыстырушы күннің, маусымның және т.б. уақытқа байланысты өзгереді.

Классификациясы үлгіні танудың математикалық теориясына негізделген. Оған сәйкес, белгілердің кеңістігі сыныптардың біріне тән белгілері бар жабық аудандарға бөлінуі керек, содан кейін әрбір пиксель оның белгілерінің векторы құлаған аймаққа жатқызылуы керек.

Кескін пикселдерін объект кластарына (эреже бағыттары) тағайындау әдісі тиісті алгоритм қамтамасыз ететін жіктеу ережесі бойынша анықталады. Алгоритмдер 2 түрге бөлінеді: бақыланатын және бақылаусыз классификация алгоритмдері. Бақыланатын классификациямен спектральды жарықтық индикаторларынан объектілік сыныптарға көшу ережелері сынақ, анықтамалық учаскеде әзірленеді және кейін автоматты түрде қалған суретке қолданылады.

Бақыланатын классификация эталондық объектілердің спектральды сипаттамаларын есепке алудың әртүрлі жолдарын қолданатын алгоритмдер арқылы жүзеге асырылады:

- ◆ қарапайым жағдайда объектілерді сыныптарға бөлетін сызықтар болып табылатын кемсітушілік функциялар;
- ◆ жіктелген объектілер бір немесе бірнеше класына жататын кезде ең аз арақашықтықтар  $R$ ;
- ◆ параллелепипед алгоритмі, егер сипаттамалы кеңістікте екі, үш немесе одан да көп спектрдегі аймақтардағы анықтамалық объектілердің спектральды жарықтығын бөлу гистограммаларын талдау негізінде шекаралары белгіленетін жабық тікбұрышты аймақтарды оқшауланған болса;
- ◆ объект кластарының сипаттамаларының статистикалық бағалауларына негізделген ең жоғары ықтималдық әдісі. Оның мәні белгілі бір сыныпқа түсетін пиксел ықтималдығын анықтау үшін азаяды.

**Бақыланбайтын классификация алгоритмдері** шекті процедуралар деп аталатын көпфункционалды түрде анықталған объектілерді зерттеуде

жиі пайдаланылатын кластерлік әдістерді іске асырады. Олар спектральды жарықтылықта жазылған объектілердің табиғи айырмашылықтары туралы бастапқы мәліметтер сыныптардың бөлінуі үшін жеткілікті деп есептейді, сондықтан стандарттарсыз жасауға болады.

**Кластерлеу алгоритмдері** пикселдерді ұқсас жарықтық мәндерімен кластерлерге біріктіреді және кластерге кіретін барлық пикселдердің орташа өлшенген мәндерін есептеуге мүмкіндік береді, бұл функционалдық кеңістіктегі кластер орталығының орнын анықтайды.

Әуе-ғарыштық бейнелерді автоматтандырылған өңдеуге арналған бағдарламалық қамтамасыз ету, әдетте, бақыланбайтын және бақылаусыз сыныптау үшін бірнеше алгоритмдерді қамтиды. Бір немесе бірнеше алгоритмді пайдалану априоридің болуы, кескіннің сапасы, шешудің проблемасы, декодердің түйсігі және түйсігі арқылы анықталады.

Табиғаттағы, экономикадағы және олардың өзара әрекеттесуін бақылау және картаға түсіру динамиканы картаға түсіруге байланысты. Осы әдістерді компьютерлік түрде іске асыру негізінен динамикалық ақпаратты алу үшін бірнеше уақыттағы карталарды, әуе және жерсеріктік бейнелерді нақты кеңістіктік теңестіруді қамтамасыз етуге бағытталған.

Өзгерістерді табу және картаға түсіру үшін қолайлы алгоритмдік процедуралар бақыланатын, бақылаусыз немесе гибриді жіктеу әдістеріне негізделген және ГАЗ технологияларын қосады.

#### **Ең жиі қолданылатын операциялар:**

- ◆ әртүрлі уақыттық суреттердің композицияларын екі мерзімге құру және өзгермелі және өзгермеген пикселдерді кластерлерді белгілеу;
- ◆ алгебра алгоритмін пайдалану – тиісті аймақтардың қатынастарын синтездеу немесе есептеу (кейбір координаттар жүйесіне және көлеміне дейін қысқартылғаннан кейін);
- ◆ геометриялық суреттерде қажетті объектілерді автоматтандырылған декодтау арқылы алынған көп уақыттағы бейнелердің жіктелуінің нәтижелерін салыстыру;
- ◆ екілік масканы қолдану – өзгермейтін немесе декодерге қызығушылық білдірмейтін объектілерді маскировкалау үшін қолданылатын 0 және 1-ден ғана тұратын арнайы жасалған кескіндер, бұл өзгерістерді таңдауға мүмкіндік береді;
- ◆ карталарды бұрынғы күні құрастырылған картамен салыстыру нәтижелері салыстырылған кезде бірінші күні үшін деректер көзі ретінде пайдалану. Бұл жағдайда карточка сканерленеді, сурет картаның проекциясына айналады, оның жіктелуі жүргізіледі, содан кейін жоғарыда сипатталған операциялар карта мен құпия кескін үшін пайдаланылады;

- ◆ экрандағы ауыспалы сыныптарды қолмен санау – визуалды объектілердің сұлбаларын көп уақыттық жіктеу карталарында немесе жоғары ажыратымдылықтағы суреттерге растрлық-негізделген сандарды пайдалану арқылы көрсету, содан кейін қабылданған векторлық карталарды бір негізде біріктіру.

**Жіктелудің соңғы сатысы** нәтижелердің дұрыстығын бағалау, яғни дұрыс анықталған объектілердің пайыздық арақатынасын жіктелгендердің жалпы санына айқындау болып табылады. Классификацияның сенімділігі алдымен көрнекі түрде бағаланады, үлкен қателіктер мен сәйкессіздіктер анықталады. Содан кейін сынау нәтижелерін салыстыру үшін сынақ алаңдарымен салыстырмалы сандық бағалау жүргізеді, олар жердегі бақылаулар, карталар және ауқымды кескіндер, жарияланым мәліметтері және материалдар.

Кесте 3.1

Қызыл	Жасыл	Көк	Жиынтығы
0	0	0	Қара
255	0	0	Қызыл
0	255	0	Жасыл
0	0	255	Көк
0	255	255	Көкше
255	0	255	Қызылтаң
255	255	0	Сары
255	255	255	Ақ

**Деректерді ұсыну** деректерді өңдеу мен талдаудың маңызды түрлерінің бірі болып табылады. Қашықтан зондтау деректерін өңдеу және талдаудан кейін алынған нәтижелер түпкілікті пайдаланушыларға нақты, қатаң анықталған пішінде және форматта (кестелер, деректер жинақтары, графиктер, диаграммалар, карталар) ұсынылады. Деректерді ұсыну формалары көбінесе қолданбалардың сипатына және пайдаланылатын өңдеу процедурасына байланысты. Гидрофизикалық сипаттамалардың кеңістіктік және уақыттық өзгергіштігін зерттеу проблемалары үшін ең ыңғайлы әдістердің бірі карталар түріндегі деректерді ұсыну болып табылады. Көрнекілендіру құралдары спутниктік бейнелерді талдау нәтижелері үшін көрнекі ұсыныстарды жасауға мүмкіндік береді.

Бірнеше себептермен кескінді визуализациялау кезінде түс қолдану. Біріншіден, түс түсідегі объектіні тануды және таңдауды жеңілдетеді, ал екіншіден, адам мыңдаған әртүрлі түстер реңктерін және сұр түстің екі оннан астамын ғана ажыратады. Екінші жағдай әсіресе визуалды бейнені талдауда маңызды. Бұл түс үлгісіндегі түс 0-ден 255-ге дейінгі үш түсті мәнмен сипатталады. Әрбір мән негізгі түстердің біріне сәйкес келеді және оның мазмұнын сол түсті көрсетеді. Мәндер төмендегі тәртіпте жазылады: қызыл, жасыл және көк компоненттер. Кесте 3.1 RGB түс үлгісінде негізгі, соның ішінде бірқатар түстердің сипаттамаларын береді.

Картографиялық кескіндер түрінде деректерді ұсыну мақсатында пайдаланылатын бағдарламалық жасақтама құралдарына сәйкес бояғыштар әзірленеді.

### 3.2. Дистанциялық зондтау деректерін өңдеу бағдарламасына шолу

Дистанциялық зондтау деректерін өңдеу стандартты қадамдарды қамтыса да, осы қадамдардың нақты орындалуы көбінесе пайдаланылатын бағдарламаға байланысты. Бүгінгі таңда қашықтан зондтау деректерін өңдеу жүйелерінде, жоғары жылдамдықты процессорлармен жұмыс істейтін станциялар мен дербес компьютерлер және жоғары сыйымдылықты сақтау құрылғылары стандартқа айналды. Қазіргі уақытта дистанциялық зондтау деректерін және кескіндерді өңдеу үшін түрлі деңгейдегі әртүрлі қолданбалы пакеттер әзірленді.

Дистанциялық зондтау деректерін өңдеу жүйелері іс жүзінде Adobe Photoshop, Corel Photo-Paint және т.б. секілді жалпы мақсаттағы сандық суреттерді өңдеу (графикалық редакторлар) үшін бағдарламалық жасақтама құралдарын сапалы дамытудың нәтижесінде пайда болды. Жүйенің екі классы бірдей: олар жұмыс істейді растрлық деректер үлгісімен ұқсас математикалық аппарат негізінде сурет өңдеу әдістерін қолданады. Дегенмен дистанциялық зондтау деректерінің ерекшеліктеріне байланысты бірқатар елеулі айырмашылықтарды атап өту керек:

- дистанциялық зондтау деректері – бұл арнайы жұмыс істеу үшін арнайы құралдарды, соның ішінде арнайы форматтарды қажет ететін өте үлкен файл;
- дистанциялық зондтау деректерінде пикселдің сандық мәні басып алынған объектінің кез-келген сипаттамаларының өрістерін қалпына келтіру міндеттерінде маңызды;
- дистанциялық зондтау деректері көп өлшемді деректер болып табылады, олардың спектралды зерттеу аумақтары мен параметрлері оларды RGB кескіндері ретінде қарастыруға мүмкіндік бермейді;

- дистанциялық зондтау деректеріне алдын-ала геометриялық және радиометриялық түзету қажет;
- дистанциялық зондтау деректері кеңістіктік ақпарат, әдетте, якорьмен;
- дистанциялық зондтау деректерін өңдеуге арналған бағдарламалық жасақтаманың маңызды ерекшелігі – алдын-ала өңдеуден және тақырыптық интерпретациядан геоақпараттық жүйелер арқылы модельдеу және кеңістіктік талдауды жылдам өтуге мүмкіндік беру.

ERDAS Imagine, ENVI, ER Mapper, IDRISI және басқалары қашықтан зондтау деректерін өңдеу үшін шетелдік бағдарламалық жасақтама тізімінен бөлінуі керек. Отандық бағдарламалық өнімдерден ScanEx және Sputnik бағдарламалық пакеттерін атап көрсетеміз. Қолданыстағы бағдарламалық пакеттердің көпшілігі деректерді өңдеу және талдаумен байланысты бірнеше нақты проблемаларды шешуге бағытталған. Мұндай жағдайда бүкіл жұмыс циклын жүзеге асыру үшін пайдаланушыда кемінде бірнеше бағдарламалық өнімдер болуы керек. Бірнеше бағдарламалық пакеттер тек қашықтықтан зондтау деректерімен жұмыс істеуге мүмкіндік береді, соның ішінде ERDAS Imagine бағдарламалық жасақтама өнімі және қашықтықтан зондтау деректерін өңдеу және талдауға арналған кең ауқымды міндеттерді шешуге мүмкіндік беретін «Спутник» ішкі дамуы. Сонымен қатар, соңғы жылдары спутниктік деректерді өңдеудің автоматтандырылған жүйелерін құру міндеті ерекше орын алды, оларды шешу үшін мамандандырылған бағдарламалық құралдар қажет.

**ERDAS Imagine.** ERDAS нарыққа жеткізілген ERDAS Imagine бағдарламалық пакеті жерсеріктік және кеңістіктік көрініс деректеріне бағдарланған және қашықтықтан зондтау және фотограмметрия сала-сындағы мамандарға арналған растрлық және векторлық ГАЖ және кескінді өңдеу жүйелерінің функцияларын біріктіреді. Кез-келген көзден деректерді өңдеуге және нәтижелерді кез-келген пішінде ұсынуға мүмкіндік беретін құралдардың кең ауқымы – кәсіптік әзірленген баспа карталарынан үш өлшемді жер бетіндегі үлгілерге дейін ERDAS қашықтықтан зондтау деректерін талдау және өңдеу үшін ең жақсы бағдарламалық өнімдердің бірін елестетіңіз. ERDAS Imagine бағдарламалық жасақтамасының негізі үш негізгі нұсқалардың бірі болып табылады: Imagine Essentials, Imagine Advantage және Professional Imagine. Әрбір кейінгі пакет алдыңғы бөліктің функционалдығын қамтиды және оларды кеңейтеді.

Ерекше құрал ретінде ERDAS базалық опциядан бөлек сатып алынатын және жаңа функцияларды алу үшін оған қосылған қосымша модульдерді жасайды. Мұндай модульдер – Imagine VirtualGIS, Imagine

OrthoBASE, Imagine Subpixel Classification, Imagine Radar Mapping Suite, Imagine Developers Toolkit, Stereo Analyst және т.б.

Үшөлшемді визуализация мен талдаудың VirtualGIS модулері суреттер мен жер бетіндегі модельдерден шынайы үшөлшемді сахналарды, сондай-ақ графикалық үдеткіштің қатысуымен жасаған виртуалды әлемдегі қозғалыс әсерін береді.

**OrthoBASE – ERDAS** фотограмметриялық шешімдерінің негізін елестетіңіз. Бұл модуль жүздеген аэрофотосъемкаларды өңдеуге мүмкіндік береді, бұл картографиялық дәлдіктің фотомагниттік сапасын шығарады. OrthoBASE Pro параметрі автоматты түрде жер бетінің үлгісін алуға мүмкіндік береді. Екінші фотограмметриялық өнім Stereo Analyst стереодағы кескін жұптарымен жұмыс істеуге мүмкіндік береді және дәстүрлі фотограмметриялық құралдар сияқты стерео декодтауды орындайды.

Imagine Subpixel Жіктеуші модулі нысандардың жиынтығын бір пиксельде араластыру мәселесін шешуге бағытталған бейнелерді жіктеудің арнайы әдісін орындайды.

Imagine Radar Mapping Suite радиолокациялық көріністің түрлі аспектілерін іске асырады. Бағдарламашы Imagine Developers Toolkit ERDAS қосымшасын тұтынушыға қажет ететін кез-келген функциялармен толықтыруға мүмкіндік береді.

ERDAS Imagine бейнені жақсартуға, оның оқылуын және ақпараттылығын жақсартуға, жерді пайдалануды жақсартуға және басқарылатын және бақыланбайтын классификацияны қолданатын объектілерді бөлуге, кез-келген аймақта уақыт өткен өзгерістерді анықтауға арналған құралдар жиынтығын ұсынады.

ERDAS Imagine антенналық немесе ғарыштық бейнелерді нақты координаттарға нақты байланыстыру, оларды жердің эллипсоидінің түрлі параметрлерін қолдана отырып, картографиялық проекцияларға айналдыру мүмкіндігін береді.

ERDAS Imagine Image Maker алгоритмдерін арнайы нысанға бағдарланған графикалық редактор арқылы үлгілерді интерактивті түрде құруға және ГАЖ деректерін өңдеуге және манипуляциялауға 200-ден астам операцияларды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, модельдер табиғи ортаны және ондағы жатқан процестерді сипаттау үшін өте оңай болуы мүмкін.

Кәсіби жобаланған картографиялық өнімдерді және демо-графиканы құру үшін арнайы редактордың Map Composer-ді қолдануға болады. Картографиялық композициялар суреттің бір немесе бірнеше қабатын, тақырыптық векторлық карталарды, аннотацияларды қамтуы мүмкін.



ERDAS векторлық модулі Imagine векторлық-топологиялық ГАЗ ARC/INFO деректер үлгісімен жұмыс істейді, сол бумадағы растрлық және векторлық ГАЗ мүмкіндігінің бірегей комбинациясын қамтамасыз етеді. Оған қоса, зерттеу аймағына, соның ішінде векторлық электрондық карталарды толық географиялық деректер жасауыңызға болады. Сонымен қатар, топологияны құруды қоса алғанда, векторлық карталарды редакциялау құралы бар. IMG-дің ішкі сурет деректер пішімі растр деректеріне ашық. ERDAS Imagine түрлі векторлар мен растрлық форматтардың файлдарын тікелей қарауға және өңдеуге мүмкіндік береді, сондай-ақ импорттау және экспорттау үшін кең мүмкіндіктерге ие. Жүйенің артықшылығы оның ашықтығы болып табылады, яғни жүйеде қосымша өңдеу процессорларының модульдерін жазуға және ендіруге мүмкіндік береді.

**ERDAS ER Mapper.** ERDAS ER Mapper жүйесі жүйе қолдайтын барлық деректерді өңдеу және талдау функцияларына жылдам және ыңғайлы қол жеткізуге мүмкіндік беретін бірыңғай интеграцияланған интерфейсін қолданады. Өңделген деректерді растр, вектор және аннотация қабаттарын қамтуы мүмкін жұмыс жиындарына біріктіруге болады. Жұмыс комплектілері расталды аэроғарыштық бейнені, сандық жер бедерін, магниттік және сейсмикалық барлау мәліметтерін және т.б. деректер негізінде қалыптастырылуы мүмкін.

Жүйенің басты ерекшелігі, егер ол пайдаланушыға қажет болмаса, деректердегі операциялардың нәтижелерін дискке сақтауды талап етпейді. Оның орнына, операциялардың қайталама реті біріктіріліп, алгоритмдер ретінде сақталады, олар деректердің жұмыс жиынын орындауды қажет ететін өңдеу қадамдарының белгілі бір дәйектілігі болып табылады. Мұндай тәсілдің артықшылығы дискілік кеңістікті пайдаланудың тиімділігін айтарлықтай арттырады, ол негізінен оны пайдалану тиімділігіне оң әсер етеді. Алгоритмдер көп деңгейлі сүзгілеу, жарықты өзгерту (түзету), формулалар арқылы өңдеу және т.б.

ER Mapper әр түрлі «үлгі» алгоритмдерден тұрады, сонымен қатар өзінің жеке өңдеуші өңдеу алгоритмдерін жасауға мүмкіндік береді. ER Mapper көптеген стандартты растр және вектор форматтарынан, ең көп таралған CS форматтарынан және көптеген танымал ГАЗ форматтарындағы деректерден импорттау және экспорттау үшін көптеген утилиталар ұсынады. Жалпы алғанда, жүйе 130 түрлі деректер пішімдерін қолдайды.

Қашықтан зондтау деректерін өңдеудің көптеген функциялары бізге алдын-ала және тақырыптық өңдеудің кең ауқымды міндеттерін шешуге мүмкіндік береді. Жүйе проекциялардың трансформациясы,

суреттерді геометриялық түзету, гео-сілтеме жасау, бір-бірімен үйлесімді аэроғарыштық бейнелердің әшекейлерін жасау, гетерогенді деректерді біріктіруге мүмкіндік беретін тиімді утилиталар ұсынады. Сондай-ақ, бейнелердің бақыланбайтын және бақылаусыз жіктелуін орындаңыз. ER Mapper қосымша модульдерді сатып алу қажеттілігін жоққа шығаратын бір жиынтық ретінде келеді. ER Mapper ашық және пайдаланушыларға барлық жүйелік функцияларға қол жетімділік беретін және C программалау тіліне негізделген мамандандырылған кітапханалардың жиынтығын ұсына отырып, өз мүмкіндіктерін кеңейтуге мүмкіндік береді.

**ENVI.** ENVI бағдарламалық пакеті қашықтықтан зондтау деректерін өңдеу және олардың ГАЗ деректерімен интеграциялау үшін функциялар жиынтығын қамтиды. ENVI жетекші ғарыштық деректер операторларымен лицензияланады, сондықтан Quick Bird, Ikonos, Orb көрінісі, Cartosat-1, Formosat-2, Resourcesat-1, SPOT, IRS, Landsat және т.б. спутниктерінен алынған қашықтықтан зондтау деректеріне қолдау көрсетеді.

ENVI мыналарды қамтиды:

- гиперспектральды бейнелерді өңдеу және терең талдау; геометриялық және радиометриялық бұрмалануларды түзету;
- интерактивті бейнені жақсарту; интерактивті түсіндіру және жіктеу;
- радиожиіліктердегі суреттерді талдау;
- сұраулар салу;
- цифрлау; және т.б.

ENVI спектрлік кітапханалары мен спектралды және топографиялық талдау, өсімдік талдауын талдау және келесі алгоритмдер бойынша бейнені жіктеуге арналған құралдарды қамтиды:

- К-құралдары, ISODATA;
- парареллипипед әдісі;
- минималды спектральді қашықтықтың алгоритмдері, Махалано-бизм қашықтығы;
- ең жоғары ықтималдық әдісі;
- спектрлік бұрыштың әдісімен жіктелу;
- екілік кодтау;
- шешімдердің ағашы;
- нейрондық желі.

«Шешім ағашының» алгоритмі көмегімен әртүрлі деректерді бірлескен талдау эрозия процестеріне және өрт қауіпті аймақтарға бейім аймақтарды анықтауға мүмкіндік береді. ENVI бөлігінің құрамына кіретін сандық және сапалық өзгерістерді тақырыптық немесе панхроматикалық

бейнелер бойынша анықтау құралдары өзгерістердің орын алған жерлерін табуға болады.

Топографиялық модельдеуді қамтамасыз ететін ENVI функциялары беткейлерді, берілген бақылау нүктесінен көріністерді, рельефті жууды, сондай-ақ биіктіктегі суреттерден беттің қисықтықты және дөңес деңгейін есептеуге мүмкіндік береді. Топографиялық ерекшеліктерге негізделген қосымша жіктеу құралы әр пикселді жер үсті топографияларының алты классына бөледі: таулар, жоталар, өтулер мен жазықтар, арналар және депрессиялар. ENVI-ні қолдана отырып, түстердің суреттерімен біріктірілген рельеф көлеңкесін жасай аласыз, нәтижесінде алынған кескінді шынайы көрініспен қамтамасыз етуге болады. ENVI Калькуляторын, көру аймағының аймағын және сызығын қолдану арқылы берілген нүктеден қай пикселдер көрінетінін анықтауға болады. Векторлармен жұмыс істеуге арналған ENVI құралдары сізге векторлық биіктік контурларын тұрақты растрлық сандық үлгілерге түрлендіруге мүмкіндік береді.

IDL бағдарламалау тілі ENVI бағдарламалық жасақтама пакетіне енгізілді, оған қоса, арнайы тапсырмаларды шешу үшін бағдарламаның функционалдығын елеулі түрде кеңейте аласыз, өзіңіздің жеке деректеріңізді жасап, бар деректерді өңдеу алгоритмдерін автоматтандыруды және деректерді пакеттік өңдеуді жүзеге асыруға болады. ENVI интуитивті графикалық интерфейс бар, ол жаңа пайдаланушыға барлық қажетті деректерді өңдеу алгоритмдерін тез меңгеруге мүмкіндік береді.

**IDRISI.** GIS IDRISI (Кларк университеті, АҚШ) – әртүрлі дереккөздерден алынған кеңістіктік ақпаратты талдау үшін арналған растрлық ГАЖ. Windows жүйесі үшін IDRISI пакеті қашықтан зондтау деректерді өңдеу блогына кіреді, ол жалпы кескінді өңдеудің және тақырыптық шифрды шешуге мүмкіндік береді.

Кейбір зерттеу платформаларында арнайы өңдеу әдісі бар, атап айтқанда, Landsat 6-арнасының деректерін температураны өлшеуге түрлендіру. Пакет растрлық карталарды талдау үшін қуатты модульді, оның ішінде цифрлық зондтау деректерін өңдеу нәтижелерінің негізінде құрылған. Пакетте алдын-ала деректерді енгізу және импорттау / экспорттау мүмкіндіктері бар және оның векторлық графикалық қолдау әлсіз. Қазіргі кезде IDRISI пакеті қазіргі кездегі қашықтан зондтау деректерін өңдеу жобаларында, негізінен, ғылыми және тәжірибелік сипатта кеңінен қолданылады.

**MultiSpec.** MultiSpec бағдарламалық пакеті (Purdue University, АҚШ) мультиспектральді және гиперспектральды бейнелерді интерактивті өңдеуге арналған, оларды пайдалану оңай және интернетте тегін таратылады.

MultiSpec-тің бірегей ерекшеліктері бар, олар да кескінді өңдеуге арналған қымбат коммерциялық пакеттердің қатысуымен пайдалы.

MultiSpec үшін келесі алгоритмдер жиынтығы бар:

- түрлі форматтағы суреттерді импорттау және визуализациялау;
- гистограммаларды құру кезінде суреттердің жарықтылығын түзету;
- координаттар жүйесіне айналу;
- компьютерлендірілген бейнелерді жіктеудің екі негізгі түрін орындау: оқытусыз және оқытусыз.

Үйренусіз екі жіктеу алгоритмі ұсынылады:

- 1) кластерлерді жылдам бөлу үшін көп аймақтық кескінді біртекті бөлуді кеңістікте біртекті аймақтарға (кластерлеу) тез бөлу үшін алгоритм;
- 2) ISODATA итеративті алгоритмі.

Оқуды жіктеу үшін алты алгоритмнің біреуін таңдауға болады:

1. Ең аз қашықтық әдісі;
2. Фишерді желілік дискриминант талдау әдісі;
3. Ең жоғары ықтималдық әдісі;
4. ECHO спектральды-кеңістіктік жіктеу әдісі – біртекті объектілерді тану және жіктеу;
5. SAM спектральдық корреляция әдісі;
6. «Сүзгі салыстыру» әдісі.

**«СканЭкс» бағдарламалық өнімдері.** ScanEx ғылыми-технологиялық орталығы пайдаланушыларға спутниктік бейнелерді қабылдауға, сақтауға, алдын ала және тереңдетіп өңдеуге және интерпретациялауға арналған бағдарламалық қамтамасыз етудің толық циклын ұсынады. Ұсынылған программалық шешімдерге станцияларды басқаруға арналған бағдарламалық қамтамасыз ету, деректерді алдын-ала өңдеу бағдарламалық жасақтамасы, қашықтан зондтау деректерін мұрағаттау бағдарламалық жасақтамасы, растрлық және векторлық пакеттерді өңдеу бағдарламалық жасақтамасы және бағдарламалық жасақтама өнімдері кіреді. ScanEx Image Processor – спутниктік бейнелерді алдын-ала және тақырыптық өңдеуге және соңғы өнімдерді – карталарды, физикалық көрсеткіштерді, үлгілерді жасау, сондай-ақ деректерді ГАЖ және сурет өңдеу жүйелеріне экспорттау үшін заманауи технология. ScanEx Image Processor негізгі конфигурациядан және қосымша қосылатын модульдерден тұрады.

**«СканЭкс» компаниясы** шикі ERS деректерін өңдеу кезінде дәстүрлі әдістерді (визуализация, сүзгілеу, есептеу әдістерін қолдана отырып жаңа суреттерді алу) және Kohonen жасанды нейрондық желілеріне негізделген адаптивті алгоритмдерді қолданатын заманауи әдістерді қолдануға мүм-

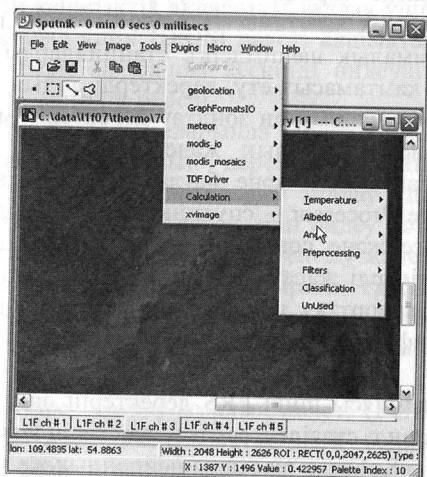
кіндік беретін ScanEx NeRIS жүйесіндегі растрлық түсіндіру жүйесін әзірледі.

Ресей ғылым академиясының Ғарыштық зерттеулер институты әзірлеген **Sputnik бағдарламалық пакеті** мынадай сипаттамаларға ие:

- бір бағдарламалық жасақтама қабығы астында жұмыс істейді;
- объектілі-бағдарлы архитектурасы бар;
- сыртқы процедуралар мен деректерді өңдеу модульдерін оңай кеңейту және қосу мүмкіндігі бар;
- деректерді өңдеу процедураларының тізбегін оңай құруға және олардың орындалуын қолдауға мүмкіндігі бар;
- толығымен автоматтандырылған режимде жұмыстарды қамтамасыз етеді;
- өз жұмысын қашықтан бақылауға мүмкіндік береді;
- жеке модульдерді программистердің тәуелсіз топтары арқылы дамытуға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта Sputnik кешені спутниктік деректерді өңдеу процесінде туындайтын түрлі мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Бұл келесі құрылғылардың деректерімен бүгін жұмыс істеуге мүмкіндік береді:

- AVHRR – NOAA сериялы спутниктерінде орнатылған;
- MSU-E – Resource, Ocean-O және Meteor-ZM жерсеріктерінде орнатылған;
- MSU-SK – Ресурс, Ocean-O сериялары спутниктерінде орнатылған;
- MODIS – Terra, Aqua сериялары спутниктерінде орнатылған;
- VEGETATION – SPOT сериясы спутниктерінде және т.б.



14-сурет. Sputnik бағдарламалық жасақтама терезесі

Sputnik бағдарламалық кешенінің негізгі міндеті ғарыштық ақпаратты өңдеудің автоматтандырылған жүйелерін құру, қолдау және дамытудың заманауи құралдарын қамтамасыз ету болып табылады. «Sputnik» бағдарламалық пакетінде спутниктік деректерді толығымен автоматтандырылған өңдеу блоктарын енгізу үшін макрокомандаларды құру және қолдау үшін шағын жүйе әзірленді. Макростың негізгі бөлігі макро-операция болып табылады - бұл автоматты режимде жұмыс істеуге қабілетті кешеннің қалыпты жұмысы.



## 4-ТАРАУ. АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА ДИСТАНЦИЯЛЫҚ ЗОНДАУ ЖҮЙЕСІНІҢ ҚОЛДАНУЫ

### 4.1. Дәлді жер шаруашылығының геоақпараттық технологиялары

Экономиканың әртүрлі секторларында дистанциялық зондау жүйесін қолдану әлеуметтік және экономикалық жағынан елеулі әсері бар. Табиғи ресурстарға байыпты тәуелділікке байланысты, еліміздің агроөнеркәсіп кешені маңызды.

Ауылшаруашылық жерлерімен айналысатын кең аумақтар дәл карталардың болмауына және жедел бақылау нүктелерінің дамымаған желісіне байланысты бақылауға қиын. Сонымен қатар, әртүрлі табиғи процестердің аркасында егіс алқаптары, топырақ сипаттамалары және әртүрлі кен орындарындағы өсімдіктердің жағдайлары мен алаңнан учаскеге тұрақты өзгеріс байқалады. Осы факторлардың барлығы ағымдағы жағдайды анықтау, бағалау және болжау үшін қажетті объективті, жедел ақпарат алуға кедергі келтіреді. Және онсыз ауыл шаруашылық өндірісін ұлғайту, жерді пайдалануды оңтайландыру, шығымдылықтың болжамдылығы, шығынды азайту және кірістілікті арттыру мүмкін емес.

Ауыл шаруашылығы дақылдарының және топырақтың жай-күйі туралы нақты және уақтылы ақпарат, болашақ дақылдардың сапасы мен санын бағалау және соның нәтижесінде ауылшаруашылық өнімдерінің бағалары ел экономикасына айтарлықтай әсер етеді.

Ғарыштық суреттер материалдары ауыл шаруашылығы аумақтарын, сондай-ақ жоғары мамандандырылған аудандарда басқарудың күрделі міндеттерін шешуге көмектеседі. Спутниктік мониторингі көмегімен негізгі ауыл шаруашылығы жұмыстарының уақытын және сапасын бақылап, ауыл шаруашылығы өндірісін басқаруды оңтайландыруға болады.

Суреттер жерге орналастырудың халықаралық классификациясына негізделген жерді инвентаризациялау және картаға түсіру үшін пайдаланылады және жердің кадастрын жасау үшін жоғары ажыратымдылықтағы суреттер пайдаланылады.

Зерттеулерді үнемі қайталау кезінде өсімдік өсіру динамикасын бақылау және кірістілік болжау жүргізіледі. Мысалы, өсімдік жамылғысының спектральды жарықтығы әр түрлі дақылдардың ауылшаруашылық күнтізбесін ескере отырып, өсімдіктің кезеңінде қалай өзгеретінін білу үшін агротехникалық жағдайды және егістің құрамын өріс имиджінің тонусы арқылы бағалауға болады. Метеорологиялық

жағдайларды есепке ала отырып, негізгі азық-түлік дақылдарының алатын жерлерін анықтау және олардың дамуына баға беру өсімдік шығымдылығын болжау үшін ғарыш туралы ақпаратты пайдалану мүмкіндігін анықтайды.

Өсімдіктің биомассасы мен оның спектралды жарықтығы арасындағы байланыстар өсімдіктердің биомассасын және жайылымдық өсімдіктерді бағалау үшін өсімдік индексінің тұрақты түрде бейнелейді.

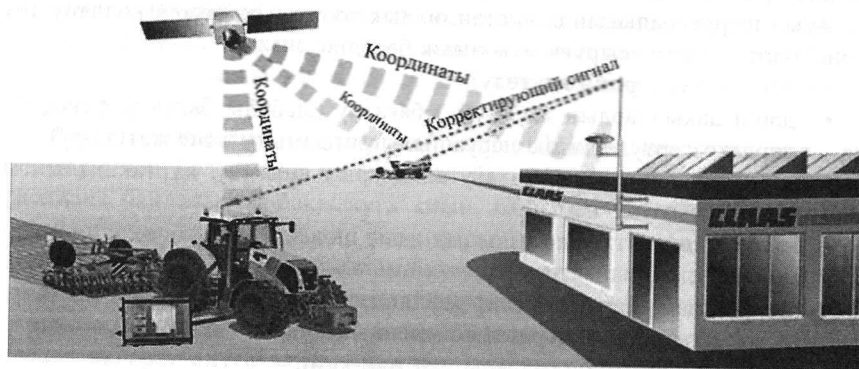
Ауыл шаруашылығында дистанциялық зондау әдістерін қолдану тез және нақты жүзеге асыруға мүмкіндік береді:

- өсімдік түрлерінің жіктелуі;
- дәнді дақылдардың жай-күйін бағалау (шабуды бағалау, фенофаза-дарды өзгерту, өсімдік шаруашылығын дамыту және жетілдіру);
- күздік дақылдарды мұздату алаңдарын анықтау, құрғақшылықты ерте анықтау;
- эрозия, шөлейттену, тұздылық және шөлейттену учаскелерін орналастыру;
- аурулардан, жәндіктерден, дефляциядан, пестицидтермен ластанудан шыққан дақылдардың өлімін анықтау;
- топырақтың сипаттамалары мен жай-күйі;
- өсімдік прогнозы (сапалық және сандық);
- егістік жерлерді есепке алу және түгендеу;
- жайылымның жай-күйін, аурулардың дәрежесін және кеміргіштердің зақымдалуын бақылау, мал жаюға байланысты өсімдіктердің бұзылу аймақтарын, шөп өсімдіктерімен жобалық жабынды;
- әр түрлі ауылшаруашылық қызметінің сапасы мен уақтылығын бақылау;
- ауылшаруашылық қызметінің жалпы мониторингі.

Агроөнеркәсіптік кешенді бағалау және басқару үшін соңғы технологиялар пайдаланылады: жаһандық позициялау жүйесі; өнімділіктің, ылғалдылықтың арнайы құрылғылары мен сенсорлары; аэрофототүсірілім және спутниктік өріс суреттері; географиялық ақпараттық жүйелер мен технологиялар негізінде құрылған арнайы аппараттық және бағдарламалық жүйелер.

*Дәлді жер шаруашылығы – бұл агробизнесі оңтайлы басқару үшін ақпараттық технологияларды пайдаланатын басқару стратегиясы.* Өсімдік шаруашылығында өсімдіктердің мекендеу ортасының ауыспалығын есепке ала отырып, егістік өнімділігін басқару. Жиналған деректер жоспарлау, ұрықтандыру нормалары мен өсімдіктерді қорғау өнімдерін есептеу, дәлірек кірістілік болжамдарын және қаржылық жоспарлау үшін қолданылады. Бұл тұжырымдама жергілікті топырақтың

ерекшеліктерін және климаттық жағдайларды міндетті түрде ескеруді талап етеді. Осыған байланысты ауыспалы немесе дифференциалды ұрықтандыру технологиялары агрохимиялық зерттеу және өнімділік карталарын қолдану арқылы ауылшаруашылық техникасының техникасымен белгілі бір тыңайтқыштар стандартына қажеттілігі анықталған салаларда қолданылады.



15-сурет. RTK (Real Time Kinematic) технологиясы

Дәлді жер шаруашылығы өрістердің жай-күйін және ауыл шаруашылығын басқаруды бірнеше тәсілмен жақсарту үшін пайдаланылуы мүмкін:

- агротехникалық – тыңайтқыштардағы егіннің нақты қажеттіліктерін есепке ала отырып, яғни агропродуктылар жетілдірілуде;
- техникалық – фермерлік деңгейде жұмыс уақытын тиімді басқару, ауыл шаруашылық операцияларын жоспарлау;
- экологиялық – ауыл шаруашылығы өндірісінің қоршаған ортаға теріс әсерін төмендету;
- экономикалық – өнімділіктің өсуі және/немесе шығындарды қысқарту ауыл шаруашылығы өндірісінің тиімділігін арттырады.

Өрістердің электрондық карталарын негізінен екі жолмен жасауға болады: өрістерді автомобильде немесе тракторда орнатылған GPS қабылдағышымен бұру арқылы контурларды цифрлау; жерсеріктік аэрофотосъемкалар немесе спутниктік бейнелер арқылы далалық шекараларды таңдау және цифрлау. Нүктелік көрсеткіштер өсімдік және биомассаның жай-күйін қадағалауға мүмкіндік береді, мысалы, аурудың судың жетіспеушілігінен, топырақтағы азоттың жетіспеушілігінен зар-

дап шегеді ме, немесе аяздан зардап шеккен кез-келген ауруға ұшырауына қарамастан, аурудың мәдениет дамуына және өнімділігіне қалай әсер ететінін түсіну үшін сияқты. Топырақтың электрөткізгіштігін өлшеу, топырақтың механикалық-химиялық құрамын талдаумен қатар агроэкологиялық жағдайдың дәл картасын жасауға мүмкіндік береді.

Топырақтың агрофизикалық және химиялық көрсеткіштерінің карталарын пайдалана отырып, шығындарды оңтайландыру үшін түрлі стратегияларды іске асыруға болады:

- мәдениетті дамыту кезеңінде статикалық көрсеткіштерді (топырақ көрсеткіштері, электр өткізгіштігі, өріс тарихы және т.б.) талдау негізінде, шығындардың болжамды (болжамдық тәсіл);
- статистикалық көрсеткіштерден алынған ақпарат келесі зерттеулердің нәтижесінде мәдениетті дамыту кезеңінде жүйелі түрде жаңартылып отыратын (бақылауға алынатын) бақылау әдісі: сынама алу; биомассаны өлшеу, жапырақтардағы хлорофиллдің мөлшерін өлшеу, жемістерді өлшеу және т.б.;
- параметрлерді дистанциялық анықтау: температура, ылғалдылық, желдің жылдамдығы мен бағыты, сабақтарының диаметрі;
- байланыс табу: портативті биомасса сенсоры; ол контур бойымен өрістерді айналдырады;
- мәдениеттің биофизикалық параметрлерін айқындау үшін антенналық немесе спутниктік бейнелерді өңдеу.

Жаңа ақпараттық және коммуникациялық технологиялар далалық деңгейде егін егуді жеңіл және ақылға қонымды етеді. Қазіргі заманғы аграрлық өндіріс саласында шешімдер қабылдау, айнымалы қолдану технологиясын қолдайтын арнайы жабдық пен машиналарды талап етеді, мысалы, тұқымдарды немесе дифференциалды тыңайтқыштарды және өсімдіктерді қорғау өнімдерін айнымалы өлшеу. Дәлді жер шаруашылығы жүргізу үшін тракторларға, бүріккіштерге, комбайндарға және т.б. келесі жабдықтар орнатылуы керек:

- позициялау жүйесі (мысалы, GPS/GLONASS навигациялық жерсерік қабылдағыштарына негізделген);
- қол жетімді барлық деректерді әртүрлі форматтардағы, қабаттар мен әртүрлі көздерден, соның ішінде әртүрлі сенсорлардан және агрономның сараптамалық бағалауынан алынған деректерді біріктіретін аппараттық-бағдарламалық жүйе;
- топырақты іріктеу жабдықтары;
- ауыспалы мөлшерлеуге арналған жабдық (сепкішке, таратқышқа, бүріккішке біріктірілген).

Статикалық базалық станция бір жерде орналасқан және екі жиілікті сигнал қабылдау технологиясымен жабдықталған. Ол 15-20 км радиуста орналасқан көлік құралдарының кез-келген санына түзету сигналы жібереді.

Дәлді жер шаруашылығы технологиясы үш негізгі компонентті қамтиды:

Дәлді жер шаруашылығы жүйесінің *бірінші компоненті* – егістіктің дәлдігін, жолдарды, жоталар мен т.с.с. қамтамасыз ететін GPS/GLONASS навигациялық жүйелеріне негізделген параллельді немесе автоматтандырылған басқару жүйесі.

Дәлді жер шаруашылығы жүйесінің *екінші компоненті* – топырақтың және өсімдіктердің жағдайына қарай тыңайтқыштар мен өсімдіктерді қорғау өнімдерін дифференциалды қолдану жүйесі, өрістің әрбір нақты аймағында арамшөптердің болуы. Дифференциалды тыңайтқыштарды қолдану және өсімдік қорғау өнімдері екі негізгі түрге жатады: агрохимиялық картограммалар негізінде құрастырылған алдын-ала дайындалған қолданбалы карталарға сәйкес, осы бағдарламаға сәйкес тыңайтқыштарды тарататын жүйелер, картограммалар немесе олардың комбинациясы; өсімдік өсімінің кейбір параметріне сәйкес нақты уақыт режимінде тікелей қолданылатын тыңайтқыштың дозасын анықтайтын жүйелер: жапырақ түсі, өсімдіктердің биомасса тығыздығы және т.б.

*Дәлді жер шаруашылығы үшінші компоненті*, ең қиын болып табылады – кеніштің әрбір нақты бөлігінің топырақтың жай-күйін бағалау. Жалпы, жаңа ауыл шаруашылығы жүйелерін жобалау және жоғары технологиялы ауылшаруашылық технологиялары топырақ-ландшафтты карталау және жерді геодезияға агроэкологиялық бағалау материалдарына негізделген. Адаптивті-ландшафтты фермерлік жүйелерді жобалау үшін топырақ-ландшафттық зерттеу, әдетте, 1 : 10,000 масштабында жүзеге асырылады. Үш сканерлеу диапазонында – жасыл (0.50-0.59 микрон), қызыл (0.61-0.68 микрон) және жақын инфрақызыл (0.79-0.89 микрон) жерсеріктік бейнелерді пайдалану топырақ контурларын тануды қамтамасыз етеді, әсіресе комбинациялар – комплекстер, комбинациялар, әшекейлер. Зерттеу алдында ГЛОНАСС/ДГПС жүйелерін пайдалана отырып, кен орындарын және өндірістік алаңдарды өлшеу және қолданыстағы далалық инфрақұрылымның электрондық картасын жасау.

Топырақ-ландшафтты картографиялау және жерді агроэкологиялық бағалау нәтижелері агро-геоақпараттық жүйе, оның ішінде электрондық карталардың жиынтығы түрінде көрсетіледі. Рельефтің формалары мен элементтерінің картасы ландшафттардың құрылымын және топырақ-ландшафттық қатынастарды көрсетеді.

*Көлбеу картограммасы әлеуетті* ағын мен эрозияның қауіп-қатерін бағалау үшін пайдаланылады. Ол ауыл шаруашылығы дақылдарын таңдауды, егін айналымын таңдауды, өңдейтін жүйені, эрозияға қарсы шараларды анықтайды. *ИДЖ ылғалдылық индексі картограммасы* – су жинау алаңының көлбеу қисыққа қатынасының логарифмі. Ағызудың транзиттік жылдамдығын анықтайды. *Топырақ жабындысының микроқұрылымы картасында* қарапайым топырақ диапозондары мен микрорельефтермен және топырақты қалыптастыратын тау жыныстарының біртектілігі байланысты микрокомбинациялары көрсетілген. *Топырақ қалыптастыратын және төменгі жыныстардың картасы* жер қыртысының қалыптасатын жыныстарының және жердегі іргелес тау жыныстарының орналасуының көптеген жағдайлары үшін құрастырылған. *Топырақ мөлшерін бөлу картасы* егіс алқаптарының іріктелуінде, сондай-ақ, өңдеуші жүйені таңдауда маңызды. *Топырақ сортаңының картасы* әртүрлі сольонеттердің қатысуымен топырақ кешендерін, сондай-ақ тұзсыз топырақтардың және әртүрлі сортаңдардың топырақтарының комбинациясы мен өзгерулерін көрсетеді. *Топырақтың тұздылық картасы* өсімдіктердің тұзға төзімділігіне және ауылшаруашылық технологиясын саралауға аймақтық ауқымға сәйкес дәнді дақылдарды таңдау үшін қолданылады. *Гидрогеологиялық топырақ режимінің картасы*. Жер асты суларының тереңдігіне және сапасына байланысты егіс алқаптарын таңдау, ауыл шаруашылығы технологиясын таңдау және қажет болған жағдайда дренажды қалпына келтіру міндеттері шешіледі. Бқтимал топырақтың ықшамдылығының картасы әртүрлі себептер бойынша тығыздаудың жоғарылауына бейім жерді көрсетеді. *Жер асты топырақтың тығыздалуының нақты картасы* жер қыртысы бар топырақты көрсетеді. Гумустың мазмұны, қышқылдық, мобилді фосфор мен калий мазмұны мелиоранттар мен тыңайтқыштардың дозаларын есептеу үшін пайдаланылады.

Аталған электрондық карталар топтарын жабу арқылы агроэкологиялық топтардың электрондық картасы және жер түрлері алынды. Бұл картаның әрбір контуры жылу және ылғал беруден бастап, жердің агроэкологиялық параметрлеріне қатысты семантикасы туралы ақпаратты қамтиды. Бұл карта жердің әртүрлі агроэкологиялық топтарына қатысты бейімдеу-ландшафтты фермерлік жүйелер мен ауылшаруашылық технологияларын жобалау үшін негіз болып табылады.

Бұдан әрі жобалау ауыл шаруашылығы дақылдарының айналу жүйесін, жайылымдық айналуы дамытуды қамтиды; топырақ өңдеу жүйелері, тыңайтқыштар мен өсімдіктерді қорғау, машиналық жүйелер. Содан кейін агротехнологиялық пакеттер қарқынды әр түрлі деңгейлерде (кең, қалыпты, қарқынды, дәл) дамыған.



Адаптивті ландшафтты фермерлік шаруашылық жобасын жасау өрістер тарихына арналған электронды кітапты дамытумен қатар жүреді. Ол барлық электрондық карталарды қамтиды және екі ішкі жүйеден тұрады: агрономиялық және технологиялық кіші жүйелер.

Агроөнеркәсіптік шағын жүйе егістік алаңдар туралы ақпаратты енгізу, сақтау, көрсету және талдауды қамтамасыз етеді және үш блокты қамтиды: табиғи ресурстар, фенологиялық және технологиялық. Жабдықтардың мониторингі бойынша шағын жүйе ұялы және стационарлық мониторинг объектілері туралы ақпаратты енгізу, сақтау, көрсету және талдауды қамтамасыз етеді.

Агроэкологиялық жерді бағалау және әртүрлі табиғи-агроөнеркәсіптік аймақтар мен өңірлердегі ірі ауылшаруашылық кәсіпорындары үшін адаптивті-ландшафтық фермерлік жүйелерді жобалау тәжірибесі аймақтық агро географиялық ақпараттық жүйелерді дамыту қажеттілігін көрсетеді.

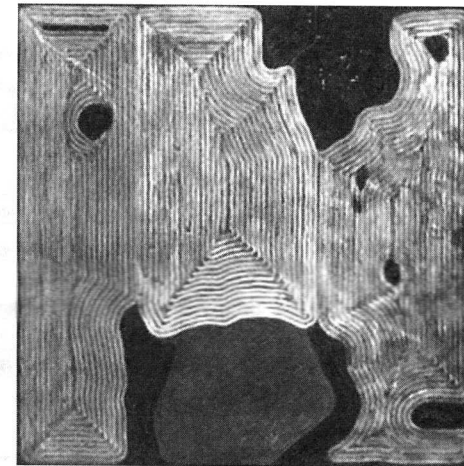
#### 4.2. Ауыл шаруашылығы техникасының навигациялық жүйесі

**Спутниктік навигация – ГЛОНАСС-навигаторлар** – ауыл шаруашылығында да пайдаланылады, онда комбайндармен жерді автоматты түрде өңдеу үшін пайдаланылады, енді ол өндірістік шығындарды айтарлықтай азайтады, өнімнің өзіндік құнын төмендетеді. Қазіргі уақытта агроөнеркәсіптік кешенде ауылшаруашылық машиналары мен мобильді көлік құралдарын (тракторлар) навигациялық жүйелер кеңінен қолданылады. Осындай жүйелердің негізгі міндеті трактордың өріс бойымен бірлікпен өтуін қамтамасыз ету болып табылады, осылайша әрбір келесі жолақ бұрынғы белдеудің шетінде бос орынсыз және қайталанбас болмайды. Навигациялық жүйелер мониторинг және мониторинг жүйелерінің ажырамас бөлігі, ауыл шаруашылық техникасының дәлдігі, ауылшаруашылық техникасын автоматтандырылған жүргізу және параллель жүргізу.

Тасымалдаушының траекториясын жабық жолдар арасында берілген кашықтықта өткізу үшін бірнеше түрлі шешім бар:

- 1) механик жұмыс барысында бағдарлайтын жырту кезінде көрінетін бағдарларды (бағдаршамдар) орнату;
- 2) разрядтық маркерлерді немесе көбік маркерлерін қолдану;
- 3) спутниктік навигациялық жүйелерді пайдалану.

Дәл машиналық және тракторлы қондырғылар мәселесі заманауи ауылшаруашылық техникасын басып шығару енін ұлғайтумен байланысты. Төменде спутниктік навигациялық жүйе арқылы өңделетін жердің спутниктік бейнесінің мысалы келтірілген.

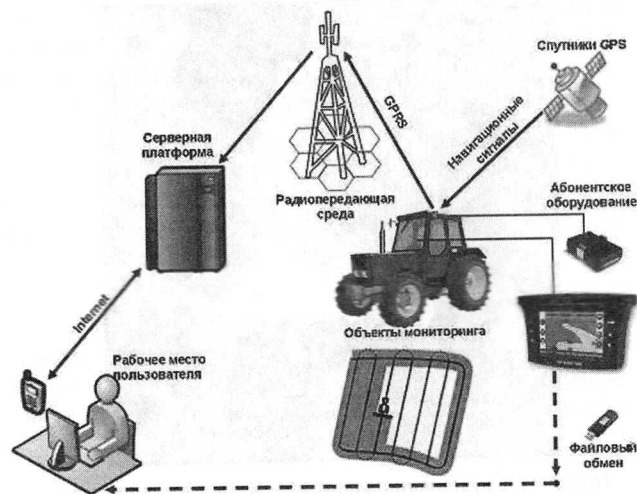


16-сурет. Спутниктік навигациялық жүйелер арқылы өңделетін даланың спутниктік суреттері

Трактордың қажетті траекториясын қамтамасыз ету үшін спутниктік навигацияның артықшылығы келесідей: алдын-ала өріс белгісі қажет емес; Жолдарды белгілеу үшін қосымша шығын материалдары қажет емес; Құрылғының енін максималды пайдалану, іргелес жолдардың үстінгі қабатын азайту; Көршілес жолдар арасындағы бос орындар алынып тасталды; Жабдықтардың жүктеме коэффициентін арттырады; Нашар көріну жағдайында жұмыс істеу қабілетін қамтамасыз етеді; Жұмыстың жайлылығын арттырады, жүргізушінің шаршағанын азайтады.

#### 4.3. Басқару және бақылау жүйесінің жұмысы

Көлік құралында GPS / ГЛОНАСС қабылдағышы орнатылған, ол көлік бірлігінің дәл орналасқан жерін, оның жылдамдығын, қозғалыс бағытын және т.б. Содан кейін ұялы операторлардың желілерінде GSM модемін пайдалану арқылы бұл деректер нақты уақыт режимінде арнайы серверге, содан кейін жүйе пайдаланушыларына Интернет арқылы беріледі. Жүйе деңгелектегі жүргізушінің және жанармайдың отын деңгейінің отын шығысына және аялдамалардың ұзақтығына дейінгі негізгі және қосымша техникалық параметрлерінің көп мөлшерін басқара алады.



17-сурет. Бақылау және мониторинг жүйесі жұмысының принципі

Пайдаланушы қажетті объектіні көрсететін карталарға, сондай-ақ алынған барлық ақпаратты қамтитын дерекқорға қол жеткізеді және ол карталарда да, оқиға журналында да көрсетіледі.

Осындай жүйелердің мысалдары ретінде мыналарды атап өту қажет:

*AgroControl* – көлік және жер учаскелерін бақылау және басқарудың мамандандырылған жүйесі. Жылжымалы объектіге орнатылған навигациялық жабдық қажетті ақпаратты жинауды және жүйенің орталық серверіне беруді қамтамасыз етеді. Бұл ақпарат бас механик, басшы болуы мүмкін. гараж шешім қабылдайтын инженер, агроном немесе менеджер.

*AutoGRAPH* жабдығын бақылау жүйесі үй құрылғыларында жұмыс істейтін икемді және үнемді жабдықтар мониторингі жүйесі болып табылады.

*Навигатор-Agro* агрономдар, машина операторлары мен комбайндардың жұмысын тексеру, жұмыс сапасын бағалау, тұқым мен астықты ұрлауды, тыңайтқыштарды, өсімдіктерді қорғауға арналған өнімдерді және жанар-жағармай материалдарын ұрлауды болдырмауға мүмкіндік береді.

«*SCOUT*» немесе спутниктік бақылау және жанармай өлшеу – көлік бақылау және басқару жүйесі. Осы жүйенің арқасында сіз орнатқан кезкелген көліктің орналасқан жерін және күйін бақылауға болады.

Жалпы, мұндай жүйелер келесі міндеттерді шешуге мүмкіндік береді:

- ауыл шаруашылығы техникасының географиялық орналасуын, бағытын және қозғалыс жылдамдығын анықтау;
- ауыл шаруашылық тауарларын тиеу, тасымалдау және түсіруді бақылау; отынды тұтынуды бақылау, сондай-ақ оның рұқсат етілмеген разрядтары;
- ауыл шаруашылығы техникасымен өңделген ауылшаруашылық жерлерді есепке алу;
- жұмыстың басталу және аяқталуын бақылау;
- ауыл шаруашылығында жұмыс кезінде жылдамдық лимитін сақтауды бақылау;
- келу/кету уақытын бақылаумен белгіленген аумақта (далада) объектінің орналасуын бақылаушы;
- маршруттың сақталуын бақылау және оны бұзу фактілерін ашу;
- жүргізілген қашықтыққа сәйкес отынды тұтынуды бақылау.

#### 4.4. Қазақстанда ауыл шаруашылығы өндірісінің ғарыштық мониторингі

Ғарыш аппараттарынан алынған Жерді қашықтан зондаудың қазіргі заманғы деректеріне сәйкес техникалық сипаттамалары бар, ол дақылдарды басқару және далалық шекараларды картаға түсіруді, егістік және егін жинау науқандарын мониторингілеуді, жерді пайдалануды талдауды, фитосанитариялық жағдайды және ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін бағалауды қоса алғанда, сақтандыру міндеттерін шешуге мүмкіндік береді. Ауыл шаруашылығы Қазақстан Республикасының ұлттық экономикасының маңызды саласы болып табылады. Соңғы жылдары республикада ауыл шаруашылығы өнімдерін экспорттаудың негізі астық өндірісінің белсенді өсуі байқалды. Сонымен қатар, субсидиялау көлемін ұлғайту, салықты төмендету немесе сақтандыру төлемдерін жетілдіру саясатын дамыту кезінде республикалық басқару органдарының спутниктік деректерсіз жер телімін алу қиынға соғатын ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің жай-күйі мен пайдалануы туралы объективті ақпарат қажет. Негізгі астық өсіру аудандары Қазақстанның солтүстік бөлігінде орналасқан – суармалы ауыл шаруашылығының кең аумағы, шығысқа қарай 2 000 шақырым, оңтүстіктен солтүстікке қарай 700 шақырымға созылған. Бұл жерде негізінен ірі көлемдегі ауыл шаруашылығы алқаптарында (200-ден 500 гектарға) көктемгі дәнді дақылдардың монохимиялық

өсіруі қолданылады. Мұндай жағдайларда кеңістіктік деректердің үлкен көлемін тез алу және тақырыптық өңдеуді көздейтін ауыл шаруашылығы жерлеріне арналған ғарыштық мониторинг жүйесін ұйымдастыру үшін кең ауқымды спутниктік жүйелерді тарту қажет. Қазақстанның солтүстігінде 15 миллион гектар егістік алқаптың ғарыштық мониторингі бойынша алғашқы жұмыстар 1997 жылы ҚР Үкіметінің бұйрығымен басталды. Бастапқыда NOAA/AVHRR (1 км) және Ресурс/МСУ-СК (160 м) мультиспектрлік бейнелер пайдаланылды. Спутниктік суреттермен көктемгі егістіктерді күнделікті жарықтандыру режимін қамтамасыз ететін Terra/MODIS спутниктік деректерінің (250 м) спутниктік деректерінің пайда болуымен, негізгі астық өсіру облыстарында көктемгі егістіктердің ғарыштық мониторингі Ауыл шаруашылығы министрлігінің жүйелі ақпараттық-ақпараттық қолдау режиміне ауысты. Бүгінгі күні Terra/MODIS спутниктік деректеріне қоса, IRS-P6/LISS/Awifs үнді спутниктік жүйесімен және RADARSAT-1 канадалық радар спутниктік суреттерімен кең жолақты деректер пайдаланылады. Жаңа спутниктік жүйелерді қосу ғарыштық мониторинг жүргізу арқылы шешілген міндеттердің тізімін едәуір кеңейтті.

Қазіргі уақытта Қазақстандағы ауыл шаруашылығы жерлерінің ғарыштық мониторингі бойынша тапсырмалар тізімі көктемгі егістік алқаптардың және бу парақтарының егіс алқабын бағалауды, көктемгі егістің уақытын бақылауды, дәнді дақылдардың жай-күйін және ластануын бағалауды қамтиды; айлық уақыттың жалпы астық жинау болжамын; егін жинау және тазалау уақытын бақылау. Жоғарыда көрсетілген жұмыстар Қазақстанның астық егетін негізгі өңірлері үшін жүргізіледі: Ақмола, Қостанай, Солтүстік Қазақстан, Қарағанды және Павлодар облыстары, онда көктемгі бидай мен арпа негізгі дақылдар болып табылады; Қызылорда облысы, онда күріш өсіріледі, жоғары дәлдіктегі және жұмыс тиімділігі заманауи ГАЖ технологияларын қолдану арқылы қол жеткізіледі. Әр жыл сайын ГАЖ шеңберінде әр облыс үшін әрбір өріс үшін атрибут туралы ақпараттар жаңартылып отырады, бұл ГАЖ-нің әртүрлі типтерін талдау мен далалық тарихты мониторингтің барлық жылдарында сақтауға мүмкіндік береді. Жерге негізделген байқаудың нәтижелері тақырыптық интерпретациялау барысында жіктеу модельдері бойынша оқыту материалдарын және олардың қолданылуын тестілеу, сондай-ақ қолданбалы мониторинг мәселелерін шешу әдістерін тексеру үшін пайдаланылады.

Бүгінгі күні жерді пайдалану мониторингі Terra/MODIS (250 м), IRS/LISS (23 м), IRS/Awifs (56 м) және RADARSAT-1 (100 м) деректеріне негізделген. 2000-2009 жж. Ақмола облысының жерүсті зерт-

теулерімен хат алмасу ал спутниктік деректер бойынша дәнді дақылдардың егістіктерін тану нәтижесі 97% құрайды. Қателердің 3%-ын талдау негізінен «бұлтсыз» ақпараттың жетіспеушілігіне немесе ірі ауыл шаруашылығы жұмыстарының күнтізбелік күндерінде қатты ауытқуларға байланысты екендігін көрсетті. Спутниктік көріністің негізінде жер телімдерін есептеудің негізгі әдісі ретінде спутниктік маска аймағының өлшемін тікелей бағалау пайдаланылады. Маңыздысы, маскадағы пиксель шекараларының әсерін ескеру. Дәнді дақылдар маскасымен анықталған аймақ арасындағы айырмашылықтарды есепке алу жүйесі және нақты жағдай бірнеше жергілікті геоақпараттық жүйелерді пайдалануға негізделген. Қазіргі уақытта ГАЖ жалпы егістік аумағы 5 миллион гектардан асатын аудандарға қолданылады. Аймаққа спутниктік деректер бойынша көктемгі дәнді дақылдардың егістік алаңдарының мөлшерін анықтау әдісінің жалпы қателігі 3-5% шегінде орналасқан. Нәтижелер ағымдағы жылдың 1 шілдесіне облыстық карталардың жаздық дәнді дақылдарының егіс алаңдарының мөлшері туралы кестелік деректер түрінде ұсынылды.

Астық дақылдарының жай-күйін және кірістілік болжамын, агрометеорологиялық жағдайларды, стационарлық полигонды және топырақты зерттеу деректерін бағалау үшін спутниктік өсімдік индекстерін бөлу талданады. Кеңістіктегі шығымдылықты болжаудағы проблемалардың бірі – дәнді дақылдардың жасыл биомассадағы ара-шөптер болуы. Бұл факторды бағалау үшін ластану дәрежесін бағалау және болашақ егінге әсерін ескере отырып, технология әзірленді. Соңғы жылдардағы тәжірибе спутниктік деректерді пайдалану Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігін жедел статистикалық және картографиялық ақпаратпен қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Осындай объективті ақпарат көзінің болуы басшылық еліміздің негізгі астық өсіру аймақтарында астық өндірудің кейбір параметрлерін бақылауға мүмкіндік береді. Нәтижесінде астық өндірісіндегі экономикалық ашықтықты қалыптастыру үшін жағдай жасалып, бұл өздігінен реттеуге және республиканың экономикасының аграрлық секторында нарықтық қатынастарды дамытуға ықпал етеді.

Спутниктік деректерді пайдалану тіркелмеген егістік алқаптарды анықтауға мүмкіндік береді, бұл егістік айналмалы жерлерді айналдыруға, бу парақтарының көлемін басқаруға, өсімдіктерді қорғауға арналған химикаттарды пайдалануды оңтайландыруға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде ауыл шаруашылығы өндірушілерін тәртіпті және қоршаған ортаны қорғауға ықпал етеді. Бұдан басқа, ауыл шаруашылығы өндірісін басқарудың жедел және объективті әдістерінің болуы ауыл шаруашылығы



тауарын өндірушілерді мемлекеттік қолдауды ұйымдастыруда Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің мүмкіндіктерін кеңейтеді.

Қазақстанның негізгі астық егетін аймақтарының ғарыштық мониторингін жүргізу тәжірибесі осы бағытта перспективаларды көрсетті. Қазірдің өзінде пайдаланушылар ауыл шаруашылығы gzi.kz геопорталында ғарыш мониторингінің нәтижелеріне қол жеткізе алады. Болашақта ауылшаруашылық жерлерінің ғарыштық мониторингін аймақтық кеңейту жоспарлануда. Сондай-ақ, ол бақыланатын дақылдардың тізіміне қысқы астық, өнеркәсіптік және майлы дақылдарды қосу арқылы батыс және оңтүстік өңірлерге де таралатын болады. Бұдан басқа, Қазақстандағы жайылымдардың жағдайы мен өнімділігі бағаланатын болады. Қашықтықтан зондтау деректерін қолданудың ең перспективалы бағыттарының бірі Министрліктің ғарыштық мониторинг орталығының базасында Қазақстандағы өсімдіктерді сақтандыру жүйесін дамыту болып табылады. Қазақстандағы ғарыштық технологияны қолданудың жаңа бағыты ретінде жоғары дәлдіктегі спутниктік навигация және Қазақстанның болашақ ғарыштық қашықтан зондтау жүйесінің деректері негізінде нақты фермерлік жүйе үшін ақпараттық сүйемелдеуді құру жөніндегі жұмыстарды кеңейту жоспарлануда.

## 5-ТАРАУ. ДИСТАНЦИЯЛЫҚ ЗОНДТАУ ДЕРЕКТЕРІН КАРТОГРАФИЯДА ҚОЛДАНУ

### 5.1. Спутниктік бейнелерге негізделген әр түрлі мақсаттар үшін карталарды қалыптастыру

Аэроғарыштық зондтау материалдары картографияда кеңінен қолданылады, атап айтқанда, ғарыштық суреттердің материалдары, олар экономикалық тұрғыдан қарағанда аэрофототүсірілімге жақындады. Бұл материалдар басқа картографиялық көздерден маңызды артықшылықтарға ие:

- ғарыштық бейнелердің көрінуі ғаламдық төсемден он шақты егжей-тегжейлі түсіруге дейін – үлкен кеңістіктердің экономикалық тиімді картасын қамтамасыз етеді;
- әртүрлі рұқсаты бар бір аумақтың кеңістігінен ату және бір мезгілде әр түрлі таразылардың карталарын жасауға және жаңартуға мүмкіндік береді;
- сурет салынған орталық проекция, дизайнерлік орталығының биік биіктігімен ортогоналға жақын, ол карталарды жасау кезінде фотограмметриялық өңдеуді оңайлатады;
- алдын-ала белгіленген жиіліктегі қайталама зерттеулер уақытша үдерістер мен құбылыстардағы тез өзгеретін динамикалық карталарды және мониторингті қамтамасыз етеді;
- шалғай аудандарды – шөлдер, батпақтар, таулы таулардың картасын жасау, басқа планеталар мен олардың спутниктерін түсіру мәселесі шешілді;
- спутниктік бейнелердің көрінуі мен көрінуі картографиялық өнімдердің жаңа түрлерінің пайда болуына әкелді – жер бетінің биофизикалық сипаттамаларының фотомабындары және спутниктік картасы;
- бір суреттегі жердегі ландшафтардың барлық компоненттерін кешенді картаға түсіру карталанған объектілердің кеңістіктік қарым-қатынастарын барынша дұрыс таратуға ықпал етеді.

Аэроғарыштық суреттер топографиялық карталарды жасау және тез жаңартып, тақырыптық карталар мен фотосуреттер карталарын жасау және нашар зерттелген және қол жетімсіз жерлерді картаға түсіру үшін картографияда әртүрлі пайдалануды тапты.

**Фотосурет карталарын жасау.** Фотосуреттердегі жер бетін көрнекі, көрнекі түрде көрсету осы фотосуреттерді картаға қосымша, кейде орнына пайдалануды табиғи түрде қалайды. Бұл картографиялық өнім-

дердің арнайы түрін – картотекаларды құруға әкелді. 1950 жылдары салыстырмалы түрде үлкен масштабтағы, 1:50,000 суретке түсіріліпін карталар аэрофотосъемка материалдарын пайдалана отырып құрылды. Картографиялық жұмыстардың жаңа түрін жылдам дамытуға ауқымды кең ауқымды кеңістіктік қамтуы бар спутниктік бейнелер пайда болды. Жоғары сапалы фото карталар 1:100,000 ауқымда және одан кішірек болды. Бірақ картографиялық карталардың өндірісі кең аумақтардың бейнелері үшін ақша жинағаннан кейін ғана мүмкін болды. Салют-4 алғашқы орбиталық станциясынан суреттерді сатып алу бұрынғы Кеңес Одағының және Қазақстанның оңтүстігіндегі республикалардың фото карталарының сериясын құрумен аяқталды.

Жаңа, неғұрлым күрделі және егжей-тегжейлі суреттер пайда болған кезде туристік фото карталар мен ұлттық парктерге деген қызығушылық артты. Бұл Landsat тақырыптық картографиялық суреттердің бірдей шкаланың топографиялық картасының арт жағында басып шығарылған суреттердің дәстүрлі түстермен басып шығарылуы болды. Толық SPOT суреттерін пайдалана отырып жасалған қалалардың картографиялық карталары кең таралған.

Цифрлық басып шығару және цифрлық биіктік үлгілерін пайдалану әсіресе суретті карталарды жасады. Жалпы географиялық ерекшеліктермен қоса, олардың динамикасын – континенттердің, су ресурстарының, мұздақтардың қар жамылғысын және т.б. жедел мониторингілеуді қажет ететін объектілер мен құбылыстардың арнайы картиналары жасалды.

Кейде фото карталар *тақырыптық жүктемені толықтырады* – геологиялық құрылымдардың интерпретациясы, топырақ түрлерінің контурлары. Олар тақырыптық фото карталар деп санауға болады. Фотокарттар сонымен қатар жер бетіндегі биофизикалық сипаттамалардың таралуын жазатын әртүрлі индекстер – вегетативтік, түс және т.б. есептеу арқылы зерттеу деректерін өңдеуден алынған спутниктік картографиялық өнімдердің арнайы түрлерін қамтуы мүмкін.

**Тақырыптық карталардың фотосурет негіздері.** Фотопландар мен картографиялық карталар географиялық зерттеуде тек қана өздігінен картографиялық жұмыстар ретінде ғана емес, сондай-ақ тақырыптық карталардың фото негіздері ретінде де қолданылады. Фото базасының математикалық элементтері сәйкес топографиялық карталардың математикалық элементтеріне қойылатын талаптарға толығымен сәйкес келуі керек. Картографиялық торда картографиялық тор жасалмайды, бірақ меридиандар мен параллельдердің шығуымен көрсетіледі. Географиялық жүктеме жердің фотосуретіне кедергі келтірмеу үшін ең аз болуы керек.

Картографиялық белгілер гидротопрапты, рельефті, ірі елді мекендерді және оларды байланыстыратын маңызды жолдарды, саяси-әкімшілік шекараларды тудырады. Фотосурет негіздерін жасау технологиясы екі кезеңнен тұрады: фотопланн жасау үшін фотограмметриялық өңдеу; Картографиялық жұмыстар, оның ішінде жалпы географиялық элементтердің жалпы жоспарына сурет салу.



18-сурет. Қазақстанның ғарыштық фотосуреті

**Топографиялық карталарды құрастыру және жаңарту.** Топографиялық карталарда: рельеф, гидрография, өсімдіктер, топырақ және топырақ, елді мекендер, жол желісі, әлеуметтік-экономикалық және басқа да объектілер көрсетіледі, бұл аумақты кешенді бағалауға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта әлем картасында ешқандай ақ дақтар болмайды – топографиялық карталар біздің планетамыздың бүкіл дерлік жер бетін қамтыды, бірақ олардың барлығы да бірдей егжей-тегжейлі және бұл карталардың көп бөлігі жүйелі түрде жаңартылмайды. Шындар, шөлдер, шерулер және полярлы аралдардың жету қиын аудандары әсіресе нашар зерттелген.





жұмсау жеткілікті. Бұл ескіргендік дәрежесіне байланысты, түпнұсқалық картаны қайта ұйымдастыру арқылы толық жаңартуды жүзеге асыру керек пе, немесе кеңсенің картасын басып шығару түпнұсқасына түзетулер енгізуге шектеу қойылуы мүмкін.

Карталарды жаңартуға арналған спутниктік бейнелерді пайдалану композиторлық және редакциялық процестердің ұзақтығын және күрделілігін азайтады. Сонымен бірге, карталардың егжей-тегжейі мен нақтылығы артады.

Карталарды жаңарту түрлі әдістермен жүзеге асырылады. Жакында цифрлық технологияны дамыту. Карта контурдың өзгеруі 40%-дан астам болғанда немесе картаның жоспарланған дәлдігі оған қойылатын талаптарға сәйкес келмейтін жағдайларда фотопландарда жаңартылады.

**Тақырыптық карталар.** Ғарыштық суреттер тек тақырыптық карталарды жасау мен жаңарту үдерісін жеделдетіп қана қоймай, жаңа құбылыстарды ашуға, сондай-ақ карталардың жаңа түрлерін жасауға мүмкіндік берді. Мысалы, спутниктік суреттер тек бұлтты жүйелерді көрсетеді, бұл тірі метеорологтарға болжамдарды жетілдіруге және дауыл сияқты қауіпті табиғи құбылыстарға бақылау жасауға мүмкіндік береді. Кішігірім спутниктік бейнелерге сәйкес, геологтар минералды барлауға қажетті сызықты және сақина құрылымдарының карталарын жасайды. Үлкен әуедегі суреттерде бұл құрылымдар көрінбейді.



21-сурет. Қазақстанның геологиялық картасы

Суреттер геологиялық, геоморфологиялық, гидрологиялық, океанологиялық, метеорологиялық, ландшафттық карталарды, топырақ карталарын жаңартуға кеңінен қолданылады. Әрбір тақырыптық карталар үшін спутниктік бейнелерді құрастыру және жаңарудың өзіндік әдісі бар, тақырыптық карталарды дайындау кезінде спутниктік бейнелерді пайдалану көп бөлшектерді көрсетуге мүмкіндік береді, сондықтан карталарды табиғи үлгілермен көбірек сәйкес келтіреді.

Тақырыптық картаға түсіру кезінде, объектінің орналасуын жоспарлаудың дәлдігі топографиялық карталарға қарағанда, әдетте бірнеше төмен болады. Сондықтан сол карталар үлкен масштабтағы тақырыптық карталар болуы мүмкін. Бірінші ондаған метрлік жердегі спутниктік бейнелердің рұқсаты жер бетіндегі көптеген нысандардың өлшеміне сәйкес келеді. Ресурс-картографиялық спутниктердің ғарыштық көріністері Жердің сыртқы жамылғысының топографиясы мен құрылымын жақсы көрсетеді – топырақ пен өсімдіктер, сондықтан пейзаждар, олар тақырыптық картаға құнды материал болды.

Ғарыштық тақырыптық картаны арнайы қабаты экологиялық проблемаларды және жаһандық өзгерістерді зерттеуге байланысты. Оларға ағаш кесу және шөлейттену карталары кіреді. Бірақ атмосфераның, тропосфераның, радиациялық сипаттамалардың, озон қабатының, бұлттың, желдің, мұхиттың және тағы басқалардың жаһандық карталары әртүрлі болып келеді, басқалары

Қазақстан геологиялық құрылым, топырақ, өсімдіктер, пейзаждар, жерді пайдалану және т.б. карталар сериясын құрды. Олар табиғи ресурстардың ағымдағы жағдайын, антропогендік жүктемені және қоршаған ортаның ластануын, табиғи жағдайлар мен ресурстарды бағалауды болжайды және күтілетін өзгерістерді болжайды. Бірқатар маңызды экономикалық аймақтар – Солтүстік, Шығыс, Батыс және Оңтүстік Қазақстан үшін бірқатар карталар құрылды.

## 5.2. Құрылыстағы аумақтың картографиялық деректер базасын құрудың үлгі мысалы

Бөлімде әзірленген әдіснаманың практикалық іске асырылуы талқыланады. Әдіснаманы сынау үшін зерттеу аумағына сәйкес келетін аумақты таңдау қажет болды (1:10 000 – 1:25 000). Екіншіден, территория табиғи ортаны – су объектілерін және өзендерді, орман екпелерін және олардың жабайы табиғатын қамтиды. Бұдан басқа, аумақта қалалық орта элементтері болуы тиіс – жолдар, көп қабатты үйлер, өнеркәсіптік

аймақтар, сондай-ақ ауыл шаруашылығы алқаптары. Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, Алматы облысында Қаскелен қаласының маңында орналасқан сынақ алаңы таңдалды.



22-сурет. Зерттеу аймағының спутниктік бейнесі, масштабты 1:15 000

Тестілік аумақ картасының географиялық негізін құру үшін ғарыш суреттерінен деректерді таңдау қажет. 1:100 000 масштабтағы N-37-16 номенклатурасының топографиялық картасы пайдаланылды, GLONASS / GPS навигациялық қабылдағышын пайдалану арқылы географиялық координаттар жердің төрт нүктесінде есептелді. Жер үсті бақылау нүктелері бүкіл зерттеу аймағы орналасатын тік бұрышты аймақты құрайтын етіп таңдалады (24-сурет). Мұнда ұсынылған Қаскелен спутниктік картасы ғарыштан үй ғимараттарының суреттерін және фотосуреттерін қамтиды. Қаскелен және аймақтың толық спутниктік картасы Google Maps қызметі арқылы қамтамасыз етіледі. Координаттар – 43.2023.76.6230

Жерсеріктік имиджді цифрлық өңдеу және декодтаудан бұрын зерттеу аймағы туралы картографиялық ақпараттарды талдау жүргізілді және спутниктік кескінді түсіндіруге арналған объектілер жиынтығы анықталды. Осылайша, таңдалған спутниктік бейнесінің қасиеттеріне негізделген, атап айтқанда, кеңістіктік рұқсатта, интерпретациялау үшін объектілер жиынтығы анықталды (5.1-кесте).

Шифрланатын нысандардың жиынтығы

Объектілер түрлері	Объектілер
Жолдар	Жолдар класстары: темір жол, республикалық жолдар, автожолдар, жайма жол, дала жолы
Өсімдіктер	Ормандар, бұталар, шалғындар, ауыл шаруашылығы
Гидрография	Су тоғаны, өзен, ағын
Қалашықтар және жеке мекендер	Көп қабатты тұрғын үйлер, ауылдық ғимараттар, бақ және коттедж ғимараттары, жеке ғимараттар мен құрылыстар, жеке аулалар
Жекеленген объектілер	Автобус аялдамалары, жанармай бекеттері, ескерткіштер, базарлар және т.б.

Ғарыштық суреттің жарықтылығын арттыру үшін контраст қолданылады. Суретке қосымша синтез қолданылды. Электромагниттік спектрдің жасыл аймағында – көк, қызыл-жасыл және жақын инфрақызыл-қызыл түспен алынған кескіннің бояуы синтезі пайдаланылды. Өсімдіктер қызыл, ашық жерлерде сұр-көк, су беті көк түспен көрсетілген.

Компьютерді өңдеуден кейін ғарыш бейнесі түсіндіру үшін анықталған объектілер жиынтығы арқылы шифрланған. Бұл үшін ғарыш бейнесі BMP форматында сақталып, MapInfo Professional 8.5 GIS пакетіне импортталды. Осыдан кейін, ГАЗ пакетінде ғарыш бейнесі қабаттарда цифрланып, ақпарат қабаттарының кеңістіктік және атрибутикалық деректер базасы бір уақытта толтырылды. ENVI бағдарламалық өнімінде, Alos Prism спутнигімен стерео жұпты қолданып, зерттеу аймағындағы рельефтің сандық моделі құрылды. Нәтиже картасы MapInfo Professional-ге импортталды, мұнда GIS-де «Relief» ақпараттық қабаты жасалды. Шифрды шешудің соңғы кезеңінде картаның аңызы жасалды. Карталардың құрылған географиялық негізі зерттелетін аумақтың нақты үлгісі болып табылады.

Карта 1:15 000 масштабта құрастырылды. 23-суретте «Test Site Overview Map» түпнұсқасы көрсетілген.





Зерттеу аймағының барлық су объектілері орталықтандырылмаған сумен жабдықтаудың мәдени-тұрмыстық түріне жатады. Су объектілерінің сапасын сандық бағалау үшін судың ластануының гидрохимиялық индексі (СӨЖ) – интегралдық индикатор есептеледі. Белгіленген бақылау станцияларында суды іріктеу, олардың нәтижелерін талдау және судың ластануының интегралдық индикаторын есептеу нәтижесінде зерттелген су объектілерінің су сапасы «таза» ( $WPI = 0,2 \div 1$ ).

**Аумақтың акустикалық режимін зерттеу.** Зерттеу аймағында шу радиациясының негізгі көзі – бұл Алматы, Бішкек және Ұзынағаш тас жолдары бойымен жүретін автокөлік. Далалық өлшеулерді және байқауды өткізгеннен кейін, сондай-ақ алынған нәтижелерді кеңседе өңдеу нәтижесінде «шу» ақпараттық деңгейінің GIS кеңістіктік деректерінің дерекқоры жасалды. Өлшеу мәліметтеріне сәйкес, 90-дан 55-ке дейінгі автокөлік жолдарының жақын магистральдық жолдарында шудың ыңғайсыз аймақтары салынды.

**Радиациялық жағдайды бағалау.** Бұл аспаптық өлшеулердің мақсаты зерттеу аймағының топырақтарының гамма-фонын бақылау. Зерттеу аймағында топырақ бетінің жалпы гамма-фоны  $0,2 \text{ мкЗв/сағ}$  ( $20 \text{ мкР/сағ}$ ) аспайды, бұл халықаралық ұсынымдарға сәйкес табиғаттың мәніне сәйкес келеді.

**Халқының жайлылығы дәрежесі бойынша аумақты аймақтандыру.** Қаралып жатқан елді мекенде қолданыстағы экологиялық жағдайды жан-жақты бағалау үшін қолданыстағы қала құрылысы жағдайының экологиялық сапасын сипаттайтын тірі жайлылық картасын жасау ұсынылады. Жайлылық индикаторын қолдана отырып, белгілі бір жерлерде қолайсыз және қолайлы жағдайларды анықтауға болады, бұл адамның қоршаған ортаның жай-күйінің қолайлылығы дәрежесіне байланысты аумақты бағалауға мүмкіндік береді. Картаны жасау барысында қауіпті денсаулық жағдайын қалыптастыруға ықпал ететін факторлардың аумақтық бөлінуін тұрғын үй жағдайының экологиялық-қала жоспарлау көрсеткіштеріне сәйкес талдау ұсынылды. Кешенді бағалау индикаторларды бөлудің кешенді әдісі және кеңістіктік ақпараттардың матрицасын құрастыру әдісімен жүргізілуі тиіс.

Топырақтың ластану факторы қайталанатын. ӨДМ-нен артық аймақтар көбінесе негізгі орындарда, ескі ғимараттарда және тұрмыстық және құрылыс қалдықтарында полигондарда орналасқан. Электромагниттік ластануы бар жерлер электр беру желілері, қосалқы станциялар бойымен орналасқан және маңызды емес. Ауа ластану факторы, негізінен, негізгі аудандарда өмір сүрудің ыңғайлылығына әсер етеді. Бүкіл аумақта рекреациялық объектілердің біркелкі бөлінуі фактордың жайлылыққа әмбебап оң әсерін анықтады.

Қалалық ортаны жан-жақты бағалау негізінде жобаланған күрделі құрылыс объектісін орналастыру үшін экологиялық және қалалық жоспарлау шарттарын анықтау үшін аумақтың қазіргі функционалды пайдалану аймақтарын көрсету ұсынылды.

Картада келесі нысандар көрсетілуі керек:

– Тұрғын үй, шаруашылық және қоғамдық, индустриалды аймақтар, инженерлік және көлік инфрақұрылымы аймақтарын, ауыл шаруашылық аймақтарын, рекреациялық аймақтарды, ерекше қорғалатын табиғи аумақтарды, арнайы мақсаттағы аймақтарды, әскери нысандарды және басқа да аумақтардың қолданыстағы шекаралары.

Карта карталардың географиялық негізі бойынша салынатын аумақтың кеңістіктік және атрибутикалық ГАЗ деректер базасының негізінде құрылады. Картаны қалыптастыру үшін ақпарат қабаттарының деректері пайдаланылады: «Аспаптық өлшеу нүктелері», «Антропогендік әсердің объектілері», «Аймақтық-функционалды аймақтар». Карта MapInfo Professional GIS терезесінің жаңа есебінде бөлек қалыптастырылады. Бастапқы карталардың тақырыптық мазмұны: ландшафтар, өсімдік жамылғысы, көгалдың рекреациялық әлеуетінің ерекшеліктері, жануарлардың тұрғындары болуы тиіс. Карталардың бүкіл сериясы зерттеу аймағында қалалық жоспарлау қызметін реттеу режимдерін әзірлеуге және картаға түсіруге мүмкіндік береді.

Тестілік аумақтағы әдіснаманы практикалық іске асыру және алынған нәтижелер жергілікті құрылыс алаңдарын геоэкологиялық бағалау үшін картографиялық деректер базасын әзірлеу қалалық жоспарлаудың күрделі құрылысы алдындағы жобалау кезеңінде көптеген көлемді ақпаратты өңдеу, талдау және сақтау үшін қажетті функционалды құрал болып табылатынын растайды. ГАЗ функциясы сізге қажетті ақпаратты электронды түрде және қағаз түрінде жылдам алуға мүмкіндік береді.

Нәтижелері мемлекеттік және құрылыс ұйымдары экологиялық таза орналастыру құрылыс учаскелері, кезең-кезеңмен бизнес-жоспарлау, қоршаған ортаны қорғау шаралары, жоспарлаудың егжей-тегжейлі жобаларын әзірлеу, объектілердің функционалды бағыттарын дамыту жобалары бас жоспарларға дейін үшін пайдаланылуы мүмкін.

## 6-ТАРАУ. ДИСТАНЦИЯЛЫҚ ЗОНДТАУ МӘЛІМЕТТЕРДІ ГИДРОЛОГИЯДА ҚОЛДАНУ

### 6.1. Қазақстанның гидроресурстары

ТМД елдерінің еуропалық және сібір бөліктерімен салыстырғанда Қазақстан су ресурстарының жағдайы нашар елдер қатарына жатады. Арнайы сумен қамту жылына 37,0 мың м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> және 6,6 мың м<sup>3</sup> құрайды. Қазақстанның жер үсті су ресурстарының орташа мөлшері 100,5 км<sup>3</sup> құрайды, оның ішінде республика аумағында тек 56,5 км<sup>3</sup> құрайды. Қалған 44,0 км<sup>3</sup> көлемі транзиттік сипатта және көрші елдерден келеді: Қытай – 18,9 км<sup>3</sup>; Өзбекстан – 14,6 км<sup>3</sup>; Қырғызстан – 3,0 км<sup>3</sup>; Ресей – 7,5 км<sup>3</sup> [1]. Барлығы пайдалануға болады – 46 км<sup>3</sup>.

Қазақстан аумағында Каспий, Арал теңізі және Балқаш көлі сияқты ірі су қоймалары бар. 39 мыңға жуық өзен мен уақытша ағын, 48 мыңнан астам көл, 4 мыңға жуық су қоймасы және 204 су қоймасы бар. Ең маңызды су жолдары – Ертіс, Іле, Сырдария, Есіл, Тобыл, Орал, Талас, Торғай және Шу өзендері. Алайда, сумен қамтамасыз ету проблемасының маңыздылығы су ресурстарының шектеулі болуына, олардың бүкіл республика бойынша біркелкі бөлінбеуіне, уақыттың айтарлықтай өзгеруіне және ластанудың жоғары деңгейіне байланысты.

Республиканың өзен аймағының климаттық ерекшеліктеріне байланысты жер үсті көздерінің 90%-ы көктемде түседі. Сонымен қатар, бүкіл аумақта жер үсті су ресурстары біркелкі бөлінбейді және жыл бойы, сондай-ақ бір жыл ішінде ауытқып отырады, осылайша экономиканың түрлі салалары мен секторларын біркелкі қамтамасыз етпейді. Шығыс Қазақстан облысы ең көп сумен қамтамасыз етілген – 1 км<sup>2</sup> үшін 290 мың м<sup>3</sup>. Сонымен қатар, Атырау, Қызылорда және, әсіресе, Маңғыстау облыстары, онда тұщы су жоқ, суда жетіспейді.

Әр түрлі себептермен экономиканың филиалдарының қажеттіліктері үшін өзен ағынының ресурстарын толық пайдалану мүмкін емес. Атап айтқанда, Сырдария, Орал, Іле, Тобыл, Есіл, Торғай және Шу өзендерінің экологиялық, балық аулау және санитарлық талаптарына сәйкес келетін суды міндетті түрде шығарудың жалпы көлемі шамамен жылына 29,0 км<sup>3</sup> құрайды. Ертіс ағынының көлік және энергия шығыны Ресейдің үлесімен бірге 9,0 км<sup>3</sup> құрайды. Су қоймаларында және өзен төңірегінде булану және сүзу үшін өзен ағынын жоғалту 12 км<sup>3</sup> бағаланады. Орталық Қазақстандағы өзендердің су тасқыны ағып кетуі және оны жоғалту және жою үшін 4,5 км-ге жуық 3 км құрайды. Осылайша, көрсетілген 54,5 км<sup>3</sup> көлемінде қажетті су шығындарын ескере отырып, пайдаланылуы мүмкін

су ресурстарының бір рет пайдаланылатын көлемі республика экономикасында 46,0 км-ден аспайды.

Қазіргі уақытта су ресурстарының жалпы көлемінен жылына 38,6 км<sup>3</sup> өзен мен көл экожүйелерін сақтау үшін экологиялық ағын ретінде пайдалану қажет. Қажетті инфрақұрылымның жетіспеушілігінен, булану және сүзуден және көрші елдерге міндетті түрде энергия ағынын қамтамасыз етумен байланысты жылына 29 км<sup>3</sup> жетпейді. Бұдан басқа, 12,8 км<sup>3</sup> су ресурстары сенімсіз. Осылайша, қазіргі уақытта кепілдендірілген су ресурстарының көлемі жылына 23,2 км<sup>3</sup> ғана. Көршілес елдерде қолайсыз климаттық және трансшекаралық гидрологиялық жағдайлармен Қазақстанда 2040 жылға қарай жылына 11,4 км<sup>3</sup> жер үсті ағынының азаюы болжануда. Бұл, негізінен, трансшекаралық өзендер арқылы жылына 44,7 километрден жылына 32,6 км<sup>3</sup> дейін су ағынының төмендеуіне байланысты. Бұл болжамның негізі – экономикалық және әлеуметтік дамудың өсуіне байланысты соңғы жылдары көрші елдердің суды тұтынуының артуы. Қытайдан шыққан Ертіс пен Іле өзендері жылына 7,7 км<sup>3</sup> болатын ағынның төмендеуіне үлкен қауіп бар [3].

Ең көрнекті мысал – Арал теңізінің экологиялық апаты. 50 жылдан астам уақыт өтті, ал теңізді кептірудің басты мәселесі шешілмеген, бірақ жағалаулық аймақтардың тұрғындарына ғана емес, сонымен қатар аймақтағы теңіз құмының жинақталуына байланысты Памир мұздықтарының тез еруіне әсер ететін салдар көбеюде. Ғарыштық қашықтықтан зондтау деректерін қоса алғанда, салыстырмалы гидрологиялық деректерге негізделген, 50-жылдық кезеңде, 1960 жылдан бастап, зерттеушілер 2031 жылы Арал теңізіндегі судың көлемін 75,4 км<sup>3</sup>-ге дейін төмендету туралы болжамды алды. Predaralye жайылымдардың және кең шалғындардың тозуын жалғастыруда. Барлық дерлік суарылатын жерлер тұздануға ұшырайды. Соңғы екі онжылдықта провинцияның жалпы ауданы 45,0 млн. Гектардан 41,5 млн. Гектарға дейін төмендеді, ал тозған жайылымдардың ауданы 4,8 млн. Гектардан 6,4 млн гектарға дейін өсті. Кейбір авторлар Арал теңізінің бұрынғы түбінен уытты тұздарды шығаруды және жоғалтуды кірістіліктің төмендеу себептерінің бірі ретінде қарастырады.

Азықтандыру сипатына сәйкес, Қазақстанның өзендерінде көктемгі су тасқыны болады, тек мұзды қуаттың үлкен бөлігі ғана жазда су тасқыны болады. Осылайша, өзен ағынын көпшілігі көктемде кездеседі. Оңтүстік таулы өңірлерде өзендерге арнап тамақтандырудың негізгі көзі болып табылатын жалпы ауданы 2,033,3 шаршы метр мұздықтар мұздықтар алаңы 50%-ға, ал мұздықтар 50%-ға азайды. Көптеген жылдар бойы ғылыми дәлелденген фактілер нақты ауқымды мәселелерге – климаттың

өзгеруінің аймақтың экожүйесіне әсері туралы, ал ең алдымен, Орталық Азияның су қоймалары болып табылатын тау экожүйелері еліміздің су қауіпсіздігін іс жүзінде әсер етті. Мұның салдары қазірдің өзінде сезілді: тау тектес мұздақтардың тозуы, ауаның температурасын арттыру, әсіресе қысқы кезеңде, және соңғы жылдардағы ауыр құрғақшылық.

Қазақстан Республикасының Екінші Ұлттық Хабарламасына сәйкес Қазақстан аумағында 70 жыл (1936 жылдан 2005 жылға дейін) орташа ауа температурасы өте жоғары қарқынмен өсті – әрбір 10 жылда шамамен 0,3 градус. Климатты құрғақшылық шөл және жартылай шөлді аймақтарда өсіп, таулы мұздақтың тозуы байқалады. Климаттың өзгеруі салдарынан климаттық аймақтардың солтүстікке көшуі ықтимал, бұл шөл және жартылай шөлді аймақтардың кеңеюіне әкеліп соғады және шағын өзендердің кептіру қаупі артады.

Орталық Азияның барлық ірі өзендерінде (ОА) халықаралық су ағындары болып табылады. Аймақтағы трансшекаралық өзендердің бассейндеріндегі геосаяси факторлар өзен бассейніне қатысты халықаралық құқық нормаларына негізделген ынтымақтастықты қажет етеді. Орталық Азия елдері үшін, трансшекаралық өзендердегі суды пайдалану проблемалары, бір жағынан, бір жағынан ұқсас, бұл оларды шешудің бірыңғай тәсілдерін жасауға мүмкіндік береді. Екінші жағынан, әрбір мемлекеттің климаттық, экономикалық, экономикалық және саяси жағдайындағы айырмашылықтар мемлекетаралық су қатынастарында елеулі қайшылықтарға алып келеді, бұл су секторы мен гидроэнергетиканы дамыту үшін аймаққа шетелдік инвестиция тартуға кедергі келтіреді.

Орталық Азиядағы су ресурстарын басқару жөніндегі Мемлекетаралық үйлестіру комиссиясы Қазақстан Республикасы, Қырғыз Республикасы, Өзбекстан Республикасы, Тәжікстан Республикасы және Түрікменстан арасындағы мемлекетаралық дереккөздердің су ресурстарын бірлесіп басқару және қорғау саласындағы ынтымақтастық туралы келісімге сәйкес құрылды. МКВК және оның органдары Аралды құтқару жөніндегі халықаралық қордың құрамына кіреді. Комиссия мүшелері Орталық Азия мемлекеттерінің су шаруашылығы ұйымдарының бірінші басшылары болып табылады. Кездесулер тоқсан сайын жүргізіледі, тараптардың бірінің бастамасы бойынша кезектен тыс жиналыс өткізілуі мүмкін.

Қазақстан Республикасы мен Қырғыз Республикасының Шу және Талас өзендеріндегі су объектілерін мемлекетаралық пайдалану жөніндегі комиссиясы (Шу және Талас үшін комиссия) Қазақстан Республикасы мен Қырғыз Республикасының үкіметтері арасындағы Шу және Талас өзендеріндегі су объектілерін пайдалану туралы келісімге сәйкес 2006

жылы құрылды. Жұмысты БҰҰ жүйесінің халықаралық органдары, қаржы институттары (АДБ, ЕЭК, ЭСКАТО және басқалар) қолдайды.

Шу және Талас комиссиясы екі бөліктен тұрады: Қазақстан мен Қырғызстан. Комиссия мүшелерін үкіметтер тағайындайды. Сессиялар кем дегенде жылына екі рет өткізіледі. Тұрақты атқарушы орган Қазақстан мен Қырғызстанда кезек-кезек кездесетін хатшылық болып табылады. Оның негізгі міндеттері: комиссия отырыстарын дайындау, ұйымдастыру мәселелерін шешу, жылдық есептерді әзірлеу.

Орталық Азиядағы су-энергетикалық ресурстарды бөлісу проблемаларын шешу тек қана экономикалық, сонымен бірге экологиялық, саяси және халықаралық маңызы бар. Бұл аймақтағы тұрақтылықты, экономикалық өсуді және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің негізгі факторларының бірі.

## 6.2. Гидрологиядағы дистанциялық зондтау технологиялары

Дистанциялық зондтау деректері гидрологияда былай пайдаланды:

- батпақтар, өзендер, көлдерді түсіндіру;
- өзен мен көлдердің суаруын анықтау;
- су тасқыны мен су тасқынының мониторингі;
- өзендер мен көлдердегі мұзды жағдайды бақылау;
- көл суының сапасын бақылау;
- жер бетіндегі буланудың және жауын-шашынның бағалануы;
- ағынды болжау үшін қардағы судың мөлшерін есептеу, қардың процестерін бақылау;
- гидрологиялық үдерістерді модельдеу және т.б.

Ғарыштық суреттер сіз өзендерде, көлдерде, су қоймаларында жағымсыз процестердің дамуын бақылауға мүмкіндік береді, олардың келу мүмкіндігін және ағынның сипатын болжауға, олардың салдарын анықтауға және залалдың барлық түрлерін бағалауға мүмкіндік береді.

*Су тасқыны мен су тасқынын бақылау.* Біздің еліміздің климаттық ерекшеліктері өзендерде су тасқынынан жыл сайын өтетіндігін анықтайды, мұның өзі әуенді каналдан су ағып, тасқын су тасқынымен сипатталады.

Су деңгейі өте маңызды деңгейге жетіп, одан асып кетуі мүмкін, соның салдарынан жағалау аймақтарында тұратын үй шаруашылықтары, елді мекендер су тасқынынан зардап шеккен аймақтарға түсіп, аудан экономикасына айтарлықтай зиян келтіреді және халықтың денсаулығына зиян келтіруі мүмкін. Төгілудің алдын алу және төтенше жағдайлардың алдын алу үшін су тасқыны мен су тасқыны кезінде өзендерді үнемі қадағалау қажет.





24-сурет. Қарағанды облысында 2015 жылғы су тасқыны

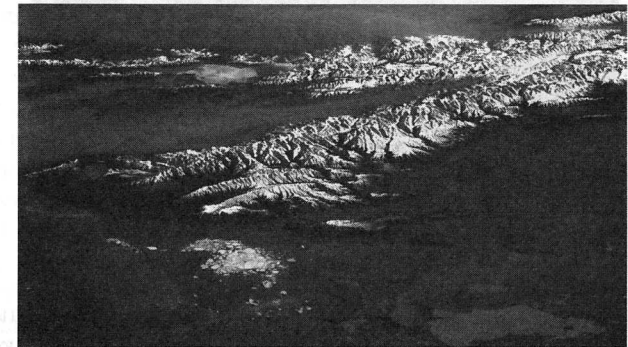
Су тасқыны кезінде су тасқыны аймақтарын анықтау және үлкен өзендердің су тасқынынан су басқан жерлердің мөлшерін су деңгейлері мен ағындылар туралы жердегі ақпарат негізінде ғана мүмкін емес. Ғарыштық ақпарат су тасқыны немесе су тасқынының дамуын бақылап қана қоймай, сонымен қатар су тасқынынан зардап шеккен аймақтардың жедел болжамын алуға, келтірілген зиянды бағалауға, су басу үшін қорғаныс бөгеттерін таңдау проблемаларын шешуге, су тасқынына қауіп төндіретін аумақтарды анықтауға мүмкіндік береді. Компьютерлік деректер өңдеу алгоритмдерін қолдану судың және жердің шекарасын, су басқан жерлердің аумақтарын автоматты түрде анықтауға, сондай-ақ су деңгейінің көтерілуіне байланысты қауіпті аймақтарды анықтауға болады.

Су тасқынының мониторингі кезінде радиолокациялық спутниктерді, жоғары ажыратымдылықты оптикалық бейнелеу құрылғыларын және мульти спектрлі оптикалық сканерлері бар ресурстық спутникті түсіруге арналған материалдар көп ақпарат береді.

Су тасқынының мониторингінде өзендерде мұз қатқан жерлерді анықтау ерекше орын. Солтүстік жарты шардың көптеген өзендерінде, оңтүстіктен солтүстікке қарай ағып, көктемді ашу кезінде мұзды кептелістерде мұздың жиналу қаупі бар. Мұздың қисаюы өзеннің тірі қимасын азайтады және мұзды жинау орнында және одан жоғары аумақта судың деңгейін көтереді. Бұл жиі су тасқынына әкеледі.

Ғарыштық суреттердің көмегімен сіз кептелісті қалыптастыруға қолайлы жерлерді анықтай аласыз. Мұз кептелісі өзен арнасының тар бөліктерінде, көпір құрылыстарының аудандарында, өзеннің тарылтуымен бірге өзен бұрылыстарында, арнаның шағын ағым жылдамдығымен, үлкен ағынмен араласқан кезде, егер бұл ағын судың негізгі өзеніне дейін ашылса, арал бар болса және Тығыздық жиі күзде өзенді мұздату кезінде мұздың деформациясы мен ызылдаған жерлерде кездеседі.

Ғарыштан алынған суреттер мұздан ашылу кезеңінде өзендер мен резервуарлардың жай-күйін бағалауға мүмкіндік береді, сондай-ақ мұз қатарларының нақты орналасуын және ауқымын анықтайды.



25-сурет. Жоңғар Алатауының мұздықтары

**Қар жамылғысының анықталуы.** Маусымдылығы қар жамылғысы таулы аймақтардың өзін-өзі дамыту үдерістерінде айрықша рөл атқарады, өзен ағынын, мұздықтар мен көшкіндердің қалыптасуын және режимін анықтайды. Климатқа айтарлықтай әсер ете отырып, ол өзі климаттың өзгеру көрсеткіші ретінде қызмет етеді.

Қашықтықтан зондтау нәтижесінен алынған қардың қалыңдығын бөлу карталары мұздықтардың қалыптасуы мен олардың болу шарттарына түрлі факторлардың қосындысын бағалау үшін мұзды жүйелердің кеңістіктік ерекшеліктерін және өзара байланысын түсінуге көмектеседі.

Қар жамылғысының режимі, таралуы және өзгермелілігі туралы дәл ақпарат дала аймағындағы су тапшылығы бар таудағы өзен бассейндерінде су ресурстарын басқару іс-шараларын сәтті жүзеге асыру және су ресурстарын басқару үшін қажет. Көктемгі су тасқыны кезінде судың максималды деңгейін және өзен ағынын болжау үшін, балшық суымен топырақты ылғалдандыруды бағалау, қардың құйылуымен

күресу жөніндегі шараларды әзірлеу кезінде қардың жүктелуін есептеу кезінде қардың қаптамасындағы суды және көктемде қарды еріту динамикасын дәлірек бағалау қажет. Қар жамылғысының аумақтық бөлінуі туралы жаңа ақпарат ғарыштық мониторингпен қамтамасыз етілген (26-сурет).



26-сурет. Теріскей Алатауының мұздықтары

Көрінетін диапазонда тұрақты спутниктік шолуды пайдаланып, таулы сулардағы қар жамылғысын анықтау үшін, қардың еріген кезде тауларда жүйелі түрде қар желісі қалпына келтіріледі. Сонымен қатар, қар жамылғысының су резервтері ауа температурасы мен балқу коэффициенті арқылы «жылулық көрініс әдісімен» есептеледі. Осындай есептеулердің нәтижелері (кейбір таулы аймақтарда және өзен жағалауында бірнеше жылдар бойы) спутниктік ақпаратты пайдаланудың уәдесін көрсетті, әсіресе, өмір сүрудің төмен және қиын аудандарында.

Гидрологиядағы кескіндерді пайдалану бағыттарының бірі су тастаған өзен ағынын моделдеу және болжаумен байланысты. Су жинау аймағының сипаттамаларына (сарқылу, жайылым, орман жамылғысы, жырту және т.б.) байланысты ағындық үлгілердің бірқатар параметрлерін спутниктік бейнелерден жақсы бағалауға болады. Қардың өзен ағынын модельдеу кезінде судың қалыптасуының әртүрлі кезеңдерінде қатты немесе сұйық түрдегі сумен пулды жабу дәрежесі анықталады: бассейнің қардың қалыңдығы кезінде қармен жабылған бассейнің үлесі; су арналарының және су арналарының арналары үшін микрокөліктердің және басқа да уақытша су тасқындарының суы. Қарлы су тасқынын болжау судың қар жамылғысы мен қардың қарқындылығы туралы деректерге сәйкес жақсы дамыған.

**Гидрографиялық зерттеулер.** Су жинаудың негізгі компоненттері ағындық желілердің топографиясы мен конфигурациясы болып табылады. Рельеф су ағынын қалыптастырудың негізгі факторларының бірі ретінде әрекет етеді, өйткені жер бетінің пішіні судың әрекетін анықтайды. DEM (цифрлық биіктік үлгілер) негізінде гидрологиялық және морфометриялық сипаттамаларды (су ағынының ұзындығы, су қоймаларының орналасуы, қарапайым бассейндердің алаңы, көлбеу бұрышы, аумақты бөлу және т.б.) есептеуге болады.

DEM құрастыру үшін ең көп пайдаланылатын дерек көздерінің бірі SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) дереккөрі болып табылады – ғарыштық шаттлдан – шаттлдан радиолокациялық интерферометрия арқылы шығарылатын жер бетінің радарлы топографиялық түсірілуінен алынған деректер. Бұл зерттеу 2000 жылдың ақпанында 11 күн бойы жүзеге асырылды. sh. 54° дейін. sh. және SIR-C және X-SAR екі радарлық сенсорларын пайдаланатын мұхиттардың кейбір аудандарында. Радарлық зерттеудің алынған деректерін өңдеу нәтижесінде Жер бетінің 85%-ын қамтитын цифрлық биіктік моделі алынды. SRTM жеті-ғаламдық сандық жерүсті моделінің шешімі бойлық пен ендікке 3 секундты құрайды.

SRTM деректерін бірнеше нұсқаларда тегін алуға болады: алдын ала (1-нұсқа), түпкілікті (2-нұсқа) және өңделген (3 және 4 нұсқалары). Ақырғы нұсқа қайта өңделді: жағалау сызықтары мен су объектілерін таңдау, қате мәндерді сүзгілеу. Өңделген нұсқалар GeoTIFF (Geo Tagged Image File Format) форматында ұсынылған CGIAR (Халықаралық Ауылшаруашылық зерттеулер бойынша Консультативтік тобы), құндылықтары жоқ жерлерді түзетіп, сонымен қатар мозаиктерді үлкен бөліктерге (5° x 5°, 1° x 1° емес, алғашқы екі нұсқадағыдай). Бұл модельдің соңғы нұсқасы 8,8 м биіктікте абсолютті дәлдікті және салыстырмалы – 6,2 м биіктікте қамтамасыз етеді.

Бос қолжетімділік мүмкіндіктері индустриалды зерттеулерде осы рельефтік модельді қолданудың кең спектрін ұсынды. Деректер қарапайым 16-биттік растрлық болып табылады, пиксель мәні – белгілі бір нүктеден теңіз деңгейінен биіктік.

Жалпыға қолжетімді жеті жаһандық DEM – ASTER GDEM-тің соңғы нұсқасы – жер бетінің 83° арасында орналасады. sh. және 83° С. sh. ASTER сенсоры METI компаниясы құрған және Terra спутнигінің бортында 1999 жылдың желтоқсанында іске қосылды. Сенсор екі телескоппен стереоскопиялық түсіру мүмкіндігіне ие. DEM 1° x 1° фрагменттеріне бөлінген. ASTER GDEM GeoTIFF пішімінде 1 раундтық ажыратымдылықпен таратылады. Жоспардағы биіктігі 20 м және 30 м нүктелерінің дұрыстығын бағалау. Әзірге бұл модель әлдеқайда ұзағырақ салынған SRTM сапасы мен дәлдігінен төмен.

SRTM деректеріне сүйене отырып, Дүниежүзілік жабайы табиғат қоры (WWF) өзен бассейндерінің топографиясы мен HydroSHEDS гидрографиялық желісі туралы деректер жиынтығын құрды – ат «гидрологиялық ақпарат және әртүрлі масштабтағы радарлық топографияның туындыларына негізделген карталар» деп аударылады.



27-сурет. Кузнецк Алатауы

Қазіргі уақытта жиынтықта мынадай деректер бар:

- DEM – толтырылған кеңістіктердің сандық үлкейту үлгісі (WGS84 координат жүйесі, метрлердегі биіктігі, рұқсаты – 3 дана секунд);
- CON – өзен каналдарын неғұрлым дәл сәйкестендіру үшін бірнеше қосымша алгоритмдермен өңделген 3, 15 немесе 30 секундтық гидрографиялық DEM;
- DIR – өзен арналарын және аулауды сәйкестендіру үшін іргелес жасушаларға ағынын бағыттау торы (рұқсат – 3, 15 және 30 секунд);
- ACC – ағызылатын жинақтау торы, көрсетілгенге қанша жасуша су ағып жатқанын көрсетеді (рұқсат 15 және 30 секунд);
- RIV – DIR және ACC торларымен анықталған өзен желісі, 15 және 30 секундтық ажыратымдылықпен. Су ағынын қалыптастыру үшін жасушалардың шекті саны – 15 доғалық секунд үшін 100;
- BAS – 15 және 30 секундтық (бета нұсқалары) ажыратымдылығы бар өзен бассейндері.

Бұл деректер өсімдіктерге, топыраққа және метеорологиялық жағдайларға қатысты деректер жиынтығымен бірге өзен ағынының математикалық модельдерінде қолданылуы мүмкін: кеңістік рұқсаты 100 км<sup>2</sup> және одан көп аумақты қамтитын өзен аулау үлгілерін жасауға мүмкіндік береді.

**Гидроморфологиялық зерттеулер.** Кез келген өзен динамикалық жүйе болып табылады. Тұнба және әртүрлі климаттық, геологиялық, гидрологиялық және антропогендік факторлардың әсерінен оның арнасының кедір-бұдырлығы, геометриясы, құрылымы және профилі өзгереді. Гидравлика және өзен морфологиясы ең күрделі зерттеу тақырыбы болып табылады. Өзен бетінің көлденең жазықтықта орналасуынан өзен ағынының гидродинамикалық параметрлері және олармен байланысты процестер қарастырылуы мүмкін.

шөгінділерді беру және энергияны диссипациялау – арна процестері.

Арна процестерін бағалау әртүрлі уақытта алынған спутниктік бейнелерді пайдалану арқылы ең тиімді болып табылады.

Арна процестерін сипаттайтын қашықтан зондтау өнімдерін жасағанда, әр түрлі спектральды ауқымдардың спутниктік деректерін және ажыратымдылығын пайдаланады. Ғарыштық түсіру ауқымына байланысты арналардың жай-күйінің мониторингі түрлі деңгейлерде жүргізіледі: аймақтық, жергілікті және толық. 20-100 м кеңістіктік рұқсаты бар деректер ерте алдын-алу және болжау үшін аймақтағы өзендердің жағдайын бақылауға мүмкіндік береді.

тәуекелдер, сондай-ақ ағымдық және арна үрдістерінің жоғарылауы. Жоғары ажыратымдылығы бар зерттеулерге (5-20 м) сүйене отырып, су тасқыны мен каналдардың жай-күйіне мониторинг жүргізу, жергілікті деңгейдегі өзен төсектеріндегі түрлі құбылыстарды бақылау және зерттеу. Арнаның белгілі бір бөліктерінде, сондай-ақ гидротехникалық құрылыстардың, көпірлердің, өтулердің және т.б. жақын жерде орналасқан жағдайды қадағалаудың егжей-тегжейлі шешімінің материалдары (1-5 м). Бұл деректер арналық процестердің нәтижелері мен салдарын бағалау үшін қажет. Жазық өзен арналарының жай-күйінің ғарыштық мониторингі уақыт өте келе әртүрлі өзгерістерді зерттеуді қамтамасыз етеді: жаңа аралдардың қалыптасуы, майорлардың өзгеруі, жағалау сызығы және т.б. қауіпті гидрологиялық құбылыстарды уақтылы анықтау су объектілерін кесіп өтетін желілік құрылымдардың жұмыс істеуін қамтамасыз етеді, ал өзен арналарының динамикасын есепке алмайды өткелдер маршруттарын жобалау кезінде пайдалану кезінде магистральдық құбырлар, трансмиссиялық мұнаралар мен көпірлердің эрозиясына әкеледі. Әсіресе, әлсіз тұрақты өзендердің каналдарында жиі туындайтын проблемалар пайда болады, мұнда арнаның деформациясы аса қарқынды. Мұнда жоспарланған деформацияның жылдамдығы жылына бірнеше метрге дейін болуы мүмкін.



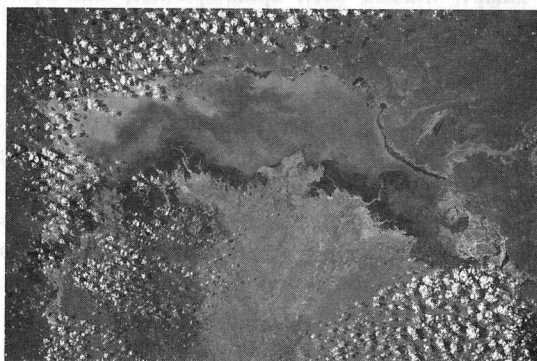


28-сурет. Қазақстандағы Ертіс өзені

Арнаның дәйекті позицияларын талдау кейбір аудандардағы эрозия жылдамдығының 50 м/жылға жететінін анықтауға мүмкіндік береді, бұл зерттелетін аумақтағы арнаны толығымен тұрақсыз деп жіктейді. Ғарыштық ақпараттың бірегей мүмкіндіктері үлкен өзендердің ауыздарын зерттеуде де қолданылады.

**Спутниктік деректерді пайдалана отырып, үлкен суды зерттеу.**

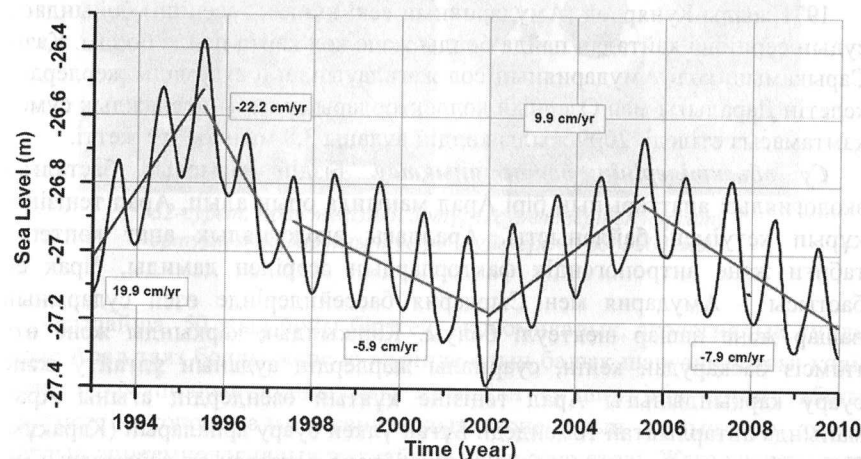
Теңіз және мұхиттар үшін әзірленген қашықтан басқару әдістерінің көбі қазір ішкі су қоймаларының үлкен көлемін зерттеу үшін табысты бейімделуде: спутниктік деректерді пайдалану, су объектілеріндегі судың деңгейін анықтау, хроматичность және хлорофиллдің мөлшерін анықтау, жер бетіндегі желдің мөлшерін және бағытын табу, толқындық және мұз режимдерінің параметрлерін зерттеу, бет температурасын анықтау және т.б.



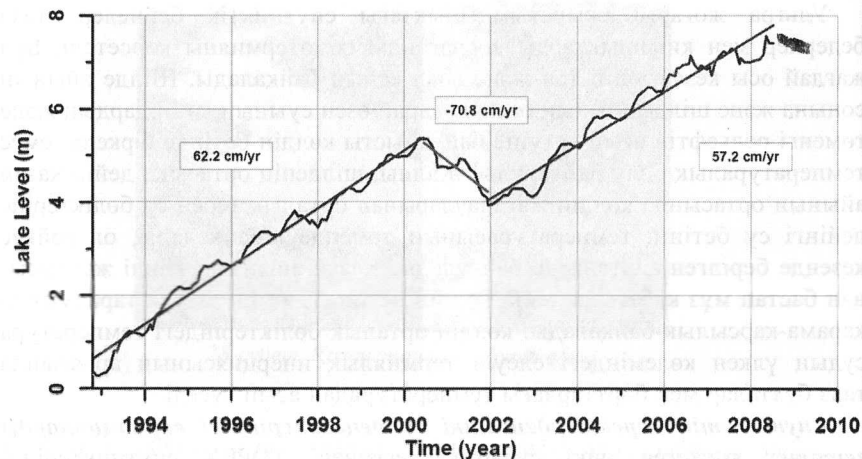
29-сурет. Балқаш көлдің кеңістік бейнесі.

Ультра жоғары ажыратымдылықтағы спутниктік бейнелер (таяз бедерлер мен қиындықтарды қоспағанда) гомотермияны көрсетеді. Бұл жағдай осы кезең үшін тән және жыл сайын байқалады. Шілде айының соңына және шілде айының басына қарай өзен суының, ағындардың және төменгі рельефтің ағып кетуіне байланысты көлдің бетінде біркелкі емес температуралық бөлу байқалады. Жалпы, шілденің ортасына дейін қазан айының ортасында көлдің жағалауларынан орталық терең су бөліктеріне дейінгі су бетінің температурасының төмендеуі байқалады, ол сәйкес кезеңде берілген карталарда байқалады. Қазан айының екінші жартысынан бастап мұз қабатына дейін көлдің бетіндегі температура таралуында қарама-қарсылық байқалады: көлдің орталық бөліктеріндегі температура судың үлкен көлеміндегі елеулі термиялық инерциясының арқасында таяз бухталар мен борттардағы температурадан асып түседі.

**Спутниктік деректерден ішкі су деңгейлеріндегі вариацияларды зерттеу** көптеген ішкі суларда, негізінен, TOPEX спутниктерінің деректерін пайдаланумен жүргізіледі. Жолдар бойында қайталанатын өлшемдер 10 күнге созылады, бұл негізгі гидрологиялық және гидродинамикалық процестердің уақытша сипаттамаларына сәйкес келеді. Төменде Каспий теңізінің деңгейінің өсуі мен құлдырау кезеңдерін анық көрсететін спутниктік альтиметрия бойынша Каспий теңізінің деңгейінің ауытқуының кестесі көрсетілген.



30-сурет. Спутниктік альтиметриядан Каспийдің деңгейінің ауытқуы



31-сурет. Сарықамыс көлінің деңгейін спутниктік альтиметрия бойынша өзгерту

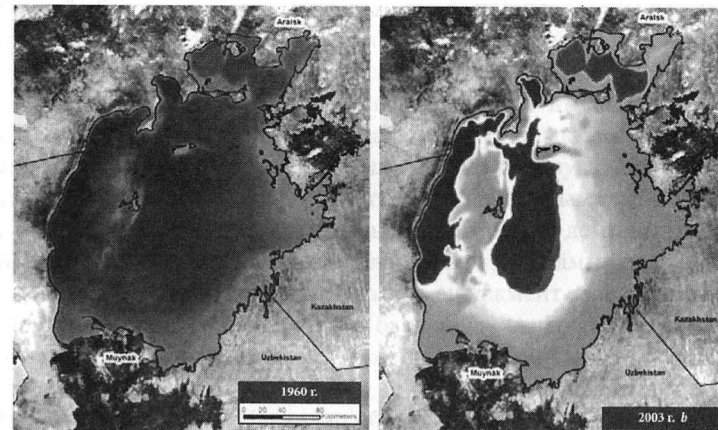
Суретте Сарықамыс көлінің деңгейінде өзгерістер болды. Сарықамыс депрессиясы Арал теңізі жағалауы бойында төсек өзгерген кезде, Амударияның суымен мезгіл-мезгіл көлге айналады. Бассейн Нойеннің соңында, Жоғарғы төрттегі және XIV-XVI ғғ. Сумен толтырылды. Сондай-ақ Амударияның суы 1878 жылдың жазында Сарықамыш депрессиясына жетті.

1971 жылы Кунярдой (Амударияның ескі құрғақ төсеніші) бойындағы судың серпілісі қайтадан пайда болды және көл қайта пайда болды. Қазір Сарықамыш көлі Амударияның сол жағалауындағы суармалы жерлерден келетін Даралығы мен Озерный коллекторлары арқылы дренаждық сумен қамтамасыз етіледі. 2009 жылы көлдің ауданы 3,8 мың км<sup>2</sup>-ге жетті.

**Су объектілерінің бетін анықтау.** Біздің ғасырдың басталған экологиялық апаттарының бірі Арал маңында орын алып, Арал теңізінің құрып кетуімен байланысты. Аралдағы экологиялық апат көптеген табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен дамиды, бірақ ең бастысы – Амудария мен Сырдария бассейндерінде өзен суларының нашар және нашар шектеулі болуы. Көпжылдық қарқынды және өте тиімсіз басқарудан кейін, суармалы жерлердің ауданын ұлғайту және суару қарқындылығы Арал теңізіне құятын өзендердің ағыны Арал маңында айтарлықтай төмендеді. Бұған үлкен суару арналарын (Қаракұм, Үлкен Ферғана) салу, су алудың көбеюі және көптеген су қоймаларының бетін булану үшін қосымша су жоғалуы үлкен рөл атқарды.

XX ғасырдың бірінші жартысында. Арал теңізі режимі әбден орнықты: су қоймасы Әмудария мен Сырдария өзендерінің суларымен тұрақты түрде сумен қамтамасыз етілді және олар тұрақты деңгейге жетті. Алайда, 60-шы жылдары. Аралдың деңгейі тез құлдырай бастады және су қоймасы пішінін өзгертті. 1988-1989 жылдары резервуардың екі бөлімі (аз солтүстік – Кіші теңіз, Кіші арал, үлкен оңтүстік немесе Үлкен Арал) толық бөлінеді. Сырдарияның кішігірім ағысы Кіші теңізге ағып, Ұлы теңіз Амудария ағынын тамақтандырды. Бұрын Кіші және Үлкен теңізді байланыстыратын Берг шлюзі Кіші Теңізден үлкен суды Үлкен теңізге тастаған шағын, бірақ ұзақ арнаға айналды. 2005 жылы Кіші теңізді кептіруден құтқара алатын Кокарал бөгетін салу аяқталды. Бөгетті салудан бері өткен жылда Кіші Аралдың деңгейі төрт метрге көтерілді.

Бес жылдан кейін су деңгейі теңіз деңгейінен 42 м деңгейге көтерілді: ол Оңтүстік Арал теңізі қарағанда 14 метр жоғары, бірақ 70-ші жылдары қарағанда 11 м төмен. өткен ғасырдың.



32-сурет. Арал теңізінің әртүрлі суреттерінен құрғату әртүрлі жылдардағы түсіру жүйелері: 1960, 2003 жж.

Осылайша, 50 жыл бойы бірегей, экономикалық, экологиялық құнды және Арал таяз болды және іс жүзінде оның балық шаруашылығы, көлік және рекреациялық құндылығы жоғалған су шөгуінің орган табиғи, элеуметтік-экономикалық, санитарлық және оның маңындағы аудандардың эпидемиологиялық жағдайына теріс әсер етеді. Жағалаудағы тұрғындардың басым бөлігін жұмыспен қамту және қоныс аудару бойынша

елеулі проблемалар болды. Арал және Арал өңірлеріндегі теріс үдерістер дамып, нығайып келеді. Осыған байланысты болжамдар өте жағымсыз.

Арал теңізі мен оқиғалардың даму болашағы өзгерісті бағалауға көп уақытша суреттерді таратып. 32-суретте айтарлықтай құрылыс кейін Кіші Арал теңізінің ауданы арттыру, 40-жылдық кезеңге Фототаспа 1973 жылдан 2013 жылға дейінгі кезеңге арналған түрлі бейнелеу жүйелері алынған көп уақытша суреттер, сериясы, резервуардың процестерін келтіру оның ауданын азайту және кесектерге бөлу көруге болады көрсетеді Үлкен Аралға судың ағып кетуіне кедергі келтіретін Көкарал бөгеті.

## **7-ТАРАУ. ДИСТАНЦИЯЛЫҚ ЗОНДТАУДЫ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ ЖӘНЕ ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДА ҚОЛДАНУ**

### **7.2. Экологиядағы дистанциялық зондтау деректерін қолдану**

Адамзаттың жаһандық экологиялық мәселелерге қатысты алаңдаушылығы Жерді ғаламдық бақылау және озон қабатының, атмосферадағы ластанушылардың мониторингі, көмірқышқыл газы мен басқа да парниктік газдардың шоғырлануы, Жердің жылу балансын бұзатын және жер және мұхиттың биомассасын бағалау үшін спутниктік бағдарламаларды әзірлеуге жауапты. Жергілікті экологиялық проблемалар: ауаның ластануы; радиоактивті, бактериологиялық және химиялық ластану; өнеркәсіптік және тұрмыстық қалдықтар; табиғи және техногендік сипаттағы төтенше жағдайлар.

Мұндай бағдарламалар, мысалы, американдық ұзақ мерзімді EOS бағдарламасы: Terra және Aqua спутниктері, сондай-ақ Ресей мен Қазақстан жер серіктері арқылы жүзеге асырылады.

Ғарыштық суреттер адам қызметінің әр түрлі нысандарын және осы әрекетке байланысты табиғи ортадағы әр түрлі жағымсыз өзгерістерді көрсетеді: топырақ эрозиясы, жайылымдардың тозуы, шөлдену, ормандарды өртеу, орман өрттері мен өрттер, мұнай ұңғымалары мен желілерінің жанындағы су қоймаларындағы өсімдіктердің демпингтік зоналары мұнай және газ құбырлары, қалалардағы қар жамылғысының ластануы және т.б.. Мұндай экологиялық менеджмент ерекшеліктерін дәл белгілеу арқасында бейнелер теріс бақылауда Антропогендік әсер және экологиялық жағдайды карталар экологиялық сайты бағалау және болжам жасау.

Мысалға, 2018 жылы Павлодар облысының орман қорын сақтауға байланысты «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК »АҚ аймақтағы орман күзетінің ғарыштық суреттерін ұсынды.

Геоақпараттық деректер мен сервистер орталығының (ЖДЗ) Жерді дистанциялық зондтау деректерін өңдеудің инженерлері жер бедерін анықтау және түсіруді анықтау үшін жердегі суреттерді түсіндіруді жүзеге асырды. Тексеру барысында KazEOSat-1 және KazEOSat-2 отандық ғарыш аппараттарынан қашықтан зондтау деректерін өңдеудің нәтижелері расталған және Павлодар облысында заңсыз кесу анықталған.





33-сурет. Павлодар облысының орман қорын кесу бейнесі

Ғарыштық экологиялық мониторингтің тағы бір мысалы - экологиялық қауіпті ракета отынына зымырандарды ату нәтижесінде Байқоңыр ғарыш айлағында және қоршаған аумақта қауіпті қоршаған ортаны ластау туралы ақпарат. Нәтижесінде, Байқоңыр ғарыш айлағынан циклон-2 ұшыру аппараттарын іске қосу – репетиторлық отын ретінде гептилді қолданатын RS-20 ICBM, RS-18 ICBM токтатылды. Қазақстандық тараптың іске қосылуы кезінде заманауи, экологиялық таза ұшыру аппараттары құрылады. Бұл шаралар Байқоңыр ғарыш айлағын сақтауға, оның қызметінің экологиялық қауіпсіздігін арттыруға және Қазақстанда ғарыш саласын дамытуға бағытталған.

**Ауа ластануын бақылау.** Соңғы онжылдықта атмосфераның газды және аэрозольді ластауды бақылау әдістері мен құралдарының қарқынды дамуы олардың қоршаған ортаның жай-күйіне әсерін түсінудің айтарлықтай артуымен байланысты.

Атмосфералық газ қоспаларының құрамы мен мазмұнын елеулі түрде өзгерткенде, адамның экономикалық қызметі жасалады. Көмірқышқыл газы мен метан сияқты антропогендік газдар шығарындылары атмосферада олардың мазмұнын айтарлықтай арттырады. Сонымен қатар, экономикалық белсенділіктің нәтижесінде газдардың көп мөлшері атмосфераға енеді, бұрын оның құрамы болмады.

Атмосфералық қоспалардың қоршаған ортаға әсері улы және климаттық болып бөлінуі мүмкін.

Адам денсаулығына, жануарлар мен өсімдіктерге, жалпы алғанда биосфераға, сондай-ақ жансыз табиғат объектілеріне зиянды әсерлері

ірі қалалар мен өнеркәсіптік аймақтардың жоғары ластанған атмосфера-сындағы антропогендік шыққан көптеген газ қоспалары арқылы жүзеге асады. Табиғи және антропогендік шыққан газдардың қоспалары климатқа, ауа райына, жергілікті, аймақтық және жаһандық атмосфералық процестерге әсер етеді. Мұндай газ тәрізді қоспалар үлкен қашықтыққа таралады, үстіңгі тропосфераға және стратосфераға енеді және ақырында бүкіл атмосферада жиналады.

Қоршаған ортаның ластануына мониторинг жүргізу мүддесінде газдарды қашықтықтан көрсететін әдістерді қолданған кезде, ғарыштан Жерді дистанциялық зондау туралы ақпарат мынадай міндеттерді шешуге мүмкіндік береді:

1. Атмосферадағы газдардың жалпы мазмұны мен таралуын тігінен анықтау, бұл:

- жаһандық ластану деңгейі;
- ластауыштардың аймақтық дисперсиясы және олардың айналымы;
- қалалар, ауылшаруашылық жерлері және мұхит аймақтары бойынша ластаушы заттардың кеңістіктік және уақытша өзгеруі;
- ластаушы заттардың тұндыру механизмі;
- атмосфералық химиялық процесстердің ерекшеліктері;
- трансұлттық ластаушы заттар ағындарының қалыптасу ерекшеліктері.

2. Жергілікті ластану көздерінің орналасуы (целлюлоза және қағаз фабрикалары, болат зауыттары, мұнай өңдеу зауыттары, химиялық зауыттар, тау-кен өндірісі зауыттары және т.б.).

3. Уытты заттарды көмудің алыс аймақтарын бақылау.



34-сурет. Алматы түтінінің суреті

Табиғи ортаны қашықтықтан зондтаудың оптикалық әдістері лазерді қолдану арқылы тез дами бастады. Лидарда зондтың сәулелену көзі лазер болып табылады. Атмосфераны қашықтықтан зондтау арқылы газдар мен аэрозольдердің молекулалары арқылы өтетін лазер сәулесінің әлсіреуі байқалады. Зондтау лазер сәулесінің бір бөлігі газ молекулалары мен аэрозольдік бөлшектерде қарсы бағытта таратылады немесе топографиялық нысандардан немесе арнайы орнатылған экрандардан және рефлекторлардан көрінеді. Бұл сәулелену қабылдағыш оптика арқылы жиналып, алынған оптикалық сәулелену қарқындылығына пропорционалды электр сигналына түрлендіретін фотодетекторға жіберіледі. Алынған сигналдың мәні атмосфераның қасиеттері бойынша кері бағытта сәулеленуді шашыратуға, топографиялық объектілердің немесе рефлекторлардың көрсететін сипаттамаларын, сондай-ақ «лидарлы сезінетін объектіге – лидардың» сезгіштік бағыты бойынша сәулеленудің әлсіреуіне байланысты анықталады. Сондықтан фотодетектордан алынатын электрлік сигнал атмосферадағы газдар мен аэрозольдер, олардың концентрациясы және сезімтал заттарға дейінгі қашықтық туралы мәліметтерден тұрады.

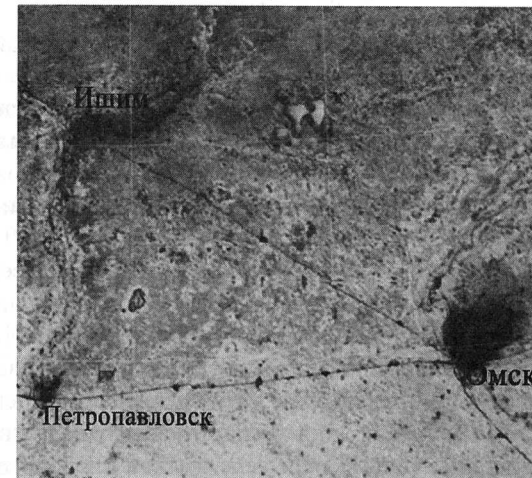
Ұмытылған энергияның дифференциалды сіңіру әдісі – атмосферада газ немесе аэрозоль концентрациясы туралы ақпарат екі жазылған лазерлік сигналдарды толқын ұзындығының өте тар спектральды диапазонында салыстырудан шығарылады, олардың біреуі газдың сіңіру желісінде орналасқан, екіншісі әлсіз аймақта жатыр немесе абсорбция толық болмауы.

Атмосферадағы газ компоненттерінің құрамын дифференциалды сіңіру лидарымен өлшеудің екі тәсілі бар. Екі көзқарас зерделеу үшін, содан кейін осы импульстердің азаюын салыстыру үшін бірнеше түрлі толқын ұзындығы бар екі лазерлік импульсті қолдануды ұсынады. Өлшеу әдістерінің айырмашылығы лазер сәулесінің қабылдау жүйесін қабылдайтын механизмдермен анықталады. Бірінші әдіс атмосферадағы газ молекулаларының серпінді шашырауына негізделген, ол дифференциалды сіңіру және шашырау әдісі деп аталады. Бұл әдіс лидардан айтарлықтай қашықтықта атмосфераның газ компоненттерінің кеңістікте өлшенген өлшемдерін береді. Екінші әдіс лазерлік сәулеленуді белгілі бір қашықтықта орналасқан нысаннан көрсетуге негізделген (рефлектор әдісі). Бұл жағдайда сіз лазер көзінің қуатының деңгейін айтарлықтай төмендете аласыз. Арнайы бұрыштық рефлекторлар арқылы жоғары сезімталдыққа қол жеткізуге болады.

*Атмосферадағы ластаушы заттардың таралуын болжау* кезінде атмосфералық желдің спутниктік бақылауымен алынған ақпарат кеңінен

қолданылады. Тропикалық және субтропикалық аймақтардағы геостационарлық метеорологиялық спутниктерден алынған суреттер бұлттың қозғалыстарынан тропосфералық желдің құрылымын қалпына келтіру үшін қолданылады. Тропикалық климаттық аймақтан тыс, геострофиялық жел компоненті температура өрістері туралы деректер негізінде қалпына келтіріледі.

*Қалалардың және көлік желісінің әсер ету саласындағы техногендік ластану аймақтарын бағалау.* Бұл жер спутниктік шолуды қолданудың заманауи бағыттары арасында ерекше орын алады. Дала эксперименттері мен экспедициялық зерттеулер негізінде қардың қатты ластаушы заттарымен арадағы жарықтық қатынастарының параметрлері түсіндірілді, уақыт пен аумақта осы қатынастардың өзгеру сипаты зерттелді, фондық құндылықтармен салыстырғанда бірнеше қар контурын анықтау мүмкіндігі теориялық тұрғыдан дәлелденді. Суреттер қазақстандық өзендердің барлық ірі дренаждық бассейндері үшін қалалардың айналасындағы ластанған аумақтарды бейнелеу үшін пайдаланылады. Жер серігі террорының суреттері Ертіс-Есілдің аралас қалаларының қалаларын және жолдарын керемет көрсетеді.



35-сурет. Ертіс-Есіл өзенінің жағалауларындағы Қалалық жерлер Террадағы жер серігі бейнесі

*Мұнайдың ластануы және органикалық каптар.* Теңіз бетіндегі мұнайдың ластануы спутниктік бейнелерде байқалады, себебі мұнай

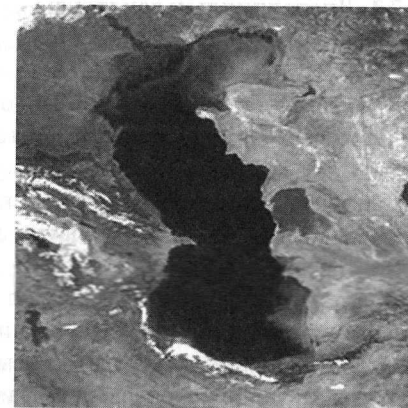
фильмі толқуды басады және сылақтың пайда болуына әкеледі. *Слик* (ағылшын тілінен – тегіс, жылтыр) – мұның бәрі мұхит, теңіз немесе ішкі сулар бетіндегі тегіс айналар жолақтар немесе радар суреттерінде дерлік қара болып табылады. Жеңіл желмен олар нүктелерге ұқсайды, ал желдер 5 м/с-ден астам тар жолақтарға түседі. Олардың пайда болуының негізгі себебі әртүрлі органикалық қосылыстардың, соның ішінде беттік белсенді заттардың (беттік белсенді заттар) суреттері. Мұхиттағы органикалық заттардың көздері – жануарлар мен өсімдіктер, сондай-ақ шикі мұнайдың табиғи көздері. Биогенді шыққан субстанциялар биологиялық белсенділігі жоғары аудандарда жиналатын 10-7-10-6 см қалыңдығы бар бірнеше мономолекулалық қабаттарда теңіз бетіндегі пленкаларды құрайды. Биогенді пленкалар теңіз организмдері мен өсімдіктердің, негізінен фито- және зоопланктондардың, сондай-ақ бактериялардың өмірлік белсенділігінің нәтижесі болып табылады; теңіздегі организмдердің өмірлік белсенділігі мен ыдырау процесінде күрделі биохимиялық реакциялар кезінде теңізде қалыптасады және сөздің тікелей мағынасында ластану деп қарастыруға болмайды. Органикалық пленкалар теңізде ұзақ уақыт бойы әлсіз желмен сақталып, желдің жылдамдығы 6-7 м/с-тан асқанда бұзылады.

Күшті желдің аяқталғаннан кейін, органикалық заттар қайтадан бетіне шығарылып, қышқылдарды қалыптастырады.

Теңіз бетіндегі антропогендік шыққан фильмдер тек мұнай мен оның өнімдерін ғана емес, тұрмыстық, өндірістік және ағынды сулардың құрамында болатын түрлі техникалық және тұрмыстық майларды, май қышқылдары мен спирттерді, синтетикалық беттік активті заттарды (SAL) құрайды.

Мұнайдың ластануының теңіз экожүйелеріне теріс әсері мұхиттың атмосфераға өзара әрекеттесуінің бұзылуымен және олардағы қайталама ластанудың жиналуымен байланысты. Майлы фильмдер мен синтетикалық беттік активті заттар мұхиттың бірқатар гидрохимиялық және гидробиологиялық процестеріне айтарлықтай әсер етеді. Мұнай мен мұнай өнімдерін бактериялық жіктеу және табиғи тотығу қиын.

Мұхиттағы мұнаймен үнемі өсіп келе жатқан антропогендік ластану жоғары әлеуметтік маңызы бар мәселеге айналууда. Антропогендік шыққан жердің ластануы негізінен мұнай мен мұнай өнімдерінің төгілуімен, сондай-ақ теңізде өте әртүрлі тұрмыстық және өнеркәсіптік заттардың шығарылуымен байланысты. Ультракүлгін, көрінетін, инфрақызыл және радиоқабылдағыштардағы пассивті және белсенді сенсорлар теңіз киносының ластануын анықтау және зерттеу үшін қолданылады.



36-сурет. Каспий теңізіндегі мұнайдың төгілуі

Радарлық шолу ауа райына төзімді және жарықтандырудан тәуелсіз, бірақ оның мүмкіндіктері теңіз бетінің жағдайы бойынша шектеледі. Теңіз бетіндегі өрескелдік қарама-қарсылығы мұхит пен атмосферадағы басқа процестерді тудыруы мүмкін, осындай радарлық бейнелерді жасайды. Дегенмен, метеорологиялық бақылауларға арналған радарлар оларды қашықтан зондтаудың ажырамас құралына айналдырады.

Синтетикалық апертуралы радарлар теңіз бетіндегі ластануларды анықтау үшін әдеттегі зерттеу геометриясы, желдің жылдамдығы (теңіз бетінің жағдайы), ластанушы заттардың түрі және басқа да факторларға байланысты. Радар суреттерінде нүктелердің орналасуын, пішінін және өлшемін анықтай аласыз; қайта түсіргенде – дрейфтің бағыты мен жылдамдығы.

Жоғары рұқсат етілген синтетикалық апертуралық радарлар көмегімен теңіздегі мұнай өнімдерін өндіру аудандарын, мұнай тасымалдаудың теңіз жолдарын жергілікті бақылауды жүзеге асыруға болады, танкерлердің авариялық учаскелерін жедел бақылауға, ішкі теңіздегі экологиялық жағдайды, порттар мен сарқынды сулардың төгінділерін жоюға болады. Теңіз бетіндегі мұнайдың ластануын анықтау және ластану мәселесін шешу және ластану түрін анықтау үшін радиолокациялық бейнелерді визуалды талдау бақыланатын жерлерді жеткілікті түрде сенімді түрде жіктеуге мүмкіндік бермейтіндіктен, сонымен қатар биогенді шыққан органикалық жуғыш заттардың тілімдерінен бөлінетін майларды ажыратуға мүмкіндік береді.



## 7.2. Дистанциялық зондтауды төтенше жағдайларда қолдану

Жоғарыда аталған көптеген тапсырмалар (орман өрттерінің мониторингі, су тасқыны аймақтарын бағалау және т.б.) төтенше жағдайларды (ТЖ) анықтау және бақылау міндеттеріне жатқызылуы мүмкін. Жерді ғарыштан қашықтықтан зондтау әдістері төтенше жағдайларды анықтау мәселелерін шешудің жаңа деңгейіне жақындауға мүмкіндік береді; төтенше жағдайға әкелетін оқиғалар; және олардың әсерлерін бағалау. Төтенше жағдайларды картаға түсіру қарқынды дамып келеді.

Су тасқындары, жер сілкінісі аймақтарын, вулканизмді операциялық карталау табиғи апаттардың салдарын жою стратегиясын оңтайландыруға көмектеседі. Табиғи ортаны ластауға оперативті бақылау жүргізіледі, мысалы, теңіздегі және мұхиттардағы мұнайдың төгілуі радиолокациялық суреттерге сәйкес.

Қашықтан зондтау деректері спутниктік суреттердің қамтуы мен мерзімділігіне байланысты жағдайды жылдам бағалауға және көптеген төтенше жағдайларды уақтылы болжау үшін негіз болып табылады. Алдын алу шараларын әзірлеу кезінде бұл деректер келесі міндеттерді шешу үшін қолданылады:

- 1) ең қауіпті орындарды анықтау және салыстыру;
- 2) табиғи және техногендік сипаттағы апаттардың туындау ықтималдығын болжау;
- 3) апаттық процестерді дамытудың бастапқы және ықтимал нұсқаларын анықтау үшін құбылыстарды бақылау.

Ғарыштық суреттер зардап шеккен аумақтың өлшемі, зақымдану деңгейі және жергілікті халықтың қажеттіліктері туралы ақпарат алу үшін пайдаланылады. Осындай оқиғалар уақытынан бері өмірлік маңызды факторға айналатындықтан, деректер дереу кешіктірілу керек. Су тасқыны кезінде және құрғақшылық кезінде сіз төмен кеңістіктегі, бірақ уақытша жоғары ажыратымдылықтағы суреттерді пайдалана аласыз. Геостационарлық спутниктерден Жерге әрбір жарты сағат сайын тасымалданатын деректер циклондар мен торнадтар сияқты қысқа мерзімді табиғи апаттарды бақылау үшін пайдаланылады. Жалпы айтқанда, әртүрлі деректер жиынтығының комбинациясын қолдану пайдалы, олардың әрқайсысы төтенше жағдайлармен күресу үшін жоғары кеңістіктік, уақытша немесе спектралды ажыратымдылықпен сипатталады. Жерді қашықтықтан зондтау деректерін өңдеу, талдау және салыстыру техногендік және табиғи төтенше жағдайларға жауапты

арттырады, авариялар мен апаттардың салдарын (пайдалы қазбаларды өндіру мен тасымалдау, орман өрттері, су тасқыны, су тасқыны және т.б.) залалсыздандыруға мүмкіндік береді.

### *Таудағы төтенше жағдайлар*

Таулы аудандардағы қауіпті табиғи процестердің жоғары белсенділігі ғарыш суреттерін төтенше жағдайлардың алдын алу мен алдын алудың маңызды құралын құрайды. Гравитациялық процестер тауларда кең таралған, көбінесе қайғылы және адамдардың қайтыс болуымен, жолдардың, ғимараттардың зақымдануы немесе жойылуы, сондай-ақ табиғи ортадағы өзгерістер сияқты көшкіндер мен селдер. Селдер мен көшкіндердің нәтижелері ормандардың жоғалуына, рельефтердің өзгеруіне - қоқыстардың немесе қымбат тас массасының пайда болуының, таудағы аңғарлардың және сел сілкінісінің аудандары анықталатын және суреттерде сәйкестендірілуі мүмкін тау-кен аңғарларындағы жинақы нысандардың қалыптасуы болып табылады.

Жылдың суық кезеңінде Қазақстан аумағында байқалған *экстремалды метеорологиялық жағдайлар (ЭМЖ)*: дауыл мен тіпті дауылдың дауылымен, қарлы дауылмен, қатты дауылдың аязымен, мұзды жағдайлармен құбылыстар, көктемгі аяздардың аяздары, ауыр тұман, мұз және т.б. жылы маусымда найзағайлар, бұршақ және желдің қарқындылығымен, қатты шаңды дауылмен қоса қатты жаңбыр жауады. Жазда апаттық өрт қаупі бар. Сонымен қатар, Қазақстан құрғақшылықтың құрғақшылықтарымен сипатталады, бұл егістік өнімнің күрт төмендеуіне алып келеді.

Қазақстанда төмендегі ЭМЖ-лар жиі қайталанады: күшті жел, қатты жаңбыр, қатты боран, ауыр қар және ауыр тұман. ЭМЖ35 өрінісіне қатысты ең көп орналасқан аймақтар: Батыс Қазақстан, Атырау, Маңғыстау, Қызылорда және Павлодар облыстары, бірақ әрбір өңірде жылына орта есеппен 1-ден 3-ге дейін жағдай бар.

2013 жылдың 21 шілдесінде Іле Алатауының тау бөктерінің ортаңғы бөлігінде атмосфералық майдандардың өтуіне байланысты жауын-шашынның мол болуы байқалды (тәулігіне 50 мм-ден астам). Нәтижесінде, 21 шілде күні, сағат 18-де, 45 минут ішінде өзен арнасында сел ағынды болды. 20 м<sup>3</sup> / с дейін ағызу жылдамдығы бар Шымбұлақ («Қорғаныс» Мемлекеттік Департаментінің мәліметтері бойынша) Сарысай өзеніне қол жеткізе алады. Өзенде. Сарысай ағыны 1966 жылы құрылған кәбіл-торды қоқыс төгетін жерді жойды. Медеу мұз кешені мен Шымбұлақ тау шаңғысы кешені арасындағы үлкен қозғалыстағы тас жолдағы көпірдің алдында сел соқтығысып, 150-200 м<sup>3</sup> су бөгетін құрады (37-сурет).



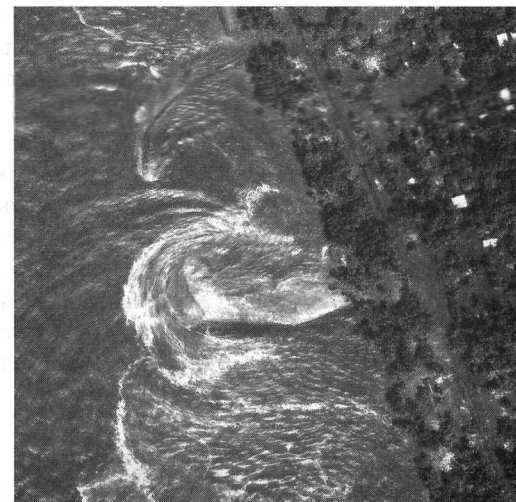
37-сурет. Медеу-Шымбұлақ магистральды көпірінің алдында бөгет қалыптастыру

2016 Қазақстанда бірнеше рет EML жиі кездесетін болады. 2016 жылдың сәуір айынан шілде айына дейін тек Алматыда ауа райының қолайсыздығымен, кейде кей жерлерде жауын жауып, адамдарға кедергі келтіретін, өртті сындырған, су басқан үйлерді жауып тұрған 10 оқиға болды. Мысалы, 2016 жылдың 18 шілдесінде Алматы қаласы жазғы дауылдың қараңғылығына түсіп, қатты жаңбыр жауып, найзағай жарқылдады, дауыл жел соғып, кейбір жерлерде үлкен бұршақ құлады. Іле Алатауының етегіндегі мұндай құбылыстар жиі кездеспегенімен, бұл элемент ерекше болды. Фотосурет (38-сурет) Алматы қаласының қуатты найзағай бұлтымен, ауа ағыны айналатын тән ауытқуы бар мезоциклонның бір түрі болғанын көрсетеді. Мұндай мезоциклондар аз мөлшерде болса да (диаметрі 50 км-ге дейін), жауын-шашынның және галле-де ауыр жауын-шашынның болуы мүмкін.



38-сурет. Алматыда қатты найзағай. 2016 жылғы 18 шілде  
Photo.gismeteo.ru

**Цунами** (39-сурет) мұхитқа шыққан жерінен алыс қашықтыққа тарайтын бетінің гравитациялық толқындарының ерекше класы болып табылады. Терең мұхитта цунами толқындарының биіктігі он сантиметрден аспайды, қайраңда толқындар баяулайды, қысқарады, биіктігі артады, ал серфинг аймағында ондаған метрге жетеді. Жағдайда жеткілікті дәлдікпен болжау үшін цунами биіктігі қазіргі ғылым әлі де мүмкін емес.



39-сурет. Цунами Шри-Ланка жағалауынан, 2004 жылғы 26 желтоқсан  
QuickBird жерсерігінде бейнеленген

Дәстүрлі цунами туралы ескерту әдістері сейсмикалық ақпаратты жер сілкінісінен кейін және толқынның келу уақыты мен оның биіктігін есептегенде жасайды. Дегенмен, осы әдістердің тиімділігі ашық мұхиттағы цунами параметрлері туралы деректердің болмауына байланысты азаяды, бұл жалған дабылдардың деңгейін арттырады.

Океанның деңгейін өлшеуді қамтамасыз ететін заманауи радиолиметрлер геоидальқ пішінді анықтауға, мұхит деңгейінің өрісіндегі гравитациялық ауытқуларға, геострофиялық ағымдарды өлшеуге, толқынды биіктіктерге, дауылдың толқындарына және теңіз толқындарының биіктігіне қатысты көптеген міндеттерді шешу үшін ақпарат береді. Терең мұхит толқындарының биіктігіне қатысты Topex/Poseidon жер серігі сейсмикалық толқынның параметрлері алғаш рет өлшенді. Индонезия жер сілкінісінен 2004 жылы 26 желтоқсанда Джейсон-1 спутнигіндегі альтиметр арқылы 2 сағат өткен соң үнді мұхиттағы цунами анықталды.

Спутниктік бейнелер көмегімен осы цунамиден келтірілген зиянның мөлшері мен дәрежесі туралы ақпарат көп. Цунамидің келтірген залалын бағалау үшін әуе кемелері мен ғарыш аппараттарынан жоғары рұқсат етілген кеңістіктегі байқау жүйелері пайдаланылады.

Біздің еліміздің даму тарихында жер бетіндегі ішкі су объектілерінің деңгейіндегі бірнеше ауытқулар байқалды. Олардың себептері әлі анық емес және зерттеушілер ғалымдар. Бірақ кейде, негізсіз адам қызметінің арқасында, бұл ауытқулар өте күшейеді, бұл осы аудандардың тұрғындарының өміріне елеулі әсер етеді. Каспий және Арал теңіздерімен дәл осылай болды.

**Каспийдің экологиялық проблемалары.** Шөл аймағында географиялық жағдайға байланысты Каспий теңізі үлкен экономикалық маңызға ие. Теңізде 50-ден астам балық түрі бар. атап айтқанда, бекіре тұқымдас отбасының құнды тұқымдары. Өткен ғасырда теңіз деңгейі бірнеше рет ауытқып кетті. 1930-шы жылдардан бастап, теңіздегі судың деңгейі тұрақты түрде азайып, оның ауданы айтарлықтай азайған. Алайда, 1977 жылдан бастап Каспийдің деңгейі күрт өсті – 2 метрден астам су деңгейінің көтерілуі жағалаудағы жерлерді су басуына әкелді.



41-сурет. Каспий теңізінің ластануының суреті

Соңғы жылдары Каспий теңізінің аумағы – мұнай мен газды өндіруге арналған маңызды аймақ – экологиялық апат аймағы деп саналды:

- Теңіздегі су деңгейінің көтерілуі жағалаудағы аумақтардың су басуына әкелді: ауыл шаруашылық жерлерінің ауданы төмендеді; Каспий маңында орналасқан кен орындарында су тасқынының

қаупі төніп тұрды, бұл жағалаудан теңізге дейін мұнай киносын тазартуға әкелуі мүмкін – бұл планктонның және, демек, теңіз флорасы мен фаунаының басқа түрлеріне әкелуі мүмкін;

- мұнай мен газды игеру организмдердің тіршілік ету ортасының өзгеруіне, бекіре санын азайтуға әкелді;
- Волгадағы су қоймаларының құрылысы, мұнай кен орындарының игеру ағымдағы экологиялық жағдайды одан да күрделендіреді.

Қазіргі уақытта Каспий су қорғау аймағының негізгі аумағы қанағаттанарлық жағдайда. Каспий теңізі деңгейінің төмендеу үрдісі байқалады.



## БАҚЫЛАУДЫҢ СҰРАҚТАРЫ

1. Дистанциялық зондтау дегеніміз не? Дистанциялық зондтау деректері дегеніміз не?
2. Жерді дистанциялық зондтаудың негізгі артықшылықтары қандай?
3. Дистанциялық зондтау саясатын үйлестіру жөніндегі халықаралық консультативтік орган қандай комитет болып табылады?
4. Дистанциялық зондтау технологиясын дамытудың негізгі кезеңдерін сипаттаңыз.
5. Дистанциялық зондтаудың пионері қандай ғарыш аппараты деп санайды?
6. Дистанциялық зондтау технологияларын дамытудың негізгі бағыттарын атаңыз.
7. Дистанциялық зондтауда ЭМ спектрінің қандай диапазондары қолданылады?
8. Жер атмосферасының мөлдір терезесі қандай?
9. Өсімдіктің спектрлік жарықтығы қисық ерекшеліктерін сипаттаңыз. Олар немен байланысты?
10. Дистанциялық зондтау жүйесінің жер және орбиталық сегменттерінің негізгі элементтері қандай?
11. Жерге дистанциялық зондтау деректерін жіберу әдістерін білесіз бе?
12. ИСЗ-дің айналмалы күн-синхронды орбиталарын пайдаланудың қандай артықшылықтары бар?
13. Қандай спутник орбиталары аумақты барынша қамтуды қамтамасыз етеді?
14. Суретке түсіру технологиясы бойынша ату жүйелерінің жіктелуін келтіріңіз.
15. Радар жүйелерін пайдалану артықшылықтарын көрсетіңіз.
16. Антеннаның синтезделген апертурасы туралы идеяны сипаттаңыз.
17. Дистанциялық зондтау деректерінің негізгі сипаттамалары қандай?
18. ЖК-нің сипаттамалары спутниктің орбитаның биіктігіне байланысты?
19. Кескіннің пикселдерінің спектралды жарықтығы КҚ-мен қандай ауқымда 11 бит болады?
20. NOAA сериялы спутниктерінен алынған деректердің негізгі сипаттамаларын беріңіз.
21. Дистанциялық зондтаудың заманауи жүйесі қандай жоғары PR КС алуға мүмкіндік береді?
22. Landsat TM камера арналарының негізгі мақсатын сипаттаңыз.

23. Дистанциялық зондтаудың қазіргі заманғы жүйелерін радиолокациялық жабдықтармен жабдықтау қандай?
24. Ғарыштық дистанциялық зондтау жүйелерін салыстырмалы талдау жүргізу: КС, өткізу қабілеттілігі, панчроматикалық арнаның болуы, стерео мүмкіндіктері, 1 квадратта түсіру құны. Жер бетінің километрі.
25. Дистанциялық зондтау деректерін ұйымдастыру үшін қандай деректер құрылымдары пайдаланылатынын сипаттаңыз.
26. Дистанциялық зондтау деректерін өңдеудің қандай деңгейлерін білесіз?
27. Дистанциялық зондтау деректерінің радиометриялық түзетуі не үшін қажет?
28. Ненің нәтижесінде суреттерде жолақ пайда болады және қалай жойылады?
29. Кескін сызықтарының түсімі қалай түзетіледі?
30. Аффинді трансформацияларды орындау үшін полиномы жазыңыз.
31. Қандай бұрмаланулар бейнелердің трансформациясының сызықты емес әдістерін түзетуге мүмкіндік береді?
32. Түтік жұптарының саны мен орналасуына қойылатын талаптар қандай?
33. Жарықтық мәндерін трансформацияланған кескіннің пикселдеріне беру әдістерін сипаттаңыз.
34. Неліктен кейінірек классификацияда қолданылатын көпмасштабты бейнелерді трансформациялау кезінде, жақын көршісінің әдісін қолданып, пикселдердің жарықтығын анықтауға болады?
35. Суреттерді ортотрансформациялау операциясын орындау үшін қандай қосымша деректер қажет?
36. Гистограмма анықтамасын беріңіз.
37. Суреттердің спектральды түрлендіруі қандай?
38. Негізгі кеңістіктік сүзу операциясын сипаттаңыз.
39. Кеңістіктік жиіліктің анықтамасын беріңіз. Кескінде қандай аудандар жоғары (төмен) кеңістіктік жиілікке жатады?
40. Өзіңіз білетін кеңістіктегі сүзгілердің үш санаты қандай? Олардың ерекшеліктерін сипаттаңыз.
41. Шекараларды неғұрлым төмен дефекциялау кезінде қандай сүзгілер шуды жоюға мүмкіндік береді?
42. Изотроптық және анизотропты фильтр шекараларын таңдау арасындағы айырмашылық қандай?
43. КС-ны декодтаудың мақсаты қандай?
44. КС тікелей және индикаторлық түсіндіру арасындағы айырмашылық қандай?

45. Түсіндірме белгілердің қандай түрлерін білесіз?
46. Объектілерді жіктеу мәселесі қандай? Бақыланбайтын және бақылаусыз сыныптау әдістерінің арасындағы айырмашылық неде?
47. Үлгілерді (S) дайындаудың негізгі талаптары қандай? Өкілдік агенттерінің қандай сипаттамалары бар?
48. Агенттерді құрудың қандай әдістерін білесіз? Параметрлік және параметрлік емес агенттер қандай негізделген?
49. Классификация мәселелерін шешуге детерминистік тәсіл туралы идеяны сипаттаңыз.
50. Детерминистикалық тәсіл негізінде классификацияның қандай әдістерін білесіз? Олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін сипаттаңыз.
51. Мүмкіндігінше жіктеудің шешуші ережесін беріңіз.
52. Кластер алгоритмінің қадамдар тізбегін беріңіз.
53. Суреттердің екі классы үшін перцептрон үлгілерін сипаттаңыз.
54. Активтендіру функциясының анықтамасын беріңіз.
55. Кері байланыссыз көп қабатты нейрондық желінің моделін сипаттаңыз.
56. Гистограммаға негізделген текстураның ерекшеліктері қандай?
57. Жарықтықты көрші матрица қалай құрастырылған? Қандай құрылымдық дескрипторлар оны пайдалануға негізделген?
58. Классификацияның дәлдігін бағалау үшін қандай әдістер қолданылады? Жіктеу матрицасының құрылысына негізделген жіктеудің дәлдігін бағалау әдісін сипаттаңыз.
59. Өсімдік индексін анықтау.
60. Топырақ сызығы дегеніміз не?
61. Топырақтың әсеріне төзімді VI-ді атаңыз.
62. Атмосфералық әсерлерге қайсысы төзімді?
63. Жедел өсімдіктері бар аумақты зерттеу кезінде қандай ҚТ пайдаланылуы тиіс?
64. ERDAS Imagine негізгі бумаларының функционалдығын кеңейтуге мүмкіндік беретін негізгі қосымша модульдерді тізімдеңіз.
65. ERDAS ER Mapper жүйесінің негізгі ерекшелігі қандай?
66. MultiSpec бағдарламалық жасақтама пакетінде оқыту классификациясының қандай алгоритмдері жүзеге асырылады?
67. Интернеттен деректерді пайдалану, ғарыштық түсіру жүйелерін салыстырмалы талдау жүргізу.
68. М 1:100000 топографиялық карталарын құруға КС қандай кеңістіктік рұқсат беру керек?

69. Табиғи ресурстарды және қоршаған ортаны бағалау мәселелерін шешуде Жерді дистанциялық зондтаудың төрт негізгі бағыттары қандай?
70. Бірнеше уақыттағы CS-ті қандай міндеттерге қолдануға болады?
71. Төтенше жағдайларды анықтау және бақылау міндеттеріне жататын қолдануға болатын тапсырмалар қандай?
72. Пайдалы қазбалар кен орындарын табу үшін дистанциялық зондтау деректерін қалай пайдалануға болады?
73. Әртүрлі қолданбалы мәселелерді шешу кезінде дистанциялық зондтау деректеріне қойылатын талаптар қандай?

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ЖӘНЕ ҰСЫНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТ ТІЗІМІ

1. Алинов М.Ш. Дәді жер шаруашылығы технологиялары: оқулық / – Алматы: Бастау, 2018. – 264 б.
2. Егоров В.А. // Жердің ғарыштан дистанциялық зондтау қазіргі мәселелері: физикалық негіздері, әдістері және экологиялық мониторинг технологиясы қоршаған ортаны қорғау, қауіпті нысандар мен құбылыстар. – М.: Полиграфссервис, 2004. – С 431-436.
3. Картография: университеттер үшін оқулық / А.М.Берлянт; ed арқылы. А.М. Берлянт. – М.: Aspect Press, 2003. – 477 б.
4. Кашкин В.Б. Ғарыштан жерді дистанциялық зондтау. Сандық кескінді өңдеу: зерттеулер. басшылық / В.Кашкин, А.И.Сухонин. – М.: Логос, 2001. – 264 б.
5. Книжников Ю.Ф. Географиялық зерттеулердің аэроғарыштық әдістері: зерттеу. ЖОО студенттері үшін Ю.Ф.Книжников, В.И.Кравцова, О.В.Туткубалина. – М.: Академия, 2004. – 336 б.
6. Лабутина И.А. Қорғалған аймақтардың экожүйелерін мониторингілеу үшін дистанциялық зондтау деректерін пайдалану: әдіс. қолмен / И.Лабутина, А.А.Балдина. – М., 2011. – 88 б.
7. Қоршаған ортаның экологиялық мониторингінің оптикалық-электрондық жүйесі: зерттеу. Manual / V.I.Kozintsev [et al.]; В.Н.Рождестина. – М.: Мәскеу мемлекеттік техникалық университетінің баспа үйі. Н.Э.Бауман, 2002. – 528 б.
8. Савиных В.П. Қашықтағы деректерді геоақпараттық талдау / В.Савиных, В.Я.Цветков. – М.: Геодесиздат, 2001. – 28 б.
10. Самардак А.С. Геоақпараттық жүйелер: зерттеу. қолмен / А.Самардак. – Владивосток: FIDU TIDOT, 2005. – 123 б.
10. Токарева О.С. Жерді дистанциялық зондтау деректерін өңдеу және интерпретациялау деректері: зерттеу. қолмен / О.Токарев. – Томск: баспасы Том. Политехник. University, 2010. – 148 б.
11. Трифонова Т.А. Геоақпараттық жүйелер мен қашықтықтан зондтау экологиялық зерттеулер / Т.А.Трифонов, Н.В. Мищенко А.Н.Красношеков – М.: Академиялық жоба, 2005. – 350 с.
12. Царев В. Океанологиядағы контакстыз өлшеу әдістері / А.А.Царев, В.П.Коровин. – СПб.: РСUX баспа үйі, 2005. – 184 б.
13. Чандра А.М. ЖДЗ және географиялық ақпараттық жүйелер / А.М.Чандра, С.Г. Гош. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.
14. Бузинов Б.И., Макарова М.Г., Скариатин В.Д. Қоршаған орта жағдайын зерделеудің дистанциялық әдістерінің негіздері: оқу құралы. – М.: РУДН Университетінің баспа үйі, 1997. – 102 бет.
15. Востокова Е.А., Шевченко Л.А., Сушеня В.А. Спутниктік суреттерді картаға түсіру және қоршаған ортаны қорғау. – М.: Недра, 1982. – 251 б.
16. Востокова Е.А., Сушеня В.А., Шевченко Л.А. Ғарыштық ақпаратқа негізделген экологиялық картография. – М.: Недра, 1988. – 223 б.
17. Зайқанов В.Г., Минакова Т.Б. Аумақтарды геоэкологиялық бағалау. – М.: Ғылым, 2005. – 319 б.
18. Злобин В.К., Еремеев В.В. Аэроғарыштық бейнені өңдеу. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 288 б.
19. Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика: университет студенттері үшін оқулық. – М.: «Академия» баспа орталығы, 2005. – 496 б.
21. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Туткубалина О.В. геоақпараттық зерттеулердің аэрокосмостық әдістері: студенттерге арналған оқулық. жоғары білім. мекемелер. – М.: «Академия» баспа орталығы, 2004. – 336 б.
21. Комедчиков Н.Н. Ресейдегі экологиялық картография // Ресей ғылым академиясының жаңалықтары. Географиялық серия. – 1994 ж. – №1. – 107-118 б.
22. Кочуров, Б.И., Шишкина, Д.Ю., Антипова, А.В. Геологиялық карта: жоғары оқу орындарының студенттеріне арналған оқулық. – М.: «Академия» баспа орталығы, 2009. – 192 б.
23. Кравцова В.И. Ғарыштық карталарды анықтау әдістері. – М.: Мәскеу мемлекеттік университетінің баспа үйі, 1995 ж. – 240 бет.
24. Кронберг П. Жерді дистанциялық зерттеу. Геологиядағы қашықтықтан зерттеудің негіздері мен әдістері / Рег. онымен бірге. – М.: Мир, 1988. – 349 б.
25. Крупенио Н.Н. Ландшафтты картаға түсіру және қоршаған ортаның мониторингі үшін аэроғарыштық платформалар. – М.: Изд. МПТ, 2000. – 100 бет.
26. Курбатов А.С. Қалалық жоспарлаудағы экологиялық карта. Мәскеу-Смоленск, 2006. – 192 б.
27. Лабутина И.А. Аэроғарыштық бейнелерді интерпретациялау: университет студенттері үшін оқулық. – М.: Aspect Press, 2004. – 184 б.
28. Макаров В.З., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Қалалардың экологиялық және географиялық картасын жасау. – М.: Ғылыми әлем, 2002. – 140 бет.



29. Малинников В.А., Стетенко А.Ф., Алтынов А.Е. Аэроғарыштық құралдармен табиғи органы бақылау. – М.: 2009. – 140 бет.
30. Крылова В.С. Атырау облысының аумағында экзодинамикалық процестерді көрсету үшін ГАЗ технологиясын қолдану / ҚазККА ақпараттық бюллетені № 1 (62), 2010. – Алматы. География институты. – с. 250-256.

## ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ

## ВВЕДЕНИЕ

В результате развития космической техники и геоинформационных технологий в последнее десятилетие важное значение приобрели спутниковые методы исследования территорий. Особенно они стали востребованы для исследований связанных с проявлениями изменения климата, биологических систем, экологических и чрезвычайных ситуаций в отдельных районах и географических территориях. С помощью системы дистанционного зондирования расширились возможности получения информации о состоянии окружающей среды и землепользовании, состоянии районов флоры и фауны, оценки урожая сельскохозяйственных культур, состояния водоемов, последствий стихийных бедствий: наводнений, землетрясений, лесных пожаров. Эффективность средств дистанционного зондирования проявляются в получении уникальных сведений определяющих связь состояния земли и атмосферы в глобальном масштабе. Данные зондирования поступают в форме изображений, как правило, в цифровом формате, подвергаются информационной обработке и пригодны для применения.

В настоящее время ощущается недостаток необходимой научной, учебной и методической литературы по указанным вопросам. *Имеющиеся зарубежные переводные учебно-методические материалы малоприменимы для казахстанских реалий и системы образования.*

Учебное пособие подготовлено на основе конспектов лекций и практических материалов и с учетом востребованности введения новых образовательных программ по данным направлениям.

## ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

### 1.1. Введение

*Дистанционное зондирование земли (ДЗЗ)* представляет собой процесс, посредством которого собирается информация об объекте, территории или явлении без непосредственного контакта с ним. К дистанционному зондированию относят все виды неконтактных съемок, которые проводятся с различных измерительных платформ: летательных воздушных и космических аппаратов (самолетов, вертолетов, космических кораблей, спутников и т.д.), судов и подводных лодок, наземных станций. При этом *снимок* определяется как двумерное метрическое изображение конкретных объектов, получаемое целенаправленно в результате дистанционной регистрации и измерения собственного или отраженного излучения, несущего географическую информацию об исследуемых объектах. *За последние десятилетия существенно возросли объем, разнообразие и качество материалов дистанционного зондирования.* К настоящему времени накоплен огромный фонд аэрокосмических снимков, полностью покрывающих всю поверхность Земли, а для значительной части районов – с многократным перекрытием.

Особое значение приобретает космическая съемка земной поверхности. Съемка производится с космических кораблей, спутников, воздушных шаров. Космические системы базируются на длительной работе регулярно пополняемых группировок спутников, которые включают сложную инфраструктуру, обеспечивающую функционирование космических аппаратов на орбите, прием информации, ее хранение и распространение.

Благодаря своим свойствам, *космические снимки находят широкое применение, как в практической, так и в научной сферах.* Материалы исследований Земли из космоса широко используют в науках о Земле. Космическую съемку применяют в исследованиях, направленных на всестороннее изучение природных ресурсов, динамики природных явлений, в задачах охраны окружающей среды. По космическим снимкам возможно изучение основных структурных особенностей атмосферы, литосферы, гидросферы, биосферы и ландшафтов регионального, зонального и глобального масштаба. Появились такие новые научные направления в изучении Земли, как *спутниковая метеорология, спутниковая гидрофизика, космическая океанология, космическая картография и космическая геодезия* и др. Разнообразное и широкое применение данные дистанцион-

ного зондирования особо нашли в картографии, они служат источниками для составления и оперативного обновления общегеографических и тематических карт. *Особое место отводится применению космической информации для оперативного контроля за состоянием окружающей среды при осуществлении геоэкологического мониторинга регионов.*

Дистанционные методы исследования природных объектов обеспечивают большую обзорность, возможность повторного получения данных через определенные промежутки времени, высокую скорость получения и передачи изображений, а также возможность применения комплексного анализа и оценки динамики развития явления.

Использование результатов космической съемки для целей картографирования обуславливается исключительно ценными свойствами космических снимков:

- большой территориальный охват и высокая генерализованность изображений; изучение по снимкам основных структурных, региональных и зональных особенностей планеты в целом;
- единовременность выполнения съемки обширных территорий;
- регулярная повторяемость съемки, позволяющая изучать динамику природных явлений – периодических и эпизодических, а также хозяйственную деятельность (посевные площади, созревание, уборка урожая, загрязнение суши и моря). Составленные по космическим снимкам карты являются более современными и достоверными.

Основные преимущества использования данных дистанционного зондирования для составления карт: актуальность данных на момент исследования, высокая точность определения границ объектов, более высокий коэффициент объективности выделения объектов и отнесения объекта к определенному классу.

Кроме этого, использование данных дистанционного зондирования позволяет сократить объем наземных исследований и таким образом сократить сроки исследования.

Таким образом, методы изучения Земли из космоса относят к высоким технологиям не только в связи с использованием ракетной техники, сложных оптико-электронных приборов, компьютеров, но и с новым подходом к получению интерпретации результатов измерений.

## 1.2. Общие сведения

*Аэрокосмический снимок* – это двумерное изображение реальных объектов, которое получено по определенным геометрическим и радиометрическим законам путем дистанционной регистрации яркости объектов

и предназначено для исследования видимых и скрытых объектов, явлений и процессов окружающего мира, а также для определения их пространственного положения.

Диапазон масштабов современных аэрокосмических снимков огромен: он может меняться от 1:1000 до 1:100 000 000, т.е. в сто тысяч раз. При этом наиболее распространенные масштабы аэрофотоснимков лежат в пределах 1:10 000 – 1:50 000, а космических – 1:200 000 – 1:10 000 000. Все аэрокосмические снимки принято делить на аналоговые (обычно фотографические) и цифровые (электронные). Изображение цифровых снимков образовано из отдельных одинаковых элементов – *пикселей* (от англ. – pixel); яркость каждого пикселя характеризуется одним числом.

Аэрокосмические снимки как информационные модели местности характеризуются рядом свойств, среди которых выделяют изобразительные, радиометрические (фотометрические) и геометрические. *Изобразительные свойства* характеризуют способность снимков воспроизводить мелкие детали, цвета и тоновые градации объектов. *Радиометрические* – свидетельствуют о точности количественной регистрации снимком яркостей объектов. *Геометрические* – характеризуют возможность определения по снимкам размеров, длин и площадей объектов и их взаимного положения.

Оптимальный способ использования данных наблюдения поверхности Земли со спутников заключается в том, чтобы анализировать их совместно с информацией из других источников. Получение снимков с перекрытием из нескольких последовательных точек орбиты (стереосъемка) позволяет получить более точное представление о трехмерных объектах.

Использование многозональных снимков основано на уникальности тоновых характеристик различных объектов. Объединение яркостных данных из снимков в различных спектральных диапазонах позволяет безошибочно выделять определенные пространственные структуры. Съемку с использованием большого числа (более 10) узких съемочных зон называют *гиперспектральной*. При гиперспектральной съемке увеличивается возможность выделения объектов, характеризующихся наличием полос поглощения, что характерно, например, для загрязнений. Многозональная и гиперспектральная съемки позволяют более эффективно использовать различия в спектральной яркости объектов съемки для их дешифрирования.

*Многовременная съемка* – это плановая съемка в заранее определенные даты, которая позволяет выполнять сравнительный анализ снимков тех объектов, характеристики которых изменяются во времени.



**Многоуровневая съемка** – съемка с различными уровнями дискретизации используется для получения более подробной информации об изучаемой территории.

Как правило, весь процесс сбора данных подразделяют на три уровня: космическая съемка, аэросъемка и наземные исследования. Комбинированный метод заключается в использовании многовременной, многозональной и многополяризационной съемки.

Дистанционные приборы обеспечивают измерение характеристик удаленных объектов, поэтому они должны быть размещены на устойчивой платформе, удаленной от изучаемого объекта или наблюдаемой поверхности. Платформы для дистанционных приборов могут быть расположены на Земле, на самолете, на космическом корабле или на спутнике вне пределов атмосферы Земли. Спутники имеют несколько уникальных характеристик, которые делают их особенно полезными для дистанционного зондирования поверхности Земли.

Целый ряд спутников, оснащенных приборами дистанционного зондирования, выведен на орбиту специально для получения разносторонней геофизической информации. Съемки ведут в *ультрафиолетовом (УФ)*, видимом ближнем и *среднем инфракрасном (ИК)*, *теплом ИК* и *радиоволновом* диапазонах спектра.

В **УФ**-области – в отличие от видимого и ИК-диапазонов очень низкая интенсивность излучения. Участок ультрафиолета 0,1-0,2 мкм – это область спектра, которая полностью поглощается молекулярным кислородом атмосферы и не проходит ниже 60 км к поверхности Земли. УФ-излучение в диапазоне от 0,2 до 0,4 мкм опускается до озонового слоя, который защищает все живое на Земле от губительного воздействия УФ-лучей. И только малая часть длинноволнового УФ все же достигает поверхности Земли. УФ-диапазон еще только осваивается для мониторинга верхних слоев атмосферы и самой Земли. С 2006 г. испытания таких сенсоров проходят на международной космической системе (МКС). В УФ-диапазоне можно увидеть заражение почв и сельскохозяйственных культур, состояние урожая и при узких спектральных каналах можно определить само загрязняющее вещество.

Дистанционное зондирование в *видимом и ближнем ИК*-диапазонах основано на регистрации солнечного излучения, отраженного объектами в соответствии с их спектральной отражательной способностью. На снимках отображаются оптические характеристики объектов – их спектральная яркость. Для съемки необходимо освещение, а облачность в этом случае мешает съемке. Такую съемку с помощью оптических камер и сканеров осуществляют в настоящее время: на российских спутниках

«Ресурс-О», «Метеор» и «Океан»; из зарубежных – спутников NOAA, Landsat и многих других, а также специально созданные для изучения цвета океана системы CZCS (Coastal Zone Color Scanner) спутников Nimbus и SeaWiFS (Seaviewing Wide Field Sensor – сканер цвета моря) спутника SeaStar.

Зондирование в *теплом инфракрасном* диапазоне для определения температуры подстилающей поверхности основано на измерении собственного теплового излучения поверхности. Съемка в этом диапазоне не зависит от освещения, может выполняться ночью, но облачность и здесь является помехой. Наиболее известен сканирующий радиометр AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), расположенный на борту спутников серии NOAA. Данные этого прибора получили повсеместное признание и используются во всем мире. Другой известный аналог – радиометр серии ATSR, установленный на европейских спутниках ERS и Envisat. Особенно значимой оказалась съемка со спутника Terra по американской программе глобальных наблюдений Земли EOS. 36-канальная съемочная система MODIS дает обзорные снимки в 10 тепловых каналах с разрешением 1 км, а 14-канальная система ASTER – более детальные снимки в 6 тепловых каналах с разрешением 90 м. Хорошее информирование о поступающих материалах съемки, возможность свободного доступа к ним по сети Интернет обеспечили их широкое использование.

При съемке в *радиодиапазоне* радиоволны, почти не поглощаясь, свободно проходят через облачность и туман, съемку ведут при любой погоде и в любое время суток. На снимках хорошо видны рельеф и шероховатость поверхности, ее влажность, иногда – подповерхностные структуры. Пассивное зондирование в СВЧ-диапазоне основано на регистрации собственного излучения поверхности. Активное зондирование – на излучении со спутника и приеме отраженного поверхностью радиосигнала. С помощью пассивных радиометров можно получить информацию о температуре подстилающей поверхности, сплоченности и толщине льда, а также влагозапасе облаков, интенсивности осадков, скорости ветра.

Основным средством активного зондирования стали радиолокаторы бокового обзора с реальной антенной и антенной с синтезированной апертурой. Среди иностранных приборов наиболее известны радиолокатор SAR на спутниках Seasat, ERS-1, ERS-2, Radarsat и Envisat, среди российских – РЛСБО на спутниках серии «Океан» и РСА – на спутнике «Алмаз». На принципе активной локации работают также радиоальтиметры спутников Topex, Jason и др. Большинство перечисленных датчиков уже продолжительное время используются для глобального мониторинга Мирового океана.

### 1.3. История дистанционного зондирования Земли из космоса

Дистанционные методы применяются в исследованиях Земли очень давно. Вначале использовались рисованные снимки, которые фиксировали пространственное расположение изучаемых объектов. С изобретением фотографии возникла наземная фототеодолитная съемка, при которой по перспективным фотоснимкам составляли карты горных районов. Развитие авиации обеспечило получение аэрофотоснимков с изображением местности сверху, в плане. Это вооружило науки о Земле мощным средством исследований – *аэрометодами*.

Понятие дистанционного зондирования появилось в XIX веке вслед за изобретением фотографии, а одной из первых областей применения стала астрономия. Впоследствии, дистанционное зондирование начали использовать в военной области для сбора информации о противнике и принятия стратегических решений. Во время Гражданской войны в США фотоснимки, полученные с помощью неуправляемых летательных аппаратов, служили для наблюдения за перемещением войск, подвозом припасов, ходом фортификационных работ и для оценки эффекта артиллерийских обстрелов. В результате исследований, которые финансировались различными государствами, были разработаны технологии, позволившие создать сенсоры сначала для военных целей, а затем и для гражданского применения этого метода. После Второй мировой войны метод дистанционного зондирования стали использовать для наблюдения за окружающей средой и оценки развития территорий, а также в гражданской картографии. В 60-х годах XX века, с появлением космических ракет и спутников, дистанционное зондирование вышло в космос.

Новая эра дистанционного зондирования связана с пилотируемыми космическими полетами, разведывательными, метеорологическими и ресурсными спутниками. Возможности ДЗ в военной области значительно возросли после 1960 года в результате запуска разведывательных спутников в рамках программ CORONA, ARGON, LANYARD, целью которых было получение фотоснимков с низких орбит.

В результате осуществления программ пилотируемых полетов, которые были начаты в США в 1961 году, человек впервые высадился на поверхность Луны (1969 г.). Следует отметить программу Mercury, в рамках которой были получены снимки Земли, систематический сбор данных дистанционного зондирования во время проекта Gemini (1965-1966 гг.), программу Apollo (1968-1975 гг.). В ходе дистанционного зондирования земной поверхности (ДЗЗ) и состоялась высадка человека на Луну, запуск

космической станции Skylab (1973-1974 гг.). На них проводились исследования земных ресурсов, полеты космических кораблей многоразового использования, которые начались в 1981 году.

В Советском Союзе, а затем в России космические программы развивались параллельно космическим программам США. Полет Юрия Гагарина 12 апреля 1961 года, ставший первым полетом человека в космос, запуски космических кораблей «Восток» (1961–1963 гг.), «Восход» (1964-1965 гг.) и «Союз», работа на орбите космических станций «Салют» (впервые 19 апреля 1971 года).

Первый метеорологический спутник был запущен в США 1 апреля 1960 года. Он использовался для прогноза погоды, наблюдения за перемещением циклонов и других подобных задач. Первым среди спутников, которые применялись для регулярной съемки больших участков земной поверхности, стал TIROS-1. Первый специализированный спутник был запущен в 1972 году. Он назывался ERTS-1 и использовался, в основном, для целей сельского хозяйства. В настоящее время спутники этой серии носят название *Landsat*. Они предназначены для регулярной многозональной съемки территорий со средним разрешением. Начиная с 1975 года, Китай периодически запускал собственные спутники, но полученные ими данные до сих пор находятся в закрытом доступе. Европейский космический консорциум вывел на орбиту свои радарные спутники ERS в 1991 и 1995 годах, а Канада-спутник RADARSAT в 1995 году.

История развития аэрокосмических методов свидетельствует о том, что новые достижения науки и техники сразу же используются для совершенствования технологий получения снимков. Так произошло в середине XX в., когда такие новшества, как компьютеры, космические аппараты, радиоэлектронные съемочные системы, совершили революционные преобразования в традиционных аэрофотометодах – зародилось аэрокосмическое зондирование. Космические снимки предоставили геоинформацию для решения проблем регионального и глобального уровней.

В настоящее время отчетливо проявляются следующие тенденции поступательного развития аэрокосмического зондирования.

- Космические снимки, оперативно размещаемые в Интернете, становятся наиболее востребованной видеоинформацией о местности, как для специалистов-профессионалов, так и для широких слоев населения.
- Разрешение и метрические свойства космических снимков открытого доступа быстро повышаются. Получают распространение орбитальные снимки сверхвысокого разрешения – метрового и даже дециметрового, которые успешно конкурируют с аэроснимками.

- Развитие всепогодной радиолокации превращает ее в прогрессивный метод получения метрически точной пространственной геоинформации.
- Быстро формируется рынок разнообразной продукции аэрокосмического зондирования Земли. Неуклонно увеличивается число коммерческих космических аппаратов, функционирующих на орбитах, особенно зарубежных.

#### **Казахстанские спутники ДЗЗ**

4 года назад, 30 апреля 2014 года с космодрома Куру (Французская Гвиана) был осуществлен успешный запуск первого *казахстанского спутника дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) KazEOSat-1*. Данный спутник высокого пространственного разрешения стал первым объектом космической системы ДЗЗ Республики Казахстан. Первый снимок, который KazEOSat-1 сделал 2 мая 2014 года, был снимок из космоса административного центра Астаны. Через два месяца, 20 июня 2014 года с российской пусковой базы «Ясный» был запущен второй казахстанский спутник ДЗЗ – KazEOSat-2 со средним (6,5 метра) пространственным разрешением. К моменту запуска спутников в Астане был построен наземный комплекс управления космическими аппаратами, причем, управление спутниками с первых дней приняли на себя казахстанские специалисты АО НК «Қазақстан Ғарыш Сапары». Полностью космическая система ДЗЗ РК была принята в эксплуатацию в 2015 году, национальным оператором страны по дистанционному зондированию Земли была определена национальная компания «Қазақстан Ғарыш Сапары». «КС ДДЗ функционирует в штатном режиме третий год и позволяет получать независимую и оперативную информацию по дистанционному зондированию Земли для решения задач обороны, национальной безопасности, сельского хозяйства, внутренних дел, ЧС, экологии и природопользования и других отраслевых задач экономик страны. Согласно данным компании, за три года работы казахстанские спутники ДЗЗ отсняли 570 млн. квадратных км территорий Земли. В 2017 году для государственных органов Казахстана было обработано и предоставлено свыше 10 тысяч космических снимков, сделанных на 11,5 млн. квадратных км территории страны.

#### **1.4. Основные технологии получения снимков**

При съемке в разных спектральных диапазонах используют различные технологии и получают снимки разных типов.

**Фотографические снимки** – это результат покадровой регистрации на фотопленку солнечного излучения, отраженного земными объектами.

Аэрофотоснимки получают с самолетов и вертолетов, космических кораблей и орбитальных станций, подводные – фотокамерами, а наземные – с помощью фототеодолитов. В зависимости от типа применяемой аппаратуры и фотопленок фотографирование может производиться во всем видимом диапазоне электромагнитного спектра, в отдельных его зонах, а также в ближнем инфракрасном диапазоне. Масштабы съемки зависят от высоты фотографирования и фокусного расстояния аппарата. Космические фотоаппараты в зависимости от наклона оптической оси позволяют получать плановые и перспективные снимки земной поверхности.

Для удобства пользования из отдельных космических снимков, монтируются фотосхемы или фотокарты с топографической привязкой опорных точек с точностью 0,1 мм и точнее. Для монтажа фотосхем используются только плановые космические снимки. Для приведения разномасштабного космического снимка к плановому используется специальный процесс, называемый *трансформированием*. Трансформированные космические снимки также используются для составления космофотосхем и космофотокарт и обычно легко привязываются к географической сетке координат.

Космические фотоснимки отличаются хорошими геометрическими свойствами и высоким качеством изображения. Разрешение снимков, доступных гражданскому пользователю, составляет до 2 м, что достаточно для создания топографических карт масштаба 1 : 50 000 с точностью 10 м по высоте и 15 м в плане.

**Телевизионные съемки** в видимом участке спектра впервые были получены с метеорологических искусственных спутников Земли (ИСЗ), в начале 60-х гг. Подобные изображения использовались в основном для самого общего географического изучения Земли. Но по мере совершенствования качества телевизионных изображений росло и использование их самыми различными специалистами в разных областях знаний.

Съемка производится с помощью телевизионных камер различными видиконами, что обеспечивает получение изображений с разрешением от 0,3 до 3 км и шириной полосы захвата на местности от 180 до 1800 км. Благодаря глобальному покрытию и высокой частоте получения телевизионные снимки нашли применение при обновлении обзорных тематических карт, при отслеживании геологических, географических и океанических структур. Крупные природные образования протяженностью свыше 100-200 км были прослежены по телевизионным снимкам. Однако наиболее перспективными они оказались для обнаружения, определения размеров, оценки интенсивности, прогнозирования развития различных природных процессов, таких как движение морских льдов, сход и становление снежного покрова, изменение влажности почв и др. Большое



значение ТВ-изображения получили при изучении пространственно-временных природных процессов, которые носили катастрофический характер, таких как пыльные бури, извержения вулканов, лесные и торфяные пожары.

Основной объем информации дают *сканерные снимки* – результат поэлементной и построчной регистрации излучения объектов земной поверхности и передачи информации по радиоканалам. В ходе *линейной сканерной съемки* (рис. 1, А) с самолета или спутника сканирующее устройство последовательно, полоса за полосой, просматривает местность поперек направления движения и посылает лучистый поток на фотоэлектрический приемник, который затем преобразуется в электрический сигнал. Далее по каналу связи передается на наземное приемное устройство в цифровой форме и записывается в виде изображения.

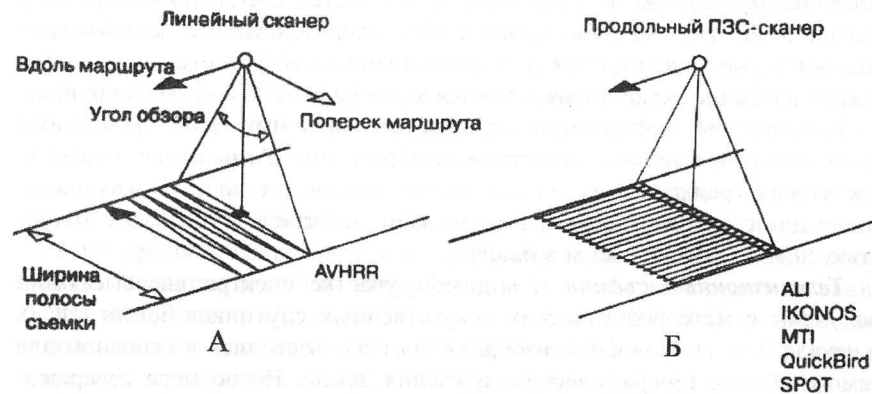


Рисунок 1. Различные методы сканирования поверхности Земли

В результате получают снимки со строчной структурой. Накопление строк происходит за счет движения спутника или другого носителя вдоль своей траектории. Причем строки состоят из небольших элементов – *пикселей*, т.е. элементарных ячеек сканерного изображения. Каждый пиксель отражает интегральную яркость участка местности, соответствующего мгновенному угловому полю зрения сканера.

Важнейшей характеристикой сканера являются угол сканирования и мгновенный угол зрения, от величины которого зависят ширина снимаемой полосы и разрешение. В зависимости от величины этих углов сканеры делят на точные и обзорные. У *точных сканеров* угол сканирования уменьшают до  $5^\circ$ , а у *обзорных* – увеличивают до  $50^\circ$ . Величина разре-

шения при этом обратно пропорциональна ширине снимаемой полосы. В полете съемку ведут постоянно, сканируя широкую непрерывную полосу местности. В целом качество сканерных изображений уступает фотоснимкам, но оперативность и цифровая форма передачи в реальном режиме времени дают этому методу неоспоримые преимущества.

*ПЗС-снимки.* Кроме механического сканирования в 1980-х гг. начали использовать новый вариант сканирования, когда приемником излучения служит линейка, состоящая из множества миниатюрных приемников излучения на основе *приборов с зарядовой связью (ПЗС)*. Это дает изображение *сразу целой строки*, а движение носителя аппаратуры – накопление строк (Рис. 1, Б). Отсутствие подвижных элементов конструкции поперечных ПЗС-сканеров обеспечивает хорошие геометрические качества изображения, а малые размеры приемников – получение изображения очень высокого разрешения. Обычно, под сканерными снимками имеют в виду снимки в видимом и ИК-диапазонах, но принцип сканирования применяется и при съемке в других диапазонах спектра.

*Тепловые инфракрасные радиометрические снимки* (или тепловые снимки) получают в результате съемки в тепловом ИК-диапазоне. ИК-радиометры механически сканируют собственное тепловое излучение Земли. Снимки имеют не очень высокое разрешение. Освоение инфракрасного (ИК) диапазона (0,78-15,0 мкм) для получения изображений также началось на метеорологических ИСЗ с августа 1964 г. Однако вначале, вследствие низкого пространственного разрешения, они не нашли должного применения. С развитием специальных многоспектральных сканирующих систем ИК-изображения стали затем достаточно широко использоваться во многих отраслях производства и науки. Тепловая ИК-съемка может применяться при поисках подземных вод, выявлении элементов тектоники, прямых поисках залежей нефти, решения экологических задач. ИК-съемка в «окне прозрачности» 8-12 мкм предназначена для исследования облачности и собственного теплового излучения Земли, а по 3,4-4,2 мкм могут идентифицироваться, например, следы перестройки речной сети, древние русла рек, разновозрастные террасы, разнотипные горные породы, тектонические нарушения, различия в увлажнении почв и растительном покрове, проявления вулканической деятельности, океанические течения и разнотипные водные массы. Основными достоинствами инфракрасной радиометрии являются высокая радиометрическая чувствительность, незначительные вариации излучательной способности, хорошее пространственное разрешение. Основной проблемой количественной интерпретации данных дистанционного зондирования, полученных в инфракрасном диапазоне, является атмосферная коррекция.

**Микроволновые радиометрические снимки** (0,3-10 см) получают в коротковолновом (СВЧ – сверхвысокочастотном) радиодиапазоне также с использованием принципа механического сканирования. Приемниками излучения служат антенны, разрешение снимков ограничено несколькими километрами. В этом диапазоне спектра атмосфера очень слабо влияет на интенсивность восходящего излучения, и облака практически «прозрачны» для него. Недостатки микроволновой радиометрии заключаются в том, что излучательная способность сильно зависит от состояния поверхности. Серьезной помехой для повышения точности оценок температуры поверхности воды по микроволновым данным является низкая флуктуационная чувствительность микроволновых радиометров.

**Радиолокационные снимки** получают при активном методе съемки, когда антенна съемочной системы генерирует радиоизлучение, оно отражается поверхностью и улавливается регистрирующей аппаратурой. Отражение сигнала зависит от рельефа поверхности, ее шероховатости, структуры и состава слагающих пород, характера растительности и влажности почв. При определенных длинах радиоволн они способны проникать под поверхность и отражать, например, линзы подземных вод. Разрешение снимков зависит от размера антенны, и при антенне длиной в несколько метров составляет 1-2 км. Искусственно удлиняя антенну, выполняют съемку с разрешением порядка 20 м. На самолетах и космических носителях используют радиолокаторы бокового обзора, они ведут съемку поперек направления движения носителя. Поэтому пересеченный рельеф дает радиотени, что обеспечивает выразительное изображение. Основное достоинство радиолокационной съемки – ее всепогодность: очень удобна для исследования океана – его волнения, загрязнения.

Среди новых видов локационных изображений следует отметить снимки, получаемые с помощью лазерных локаторов – **лидаров**. Лидары – зондирующие устройства, состоящие из импульсного источника излучения (лазера) и высокочастотного приемного устройства. Лидарная съемка является активной и основана на непрерывном получении отклика от отражающей поверхности, подсвечиваемой лазерным монохроматическим излучением с фиксированной длиной волны. Частота излучателя настраивается на резонансные частоты поглощения сканируемого компонента. Фактически лидарная спектрометрия – это геохимическая съемка приповерхностных слоев атмосферы, ориентированная на обнаружение микроэлементов или их соединений.

Особое значение имеют **многозональные снимки**, когда одна и та же территория одновременно фотографируется или сканируется в нескольких зонах спектра. Комбинируя зональные снимки, получают цветные

синтезированные изображения, которые прекрасно отображают леса разных пород, сельскохозяйственные угодья, увлажненные территории и т.п. Материалы многозональной съемки – ценнейший источник для составления тематических карт.

Активно развивается еще один вид съемки – **гиперспектральной**, когда излучение регистрируется в большом числе узких спектральных зон – от нескольких десятков до нескольких сотен. Это позволяет определять даже минералогический состав горных пород, расширяет возможности исследования атмосферы и океана, их загрязнения. Материалы гиперспектральной съемки особенно ценны для экологического мониторинга и картографирования.

### 1.5. Разрешающая способность систем дистанционного зондирования

Разрешающая способность как аналоговых, так и цифровых систем дистанционного зондирования определяется следующими параметрами:

- 1) спектральным разрешением,
- 2) радиометрическим разрешением,
- 3) временным разрешением,
- 4) пространственным разрешением.

Понимание этих характеристик чрезвычайно важно для правильного использования данных дистанционного зондирования.

#### **Спектральное разрешение**

Спектральное разрешение дает характеристику способности системы дистанционного зондирования различать определенные интервалы длин волн. Чем выше спектральное разрешение, тем более узкий диапазон длин волн регистрируется определенным каналом. При оценке спектрального разрешения рассматривают две характеристики: количество диапазонов и ширину каждого диапазона. Более высокого спектрального разрешения добиваются за счет увеличения количества диапазонов и уменьшения ширины каждого из них. На практике важно правильно подобрать характеристики спектрального разрешения так, чтобы они соответствовали типу собираемой информации.

Спектральное разрешение **панхроматического** снимка, содержащего только один канал, является крайне низким, поскольку на нем невозможно выделить сигналы с различной длиной волны. Более высокое спектральное разрешение цветных снимков объясняется тем, что цветная пленка обладает независимой чувствительностью к излучению в синем, зеленом и красном диапазонах спектра.

Системы дистанционного зондирования, регистрирующие излучение в нескольких независимых спектральных диапазонах, также могут отличаться своей спектральной разрешающей способностью.

*Многоспектральный снимок* содержит несколько каналов цветовой информации. Каждый пиксель изображения описывается при помощи матрицы значений. Это один из самых информативных и перспективных видов съемок, когда одновременно, но раздельно фиксируются несколько изображений в различных участках спектра. Их может быть – 3, 4, 5, 7 и больше.

*Гиперспектральные снимки* имеют высокое спектральное разрешение и дают больше информации об объекте, чем наше зрение. Такие съемки позволяют изучать спектры отражения объектов местности столь детально, что можно определить типы и даже конкретные виды растительности, горные породы и почвы, определить состав пленки загрязнений на поверхности воды, материал, из которого выполнено дорожное покрытие.

#### **Радиометрическое разрешение**

Радиометрическое разрешение определяется чувствительностью сенсора к вариациям интенсивности электромагнитного излучения, т. е. наименьшей разницей в уровнях энергии излучения. Эта характеристика указывает на действительное количество полезной информации, содержащейся в изображении. Она применима как к обычным фотографическим, так и к цифровым снимкам. В первом случае радиометрическое разрешение определяется возможностью определения малейших вариаций оттенков серого цвета, а во втором – динамическим диапазоном датчика и числом уровней дискретизации (числом бит), соответствующих переходу от яркости абсолютно черного к абсолютно белому. Например, 8-битное радиометрическое разрешение позволяет хранить 256 градаций яркости в каждом канале, 9-битное – 512 градаций, 10-битное – 1024 градаций, 11-битное – 2048 градаций и т. д.

#### **Временное разрешение**

Временное разрешение определяется периодичностью сбора данных. Например, для изучения какого-то природного явления данные могут собираться ежедневно, раз в месяц, раз в три месяца или раз в год. Получение снимков одних и тех же участков земной поверхности с определенной периодичностью является одной из основных областей применения дистанционного зондирования. При этом от частоты съемки зависит возможность обнаружения тех или иных изменений, которые происходят на изучаемой территории. Абсолютная временная разрешающая способность

системы дистанционного зондирования определяется периодом обращения спутника вокруг Земли. Этот период может составлять несколько суток. Сравнивая снимки объекта, полученные в разное время, можно наблюдать изменения его характеристик.

#### **Пространственное разрешение**

Пространственная разрешающая способность является одной из важнейших характеристик систем дистанционного зондирования, которая характеризует способность сенсора различать детали в пространственных данных. Пространственное разрешение является аналогом резкости обычного фотоснимка. Факторами, которые влияют на пространственное разрешение, являются: высота расположения платформы, размер элементов сенсора и фокусное расстояние оптической системы.

Таким образом, разрешающая способность сенсора определяется площадью на поверхности Земли, соответствующей одной элементарной ячейке сенсора. Снимки по пространственному разрешению, определяемому размером наименьшего элемента земной поверхности, отображаемого на нем, дифференцируются на следующие категории:

- 1) очень низкого разрешения – более 10 км,
- 2) низкого – 1-10 км,
- 3) среднего – 100-999 м,
- 4) относительно высокого – 50-99 м,
- 5) высокого – 20-49 м,
- 6) очень высокого – 1-19 м,
- 7) сверхвысокого разрешения – до 1 м.

На снимках низкого пространственного разрешения видны только крупные объекты. На снимках высокого разрешения можно различить мелкие детали объектов.

#### **Понятие пикселя**

Снимки, получаемые методами дистанционного зондирования, являются растровыми. Они представляют собой матрицу элементов, которые называются *пикселями*. Каждый пиксель на снимке соответствует наименьшему элементу земной поверхности, который может быть разрешен. В отличие от пространственного разрешения, которое характеризует сенсор съемочной системы, понятие «пиксель» относится к изображению, которое формируется этим сенсором. Например, если пространственное разрешение сенсора равно 10 м, то каждому пикселю будет соответствовать участок поверхности размером 10x10 м. Вместе с тем повышение пространственного разрешения за счет увеличения числа пикселей приводит к повышению стоимости цифровых снимков.



## ГЛАВА 2. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 2.1. Геоинформационная система

Благодаря активной компьютеризации и автоматизации в конце XX века, появилась возможность включать огромный массив информации о важнейших процессах, протекающих между природой и обществом. Появилась необходимость хранить большие объёмы различной информации от разных источников. Поэтому на основе информационных технологий стали создаваться географические информационные системы.

*Геоинформационная система (ГИС)* – автоматизированная система, предназначенная для сбора, обработки, анализа, моделирования и отображения данных, а также решения информационных и расчётных задач с использованием цифровой картографической, аналоговой и текстовой информации.

В настоящее время, с помощью ГИС исследуется большинство процессов и явлений, которые происходят на земной поверхности. Спектр применения геоинформационных систем довольно широк. ГИС используют в экономике, политике, экологии, управлении и охране природных ресурсов, кадастре, образовании, картографии, строительстве, науке, дорожном хозяйстве, нефтегазовой отрасли и другом.

В основе организации любой ГИС лежит послойное описание пространственных объектов в базе данных. *Слой* – это совокупность однотипных пространственных объектов, относящихся к одной теме или классу объектов в пределах некоторой территории и в системе координат, общих для набора слоёв. К информационным слоям ГИС относят слои о рельефе, гидрографии, дорожной сети, населенных пунктах, почвах, растительном покрове, распространении загрязняющих веществ и др. Условно слои можно представить в виде «книжного шкафа с полками книг», на которых хранятся карты с различным тематическим содержанием, образующие в конечном итоге многослойную электронную карту. В процессе анализа и обработки информации тематических слоёв в геоинформационной системе возможно их взаимное наложение в различных комбинациях. Таким образом, многослойная электронная карта позволяет не только хранить большой объём пространственных данных, проводить их анализ, селекцию, визуализацию, но и повышает эффективность интерактивной обработки.

### Задачи, решаемые с использованием космической информации

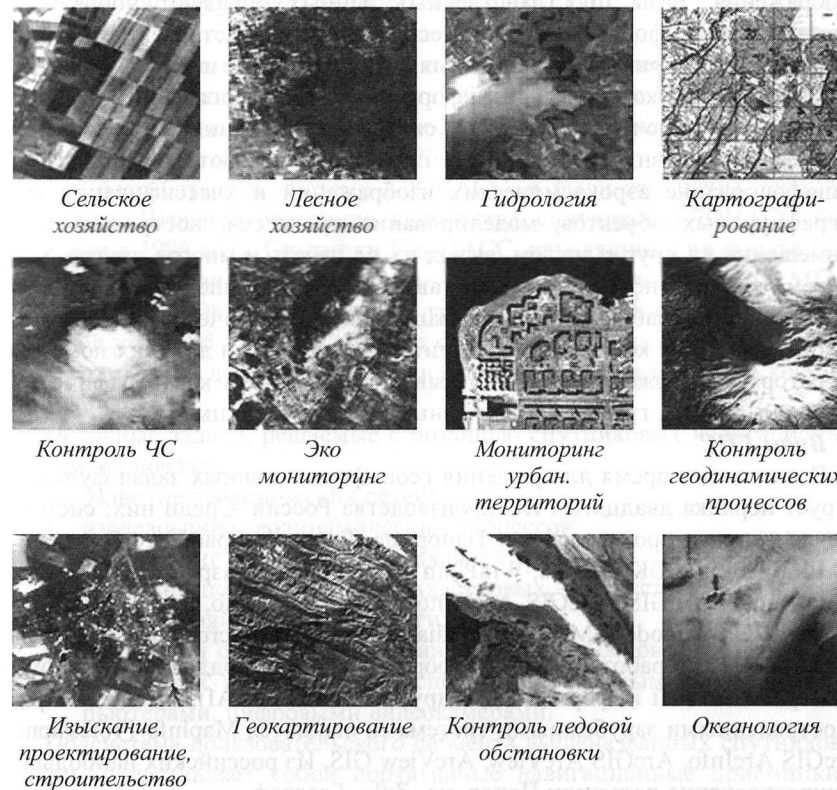


Рисунок 2. Задачи, решаемые с использованием космической информации

Основу любой ГИС составляет автоматизированный комплекс, состоящий из приборов и программных средств, который обеспечивает сбор, обработку, анализ, моделирование и хранение данных, а также создание карт. Комплекс состоит из подсистем ввода, обработки и вывода информации. Подсистема ввода информации представляет собой устройство для преобразования пространственной информации в цифровую с последующим вводом её в память компьютера или базу пространственных и атрибутивных данных. Для этого применяют цифрователи и сканеры. После сканирования цифровая информация поступает в базу данных. В качестве исходной цифровой информации чаще всего используют отсканиро-

ванные топографические карты различного масштаба и аэрокосмические изображения. Базы пространственных данных образуют упорядоченные массивы информации тематических слоев, представленные в цифровом виде. Например, базы данных о рельефе, растительном покрове, дорожной сети, экологической информации и др. Подсистема обработки информации включает компьютер, системы управления и программное обеспечение. Главными функциями подсистемы являются визуализация, дешифрирование аэрокосмических изображений и классификация картографируемых объектов, моделирование процессов, построение карт, совмещение их друг с другом, вывод их на печать и многое другое. Подсистема вывода информации представляет собой комплекс устройств для визуализации обработанной информации в картографическом виде. К ним относятся экраны компьютеров, принтеры, плоттеры и др. С их помощью оператор ГИС может оперативно выводить на печать картографический материал, тексты, графики, трёхмерные модели, таблицы.

#### **Виды ГИС**

В настоящее время для решения геоинформационных задач функционирует порядка двадцати ГИС производства России. Среди них: системы отечественного производства – Панорама, Географ, ГрафИн, «Горизонт», ПАРК, GeoLink, GK32, Zulu, WinPlain и зарубежные разработки – MapInfo Professional, WinGIS, ArcGIS ArcEditor, ArcGIS ArcInfo, ArcGIS ArcView, ArcView GIS, Autodesk Map, GeoMedia Professional, Microstation. Все перечисленные ГИС работают на платформе Windows, поддерживают обмен пространственной информацией с другими ГИС и САПР. Наиболее распространёнными зарубежными системами являются MapInfo Professional, ArcGIS ArcInfo, ArcGIS ArcView, ArcView GIS. Из российских наибольшее распространение получили Панорама, Zulu, Географ.

На сегодняшний день, геоинформационная система – необходимый инструмент организации данных и знаний о территории, субъектах хозяйственной деятельности и их взаимодействии, эффективное средство подготовки информации для принятия управленческих решений.

Геоинформационному картографированию и анализу данных дистанционного зондирования Земли, а также разработке баз пространственных данных городских территорий посвящен целый ряд работ.

Геоинформационные системы оперируют координированными пространственно-временными данными. Поэтому возникает потребность в определении координат пространственных объектов. Для этого в настоящее время используют *глобальные системы позиционирования (ГСП)*.

За последние 20-30 лет важным достижением космической отрасли является появление американской глобальной спутниковой системы пози-

ционирования Global Position System (GPS) и российской Глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС).

Создание системы GPS началось в США в 1978 г. с запуска первого спутника Navstar. Она состоит из космического сегмента, сегмента контроля и пользовательского сегмента. Космический сегмент образуют 24 спутника, которые находятся на шести орбитах (по четыре спутника на каждой) на высоте примерно 20200 км. В 1982 году советские учёные начали разрабатывать систему ГЛОНАСС, и были запущены первые её спутники. Штатное состояние количества спутников ГЛОНАСС было доведено в 1996 году. Спутники ГЛОНАСС, находящиеся на высоте 19100 км, излучают навигационные сигналы в двух диапазонах L1 (1200 МГц) и L2 (1600 МГц). Они размещены на трех орбитах (по 8 спутников на каждой) под углом 45 градусов. Период обращения спутников – 11 ч. 15 мин. На сегодняшний день по целевому назначению используются 21 космический аппарат.

Основные задачи, решаемые с помощью спутниковых навигационных систем, включают:

- развитие геодезических сетей;
- исследование геодинамических процессов;
- мониторинг состояния окружающей среды;
- координатное обеспечение кадастровых, землеустроительных, сельскохозяйственных и других работ;
- создание и обновление баз данных ГИС на основе комплекса навигационных приёмников со специализированными полевыми компьютерами, цифровыми видеокамерами.

Подсистема пользовательского сегмента вышеназванных спутниковых систем представляет собой портативные навигационные приёмники, в которых производится обработка данных и расчёт географических координат, скоростей, времени. На сегодняшний день созданы навигационные приёмники, направленные как на использование только спутников одной системы – GPS, так и спутников GPS и ГЛОНАСС систем одновременно. Точность определения координат зависит от числа видимых космических аппаратов, которые смог зафиксировать навигационный приёмник. Применение спутников двух систем одновременно позволяет увеличить количество видимых спутников и повысить точность определения координат в 1,5 раза. Особенно актуально использование комплекса двух систем в условиях городской многоэтажной застройки, где одна система не в состоянии обеспечить непрерывные измерения в течение длительного времени. Поэтому целесообразно применять комплекс ГЛОНАСС/GPS систем, позволяющий увеличить продолжительность производительного времени вдвое.

Главными достоинствами комплекса спутниковых систем позиционирования ГЛОНАСС/GPS являются:

- оперативность, всепогодность, оптимальная точность;
- чёткая временная привязка данных;
- цифровая форма записи;
- сбор больших объёмов данных в различных картографических проекциях;
- возможность экспорта данных в ГИС.

Применение ГИС позволит на высоком уровне эффективно и оперативно обрабатывать информацию, моделировать процессы, выполнять запросы, создавать новые тематические слои, создавать прогнозные карты на основе информационной базы и получать содержательные карты.

## 2.2. Характеристика орбит и космических спутников

Траектория движения искусственного спутника Земли называется его орбитой. Тип орбиты зависит от ее высоты и ориентации относительно поверхности Земли, а также от направления движения спутника по орбите. По параметрам орбиты выделяют два основных типа спутников: *геостационарные* и *полярно-орбитальные*. Каждая орбита обладает своими преимуществами и недостатками. Полярные орбиты существенно ниже, чем геостационарные, поэтому приборы, размещаемые на полярно-орбитальных носителях, как правило, обеспечивают лучшее пространственное разрешение.

Геостационарные спутники постоянно обеспечивают обзор одной и той же части планеты, сохраняя неизменное положение относительно определенной точки на экваторе, соответственно, зона обзора со спутника на геостационарной орбите ограничивается широтным районом 50° с.ш. – 50° ю.ш. Полярноорбитальные спутники, находясь на орбите, плоскость которой примерно перпендикулярна плоскости вращения Земли, через определенный период времени оказываются над заданным районом наблюдения. При этом полярно-орбитальная система наблюдения сталкивается с трудностью другого рода: спутник может оказаться над одним и тем же районом съемки в различные периоды «местного», или солнечного времени. При этом сопоставление данных, полученных при различных условиях солнечного освещения, оказывается весьма затруднительным, поэтому такие спутники, как правило, выводят на так называемые солнечно-синхронные орбиты.

Другой недостаток полярных орбит заключается в том, что для отслеживания положения спутника, движущегося по полярной орбите, антенну

нужно обязательно подстраивать для получения спутникового сигнала, что требует специального дорогостоящего оборудования. Спутник, двигающийся по геостационарной орбите, кажется неподвижным и как будто находится постоянно в одной точке. Это очень удобно для получения спутникового сигнала, так как не нужно регулировать положение рефлекторов антенн, направляя их на уходящий спутник.

### Космическая система ДЗЗ ГКНПЦ им. М.В.Хруничева

Центр им. М.В. Хруничева разрабатывает космическую систему дистанционного зондирования Земли «Монитор». Космическая система (рис. 3, 4) предусматривает создание:

- орбитальной группировки малых КА – МКА (пять оптико-электронных и два радиолокационных);
- центра управления полетами (ЦУП);
- наземного комплекса приема и обработки информации;
- координационно-аналитического центра (КАЦ);
- единой системы командно-технологической связи и передачи данных.

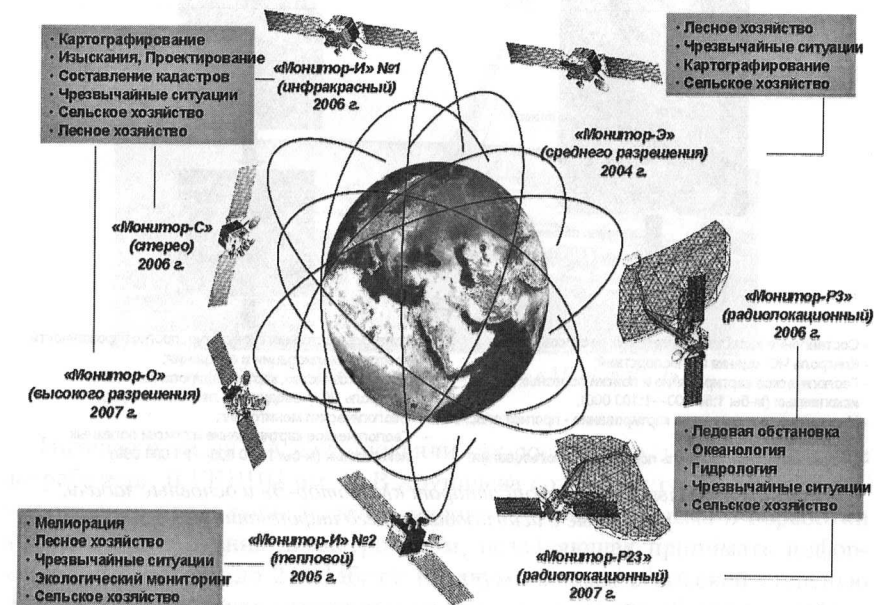


Рисунок 3. Космический сегмент системы «Монитор»



Целью программы является оперативное обеспечение природно-ресурсной информацией российских и зарубежных пользователей. КА серии «Монитор» создаются на базе унифицированной космической платформы (УКП) «Яхта». Целевая аппаратура комплектуется различными функциональными модулями. Масса таких КА – около 800 кг, что позволяет осуществлять их запуск с помощью РН легкого класса «Рокот» и тем самым существенно сократить затраты на выведение КА. Модульная комплектация КА значительно уменьшает сроки реализации программы. Речь идет о принципиально новом поколении КА с улучшенными техническими характеристиками, повышенным интеллектом бортовых систем. Состав космического сегмента сформирован таким образом, чтобы максимально удовлетворить потребности пользователей в различных социально-экономических сферах: картографирование, земельные кадастры, решение задач ЧС, гидрология, лесное и сельское хозяйство, рыбное хозяйство, экологический мониторинг.



Рисунок 4. Малый космический аппарат «Монитор-Э» и основные задачи, решаемые с использованием его информации

МКА «Монитор-Э» реализует два режима съемки: маршрутный (рис. 5а) и трассовый (рис. 5б) (с отклонением КА на 30°). Это позволяет выполнить съемку по заказу.



**РЕЖИМ ТРАССОВОЙ СЪЕМКИ**  
(продолжительность непрерывной работы целевой аппаратуры до 20 мин на витке)

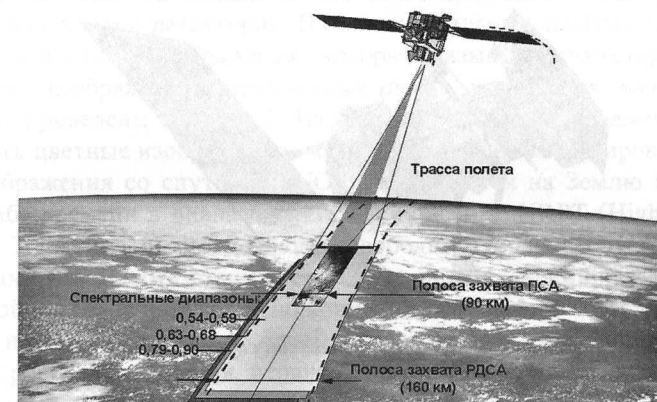


Рисунок 5. Режимы съемки МКА «Монитор-Э»

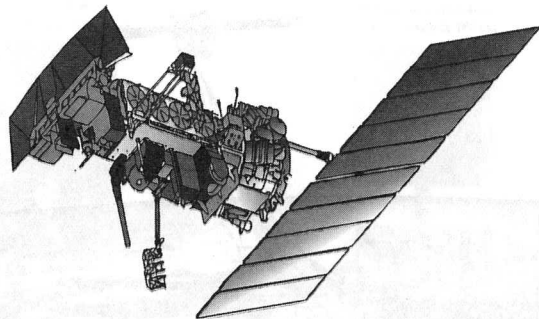
Интерес к этому КА уже проявили как российские, так и зарубежные потребители. В ГКНПЦ им. М.В.Хруничева созданы и готовы к эксплуатации центр управления полетом малого КА, центр приема и обработки информации. Антенна диаметром 9 м, позволяющая принимать информационные потоки до 244 Мбит/с по двум каналам с высокой степенью достоверности и центр планирования, архивирования и обработки информации. ГКНПЦ им. М.В.Хруничева на территории России и стран СНГ распространяет информацию, получаемую индийскими КА IRS 1C|1D,

которая по своим характеристикам близка к данным КА «Монитор-Э». Программа «Монитор» представляет собой систему, включающую как орбитальную группировку КА, так и наземный сегмент. Ее выполнение зависит не только от успеха полета первого МКА «Монитор-Э», но и от востребованности получаемой космической информации у российских и зарубежных потребителей. Заделы, которые созданы при разработке КА «Монитор-Э», выводят Россию на принципиально новые позиции в создании конкурентноспособной космической техники, новой съемочной аппаратуры и способствуют укреплению позиций российских космических предприятий на мировом рынке услуг ДДЗ.

#### *Характеристики некоторых сенсоров и платформ*

##### *Характеристика радиометра AVHRR*

Радиометр AVHRR установлен на борту полярно-орбитальных метеорологических спутников серии NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration – аббревиатура Национального управления США по исследованию океана и атмосферы) (рис. 6).



*Рисунок 6. Метеорологический спутник NOAA*

Спутники серии NOAA летают с начала 70-х гг. на высоте приблизительно 850 км по синхронизированным с Солнцем орбитам. Орбитальный период составляет почти 102 мин, так что за сутки спутник совершает 14,1 оборота вокруг Земли. Наклон орбиты составляет 96,0-98,5°.

Линейный размер элемента разрешения на местности радиометра AVHRR в надире составляет около 1090 км. Полученное изображение охватывает полосу земной поверхности шириной 2600 км по трассе движения спутника.

Основным достоинством спутников серии NOAA является общедоступность информации и возможность регулярного ее получения. Каж-

дый пользователь, имеющий соответствующие средства приема и обработки, может получать данные непосредственно с этих спутников и проводить самостоятельно весь необходимый ему анализ.

Продолжительный опыт эксплуатации данного прибора показал, что эта система является одной из самых удачных для изучения как морей и океанов, так и внутренних водоемов. Прибор AVHRR позволяет принимать сигнал в окне прозрачности атмосферы 10-12 мкм, что дает возможность оценивать температуру подстилающей поверхности. Одновременно прибор позволяет принимать сигнал в видимой и в ближней инфракрасной областях спектра.

Радиометр AVHRR представляет собой типичный сканер и измеряет собственное и отраженное Землей излучение в пяти спектральных диапазонах. При этом собственное и отраженное Землей излучение собирается телескопической системой и направляется на качающееся сканирующее зеркало. Отраженное от сканирующего зеркала излучение попадает на систему фильтров. Эта система обеспечивает разделение излучения на спектральные диапазоны. После этого излучение регистрируется с помощью системы детекторов. Из многозональных изображений можно получать цветные изображения, которые называют синтезированными. Примеры изображений, полученных после разделения излучения на каналы, приведены на рис. 7. Из многозональных изображений можно получать цветные изображения, которые называют синтезированными.

Изображения со спутников NOAA передаются на Землю в реальном масштабе времени в диапазоне 1,7 ГГц в режиме HRPT (High Resolution Picture Transmission). Возможность свободного приема спутниковой информации наземными станциями обеспечивается Всемирной метеорологической организацией согласно концепции открытого неба.

На наземных станциях приема спутниковой информации производится прием, демодуляция, первичная обработка и подготовка спутниковых данных к вводу в персональный компьютер станции.

Типовые станции приема сигналов от спутников NOAA состоят из антенной системы, приемника и персонального компьютера для первичной обработки принимаемых данных. Существующее программное обеспечение позволяет осуществить полный цикл работ от расчета траекторий спутников и приема и организации хранения данных до тематической обработки спутниковых данных в пределах нескольких часов после момента приема. Хотя система AVHRR наиболее широко используется для задач прогноза погоды и анализа метеорологических условий, ее также можно применять для мониторинга состояния объектов на земной поверхности.

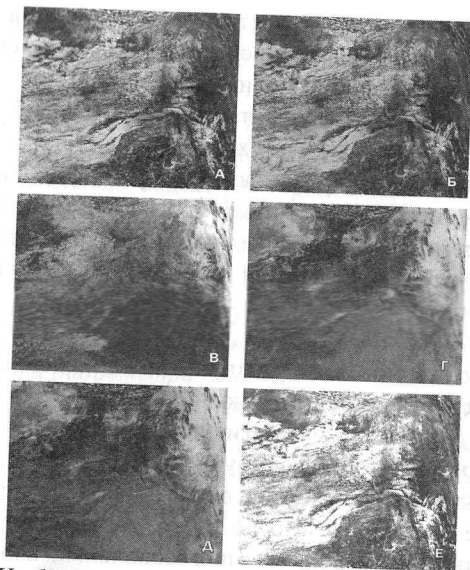


Рисунок 7. Изображения видимых и инфракрасных каналов AVHRR.  
 Видимый диапазон: А – 1-й канал; ближний инфракрасный диапазон: Б – 2-й канал;  
 тепловой инфракрасный диапазон: В – 3-й канал, Г – 4-й канал, Д – 5-й канал;  
 Е – цветосинтезированное изображение в палитре RGB  
 (R – 2-й канал, G – 2-й канал, B – 1-й канал)

### Спутники GOES

Спутники GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellite*) были разработаны НАСА (Национальным управлением США по аэронавтике и исследованию космического пространства) специально для Национального управления США по исследованию океана и атмосферы для того, чтобы обеспечить частую мелкомасштабную съемку земной поверхности и облачного покрова в интересах Национальной метеорологической службы США.

### Другие метеорологические спутники

Ряд метеорологических спутников был запущен также другими странами и группами стран. Например, Япония вывела на орбиту серию спутников GMS, а Европейский космический консорциум – серию *Meteosat*. Обе серии спутников находятся на геостационарных орбитах: GMS – над Японией, *Meteosat* – над Европой. Так же, как и снимки GOES, снимки с японских и европейских спутников передаются на Землю каждые полчаса.

### Характеристика радиометра MODIS

Одним из ключевых инструментов американских спутников серии EOS является спектрорадиометр MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). MODIS имеет 36 спектральных каналов с 12-битным радиометрическим разрешением в видимом, ближнем, среднем и дальнем инфракрасном диапазонах и позволяет производить регулярную съемку территории.

MODIS состоит из двух сканирующих спектрометров, один из которых (MODIS-N) снимает в надир, а ось съемки другого (MODIS-T) может быть отклонена. 36 спектральных зон MODIS охватывают диапазон с длинами волн от 0,4 до 14,4 мкм. Траектория движения носителя и угол обзора системы 110° (ширина полосы обзора 2330 км) позволяют MODIS за сутки получать изображение почти всей поверхности Земли, за исключением узких промежутков между полосами сканирования в низких широтах.

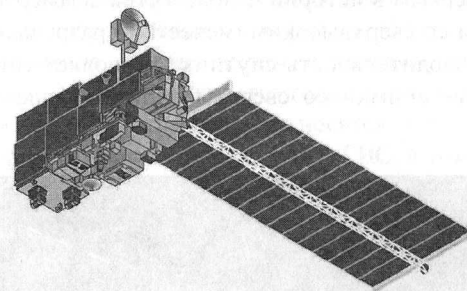


Рисунок 8. Спутник Terra EOS AM-1

### Спутнику Landsat

Программа Landsat – один из наиболее продолжительных проектов по получению спутниковых изображений Земли. В разное время на борту спутников Landsat устанавливались различные съемочные системы, которые произвели миллиарды снимков, являющихся уникальным ресурсом для проведения множества научных исследований в области сельского хозяйства, картографии, геологии, лесоводства, разведки, образования и национальной безопасности. Геологическая служба США предоставила всем заинтересованным пользователям возможность бесплатного доступа к снимкам Земли, получаемым с помощью нового американского спутника ДЗЗ Landsat-8. Это исключительно важно для всего сообщества ученых и специалистов, опирающихся в своей деятельности на данные космической съемки.



### *Спутники серии SPOT*

Французская система космического наблюдения SPOT (*Systeme Probatoire l'Observation de la Terre*) функционирует с 1986 г. За это время было запущено 6 спутников с различными характеристиками. Спутники этой серии открыли новую эпоху в области дистанционного зондирования благодаря использованию линейки сенсоров, обеспечивающей широкую полосу съемки. На сегодняшний день снимки SPOT по своим технико-экономическим показателям являются одними из наиболее востребованных материалов дистанционного зондирования Земли.

### *Спутник IKONOS-2*

Создание этого коммерческого спутника было вызвано возрастающим спросом на данные дистанционного зондирования в самых разных областях применения – от картографии до мониторинга состояния сельскохозяйственных посевов и планирования городской инфраструктуры. IKONOS-2 стал первым в истории человечества коммерческим спутником для съемки Земли со сверхвысоким (менее 1 м) разрешением (рис.9).

Высокая производительность спутника позволяет снимать и получать достаточно точные снимки со сверхвысоким разрешением за короткий срок.

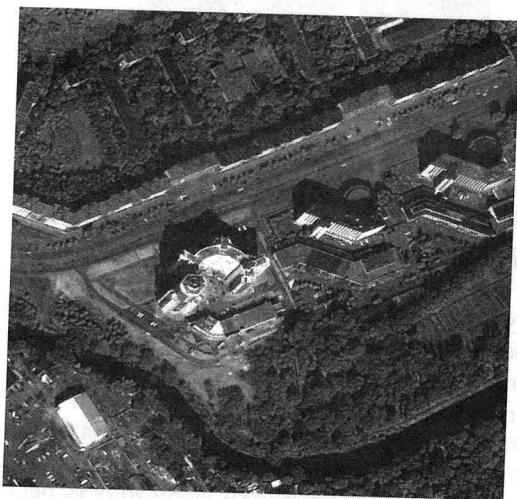


Рисунок 9. Панхроматическое изображение IKONOS-2 с пространственным разрешением 1 м

### *Спутник QuickBird*

Спутник был успешно запущен 18 октября 2001 г. с космодрома Ванденберг (США, штат Калифорния) совместными усилиями компании DigitalGlobe и ее инвесторов. Основными преимуществами спутника являются широкая полоса охвата в сочетании с большим запасом бортовой памяти, высокой точностью геопозиционирования и возможность заказа полигонов сложной формы. Существует несколько уровней обработки снимков *QuickBird* в зависимости от задач потребителей.

*Снимки уровня Basic.* Снимки *QuickBird* этого уровня предназначены для тех потребителей, у которых есть все необходимые средства для обработки изображений. В состав набора данных включают информацию, необходимую для фотограмметрической обработки, – сведения о модели камеры и пространственных параметрах съемки. Снимки уровня *Basic* проходят радиометрическую коррекцию и процедуру внесения поправок, вызванных искажениями камеры. *Уровень Standard.* Снимки этого уровня предназначены тем потребителям, которых устроит средняя точность привязки. В дополнение к процедурам обработки, которые проходят снимки уровня *Basic*, также применяется геометрическая коррекция. *Уровень Ortho-rectified.* К этой категории относятся ортотрансформированные снимки, которые готовы к применению в ГИС, в том числе в качестве основного слоя карты или базы данных. Этот тип снимков характеризуется очень высокой геометрической точностью.

### **2.3. Космические системы дистанционного зондирования Земли в Казахстане**

Благодаря расположению космодрома «Байконур», Казахстан находится в числе государств, обладающих космической технологией. Первый спутник «KazSat-1», изготовленный российским Центром имени Хруничева, был запущен в июне 2006 года с космодрома Байконур. Однако в 2008 году произошла нештатная ситуация с космическим аппаратом, наладить его работу так и не удалось, и спутник был потерян.

Телекоммуникационный космический аппарат «KazSat-2» вывели на орбиту 16 июля 2011 года. Спутник массой 1330 килограммов произведен также московским Центром имени Хруничева. Срок активного существования аппарата составляет 12,5 года. Спутник рассчитан на предоставление телекоммуникационных услуг в Казахстане, странах Центральной Азии и центральной части России.

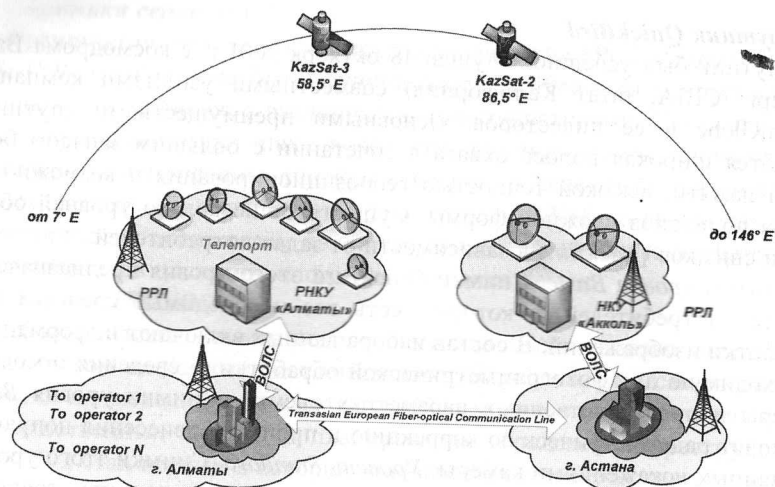


Рисунок 10. Система управления космическими спутниками Казахстана

Третий казахстанский спутник связи «KazSat-3» был введен в штатную эксплуатацию в конце декабря 2014 года. «KazSat-3» имеет 28 транспондеров Ku-диапазона и создан на базе платформы Экспресс-1000НТВ. Срок активного существования спутника на орбите составляет 15 лет. Спутник предназначен для ретрансляции телевизионных сигналов и создания сетей передачи данных в системе спутниковой связи «KazSat» на территории Казахстана и сопредельных государств. Управление спутниками серии «KazSat» осуществляется только казахстанскими специалистами из наземного комплекса управления (НКУ) космическими аппаратами (г.Акколь) и резервного аналогичного центра в Алматинской области.

Запуск первого казахстанского космического аппарата дистанционного зондирования Земли среднего разрешения произведен в 2014 г. Наряду с этим, в результате значительного расширения сотрудничества в России существуют проекты создания системы спутниковой связи и вещания «KazSat», космической системы дистанционного зондирования земли, сборочно-испытательного комплекса космических аппаратов и собственно космического ракетного комплекса «Байтерек».

Продолжится реализация «Дорожной карты» по проекту создания нового экологически безопасного космического ракетного комплекса «Байтерек». Спутники системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) функционируют в штатном режиме и успешно обеспечивают решение задач экономики, обороны и национальной безопасности. За 2017 год

система «KazSat» принесла доход на сумму более пяти миллиардов тенге и обеспечила импортозамещение в размере 12 миллиардов тенге за счет сокращения использования ресурсов зарубежных спутников. В 2017 году госорганам и организациям с помощью космической системы ДЗЗ предоставлены космические снимки поверхности Земли общей площадью 11,5 миллиона квадратных километров на сумму 1,2 миллиарда тенге. Вместе с тем, особое внимание уделяется продвижению космических технологий на внешние рынки. В приоритете рынки соседних государств – Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана, у которых на сегодняшний день нет собственных космических систем связи.

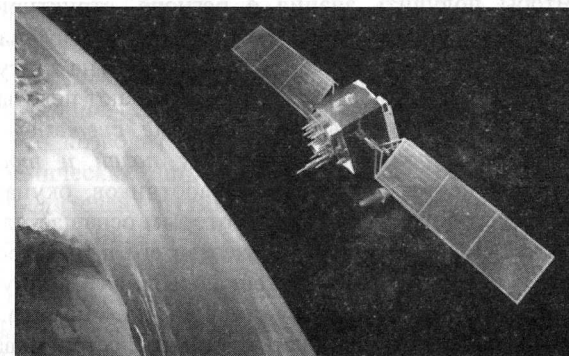


Рисунок 11. Казахстанский спутник «KazSat»

Достигнута предварительная договоренность о том, что в состав казахстанско-русской группировки космических аппаратов ДЗЗ будут включены четыре спутника, в том числе два оптико-электронных и два радиотехнических. С помощью космических средств дистанционного зондирования можно осуществлять мониторинг состояния инфраструктуры, сельскохозяйственной деятельности, чрезвычайных ситуаций, достоверно оценивать последствия аварий и стихийных бедствий.

Деятельность казахстанской стороны в проекте предполагает его инвестирование, участие в разработке наземного целевого комплекса, обеспечение приемки и сдачи объекта, эксплуатацию составных частей космического комплекса, в том числе участие в подготовке запуска аппаратов с космодрома Байконур, а также участие в совместной операторской деятельности. Благодаря уникальному набору аппаратуры ДЗЗ, обеспечивающей всепогодность наблюдений, возможность получать изображения земной поверхности с высоким, сверхвысоким и средним пространственным разрешением.

По словам представителей РКК «Энергия», в настоящее время существуют наработки, позволяющие за счет мониторинга предотвратить потерю десятой части нефти и газа, ежегодно теряемых по причине утечек и аварий. В свою очередь, системный подход к ДЗЗ должен быть ориентирован на потребителей, на их требования и запросы, поскольку существующие комплексы – как большие, так и мобильные – ориентированы на выполнение разных задач.

Логическая концепция программы заключается в создании базовых информационных полей высокоточной навигации, в получении геопространственных данных, определении картографической основы республики. Чтобы получить знания о регионе, структурировать их, необходимо создать геоинформационную систему – сумму знаний, структурированную по видам деятельности и положенную на карту, и хранить их в системе дистанционных центров, которые решают целевые задачи».

*В Казахстане будут созданы эффективные системы высокоточной навигации, мониторинга навигационных полей и транспортных средств.* Последняя, по утверждению разработчиков, окупается в считанные месяцы за счет того, что модуль, которым оснащается транспортное средство, позволяет определить множество его параметров, включая место нахождения, скорость, самочувствие водителя. К концу года будут созданы и показаны в действии демонстрационные образцы, изучаются предложения по созданию крупных корпоративных сетей, охватывающих виды транспортных систем.

*Между Казахстаном и Россией подписано соглашение по работе в сфере космического мониторинга сейсмических процессов и чрезвычайных ситуаций.* Концепция мониторинга ЧС включает мониторинг важных объектов, опасных грузов, а также опасных явлений в отношении данных грузов и объектов. *Эксперты признают актуальным внедрение Казахстана в сообщество государств, задействованных в международных системах поиска и спасения.*

*К 2020 году Казахстан планирует занять свою нишу среди мировых космических держав.* Способствовать этому будет строительство Национального космического центра в Астане. В первую очередь реализации этого высокотехнологичного проекта войдут наземная инфраструктура космической системы дистанционного зондирования земли (КС ДЗЗ), наземный сегмент системы высокоточной спутниковой навигации (СВСН), специальные конструкторские и технологические бюро с опытным производством, а также сборочно-испытательный комплекс космических аппаратов. Увидеть четкие очертания будущего космического кластера смогли участники пресс-тура, организованного Аэрокосмическим комитетом (Казкосмос) МИР РК.

АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары» является единственной компанией в Казахстане, которая может предложить комплексные решения через интеграцию продуктов дистанционного зондирования земли и спутниковой навигации. Это обеспечит синергетический эффект для мониторинга и контроля экологического состояния окружающей среды, чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера, наблюдения потенциальных зон сейсмической активности, контроля состояния гидросооружений и других стратегических объектов.

#### *От идеи до запуска на орбиту*

К 2018 году на территории Национального космического центра планируется завершить создание сборочно-испытательного комплекса космических аппаратов. Это говорит о том, что *в Казахстане будет создана технологическая, производственная и, что немаловажно, кадровая база для проектирования, изготовления, сборки и испытания космических аппаратов.* Это позволит размещать в стране заказы на создание собственных космических аппаратов и в перспективе выйти на мировой рынок производителей спутников, осуществлять трансферт и освоение передовых технологий.

Согласно планам компании, которая считает своим назначением создание и внедрение космических технологий в экономику страны, *первый спутник казахстанского производства должен быть собран в Астане в 2021 году.* Имея в наличии космодром Байконур, Казахстан планирует с российскими коллегами в последующем запускать на орбиту собственные космические аппараты. К 2025 году эти 30 гектаров левобережья Астаны превратятся в настоящий космический городок, где, помимо центра управления полетами, сборочно-испытательного комплекса и лабораторий, будет вся необходимая инфраструктура для работников центра: жилье, детские сады, торговый центр и спортивный комплекс.

Для осуществления грандиозных планов по освоению космоса наша страна располагает и техническим, и интеллектуальным ресурсом, уверены специалисты. В сборочно-испытательном комплексе будут работать около тысячи человек, 90 инженеров уже прошли обучение в Великобритании, Германии, Франции.



## ГЛАВА 3. ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

### 3.1. Основные этапы обработки спутниковых изображений

Большая часть данных дистанционного спутникового зондирования сразу поступает в цифровом виде. Это позволяет непосредственно применять для их обработки современные компьютерные технологии, при использовании которых становится возможным осуществлять усвоение и реализацию спутниковой информации с помощью автоматизированных систем обработки данных. Подобные системы обычно содержат две группы блоков, различающихся по технологическому назначению. Первая группа блоков обеспечивает автоматизацию решения технических задач, в том числе и географическую привязку изображения. Вторая группа позволяет автоматизировать решение содержательных задач, т.е. выдает информацию о характеристиках исследуемых объектов.



Рисунок 12. Центр управления полетами МКА, и обработки информации

Методы цифровой обработки изображений играют значительную роль в космических исследованиях, в том числе при составлении карт по космическим снимкам. Цифровая обработка изображений для получения географического результата представляет собой определенную последовательность стандартных процедур. Ниже рассмотрены основные этапы обработки данных.

Наземная система обработки данных предназначена для извлечения полезной информации из мультиспектральных данных дистанционного зондирования и передачи ее потребителям.

Система обработки является промежуточным звеном между датчиком дистанционного зондирования и пользователем. Поэтому ее характеристики во многом зависят как от характера данных, так и в значительной степени от требований потребителей информации дистанционного зондирования.

Обработка данных дистанционного зондирования в соответствии с мировой практикой подразумевает несколько уровней, представленных в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Уровни обработки спутниковых данных

Уровень	Глубина обработки снимка
0	Первичные данные, дополненные орбитальной информацией
1	Радиометрически откорректированное и географически привязанное изображение (дополнительно устраняются искажения, вносимые аппаратурой и вращением Земли)
2	Преобразованное в заданную картографическую проекцию изображение с учетом координат опорных точек
3	Геометрически преобразованное изображение с учетом цифровой модели местности (для суши)
4	Мультиспектральная обработка, включающая в себя совместную обработку разновременных данных или данных, полученных с различных датчиков

В общем случае обработка данных дистанционного зондирования включает три этапа:

- 1-й этап – предварительная обработка;
- 2-й этап – первичная обработка;
- 3-й этап – вторичная или тематическая обработка.

На **1-м этапе** после приема спутниковых данных, записи их на магнитный носитель и выполнения необходимых декодирующих и корректирующих операций происходит преобразование данных, непосредственно в изображение или космический снимок, а также преобразование их в форматы, удобные для последующих видов обработки.

На *2-м этапе* проводят радиометрические и геометрические преобразования для исправления искажений, а также географическую привязку изображения с наложением на него сетки координат, изменение масштаба изображения и представление изображения в необходимой географической проекции (геокодирование).

*3-й этап* – тематическая обработка – включает как цифровой анализ с применением статистических методов обработки и визуальное дешифрирование и интерпретацию.

**Радиометрические преобразования** используются для коррекции определенных типов искажений в системе сбора данных, таких как некомпенсированная нестабильность электронных устройств. Радиометрическая точность обеспечивается системами внутренней и внешней калибровки. Информация, необходимая для окончательной калибровки данных, должна содержаться в структуре передаваемого на Землю сигнала и учитываться при последующей обработке.

**Геометрические преобразования.** При обработке спутниковых данных одной из основных целей является получение изображений с требуемыми геометрическими характеристиками. Это связано с тем, что не подвергнутое специальной обработке спутниковое изображение отличается по своим геометрическим характеристикам от карты в любой стандартной географической проекции и имеет отличное от нее распределение искажений.

Для устранения геометрических искажений и приведения спутникового изображения к стандартной географической проекции снимок необходимо геометрически трансформировать. Подвергнуть его процедуре *геометрической коррекции* по данным, которые характеризуют положение датчика в пространстве в момент съемки и геометрию подстилающей поверхности.

Трансформация спутниковых изображений в картографическую проекцию, основанная только на использовании модели орбиты спутника, часто не обеспечивает достаточного уровня точности. На рис. 13, А отчетливо прослеживается существенный сдвиг береговой линии оз. Байкал, оставшийся после процедуры геометрической коррекции по орбитальным данным. Для устранения этой проблемы существуют процедуры *географической привязки*.

Современные пакеты программ, предназначенные для обработки спутниковых данных, предусматривают возможность географической привязки по опорным точкам, позволяя оператору в интерактивном режиме задавать на спутниковом изображении точки, географические координаты которых имеются в базе данных.

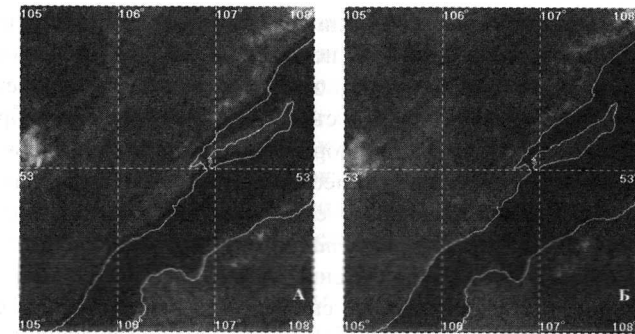


Рисунок 13. Спутниковое изображение после геометрической коррекции по орбитальным данным (А) и последующей географической привязки (Б)

«Совмещение» и «наложение данных» – это термины, которыми обозначаются процессы геометрического выравнивания одного множества данных относительно другого. Например, одно множество может быть данными дистанционного зондирования океана, другое – картой. Заметим, что существует большое разнообразие данных, которые можно совместить или наложить друг на друга. Например, распределение данных дистанционного зондирования океана в виде изображения или снимка можно наложить на данные о подводной топографии, о контактных подспутниковых измерениях, о метеорологических параметрах и т. п.

Масштабирование, преобразование проекций, исправление систематических искажений – процедуры, необходимые для получения изображения в нужном масштабе или географической проекции. При приведении снимков к геометрически идентичному виду стремятся к тому, чтобы среднеквадратическая ошибка трансформирования не превышала 0,5 пикселя.

**Сжатие и архивация данных** является одним из наиболее важных элементов обработки данных дистанционного зондирования, так как при этом приходится обрабатывать огромные потоки данных и хранить обработанную информацию. Путем уменьшения формата или объема данных в коммуникационных системах возможно понизить требования к передаче, хранению и обработке данных, что в конечном итоге приводит к снижению стоимости системы обработки в целом.

Под **улучшением изображений** в широком смысле понимают процедуры улучшения любой разновидности данных, представленных в виде изображения, а в узком – процедуры, улучшающие визуальное восприятие данных, представленных в виде изображения.

**Преобразование снимков.** В отличие от операций улучшения снимков, для преобразования снимков используются данные из нескольких спектральных диапазонов, причем эти данные могут соответствовать даже различным датам проведения съемки. В результате преобразования формируются новые снимки, на которых гораздо четче выделяются определенные объекты и области интереса. К простейшим преобразованиям относятся операции попиксельного сложения, вычитания, умножения и деления. Например, операция *вычитания* состоит в том, что из значения яркости каждого пикселя одного снимка вычитается значение яркости соответствующего пикселя другого снимка, который совмещен с первым. *Сложение* изображений является усредняющей операцией, позволяющей снизить уровень шума на снимке. Эту операцию широко используют при пространственной фильтрации для выделения объектов определенного масштаба. Операция *умножения* снимков при обработке данных дистанционного зондирования применяется крайне редко. В отличие от нее, операция *деления*, на которой основано вычисление многих спектральных признаков, является одним из наиболее часто используемых преобразований. Эта операция позволяет подчеркивать малейшие изменения в спектральной отражательной способности различных земных покровов.

#### **Интерпретация данных дистанционного зондирования.**

Использование снимков в географических исследованиях и картографировании основано на их чтении и толковании, что предполагает, помимо их коррекции и улучшения, выполнение автоматического распознавания и дешифрирования изображенных объектов, их классификацию и т.д.

**Дешифрирование снимков** – метод исследования территорий, акваторий и атмосферных явлений на основе зависимости между свойствами объектов и характером их воспроизведения на снимках. Дешифрирование включает обнаружение, распознавание, интерпретацию, а также определение качественных и количественных характеристик объектов и отображение результатов в графической (картографической), цифровой или текстовой формах.

Различают дешифрирование снимков *общегеографическое* (топографическое), *ландшафтное* и *тематическое* (отраслевое) – геологическое, почвенное, лесное, гляциологическое, сельскохозяйственное и др. Дешифрирование делят на *визуальное* и *компьютерное*. Компьютерное дешифрирование включает также методы автоматизированной классификации исследуемых объектов.

Объекты на снимках различают по дешифровочным признакам, которые делят на *прямые* и *косвенные*. К прямым относят форму, размер, цвет,

тон и тень, а также сложный объединяющий признак – рисунок изображения. Косвенными признаками служат местоположение объекта, его географическое соседство, следы взаимодействия с окружением.

При косвенном дешифрировании, основанном на объективно существующих связях и взаимообусловленности объектов и явлений, дешифровщик выявляет на снимке не сам объект, который может и не изобразиться, а его индикатор. Такое косвенное дешифрирование называют *индикационным*, географическую основу его составляет индикационное ландшафтоведение.

**Дешифрирование многозональных снимков.** Работа с серией из 4-6 зональных снимков сложнее, чем с одиночным снимком, и их дешифрирование требует некоторых особых методических подходов. Различают *сопоставительное* и *последовательное* дешифрирование.

**Сопоставительное дешифрирование** состоит в определении по снимкам спектрального образа, сравнении его с известной спектральной отражательной способностью и в опознавании объекта.

**Последовательное дешифрирование** основано на том, что зональные снимки оптимально отображают разные объекты.

**Дешифрирование разновременных снимков** обеспечивает изучение изменений объектов и их *динамики*, а также косвенное дешифрирование изменчивых объектов по их *динамическим признакам*. Например, сельскохозяйственные культуры опознают по смене изображения в течение вегетационного периода с учетом сельскохозяйственного календаря.

Различают *полевое* и *камеральное дешифрирование*. При полевом дешифрировании объекты опознают на местности, сличая их с натурой. Это наиболее достоверный вид дешифрирования, но и наиболее дорогой. Его разновидностью можно считать *аэровизуальное дешифрирование*.

Под **цифровой классификацией** понимают процесс отнесения пикселей изображения к тому или иному классу. Классификация объектов лежит в основе автоматизированного дешифрирования снимков. При этом исходят из того, что каждому пикселю многозонального снимка соответствует набор значений спектральных признаков или вектор в спектральном пространстве, размерность которого равна числу съемочных зон. Трудности классификации связаны прежде всего с изменчивостью признаков – отражательная способность меняется в зависимости от времени суток, сезона и т.д.

Классификация опирается на математическую теорию **распознавания образов**. Согласно ей пространство признаков нужно разделить на замкнутые области с признаками, характерными для одного из классов, и затем отнести каждый пиксель к тому классу, в область которого попал его вектор признаков.



Способ отнесения пикселей снимка к классам объектов (областям решения) определяет правило классификации, которое обеспечивает соответствующий алгоритм. Алгоритмы подразделяют на 2 типа: алгоритмы контролируемой и неконтролируемой классификаций. При контролируемой классификации правила перехода от показателей спектральной яркости к классам объектов вырабатывают на тестовом, эталонном участке, а затем автоматически применяют и на остальной части снимка.

Контролируемую классификацию реализуют с помощью алгоритмов, использующих разные способы учета спектральных характеристик эталонных объектов:

- ◆ *дискриминантные функции*, которые в простейшем случае представляют собой линии, разделяющие объекты на классы;
- ◆ *минимальные расстояния  $R$* , когда классифицируемые объекты относят к тому или иному классу;
- ◆ *алгоритм параллелепипеда*, когда в признаковом пространстве выделяют замкнутые прямоугольные области, границы которых задают на основе анализа гистограмм распределения спектральных яркостей эталонных объектов в двух, трех или более зонах спектра;
- ◆ *метод максимального правдоподобия*, основанный на статистических оценках характеристик классов объектов. Смысл его сводится к определению вероятности попадания пикселя в тот или иной класс.

*Алгоритмы неконтролируемой классификации* реализуют часто применяемые в исследованиях многопараметрически определенных объектов *методы кластеризации*, основанные на так называемых *пороговых процедурах*. В них предполагается, что первоначальная информация о природных различиях объектов, зафиксированная в спектральных яркостях, достаточна для разделения классов, и поэтому можно обойтись без эталонов.

*Алгоритмы кластеризации* осуществляют объединение пикселей с близкими значениями яркости в группы – кластеры и позволяют вычислить средневзвешенные значения яркостей всех пикселей, вошедших в кластер, которые определяют положение центра кластера в пространстве признаков.

В состав программного обеспечения автоматизированной обработки аэрокосмических снимков обычно входят несколько алгоритмов контролируемой и неконтролируемой классификации. Применение того или иного алгоритма определяется наличием априорной информации, качеством самого снимка, решаемой задачей, опытом и интуицией дешифровщика.

Мониторинг и картографирование изменений в природе, хозяйстве и их взаимодействия связаны с *составлением карт динамики*. Компьютерная реализация этих методов главным образом направлена на обеспечение точного пространственного совмещения разновременных карт, аэро- и космических снимков для извлечения динамической информации.

Подходящие алгоритмические процедуры выявления и картографирования изменений основаны на методах контролируемой, неконтролируемой или гибридной классификации и оверлейных ГИС-технологиях.

Наиболее часто применяют следующие операции:

- ◆ *создание композиций разновременных снимков* за два срока и выделение изменившихся и неизменившихся кластеров пикселей;
- ◆ *использование алгебры изображений* – вычитание, синтез или вычисление отношений соответствующих зон (после их приведения к единой системе координат и размеру);
- ◆ *сопоставление результатов классификации разновременных снимков*, полученных путем автоматизированного дешифрирования нужных объектов на геометрически совмещенных снимках;
- ◆ *применение бинарных масок* – специально создаваемых изображений, содержащих только 0 и 1, которые применяют для маскирования неизменившихся или не интересующих дешифровщика объектов, что позволяет выделить изменения;
- ◆ *использование карт как источников данных за первую дату*, когда результаты съемки сравнивают с картой, составленной на более ранний срок. В этом случае карту сканируют, снимок трансформируют в проекцию карты, выполняют его классификацию, а далее применяют для карты и классифицированного снимка описанные выше операции;
- ◆ *ручное цифрование классов изменений по экрану* – выделение контуров площадных объектов на разновременных картах классификации или снимках высокого разрешения способом так называемого цифрования по растровой подложке, с последующим совмещением полученных векторных карт на одной основе.

*Заключительный этап классификации* – это оценка достоверности результатов, т.е. определение процентного отношения правильно определенных объектов к общему количеству классифицируемых. Достоверность классификации вначале оценивают визуально, выявляют грубые промахи и несоответствия. Затем переходят к количественной оценке, сравнивая результаты классификации с тестовыми участками, в качестве которых могут использоваться результаты наземных наблюдений, карты и снимки крупного масштаба, данные публикаций и фондовые материалы.

**Представление данных** – один из важных видов обработки и анализа данных. Результаты, полученные после обработки и анализа данных дистанционного зондирования, представляются конечным потребителям в определенном, строго оговоренном виде и формате (таблицы, массивы данных, графики, схемы, карты).

Формы представления данных в значительной степени зависят от характера приложений и от используемой процедуры обработки. Для задач исследования пространственной и временной изменчивости гидрофизических характеристик одним из наиболее подходящих способов является представление данных в виде карт.

Средства визуализации позволяют сформировать визуальные представления для результатов анализа спутниковых снимков. Использование цвета при визуализации изображения обусловлено несколькими причинами. Во-первых, цвет облегчает распознавание и выделение объекта на изображении, во-вторых, человек в состоянии различать тысячи различных оттенков цвета и всего лишь около двух десятков оттенков серого. Второе обстоятельство особенно важно при визуальном анализе изображений. Цвет в этой цветовой модели описывается тремя значениями цветов в диапазоне от 0 до 255. Каждое значение соответствует одному из базовых цветов и указывает на его содержание в данном цвете. Значения записывают в следующем порядке: красная, зеленая и синяя составляющие. В таблице 3.2 приведено описание ряда цветов, включая базовые, в цветовой модели RGB.

Таблица 3.2  
Описания некоторых цветов в цветовой модели RGB

Красный	Зеленый	Синий	Результат
0	0	0	Черный
255	0	0	Красный
0	255	0	Зеленый
0	0	255	Синий
0	255	255	Голубой
255	0	255	Пурпурный
255	255	0	Желтый
255	255	255	Белый

Для целей представления данных в виде картографических изображений разрабатываются палитры в соответствии со средствами используемого программного обеспечения.

### 3.2. Обзор программных средств обработки данных дистанционного зондирования

Несмотря на то, что обработка данных дистанционного зондирования включает стандартные этапы, конкретная реализация этих этапов во многом зависит от используемого программного обеспечения. Сегодня в системах обработки данных дистанционного зондирования стали стандартом рабочие станции и персональные компьютеры с высокоскоростными процессорами и накопителями прикладных программ. В настоящее время разработано множество пакетов прикладных программ различного уровня для обработки данных дистанционного зондирования и изображений.

Системы для обработки данных дистанционного зондирования появились фактически в результате дальнейшего качественного развития программных средств, предназначенных для цифровой обработки изображений общего назначения (графических редакторов), таких как Adobe PhotoShop, Corel Photo-Paint и т.п. Оба класса систем имеют много общего: работают с растровой моделью данных, используют базирующиеся на аналогичном математическом аппарате методы обработки изображений. Однако следует отметить ряд существенных отличий, связанных со спецификой данных дистанционного зондирования:

- данные дистанционного зондирования – это файлы весьма большого объема, для эффективной работы с которыми необходимы специальные средства, в том числе особые форматы;
- в данных дистанционного зондирования числовое значение пикселя оказывается важным в задачах восстановления полей каких-либо характеристик снятого объекта;
- данные дистанционного зондирования – это многомерные данные, число и параметры спектральных зон съемки которых не позволяют трактовать их как RGB-изображения;
- данные дистанционного зондирования нуждаются в предварительной геометрической и радиометрической коррекции;
- данные дистанционного зондирования – это пространственная информация, имеющая, как правило, координатную привязку;
- важным свойством программного обеспечения по обработке данных дистанционного зондирования является возможность быстрого

перехода от предварительной обработки и тематического дешифрирования к выполнению операций моделирования и пространственного анализа средствами геоинформационных систем.

Из перечня зарубежного программного обеспечения по обработке данных дистанционного зондирования следует выделить ERDAS Imagine, ENVI, ER Mapper, IDRISI и др. Из отечественных программных продуктов отметим программные продукты СканЭкс и Sputnik. Большинство существующих пакетов программ направлено на решение нескольких конкретных узких задач, связанных с обработкой и анализом данных. В такой ситуации для осуществления всего цикла работ пользователю необходимо иметь в своем распоряжении как минимум несколько программных продуктов. Лишь немногие пакеты программ обеспечивают возможность осуществления всего комплекса работ с данными дистанционного зондирования, к ним относится зарубежный программный продукт ERDAS Imagine и отечественная разработка Sputnik, позволяющие решать широкий спектр задач по обработке и анализу данных дистанционного зондирования. В то же время в последние годы стали особенно актуальны задачи создания автоматизированных систем обработки спутниковых данных, и для их решения требуется специализированный программный инструментарий.

**ERDAS Imagine.** Программный пакет ERDAS Imagine, поставляемый на рынок фирмой ERDAS, сочетает в себе функции растровой и векторной ГИС и системы для обработки изображений, ориентированной на данные аэро- и космических съемок, и предназначен для профессионалов в области ДЗЗ и фотограмметрии. Широкий набор инструментов, дающий возможность обрабатывать данные из любого источника и представлять результаты в любом виде – от профессионально оформленных печатных карт до трехмерных моделей местности, делает ERDAS Imagine одним из лучших программных продуктов для анализа и обработки данных ДЗЗ.

Ядром программного обеспечения ERDAS Imagine является один из трех вариантов базовых пакетов: Imagine Essentials, Imagine Advantage и Imagine Professional. Каждый последующий пакет включает в себя функциональные возможности предыдущего и расширяет их.

В качестве специализированных инструментов компания ERDAS разрабатывает дополнительные модули, которые можно приобрести отдельно от базового варианта и подключить к нему для получения новых функций. Такими модулями являются Imagine VirtualGIS, Imagine OrthoBASE, Imagine Subpixel Classifier, Imagine Radar Mapping Suite, Imagine Developers Toolkit, Stereo Analyst и другие.

Модуль трехмерной визуализации и анализа Imagine VirtualGIS позволяет производить реалистичные трехмерные сцены из снимков и моделей рельефа местности, а также эффект движения по создаваемому ею виртуальному миру в реальном времени при наличии графического ускорителя.

**Imagine OrthoBASE** – основа фотограмметрических решений ERDAS. Этот модуль позволяет обрабатывать сотни аэрофотоснимков, выдавая на выходе фотоплан картографической точности. Вариант OrthoBASE Pro позволяет автоматически получить модель рельефа местности. Второй фотограмметрический продукт Stereo Analyst позволяет работать с парами снимков в стереорежиме и выполняет стереодешифрирование, подобно традиционным фотограмметрическим приборам.

Модуль Imagine Subpixel Classifier реализует особый метод классификации изображений, который направлен на решение проблемы смешения множества объектов в пределах одного пикселя.

Imagine Radar Mapping Suite реализует различные аспекты обработки радарных изображений. Инструмент программиста Imagine Developers Toolkit позволяет дополнить ERDAS Imagine любыми функциями, которые нужны заказчику.

ERDAS Imagine предоставляет набор средств для улучшения изображения, повышения его читаемости и информативности, составления карт землепользования и выделения объектов с применением контролируемой и неконтролируемой классификации, выявления изменений, происшедших с течением времени на какой-либо территории и т. д.

ERDAS Imagine обеспечивает возможность точной привязки аэро- или космических снимков к реальным координатам, преобразование их в картографические проекции с использованием различных параметров земного эллипсоида.

ERDAS Imagine позволяет интерактивно конструировать модели, используя специальный объектно ориентированный графический редактор алгоритмов Model Maker, открывая доступ более чем к 200 операциям по обработке изображений и манипулированию данными ГИС. В частности, очень просто могут быть созданы модели для описания природной среды и происходящих в ней процессов.

Для создания профессионально оформленной картографической продукции и демонстрационной графики может быть использован специальный редактор Map Composer. Картографические композиции могут включать один или несколько слоев изображения, тематических векторных карт, аннотаций.

Модуль Vector в ERDAS Imagine работает с векторно топологической моделью данных ГИС ARC/INFO, обеспечивая уникальную комбинацию возможностей растровой и векторной ГИС в одном и том же пакете. С его



помощью можно создать полную географическую базу данных на исследуемую территорию, включая в нее векторные электронные карты. Кроме того, у него имеются средства редактирования векторных карт, включая построение топологии.

Внутренний формат графических данных IMG является открытым для растровых данных. ERDAS Imagine позволяет напрямую просматривать и обрабатывать файлы различных векторных и растровых форматов, а также обладает широкими возможностями импорта и экспорта изображений.

Достоинством системы является ее открытость, т.е. возможность написания пользователем и внедрения в нее дополнительных модулей обработки изображений, для чего в системе предусмотрен специальный набор функций разработчика.

**ERDAS ER Mapper.** Система ERDAS ER Mapper использует единый интегрированный интерфейс, позволяющий получать быстрый и удобный доступ ко всем функциям обработки и анализа данных, поддерживаемых системой. Обрабатываемые данные могут быть объединены в рабочие наборы, в которые могут входить растровые, векторные и аннотационные слои. Рабочие наборы могут формироваться на основе данных растровых аэрокосмоснимков, цифровых рельефов местности, данных магнитной и сейсмической разведки и т.д.

Главной особенностью системы является то, что она не требует обязательного сохранения на диске результатов выполнения той или иной операции над данными, если пользователю этого не требуется. Вместо этого повторяющиеся последовательности операций объединяются и хранятся в виде алгоритмов, представляющих собой запись определенной последовательности шагов обработки, которые необходимо выполнить над тем или иным рабочим набором данных. Преимущество такого подхода заключается в значительном повышении эффективности работы с дисковым пространством, что главным образом положительно отражается на экономичности его использования. В алгоритмах могут записываться операции многоуровневой фильтрации, яркостного трансформирования (коррекции), обработки посредством формул и т.д.

ER Mapper содержит много разнообразных «шаблонных» алгоритмов, а также позволяет создавать собственные пользовательские алгоритмы обработки.

ER Mapper также предоставляет широкий выбор утилит импорта и экспорта данных большинства стандартных растровых и векторных форматов, наиболее распространенных форматов КС, а также данных в форматах многих широко известных ГИС. Всего в системе поддерживается до 130 разнообразных форматов данных.

Большое разнообразие функций обработки данных ДЗЗ позволяет решать широкий спектр задач как предварительной, так и тематической обработки. В системе представлены эффективные утилиты, позволяющие выполнять проекционное трансформирование, геометрическую коррекцию снимков, производить географическую привязку, составлять мозаики из перекрывающихся аэрокосмоснимков, осуществлять слияние разнородных данных. Также выполнять контролируемую и неконтролируемую классификацию снимков. ER Mapper поставляется в виде единого комплекта, что исключает необходимость приобретения дополнительных модулей. Система ER Mapper является открытой и позволяет пользователям расширять ее возможности, предоставляя для этого набор специализированных библиотек, дающих доступ ко всем функциям системы и базирующихся на языке программирования С.

**ENVI.** Программный комплекс ENVI (Environment for Visualizing Images – среда для отображения снимков) включает набор функций для обработки данных ДЗЗ и их интеграции с данными ГИС. ENVI лицензирован ведущими операторами космических данных, поэтому обеспечивает поддержку данных ДЗЗ, полученных со спутников Quick Bird, Ikonos, Orb view, Cartosat-1, Formosat-2, Resourcesat-1, SPOT, IRS, Landsat и др.

ENVI включает в себя функции:

- обработки и глубокого анализа гиперспектральных снимков;
- исправления геометрических и радиометрических искажений;
- интерактивного улучшения изображений;
- интерактивного дешифрирования и классификации;
- анализа снимков в радиодиапазоне;
- построения запросов;
- оцифровки;
- и многие другие.

ENVI содержит спектральные библиотеки и инструменты для выполнения спектрального и топографического анализа, анализа растительности и классификации изображений по следующим алгоритмам:

- K-means, ISODATA;
- метод параллелепипедов;
- алгоритмы минимального спектрального расстояния, расстояния Махаланобиса;
- метод максимального правдоподобия;
- классификация с помощью метода спектрального угла;
- двоичное кодирование;
- дерево принятия решений;
- нейронная сеть.

С помощью алгоритма «Дерево принятия решений» возможен совместный анализ различных данных для выделения районов, подверженных эрозионным процессам, пожароопасных участков.

Средствами обнаружения количественных и качественных изменений, входящими в ENVI, на тематических или панхроматических снимках можно находить области, на территории которых произошли изменения.

Функции ENVI, обеспечивающие топографическое моделирование, позволяют вычислять уклоны, виды из заданной точки наблюдения, отмывки рельефа, а также кривизну и выпуклость поверхности по снимкам с данными высот. Дополнительный инструмент классификации по топографическим признакам позволяет классифицировать каждый пиксель по шести классам топографии местности: горы, гребни, перевалы и равнины, каналы и впадины. С помощью ENVI можно создавать отмывки рельефа, совмещенные с цветными снимками, что позволяет придать полученному изображению более реалистичный вид. С помощью инструмента определения зон и линий видимости ENVI можно определять, какие пиксели видимы из заданной точки. Инструменты ENVI, предназначенные для работы с векторами, позволяют преобразовывать векторные контуры высот в регулярные растровые цифровые модели рельефа.

В программный комплекс ENVI встроен язык программирования IDL, с помощью которого можно существенно расширять функциональные возможности программы для решения специализированных задач, создавать собственные и автоматизировать существующие алгоритмы обработки данных и выполнять пакетную обработку данных.

ENVI имеет интуитивно понятный графический интерфейс, позволяющий начинающему пользователю быстро освоить все необходимые алгоритмы обработки данных.

**IDRISI.** ГИС IDRISI (Университет Кларка, США) представляет собой растровую ГИС, которая предназначена для анализа пространственной информации, получаемой из различных источников. В состав пакета IDRISI для Windows входит блок обработки данных ДЗЗ, включающий возможности как общей обработки снимков, так и тематического дешифрирования.

Для некоторых съемочных платформ существуют специальные способы обработки – в частности, преобразование данных 6-го канала Landsat в температурные показатели. В состав пакета входит мощный модуль анализа растровых карт, в том числе построенных на основе результатов обработки данных ДЗЗ. Пакет имеет развитые возможности ввода и импорта-экспорта данных, а поддержка векторной графики у него довольно слабая.

Оставаясь очень простым в освоении, пакет IDRISI в настоящее время находит широкое применение в небольших по объему обработки данных ДЗЗ-проектах, в основном научно-практического характера.

**MultiSpec.** Программный пакет MultiSpec (Университет Пердью, США) предназначен для интерактивной обработки мультиспектральных и гиперспектральных снимков, прост в использовании и распространяется бесплатно по Интернету.

В MultiSpec есть уникальные функции, полезные и при наличии дорогих коммерческих пакетов для обработки снимков.

MultiSpec располагает набором алгоритмов для:

- импорта и визуализации изображений разных форматов;
- яркостной коррекции изображений с построением гистограмм;
- трансформирования в заданную систему координат;
- выполнения двух основных типов компьютерной классификации снимков: без обучения и с обучением.

Предлагается два алгоритма классификации без обучения:

- 1) алгоритм быстрого выделения кластеров, который пригоден для быстрого, одношагового разделения многозонального снимка на пространственно однородные области (кластеризации);
- 2) итеративный алгоритм ISODATA.

Для классификации с обучением можно выбрать один из шести алгоритмов:

1. Метод минимального расстояния;
2. Метод линейного дискриминантного анализа Фишера;
3. Метод максимального правдоподобия;
4. Метод спектрально-пространственной классификации ECHO-распознавание и классификация однородных объектов;
5. Метод спектральной корреляции SAM;
6. Метод «сравнения фильтра».

**Программные продукты компании «СканЭкс».** Научно-технологический центр «СканЭкс» предлагает пользователям полный цикл программного обеспечения (ПО) для приема, хранения, предварительной и углубленной тематической обработки и интерпретации спутниковых снимков. Предлагаемые программные решения включают ПО управления станциями, ПО предварительной обработки данных, ПО организации архивов данных ДЗЗ, ПО пакетной обработки растровой и векторной информации и линейку коробочных программных продуктов. ScanEx Image Processor представляет собой современную технологию для предварительной и тематической обработки спутниковых снимков и создания конечных продуктов – карт, физических индексов, моделей, а также экс-

порта данных в ГИС и системы обработки изображений. ScanEx Image Processor состоит из базовой конфигурации и дополнительных подключаемых модулей.

Компанией «СканЭкс» разработана нейросетевая растровая интерпретационная система ScanEx NeRIS, позволяющая применять при обработке исходных данных ДЗЗ как традиционные методы (визуализация, фильтрация, получение новых изображений расчетными методами), так и современные методы, использующие адаптивные алгоритмы на основе искусственных нейронных сетей Кохонена.

**Программный комплекс Sputnik**, разработанный Институтом космических исследований РАН, имеет следующие характеристики:

- работает под единой программной оболочкой;
- имеет объектно ориентированную архитектуру;
- имеет возможность легкого расширения и добавления внешних процедур и модулей обработки данных;
- имеет возможность легко создавать цепочки процедур обработки данных и поддерживать их выполнение;
- обеспечивает работу в полностью автоматизированном режиме;
- обеспечивает возможность удаленного контроля за своим функционированием;
- позволяет проводить разработку отдельных модулей независимыми группами программистов.

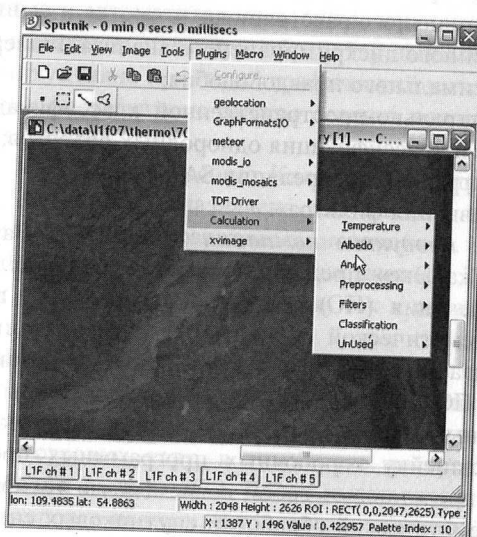


Рисунок 14. Окно программного комплекса Sputnik

В настоящее время комплекс Sputnik позволяет решать различные задачи, возникающие в процессе обработки спутниковых данных. Он позволяет сегодня работать с данными следующих приборов:

- AVHRR – установлен на спутниках серии NOAA;
- МСУ-Э – установлен на спутниках серии «Ресурс», «Океан-О», «Метеор-3М»;
- МСУ-СК – установлен на спутниках серии «Ресурс», «Океан-О»;
- MODIS – установлен на спутниках серии Terra, Aqua;
- VEGETATION – установлен на спутниках серии SPOT и др.

Основной задачей программного комплекса Sputnik является предоставление современного инструментария для создания, поддержки и развития автоматизированных комплексов обработки космической информации. Для реализации блоков полностью автоматизированной обработки спутниковых данных в программном комплексе Sputnik разработана подсистема создания и поддержки работы макрокоманд. Основной единицей макроса служит макрооперация – это стандартная операция комплекса, способная работать в автоматическом режиме.



## ГЛАВА 4. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

### 4.1. Геоинформационные технологии точного земледелия

Использование системы дистанционного зондирования в различных сферах экономики дает немалый социально-экономический эффект. В силу значительной зависимости от природных ресурсов здесь важное значение имеет агропромышленный комплекс страны.

Обширные территории, занимаемые сельскохозяйственными угодьями, довольно сложно контролировать из-за недостатка точных карт, неразвитой сети пунктов оперативного мониторинга. Кроме того, в силу различного рода природных процессов происходит постоянное изменение границ посевных площадей, характеристик почв и условий вегетации на различных полях и от участка к участку. Все эти факторы препятствуют получению объективной, оперативной информации, необходимой для констатации текущей ситуации, ее оценки и прогнозирования. А без этого практически невозможны увеличение производства сельскохозяйственной продукции, оптимизация использования земель, прогнозирование урожайности, уменьшение затрат и повышение рентабельности.

Точная и своевременная информация о состоянии посевов и почвы, оценка качества и количества будущего урожая и, как следствие этого, прогноз цен на аграрную продукцию оказывает существенное влияние как на экономику страны.

Материалы космической съемки могут помочь как для решения комплексных задач управления сельскохозяйственными территориями, так и в узкоспециализированных направлениях. *С помощью спутникового мониторинга возможно контролировать сроки и качество проведения основных агротехнических работ и тем самым оптимизировать управление сельскохозяйственным производством.*

По снимкам выполняют инвентаризацию и картографирование земельных угодий на основе международной классификации использования земель, а снимки высокого разрешения применяют для создания земельного кадастра.

При систематической повторяемости съемок проводят наблюдение за динамикой развития сельскохозяйственных культур и прогнозирование урожайности. Например, зная, как меняется спектральная яркость растительности в течение вегетационного периода с учетом сельскохозяйственного календаря для разных культур, можно по тону изображения

полей судить об их агротехническом состоянии и составе культур. Выявление площадей, занятых основными продовольственными культурами, и оценка их развития с учетом метеорологических условий определяют возможность использования космической информации для прогноза урожайности.

Связи, установленные между биомассой растительности и ее спектральной яркостью, обуславливают регулярное составление карт вегетационного индекса для оценки биомассы посевов и пастбищной растительности.

Применение методов дистанционного зондирования в сельском хозяйстве позволяет оперативно и точно осуществлять:

- классификацию типов сельскохозяйственных культур;
- оценку состояния посевов (оценку всхожести, смены фаз, развития и созревания культур);
- определение областей вымерзания озимых посевов, раннее выявление засухи;
- выделение участков эрозии, заболачивания, засоленности и опустынивания;
- определение областей гибели сельскохозяйственных культур от болезней, насекомых, дефляции, загрязнения пестицидами;
- характеристику и состояние почвы;
- прогноз урожая (качественно и количественно);
- учет и инвентаризацию посевных площадей;
- мониторинг состояния пастбищ, степени поражения болезнями и грызунами, зоны нарушения растительности в результате выпаса скота, проективное покрытие травяной растительностью;
- слежение за качеством и своевременностью проведения различных сельскохозяйственных мероприятий;
- общий мониторинг сельскохозяйственной деятельности.

Для оценки и управления сельскохозяйственными площадями используются новейшие технологии, такие как: системы глобального позиционирования; специальные приборы и датчики урожайности, влажности; аэрофотоснимки и снимки полей со спутников; специальные аппаратно-программные комплексы, создаваемые на базе геоинформационных систем и технологий.

**Точное земледелие – стратегия менеджмента с использованием информационных технологий для оптимального точного управления сельскохозяйственным предприятием.** В растениеводстве – это управление продуктивностью посевов с учетом внутривидовой вариативности

среды обитания растений. Собранные данные используются для планирования высева, расчета норм внесения удобрений и средств защиты растений, более точного предсказания урожайности и финансового планирования. Данная концепция требует обязательно принимать во внимание локальные особенности почвы и климатические условия. Исходя из этого применяют технологии переменного или дифференцированного внесения удобрений на тех участках поля, где потребность в определенной норме удобрений выявлена агротехнологом при помощи карт агроисследования и урожайности.

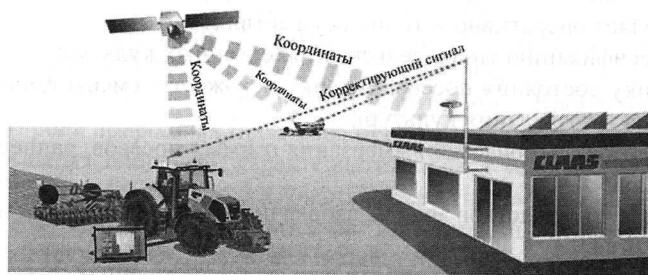


Рисунок 15. Технология RTK (Real Time Kinematic)

Точное земледелие может применяться для улучшения состояния полей и агроменеджмента по нескольким направлениям:

- агрономическое – с учетом реальных потребностей культуры в удобрениях, то есть совершенствуется агропроизводство;
- техническое – совершеннее управление рабочим временем на уровне хозяйства, улучшается планирование сельскохозяйственных операций;
- экологическое – сокращается негативное воздействие аграрного производства на окружающую среду;
- экономическое – рост производительности и/или сокращение затрат повышают эффективность аграрного производства.

Электронные карты полей могут быть созданы преимущественно двумя способами: оцифровка контуров методом объезда полей с GPS-приемником, установленном на автомобиле или тракторе; выделение и оцифровка границ полей по растровым аэрофотоснимкам либо космическим снимкам. Точечные показатели позволяют отслеживать состояние культуры и биомассы, например, понять, насколько та или иная болезнь влияет на развитие культуры и урожайность, страдает ли культура от недостатка воды, нехватки азота в почве, либо от поражения какой-либо

болезнью, повреждена ли она заморозками и тому подобное. Измерение электропроводности почвы, совмещенное с анализом механического и химического состава почвы, позволяет создать точную карту агроэкологических условий.

Используя карты агрофизико-химических показателей почвы можно реализовать различные стратегии для оптимизации затрат:

- основываясь на анализе статических индикаторов (почвенных показателей, электропроводности, истории полей и т.д.) в течение фазы развития культуры спрогнозировать затраты (прогностический подход);
- контролирующий подход, когда информация от статических индикаторов регулярно обновляется (мониторинг) в течение фазы развития культуры в результате следующих исследований: отбор образцов: взвешивания биомассы, измерения содержания хлорофилла в листьях, взвешивания плодов, и т.д.;
- дистанционного определения параметров: температуры, влажности, скорости и направления ветра, диаметра стеблей;
- контактного детектирования: возимые сенсоры биомассы; потребуется объезд полей по контурам;
- аэро- или космические съемки обработка мультиспектрального снимка для выделения биофизических параметров культуры.

Новые информационные и коммуникационные технологии позволяют легко и обоснованно управлять культурами на уровне поля. Принятие решений в сфере современного сельскохозяйственного производства требует специальной техники и машин, которые бы поддерживали технологии переменного внесения, например, переменного дозирования семян либо дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений. Для внедрения точного земледелия необходимо следующее оборудование, устанавливаемое на тракторах, опрыскивателях, комбайнах и т.п.:

- система позиционирования (например, на основе GPS/ГЛОНАСС навигационных спутниковых приемников);
- аппаратно-программная система, которая интегрирует все доступные данные в разных форматах, в слоях и из различных источников, включая данные с различных датчиков и экспертные оценки агронома;
- оборудование для отбора проб почвы;
- оборудование для переменного дозирования (интегрированное в сеялку, разбрасыватель, опрыскиватель).

Статичная базовая станция расположена на одном месте и оснащена двухчастотной технологией приема сигнала. Она посылает корректирующий сигнал любому числу машин, расположенным в радиусе 15-20 км.

Технология точного земледелия включает в себя три основных компонента:

*Первый компонент* системы точного земледелия – это системы параллельного или автоматизированного вождения техники на базе систем навигации GPS/ГЛОНАСС, обеспечивающие точность посева, выравнивание рядков, гребней и т.д.

*Второй компонент* системы точного земледелия – это система дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений, в зависимости от состояния почвы и растений, наличия сорняков на каждом конкретном участке обрабатываемого поля. Системы дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений бывают двух основных типов: системы, распределяющие удобрения по заданной программе, в соответствии с заранее подготовленными аппликационными картами, создаваемыми на основе агрохимических картограмм, картограмм урожайности или их сочетаний; системы, определяющие дозу вносимого удобрения непосредственно в поле, в режиме реального времени, по какому-либо параметру произрастающей культуры: цвету листовой поверхности, плотности биомассы растений и другому.

*Третий компонент* точного земледелия – наиболее трудоемкий – это оценка состояния почвы каждого конкретного участка поля. В целом, проектирование новых систем земледелия и наукоемких агротехнологий осуществляется на основе материалов почвенно-ландшафтного картографирования и ГИС агроэкологической оценки земель. Почвенно-ландшафтная съемка для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия выполняется, как правило, в масштабе 1:10000. Использование космических снимков в трех диапазонах сканирования – зеленом (0,50-0,59 мкм), красном (0,61-0,68 мкм) и ближнем инфракрасном (0,79-0,89 мкм) обеспечивает распознавание контуров почв, особенно в контрастных комбинациях – комплексах, сочетаниях, мозаиках. Проведению изыскательских работ предшествует обмер полей и производственных участков с помощью ГЛОНАСС/DGPS-систем и составление электронной карты существующей полевой инфраструктуры.

Результаты почвенно-ландшафтного картографирования и агроэкологической оценки земель выражаются в виде агрогеоинформационной системы, включающей набор электронных карт. Карта форм и элементов рельефа отражает структуру ландшафтов и почвенно-ландшафтные связи.

*Картограмма крутизны склонов* используется для оценки потенциального стока и эрозионной опасности. Определяет подбор культур, выбор севооборотов, систем обработки почвы, противозерозионных меро-

приятий. *Картограмма индекса влажности Idw* – логарифм отношения водосборной площади к крутизне склона. Определяет скорость транзита стока. *Карта микроструктур почвенного покрова* отображает элементарные почвенные ареалы и микрокомбинации, связанные с микрорельефом и неоднородностью почвообразующих пород. *Карта почвообразующих и подстилающих пород* составляется для условий значительного разнообразия почвообразующих пород и близкого к поверхности расположения подстилающих пород. *Карта гранулометрического состава почв* имеет важное значение при подборе культур, а также при выборе системы обработки почвы. *Карта солонцеватости почв* отображает комплексы почв с различным участием солонцов, а также сочетания и вариации несолонцеватых почв и почв различной степени солонцеватости. *Карта засоленности почв* используется для подбора культур в соответствии с региональными шкалами солеустойчивости растений и для дифференциации агротехнологий. *Карта гидрогеологического режима почв*, в зависимости от глубины залегания и качества грунтовых вод, решает задачи подбора культур, выбора севооборотов, агротехнологий и, при необходимости – осушительных мелиораций. *Карта потенциальной уплотняемости почв* показывает почвы, склонные по различным причинам к повышенному уплотнению. *Карта фактического подпахотного уплотнения почв* показывает почвы, имеющие плужную подошву. *Карты содержания гумуса, кислотности, содержания подвижных фосфора и калия* используются для расчета доз мелиорантов и удобрений.

Путем взаимного наложения перечисленных электронных карт-слоев получают электронную карту агроэкологических групп и видов земель. Каждый контур этой карты содержит в семантике информацию по агроэкологическим параметрам земель, начиная с теплообеспеченности и влагообеспеченности. Данная карта является основой для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий применительно к различным агроэкологическим группам земель.

Дальнейшее проектирование включает разработку систем севооборотов, пастбищеоборотов; систем обработки почвы, удобрения и защиты растений, системы машин. Затем разрабатываются пакеты агротехнологий для различных уровней интенсификации (экстенсивные, нормальные, интенсивные, точные).

Создание проекта адаптивно-ландшафтного земледелия сопровождается разработкой электронной книги истории полей. Она включает в себя все электронные карты и состоит из двух подсистем: агрономической и подсистемы мониторинга техники.



Агрономическая подсистема обеспечивает ввод, хранение, отображение и анализ сведений о посевных площадях и включает три блока: природно-ресурсный, фенологический и технологический. Подсистема мониторинга техники обеспечивает ввод, хранение, отображение и анализ сведений о подвижных и стационарных объектах мониторинга.

Сложившийся опыт агроэкологической оценки земель и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия для крупных сельскохозяйственных предприятий в различных природно-сельскохозяйственных зонах и провинциях свидетельствует о необходимости разработки региональных агрогеоинформационных систем.

#### 4.2. Система навигации для сельскохозяйственных машин

Спутниковая навигация – ГЛОНАСС-навигаторы – применяется и в сельском хозяйстве, где используется для автоматической обработки земельных угодий комбайнами, уже сейчас позволяет значительно сократить производственные издержки, снизить себестоимость выпускаемой продукции. В настоящее время в агропромышленном комплексе достаточно широко применяются системы навигации для сельскохозяйственных машин и мобильных энергетических средств (тракторов). Основная задача такого рода систем – обеспечить прохождение трактора с агрегатом по полю так, чтобы каждая последующая полоса ложилась точно по краю предыдущей полосы без пропусков и перекрытий. Системы навигации являются неотъемлемой частью систем контроля и мониторинга, систем точного земледелия, систем автоматизированного вождения сельскохозяйственной техники и параллельного вождения.

Для обеспечения требуемой траектории движения трактора по полю с заданным расстоянием между смежными проходами существует несколько различных решений:

- 1) Установка видимых ориентиров (вешек) при вспашке, на которые механизатор будет ориентироваться во время работы;
- 2) Применение выкидных или пенных маркеров;
- 3) Использование спутниковых навигационных систем.

Проблема точного вождения машинно-тракторных агрегатов усугубляется с увеличением ширины захвата современных сельскохозяйственных машин.

Ниже приведен пример космического снимка поля, обработанного с использованием систем спутниковой навигации.

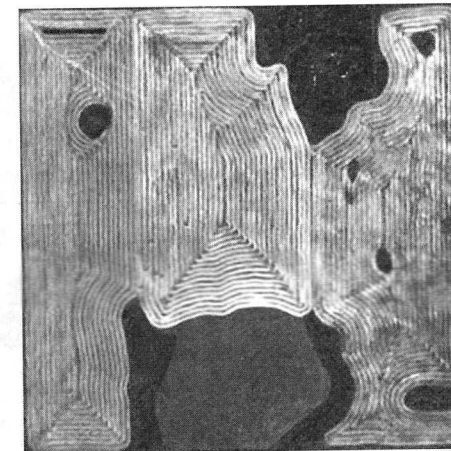


Рисунок 16. Космические снимки поля, обработанного с использованием систем спутниковой навигации

Преимущества спутниковой навигации для обеспечения требуемой траектории движения трактора состоят в следующем: не требуются проведения работ по предварительной разметке поля; не требуются дополнительные расходные материалы для маркирования рядов; максимально используется ширина агрегата, сводятся к минимуму перекрытия соседних рядов; исключаются пропуски между соседними рядами; увеличивается коэффициент загрузки техники; обеспечивается возможность работы в условиях плохой видимости; повышается комфортность работы, снижается утомляемость водителя.

#### 4.3. Работа системы контроля и мониторинга

В транспортном средстве устанавливается GPS/ГЛОНАСС приемник, который определяет точное положение транспортной единицы, ее скорость, направление движение и т.д. Затем, при помощи GSM модема по сетям операторов сотовой связи эти данные в режиме реального времени передаются на специальный сервер, а затем, через сеть Интернет, пользователям системы. Система способна проконтролировать большое количество параметров техники, как первичных, так и вторичных, от наличия водителя за рулем и уровня топлива в баках до расхода топлива и длительности стоянок.

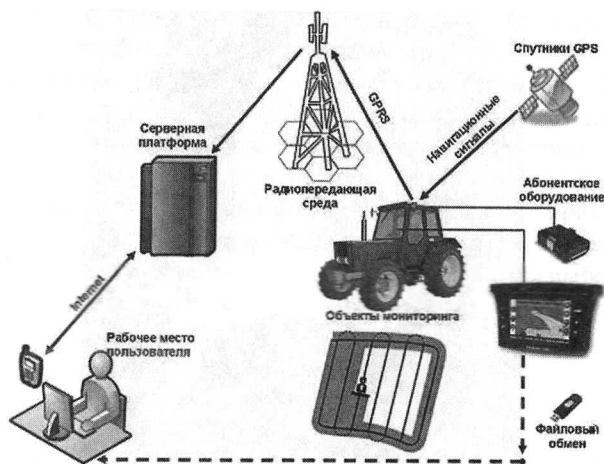


Рисунок 17. Принцип работы системы контроля и мониторинга

Пользователю доступны карты, на которых отображается необходимый объект, а также база данных, в которой содержится вся полученная информация, она отображается и на картах, и в журнале событий.

В качестве примеров таких систем следует отметить:

«АгроКонтроль» – специализированная система мониторинга и управления транспортом и земельными участками. Установленное на подвижный объект навигационное оборудование обеспечивает сбор необходимой информации и передачу на центральный сервер системы. Данная информация может быть доступна главному механику, зав. гаражом, инженеру, агроному или руководителю, который принимает решения.

Система мониторинга техники «АвтоГРАФ» – гибкая и рентабельная система мониторинга техники, работающая на отечественных приборах.

«Навигатор-Агро» позволяет осуществлять проверку работы агрономов, механизаторов и комбайнеров, оценивая качество работы, пресекая хищение посевного материала и товарного зерна, удобрений, средств защиты растений и ГСМ.

«СКАУТ» или Спутниковый Контроль Автотранспорта и Учет Топлива – систему мониторинга и контроля транспортных средств. Благодаря этой системе можно отследить местоположение и состояние любого транспорта, на котором она установлена.

В целом подобные системы позволяют решать следующий спектр задач:

- определение географического местоположения, направление и скорости движения сельскохозяйственных транспортных средств;
- контроль погрузки, транспортировки и разгрузки сельскохозяйственных грузов; контроль расхода топлива, а также его несанкционированных сливов;
- учет обработанных сельскохозяйственной техникой земельных угодий;
- контроль времени начала и окончания выполнения работ;
- контроль соблюдения скоростного режима при выполнении сельскохозяйственных работ;
- контролировать нахождение объекта в пределах обозначенного участка (поля) с контролем времени входа/выхода;
- контроль соблюдения маршрута и вскрытие фактов его нарушения;
- контроль расхода топлива согласно пройденному пути.

#### 4.4. Космический мониторинг сельхозпроизводства в РК

Современные данные дистанционного зондирования Земли, получаемые с космических аппаратов, обладают техническими характеристиками, позволяющими решать комплекс задач управления и страхования посевов, включая картирование границ полей, мониторинг посевной и уборочной кампаний, анализ землепользования, оценку фитосанитарного состояния и продуктивности сельскохозяйственных культур. Сельское хозяйство является важной отраслью национальной экономики Республики Казахстан. В последние годы отмечается активный рост зернового производства – основы экспортной сельскохозяйственной продукции республики. При этом республиканским управляющим органам при увеличении объема дотаций, сокращении размеров налога или выработке политики страховых выплат необходима объективная информация о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения, получение которой становится все более сложной задачей без спутниковых данных. Основные зерносеющие области расположены в северной части Казахстана – обширной зоне неполивного земледелия, которая простирается на 2 000 км с востока на запад и свыше 700 км с юга на север. Здесь в основном практикуется монокультурное выращивание яровых зерновых культур на сельскохозяйственных полях с крупными размерами (от 200 до 500 га). В этих условиях для организации системы космического мониторинга сельскохозяйственных угодий, подразумевающей оперативное получение и тематическую обработку больших объемов пространственных данных, необходимо привлекать широкоохватные

спутниковые системы. Первые работы по космическому мониторингу 15 миллионов гектаров пахотных земель в северной части Казахстана были инициированы заказом Правительства РК в 1997 г. Первоначально использовались многозональные снимки NOAA/AVHRR (1 км) и Ресурс/МСУ-СК (160 м). С появлением спутниковых данных Terra/MODIS (250 м), обеспечивающих режим ежедневного покрытия всех яровых посевов данными космической съемки, космический мониторинг яровых посевов в основных зерносеющих областях перешел в режим регулярного оперативного информационного обеспечения министерства сельского хозяйства. Сегодня дополнительно к спутниковым данным Terra/MODIS к анализу привлекаются широкополосные данные индийской спутниковой системы IRS-P6/LISS/Awifs и канадской радиолокационной космической съемки RADARSAT-1. Подключение новых спутниковых систем существенно расширило список задач, решаемых с помощью космического мониторинга.

В настоящий момент список задач космического мониторинга сельскохозяйственных угодий Казахстана включает оценку посевной площади яровых культур и паровых полей, контроль сроков ярового сева, оценку состояния и засоренности зерновых посевов; прогноз валового сбора зерна месячной заблаговременности; контроль сроков уборочных работ и убранных площадей. Указанные виды работ выполняются для основных зерносеющих регионов Казахстана: Акмолинской, Костанайской, Северо-Казахстанской, Карагандинской и Павлодарской областей, где основной культурой возделывания является яровая пшеница и ячмень; Кызылординской области, где возделывается рис. Высокая точность и эффективность работ достигаются за счет применения современных ГИС-технологий. Ежегодно в рамках разработанных ГИС для каждой области обновляется атрибутивная информация по каждому полю, что позволяет проводить различные виды ГИС-анализа и хранить историю полей за все годы мониторинга. Результаты наземных наблюдений используются в качестве обучающих материалов для классификационных моделей и проверки их применимости в процессе тематического дешифрирования, а также для верификации методик решения прикладных задач мониторинга.

Сегодня мониторинг землепользования основывается на данных Terra/MODIS (250 м), IRS/LISS (23 м), IRS/Awifs (56 м) и RADARSAT-1 (100 м). Соответствие между наземными обследованиями Акмолинской области в 2000-2009 гг. и результатами распознавания посевов зерновых культур по спутниковым данным составляет 97%. Анализ 3% ошибок показал, что они были связаны в основном с дефицитом «безоблачной» информации

или сильными отклонениями в календарных датах проведения основных сельскохозяйственных работ. В качестве базовой методики расчета посевных площадей по материалам космической съемки используется прямая оценка размера площади спутниковой маски. Важным моментом является учет влияния граничных пикселей маски. Система учета различий между площадью, определяемой маской зерновых культур, и реальной ситуацией строится на использовании ряда локальных геоинформационных систем. В настоящий момент используются ГИС для районов с суммарной площадью пахотных земель свыше 5 млн. га. Суммарная ошибка метода определения размера посевных площадей яровых зерновых культур по спутниковым данным для отдельной области находится в пределах 3-5%. Результаты представляются к 1 июля текущего года в форме табличных данных о размерах посевных площадей яровых зерновых культур областных картосхем расположения посевов яровых культур в целом.

Для оценки состояния зерновых посевов и прогноза урожайности анализируются агрометеорологические условия, данные стационарных полигонов и наземного маршрутного обследования, распределение спутниковых индексов вегетации. Одна из проблем прогноза урожайности из космоса заключается в наличии сорной растительности в зеленой биомассе посевов зерновых культур. Для оценки этого фактора разработана технология оценки степени засоренности и учета ее влияния на будущий урожай. *Практика последних лет показала, что использование спутниковых данных играет важную роль в обеспечении МСХ РК оперативной статистической и картографической информацией.* Наличие такого источника объективной информации позволяет руководству проводить мониторинг некоторых параметров зернового производства в основных зерносеющих областях республики. В результате создаются условия для установления экономической прозрачности в зерновом производстве, что способствует его саморегуляции и развитию рыночных отношений в сельскохозяйственном секторе экономики республики.

Применение спутниковых данных открывает возможность выявления незарегистрированных посевных площадей, вовлечения залежных земель в севооборот, контроля объема паровых полей, оптимизации использования химических средств защиты растений, что будет, в свою очередь, дисциплинировать сельскохозяйственных производителей и способствовать охране окружающей среды. Кроме того, наличие оперативных и объективных методов контроля сельскохозяйственного производства расширяет возможности МСХ РК в организации государственной поддержки сельскохозяйственных производителей.



Опыт космического мониторинга основных зерносеющих регионов Казахстана показал перспективность данного направления. Уже сегодня пользователям открыт доступ к результатам космического мониторинга на геопортале agriculture.gzi.kz. В будущем планируется территориальное расширение работ по космическому мониторингу сельскохозяйственных угодий. Предполагается, что он распространится также на западные и южные области, с включением озимых зерновых, технических и масличных культур в список контролируемых посевов. Кроме того, будут проводиться оценки состояния и продуктивности пастбищ Казахстана. Одним из наиболее перспективных направлений применения данных дистанционного зондирования является развитие системы страхования урожая в Казахстане на базе ситуационного центра космического мониторинга министерства. В качестве нового направления применения космических технологий в Казахстане планируется развернуть работы по созданию информационного обеспечения системы точного земледелия на основе высокоточной спутниковой навигации и данных будущей космической системы дистанционного зондирования Казахстана.

## ГЛАВА 5. ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В КАРТОГРАФИИ

### 5.1. Формирование карт различного назначения на основе космических снимков

Материалы аэрокосмического зондирования широко применяются в картографии, в особенности – материалы космической съемки, которая, будучи более экономичной, по детальности теперь приближается к аэро-съемке. Эти материалы имеют важные преимущества перед другими источниками для составления карт:

- обзорность космических изображений – от глобального охвата до десятков километров при детальной съемке – обеспечивает экономичное картографирование обширных пространств;
- съемка из космоса одной и той же территории с разным разрешением и генерализацией позволяет параллельно создавать и обновлять карты разных масштабов;
- центральная проекция, в которой строится изображение, при большой высоте центра проектирования близка к ортогональной, что упрощает фотограмметрическую обработку при создании карт;
- повторные съемки с заданной периодичностью обеспечивают динамическое картографирование и мониторинг быстро меняющихся во времени процессов и явлений;
- обеспечивается картографирование труднодоступных районов – пустынь, болот, высокогорий, решается проблема съемки других планет и их спутников;
- выразительность и наглядность космических снимков обусловили появление новых видов картографической продукции – фотокарт и спутниковых карт биофизических характеристик земной поверхности;
- комплексное отображение на одном снимке всех компонентов земных ландшафтов способствует наиболее правильной передаче пространственных взаимосвязей картографируемых объектов.

Аэрокосмические снимки нашли в картографии разнообразное применение при составлении и оперативном обновлении топографических карт, создании тематических карт и фотокарт, картографировании малоизученных и труднодоступных районов.

**Создание фотокарт.** Наглядное, выразительное отображение местности на снимках вызывает естественное стремление использовать эти

снимки в дополнение к карте, а иногда и вместо нее. Это привело к созданию особого вида картографической продукции – фотокарт. Фотокарты в сравнительно крупных масштабах, до 1 : 50 000, начали создавать в 1950-х гг., используя материалы аэросъемки. Появление космических снимков с большим пространственным охватом в широком диапазоне масштабов и разрешения, вызвало быстрое развитие этого нового вида картографических произведений. Высококачественные фотокарты начали составлять в масштабах 1 : 100 000 и мельче. Но производственное изготовление фотокарт стало возможным лишь после накопления фондов снимков обширных территорий. Массовое получение снимков с первой долговременно работавшей орбитальной станции «Салют-4» завершилось созданием серии фотокарт южных республик бывшего Советского Союза и Казахстана.

С появлением новых, более совершенных и детальных снимков возрос интерес к фотокартам туристических объектов, национальных парков. Стала традиционной красочная печать фотокарт из снимков Тематического картографа Landsat с впечатыванием на обороте топографической карты того же масштаба. Массовое распространение получили фотокарты городов, созданные по детальным снимкам SPOT.

Цифровая полиграфия и использование цифровых моделей рельефа сделали фотокарты особенно выразительными. Кроме общегеографических создаются специальные фотокарты объектов и явлений, требующих оперативного слежения за их динамикой, – снежного покрова материков, водных ресурсов, ледников и т.п.

Иногда фотокарты дополняют тематической нагрузкой – результатами дешифрирования геологических структур, контурами типов почв. Их можно считать **тематическими фотокартами**. К фотокартам можно отнести и особые виды спутниковой картографической продукции, получаемой на основе обработки данных съемки путем расчета различных индексов – вегетационного, цветового и др., которые фиксируют распределение, биофизических характеристик земной поверхности.

**Фотоосновы тематических карт.** Фотопланы и фотокарты используют в географических исследованиях не только как самостоятельные картографические произведения, но, и в качестве фотооснов тематических карт. Математические элементы фотоосновы должны полностью соответствовать требованиям к математическим элементам соответствующих топографических карт. Картографическая сетка на фотооснове не вычерчивается, а обозначается выходами меридианов и параллелей за внутренней рамкой. Общегеографическая нагрузка должна быть минимальной, чтобы не закрывать фотографическое изображение местности.

Картографическими знаками наносят гидросеть, рельеф, крупные населенные пункты и связывающие их важнейшие дороги, политико-административные границы. Технология изготовления фотооснов включает два этапа: фотограмметрическая обработка для изготовления фотоплана; картографические работы, включая нанесение на фотоплан общегеографических элементов содержания.

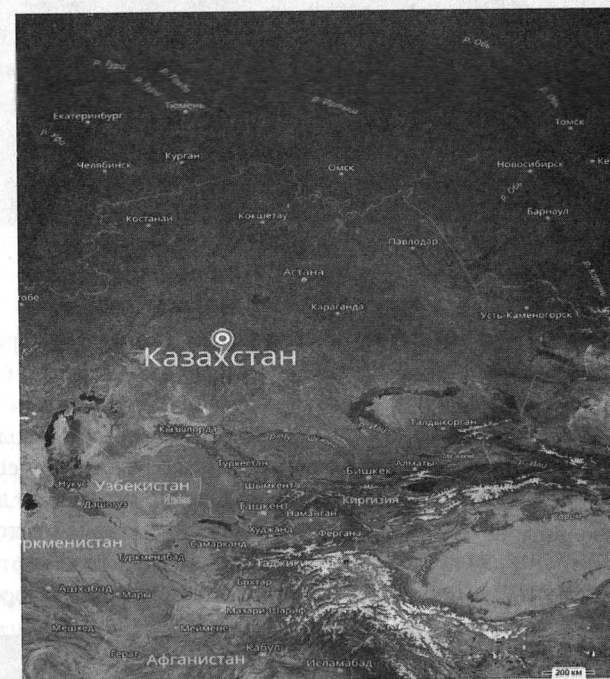


Рисунок 18. Космическая фотокарта Казахстана

**Составление и обновление топографических карт.** На топографических картах отображаются: рельеф, гидрография, растительность, почвы и грунты, населенные пункты, дорожная сеть, социально-экономические и другие объекты, что позволяет комплексно оценивать территорию. На данный момент на карте мира практически не осталось белых пятен – топографические карты покрывают почти всю поверхность суши нашей планеты, хотя не все они одинаково детальные, и значительная часть этих карт не обновляется систематически. Особенно слабо изучены труднодоступные районы высокогорий, пустыни, марши, приполярные острова.



Рисунок 19. Спутниковая фотокарта города Астаны

Между тем современный мир очень изменчив: растут города, появляются новые поселения, строятся дороги, коммуникационные сети, инженерные сооружения, осваиваются новые районы добычи полезных ископаемых, вырубаются леса, изменяется структура землепользования. Поэтому постоянно возникает задача обновления топографических карт. Государственные топографические карты основных масштабов для Казахстана уже созданы. Учитывая масштабы территории (9-место в мире) Казахстана большим практическим спросом пользуются карты инфраструктурных объектов. Прежде всего, карта автомобильных дорог.

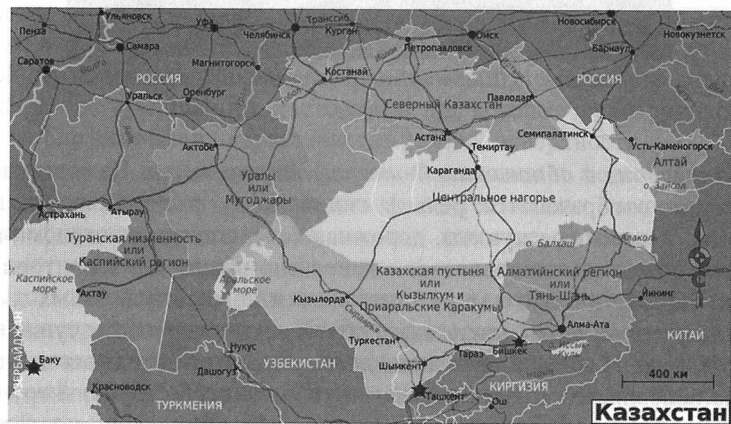


Рисунок 20. Карта автомобильных дорог Казахстана

В качестве первичного материала для топографических карт традиционно использовались аэрофотоснимки. Космические цифровые снимки открывают новые возможности: удешевление повторных съемок, увеличение площади охвата местности и снижение искажений, связанных с рельефом. Упрощается генерализация изображения на мелкомасштабных картах: вместо трудоемкого упрощения крупномасштабных карт можно сразу использовать космические снимки среднего разрешения. Поэтому съемки из космоса используются все шире и шире и в перспективе могут стать основным методом обновления топографических карт.

Создание и обновление топографических карт предъявляет к материалам космической съемки повышенные требования в отношении их разрешения и возможности стереообработки. Исходя из графической точности (0,1 мм), снимки для стереофотограмметрической обработки при создании карт масштаба 1 : 100 000 должны иметь разрешение не более 10 м, а для дешифрирования ряда топографических объектов более высокого разрешения 1-2 м. Для составления топографических карт требуются космические снимки более высокого разрешения. Снимки Landsat 7 ETM+ и Terra ASTER с размером пикселя 15 м позволяют составлять многие элементы содержания карт масштаба 1 : 200 000 и мельче. Некоторые параметры, например, длину, ширину и материал мостов, изображаемых на картах 1 : 200 000, нельзя получать по снимкам, поэтому необходимо привлекать дополнительные источники данных.

Космические фотоснимки используют на всех этапах построения и сгущения фотограмметрических сетей для планового обоснования топографических съемок и высотного обоснования мелкомасштабных съемок. Контурную нагрузку получают при дешифрировании космических снимков, для чего используют богатый опыт дешифрирования аэрофотоснимков. С помощью *цифровых фотограмметрических систем* выполняют автоматические стереоизмерения, строят цифровые модели рельефа и трассируют горизонтали, изготавливают ортофотопланы и графические оригиналы карт.

Есть опыт создания по космическим снимкам и общегеографических карт, например, базовой карты страны в масштабе 1 : 2 500 000, составление которой проведено с использованием фотопланов на основе космических снимков масштаба.

При обновлении карт по снимкам вначале определяют степень устаревания карт и выделяют районы первоочередного обновления, к которым относят территории сельскохозяйственного освоения, интенсивной добычи полезных ископаемых, городского, дорожного, гидротехниче-



ского строительства, где обновление приходится выполнять через один-два года, тогда как в малообжитых районах достаточно проводить его через пять-десять лет. От степени устаревания зависит, необходимо ли проводить полное обновление с пересоставлением оригинала карты или можно ограничиться внесением исправлений в издательский оригинал карты камеральным путем.

Применение космических снимков для обновления карт снижает продолжительность и трудоемкость составительских и редакционных процессов. Одновременно повышаются детальность и точность карт.

Обновление карт выполняют разными методами. В последнее время получают развитие цифровые технологии. Обновление карты на фотопланах осуществляют в тех случаях, когда изменения контуров составляют более 40% или плановая точность карты не соответствует предъявляемым к ней требованиям.

**Тематическое картографирование.** Космические снимки позволили не только ускорить процесс составления и обновления тематических карт, но и открыть новые явления, а также создать новые типы карт. Например, только на космических снимках видны системы облачности, оперативная съемка которых позволяет метеорологам уточнять прогнозы и следить за опасными стихийными явлениями, например, ураганами. Геологи составляют по мелкомасштабным космическим снимкам карты линейментов и кольцевых структур, необходимые для разведки полезных ископаемых. На крупномасштабных аэроснимках эти структуры не видны.



Рисунок 21. Геологическая карта Казахстана

Снимки широко используются для обновления геологических, геоморфологических, гидрологических, океанологических, метеорологических, ландшафтных карт, карт почв. Для каждого типа тематических карт имеется своя методика составления и обновления по космическим снимкам. Использование космических снимков при составлении тематических карт позволяет отображать большее количество деталей, а значит, приводит к большему соответствию карт природному рисунку.

При тематическом картографировании требования к точности нанесения положения объекта обычно несколько ниже, чем для топографических карт. Поэтому по одним и тем же снимкам можно составлять тематические карты более крупного масштаба. Разрешение большей части космических снимков в первые десятки метров соответствует размерам многих объектов земной поверхности. Космические снимки с ресурсно-картографических спутников хорошо отражают рельеф и структуру внешнего покрова Земли – почв и растительности, а следовательно, и ландшафтов, они стали ценным материалом для тематического картографирования.

Особый пласт космического тематического картографирования связан с исследованием экологических проблем и глобальных изменений. Сюда относят и карты обезлесения и опустынивания. Но особенно разнообразны глобальные карты состояния атмосферы, тропосферы, радиационных характеристик, озонового слоя, облачности, ветров, океана и мн. др.

В Казахстане созданы серии карт геологического строения, почв, растительности, ландшафтов, использования земель и др. Они отражают современное состояние природных ресурсов, антропогенную нагрузку и загрязнение природной среды, содержат оценку природных условий и ресурсов и дают прогноз ожидаемых изменений. Серии карт созданы для ряда важнейших хозяйственных районов – Северного, Восточного, Западного и Южного Казахстана.

## 5.2. Модельный пример создания картографической базы данных застраиваемой территории

В разделе рассмотрена практическая реализация разработанной методики. Для апробации методики необходимо было подобрать территорию таким образом, чтобы она отвечала масштабам исследования (1:10 000 – 1:25 000). Во-вторых, территория должна включать компоненты природной среды – водоёмы и реки, лесные насаждения и их животный мир. Кроме того, на территории должны присутствовать элементы городской среды – дороги, многоэтажная застройка, промышленные зоны, а

также сельскохозяйственные угодья. На основании вышеперечисленного выбрана тестовая территория, расположенная в Алматинской области в районе города Каскелен.



Рисунок 22. Космический снимок исследуемой территории, масштаб 1:15 000

Для создания географической основы карты тестовой территории требуется подобрать данные космической съемки. Была использована топографическая карта номенклатуры N-37-16 масштаба 1:100 000. С помощью ГЛОНАСС/GPS навигационного приемника были вычислены географические координаты в четырех опорных точках местности. Опорные точки местности выбраны таким образом, чтобы они образовывали прямоугольную область, в которую вписывалась бы вся исследуемая территория (рисунок 24). Представленная здесь карта города Каскелен со спутника содержит снимки зданий и фото домов из космоса. Подробная спутниковая карта Каскелен и района предоставлена сервисом Google Maps. Координаты – 43.2023,76.6230

Перед выполнением цифровой обработки и дешифрирования космического снимка проведен анализ картографической информации об исследуемой территории и выявлен набор объектов для дешифрирования космического снимка. Так, основываясь на свойствах выбранного космического снимка, в частности, на пространственном разрешении, выявлен набор объектов дешифрирования (таблица 12).

Таблица 12

Набор объектов дешифрирования

Тип объектов	Объекты
Дороги	Классы дорог: железные дороги, республиканские дороги, автомобильные дороги с покрытием, грунтовые проселочные дороги, полевые и лесные дороги
Растительность	Леса, кустарники, луга, сельскохозяйственные угодья
Гидрография	Пруд, река, ручей.
Поселения и отдельные строения	Многоэтажные жилые строения, строения сельского типа, садовые и дачные постройки, отдельные здания и сооружения, отдельные дворы.
Точечные объекты	Автобусные остановки, АЗС, памятники, рынки и т.д.

Для увеличения яркости космический снимок подвергнут контрастированию. Далее для снимка применено синтезирование. Был использован синтез с окрашиванием изображения, полученного в зеленой зоне электромагнитного спектра – синим цветом, в красной – зеленым, а в ближней инфракрасной – красным. Растительность отобразилась красным цветом, обнаженные поверхности – серо-голубым, водные поверхности – синим.

После компьютерной обработки, выполнено дешифрирование космического снимка, по выявленному набору объектов дешифрирования. Для этого космический снимок сохранен в формат BMP и импортирован в ГИС-пакет MapInfo Professional 8.5. После этого в ГИС-пакете космический снимок оцифрован по слоям, при этом одновременно заполнялась пространственная и атрибутивная база данных информационных слоев. В программном продукте ENVI, используя стереопару с ИСЗ «Alos Prism», создана цифровая модель рельефа исследуемой территории. Полученная карта рельефа импортирована в MapInfo Professional, где в ГИС создан информационный слой «Рельеф». На завершающем этапе дешифрирования выполнялось создание легенды карты. Созданная географическая основа карт представляет собой реальную модель исследуемой территории.

Карта составлена в масштабе 1:15 000. На рисунке 25 представлен оригинал «Обзорной карты тестовой территории».

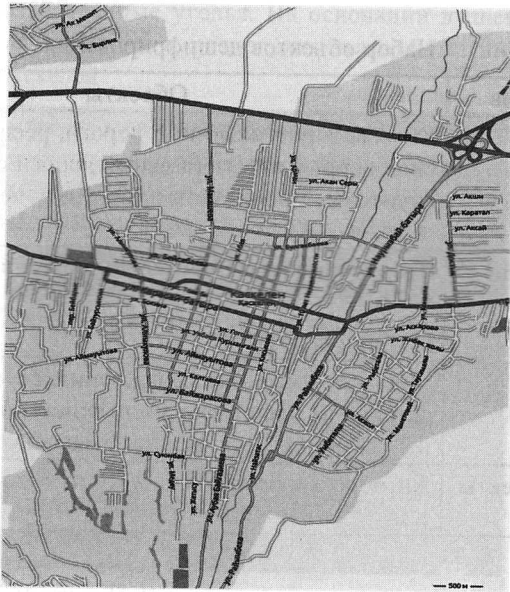


Рисунок 23. Обзорная карта тестовой территории

**Составление ландшафтной карты.** Составление ландшафтной карты исследуемой территории основывалось на методе, который получил наименование «пластика рельефа». Согласно методу пластики рельефа – визуальному поконтурному изображению рельефа – сначала на топографической основе, выделяются речная и эрозионная сеть (оцифровываются речные долины, овраги, балки, лощины).

Картографированию подлежала ландшафтная структурная единица – урочище. Урочище представляет собой сопряженный набор фаций, объединяемых общей направленностью физико-географических процессов и приуроченных к одной мезоформе рельефа на однородном субстрате.

Составленная ландшафтная карта исследуемой территории является научной обобщенной крупномасштабной картой, которая показывает типы урочищ исследуемой территории. По составленной ландшафтной карте можно сказать, что основным фактором, оказывающим антропогенное воздействие на ландшафт территории, является многоэтажная застройка и транспортная сеть.

**Оценка и картографирование состояния растительности.** Изучение и оценка состояния зеленых насаждений исследуемой территории

проводилась с помощью изысканий, включающих таксационное описание ключевых участков геоботанических выделов и их оценку рекреационных показателей. Перед выполнением полевых изысканий в ГИС был создан информационный слой «растительный покров». По синтезированному космическому снимку проведено предварительное контурное дешифрирование геоботанических выделов и составлен макет карты. Далее с макетом карты, полевым дневником и GPS навигационным приемником проведены полевые обследования зеленых насаждений. С помощью функции «Создать тематическую карту» автоматически построена тематическая карта «Рекреационный потенциал лесов». Анализ результатов проведенных геоботанических исследований показывает, что большинство исследованных насаждений в целом имеют удовлетворительное состояние.

**Картографирование животного населения.** Картографирование животного населения исследуемой территории основывалось на результатах мониторинговых исследований. В соответствии с классификационной схемой был собран учетный материал для картографирования. Учет птиц и млекопитающих осуществлялся по заранее выбранным маршрутам, которые охватывали все биотопы обитания животных. По результатам мониторинговых исследований, основываясь на типе классификации животных, определены три группы: 1) лесная, 2) полевая, 3) пойменно-озерная. Территориальные сообщества животных объединялись в группы в зависимости от того, к какому геоботаническому выделу они приурочены.

После обработки результатов мониторинговых исследований в ГИС создан информационный слой «Фауна», и сформирована база данных. На карте животного населения показаны территориальные группировки современного населения птиц и млекопитающих, выделенные с учетом основных черт ландшафтно-морфологической структуры местности и ее антропогенных преобразований.

**Оценка качества поверхностных вод.** Для оценки современного экологического состояния водных объектов исследуемой территории разработана специальная программа в области охраны гидросферы. Программа включает в себя комплекс изысканий, состоящий из следующих этапов:

- 1) выбор водных объектов для обследования;
- 2) полевые работы: обследование русла реки Каскелен и Аксу, описание водоемов, отбор проб воды для общего анализа в установленных местах;
- 3) камеральная обработка;
- 4) разработка рекомендаций по использованию водных объектов в зависимости от уровня загрязнения вод.



Все водные объекты исследуемой территории относятся к культурно-бытовому виду водопользования нецентрализованного водоснабжения. Для количественной оценки качества водных объектов рассчитан интегральный показатель – *гидрохимический индекс загрязнения воды* (ИЗВ). В результате отбора проб воды в установленных контрольных створах, анализа их результатов и расчета интегрального показателя загрязненности воды можно сделать вывод, что исследованные водные объекты по качеству воды относятся к классу – «чистые» (ИЗВ = 0,2÷1).

**Исследование акустического режима территории.** Главным источником шумового излучения на исследуемой территории является автотранспорт, движущийся по автомагистралям: Алматинское, Бишкекское и Узынагашское шоссе. После проведения натурных измерений и наблюдений, а также камеральной обработки полученных результатов сформирована база пространственных данных ГИС информационного слоя «шум». По данным измерений построены зоны шумового дискомфорта в придорожных полосах автомагистралей от 90 дБ до 55 дБ.

**Оценка радиационной обстановки.** Целью данного инструментального измерения был мониторинг гамма-фона почв исследуемой территории. Общий гамма фон поверхности почв на исследуемой территории не превышает 0,2 мкЗв/ч (20 мкР/ч), что соответствует значению естественного фона по международным рекомендациям.

**Районирование территории по степени комфортности проживания населения.** Для комплексной оценки существующей экологической ситуации на рассматриваемой застраиваемой территории рекомендуется составлять карту комфортности проживания, которая характеризует экологическое качество существующей градостроительной ситуации. С помощью показателя комфортности можно выявить неблагоприятные и благоприятные условия в конкретных местах, что позволит оценить застраиваемую территорию по степени благоприятности условий среды для проживания человека. В процессе создания карты предложено проанализировать территориальное распространение факторов, обуславливающих формирование опасных для здоровья по эколого-градостроительным показателям условий проживания. Комплексную оценку следует проводить методом интегральной оценки распространения показателей и путем составления матриц пространственной информации.

Фактор загрязнения почвенного покрова носит второстепенный характер. Зоны с превышением ПДК располагаются преимущественно в примыкающих участках, в местах старой застройки и свалок бытовых и строительных отходов. Участки с электромагнитным загрязнением располагаются вдоль ЛЭП, электроподстанций и не являются существенным.

Фактор загрязнения атмосферного воздуха влияет на комфортность проживания преимущественно в примыкающих зонах. Равномерное распределение объектов рекреации по территории определило практически повсеместное положительное влияние фактора на комфортность.

С целью определения эколого-градостроительных условий к размещению проектируемого объекта капитального строительства на основе комплексной оценки городской среды предложено составлять карту зон современного функционального использования территории.

На карте необходимо показывать следующие объекты:

- сложившиеся границы территориальных зон: жилые, общественно-деловые, производственные зоны, зоны инженерной и транспортной инфраструктур, зоны сельскохозяйственного использования, зоны рекреационного назначения, зоны особо охраняемых территорий, зоны специального назначения, зоны размещения военных объектов и другие виды.

Карта формируется на основе базы пространственных и атрибутивных данных ГИС застраиваемой территории, с использованием географической основы карт. Для формирования карты используются данные информационных слоев: «Точки инструментальных измерений», «Объекты антропогенного воздействия», «Территориально-функциональные зоны». Карта формируется отдельно, в новом отчете окна ГИС-пакета MapInfo Professional. В тематическом содержании оригиналов карт должны быть отражены: ландшафты, растительный покров, особенности рекреационного потенциала насаждений, животного населения. Вся серия карт позволяет разработать и картографически представить режимы регулирования градостроительной деятельности на исследуемой территории.

Практическая реализация методики на тестовой территории и полученные результаты, подтверждают, что разработка картографической базы данных для геоэкологической оценки локальных застраиваемых территорий является необходимым функциональным инструментом для обработки, анализа, хранения большого объема разнородной информации на предпроектной стадии градостроительного проектирования капитального строительства. Функции ГИС позволяют оперативно получать необходимую для этого информацию в электронном виде и на бумажном носителе.

Полученные результаты могут быть использованы государственными и строительными организациями для экологически обоснованного размещения строительных объектов, поэтапного планирования хозяйственной деятельности, природоохранных мероприятий, для разработки проектов детальной планировки, проектов застройки функциональных зон объектов вплоть до генеральных планов.

## ГЛАВА 6. ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ГИДРОЛОГИИ

### 6.1. Гидрореурсы Казахстана

Казахстан по сравнению с республиками европейской и сибирской частей СНГ относится к числу стран бедных водными ресурсами. Удельная водообеспеченность равна 37,0 тыс. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> и 6,6 тыс. м<sup>3</sup> на одного человека в год. Ресурсы поверхностных вод Казахстана в средний по водности год составляют 100,5 км<sup>3</sup>, из которых только 56,5 км<sup>3</sup> формируется на территории республики. Остальной объем 44,0 км<sup>3</sup> носит транзитный характер и поступает из сопредельных государств: Китая – 18,9 км<sup>3</sup>; Узбекистана – 14,6 км<sup>3</sup>; Кыргызстана – 3,0 км<sup>3</sup>; России – 7,5 км<sup>3</sup>. Из общего объема возможные к использованию – 46 км<sup>3</sup>.

В пределах Казахстана расположены крупные водоемы, как Каспийское, Аральское моря и озеро Балхаш. Насчитывается около 39 тысяч рек и временных водотоков, более 48 тысяч озер, около 4 тысячи прудов и 204 водохранилища. Наиболее значительными водными артериями являются реки Иртыш, Или, Сырдарья, Ишим, Тобол, Урал, Талас, Тургай, Шу. Однако острота проблемы водообеспечения обусловлена ограниченностью располагаемых водных ресурсов, неравномерностью распределения их по территории республики, значительной изменчивостью во времени, высокой степенью загрязнения.

В силу климатических особенностей речных зон республики до 90% стока поверхностных источников приходится на весенний период. Кроме того, поверхностные водные ресурсы по территории распределены крайне неравномерно и колеблются как по годам, так и внутри года, тем самым, обуславливая неравномерную обеспеченность различных областей и отраслей экономики. Наиболее обеспечена водой Восточно-Казахстанская область – 290 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км<sup>2</sup>. В то же время испытывают дефицит в воде Атырауская, Кызылординская и, в особенности, Мангыстауская области, где практически отсутствуют пресные воды.

Полностью использовать ресурсы речного стока для нужд отраслей экономики в силу разных причин не представляется возможным. В частности, суммарный объем обязательных попусков воды для удовлетворения экологических, рыбохозяйственных и санитарных требований по рекам Сырдарья, Урал, Или, Тобол, Ишим, Тургай, Шу составляет около 29,0 км<sup>3</sup> в год. Транспортно-энергетические затраты стока по Иртышу вместе с долей России составляют 9,0 км<sup>3</sup>. Потери речного стока на испа-

рение и фильтрацию в водохранилищах и руслах рек оцениваются в 12 км<sup>3</sup>. Весенний половодный сток равнинных рек Центрального Казахстана, который также теряется и рассеивается, так как его невозможно зарегулировать для использования, равен порядка 4,5 км<sup>3</sup>. Таким образом, при сумме указанных необходимых затрат воды в объеме 54,5 км<sup>3</sup> располагаемый объем водных ресурсов, возможных к использованию в экономике республики, не превышает 46,0 км<sup>3</sup>.

Из общих водных ресурсов в настоящий период 38,6 км<sup>3</sup> в год необходимы для использования в качестве экологического стока для сохранения речных и озерных экосистем. Еще 29 км<sup>3</sup> в год недоступны из-за отсутствия необходимой инфраструктуры, испарений и фильтрации, обеспечения обязательного перетока в сопредельные государства. Кроме того, 12,8 км<sup>3</sup> водных ресурсов являются ненадежными. Таким образом, объем гарантированных водных ресурсов в настоящее время составляет только 23,2 км<sup>3</sup> в год. При неблагоприятных климатических и трансграничных гидрологических ситуациях в сопредельных странах прогнозируется уменьшение поверхностного стока по Казахстану на 11,4 км<sup>3</sup> в год к 2040 году. Это обусловлено, главным образом, уменьшением притока воды по трансграничным рекам с 44,7 км<sup>3</sup> в год до 32,6 км<sup>3</sup> в год. Основанием для данного прогноза является увеличение водозабора соседними странами в последние годы, связанное с ростом их экономического и социального развития. Наибольший риск уменьшения притока имеют реки Иртыш и Иле, берущие начало на территории Китая, потенциальный объем снижения стока которых, составляет 7,7 км<sup>3</sup> в год.

Наиболее ярким примером является экологическая катастрофа Аральского моря. Прошло более 50 лет, а главная проблема высыхания моря не решена, но при этом последствия продолжают множиться, сказываясь не только на населении прибрежных территорий, но также вызывая ускользящее таяние ледников Памира за счет накопления массы морского песка в регионе. На основе сравнительных гидрологических данных, в том числе данных космического дистанционного зондирования, за 50-летний период, начиная с 1960 года, исследователи получили прогноз дальнейшего снижения объема воды в Аральском море примерно до 75,4 км<sup>3</sup> в 2031 году. В Приаралье продолжается деградация пастбищ и обширных сенокосных угодий. Подвержены засолению практически все орошаемые земли. В последние два десятилетия по Приаралью наблюдается уменьшение общей площади пастбищ с 45,0 млн. га до 41,5 млн. га и увеличение площади деградированных пастбищ с 4,8 млн. га до 6,4 млн. га. Одной из причин снижения урожайности отдельные авторы считают вынос и выпадение токсичных солей с бывшего дна Аральского моря.



В соответствии с характером питания большинство рек Казахстана имеет весеннее половодье, лишь при большой доле ледникового питания половодье происходит летом. Таким образом, большая часть стока рек приходится на весенний период. В южных горных районах основным источником питания рек являются ледники с общей площадью оледенения 2033,3 кв м. Между тем, в течение последних 50 лет площадь ледников сократилась на 40% и запасы льда – на 50%. Многолетние научно доказанные факты свидетельствуют об реальных масштабных проблемах – влияние изменения климата на экосистемы региона, и, прежде всего, горные экосистемы, являющиеся водонапорными башнями Центральной Азии уже стали практически отражаться на водной безопасности нашей страны. Последствия ощущаются уже сейчас: это и деградация горных ледников, и повышение температуры воздуха, особенно в зимний период, и сильные засухи последних лет.

По данным Второго национального сообщения РК, на территории Казахстана в течение 70 лет (с 1936 по 2005 год) среднегодовая температура воздуха повышалась очень высокими темпами – примерно на 0,3 градуса каждые 10 лет. Усилилась засушливость климата в зонах пустынь и полупустынь, наблюдается деградация горного оледенения. В результате ожидаемого изменения климата вероятно смещение климатических зон к северу, что приведет к расширению пустынных и полупустынных зон, растёт риск пересыхания малых рек.

Все крупные реки Центральной Азии (ЦА) относятся к международным водотокам. Геополитические факторы в бассейнах трансграничных рек региона определяют необходимость сотрудничества, основанного на нормах международного права, применительно к конкретному речному бассейну. Для стран ЦА проблемы водопользования в бассейнах трансграничных рек, с одной стороны, имеют достаточно схожий характер, что даёт возможность выработать унифицированные подходы к их решению. С другой стороны, различия в природно-климатических, хозяйственных, экономических, политических условиях каждой страны ведут к серьёзным противоречиям в межгосударственных водных отношениях, что сдерживает привлечение внешних инвестиций в регион для развития водного сектора и гидроэнергетики.

Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия Центральной Азии (МКВК) создана в соответствии с соглашением между Республикой Казахстан, Кыргызской Республикой, Республикой Узбекистан, Республикой Таджикистан и Туркменистаном о сотрудничестве в сфере совместного управления и охраны водных ресурсов межгосударственных источников. МКВК и ее органы входят в состав структуры

Международного фонда спасения Арала. Членами комиссии являются первые руководители водохозяйственных организаций государств Центральной Азии. Заседания проводятся ежеквартально, по инициативе одной из сторон может быть проведено внеочередное заседание.

Комиссия Республики Казахстан и Кыргызской Республики по межгосударственному использованию водохозяйственных сооружений на реках Чу и Талас (комиссия по Чу и Таласу) создана в 2006 году в соответствии с соглашением между правительствами Республики Казахстан и Кыргызской Республики об использовании водохозяйственных сооружений на реках Чу и Талас. Работу поддерживают международные учреждения системы ООН, финансовые институты (АБР, ЕЭК, ЭСКАТО ООН и другие).

Комиссия по Чу и Таласу состоит из двух частей: казахстанской и кыргызстанской. Члены комиссии назначаются правительствами государств. Сессии проводятся не реже двух раз в год. Постоянно действующий исполнительный орган – секретариат, проводящий заседания поочередно в Казахстане и Кыргызстане. Его основные задачи: подготовка встреч комиссии, решение организационных вопросов, разработка годовых отчетов.

Решение проблем совместного использования водно-энергетических ресурсов в Центральной Азии имеет не только огромное экономическое, но и экологическое, политическое и международное значение. Это один из основных факторов поддержания в регионе стабильности, экономического роста и экологической безопасности.

## 6.2. Технологии дистанционного зондирования в гидрологии

Данные дистанционного зондирования в гидрологии применяют для:

- дешифрирования болот, рек, озер;
- выявления речных и озерных водосборов;
- мониторинга половодий и паводков;
- осуществления мониторинга ледовой обстановки на реках и озерах;
- контроля качества озерных вод;
- оценки испарения с земной поверхности и количества осадков;
- расчета запаса воды в снеге, наблюдения за процессами снеготаяния в целях прогнозирования стока;
- моделирования гидрологических процессов и т.д.

Космические снимки позволяют следить за развитием негативных процессов в реках, озерах, водохранилищах, предсказывать возможность их возникновения и характер протекания, выявлять их последствия и оценивать все виды ущерба.



**Мониторинг половодий и паводков.** Климатические особенности нашей страны обуславливают ежегодное прохождение половодий на реках, которое характеризуется выходом вод из меженного русла и подтоплением поймы.

Уровень воды может достигать и превышать критические отметки, в результате чего в зоны подтопления попадают хозяйственные объекты, населенные пункты, расположенные в прибрежных зонах, что наносит существенный ущерб экономике района, а также может причинить вред здоровью населения. Для предупреждения разливов и предотвращения чрезвычайных ситуаций необходим постоянный мониторинг рек в период половодья и паводков.

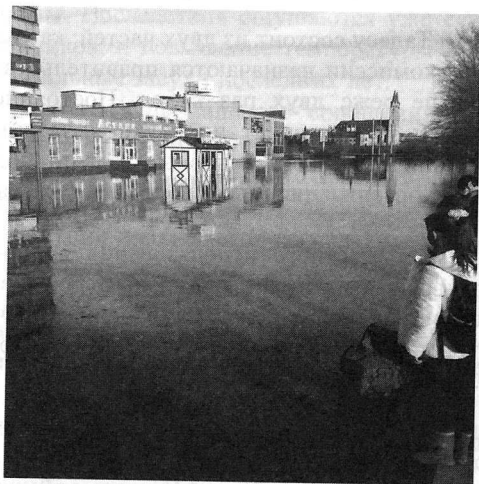


Рисунок 24. Наводнение в Карагандинской области в 2015 году

Определение зон затоплений при наводнениях и размеров затопляемых площадей в поймах больших рек только на основе наземной информации об уровнях и расходах воды часто не представляется возможным. Космическая информация позволяет не только наблюдать развитие паводка или половодья, но и получать оперативный прогноз зон затопления, оценивать принесенный ущерб, решать задачи выбора защитных дамб для сдерживания наводнения, выявлять участки, которым еще угрожает затопление и т.д. Применение компьютерных алгоритмов обработки данных делает возможным автоматическое определение границы воды и суши, площадей затопленных земель, а также выявление территорий, находящихся в опасности из-за поднимающегося уровня воды.

При мониторинге половодий наиболее информативными являются материалы съемки радарных спутников, аппаратов высокочеткой оптической съемки, ресурсных спутников с многоспектральными оптическими сканерами.

Особое место при мониторинге половодий занимает выявление на реках участков с ледовыми заторами. На многих реках северного полушария, текущих с юга на север, во время весеннего вскрытия существует опасность образования скоплений льда в русле – ледяных заторов. Заторы льда уменьшают живое сечение реки и вызывают подъем уровня воды в месте скопления льда и на некотором участке выше него. Это часто приводит к наводнениям.

При помощи космических снимков можно выявить места, благоприятные для образования заторов. Наиболее вероятно образование заторов льда на узких участках русел рек, в районах мостовых сооружений, поворотов русла в сочетании с сужением реки, на участках разветвления русла с малой скоростью течения, впадения крупного притока, если этот приток вскрывается раньше основной реки, при наличии острова и т.д. Часто заторы возникают в тех местах, где осенью при замерзании реки имели место деформация льда и торошение.

Снимки из космоса позволяют специалистам произвести оценку состояния рек и водоемов в период вскрытия ото льда, а также определить точное местонахождение и протяженность ледяных заторов.

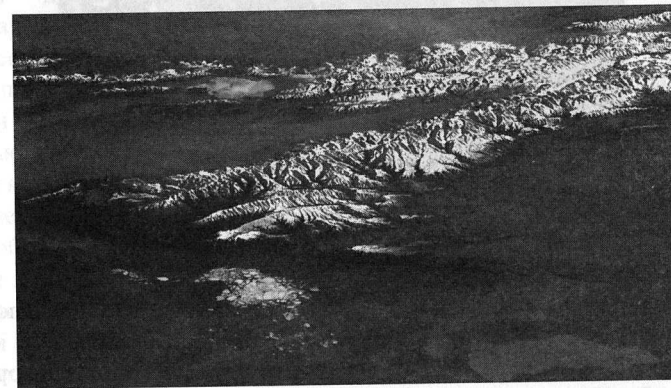


Рисунок 25. Ледники Джунгарского Алатау

**Определение снеготанков.** Сезонный снежный покров играет исключительную роль в процессах саморазвития горных регионов, определяет формирование и режим речного стока, оледенения и снежных лавин. Ока-

зывая существенное воздействие на климат, он сам служит индикатором изменения климата.

Карты распределения снежного покрова, полученные по результатам дистанционного зондирования, помогают понять пространственные особенности и взаимосвязи ледниковых систем, оценить вклад разных факторов в формирование ледников и условия их существования.

Точную информацию о режиме, распределении и изменчивости снежного покрова необходимо иметь для успешной реализации водохозяйственных мероприятий и регулирования водных ресурсов в бассейнах рек горных территорий при имеющемся дефиците воды в степной зоне. Для прогноза максимальных уровней воды и объема речного стока за период весеннего половодья, оценки увлажнения почв талыми водами, расчетов снеговой нагрузки на сооружения при проектировании мероприятий по борьбе со снежными заносами важно точнее оценить запасы воды в снежном покрове и динамику таяния снега в весенний период. Новую информацию о территориальном распределении снежного покрова дает космический мониторинг (рис. 26).

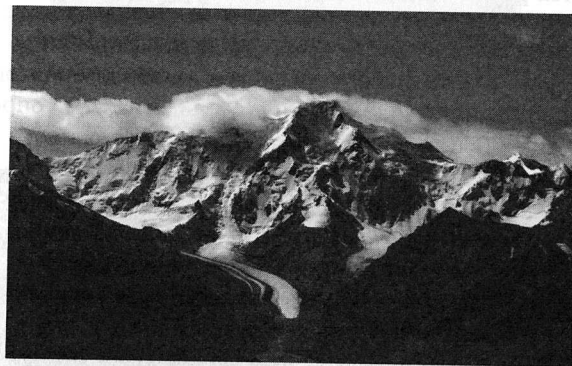


Рисунок 26. Ледники Терской Алатау

Для определения снеготолщин на горных водосборах с использованием регулярных спутниковых съемок в видимом диапазоне сначала восстанавливается последовательный ход снеговой линии в горах при снеготаянии. Далее рассчитываются запасы воды в снежном покрове «методом теплового проявления» через температуру воздуха и коэффициент стаивания. Результаты таких расчетов (по ряду лет для некоторых горных регионов и речных водосборов) показали перспективность этого направления использования спутниковой информации, особенно в условиях малообжитых и труднодоступных районов.

Одно из направлений использования снимков в гидрологии связано с моделированием и прогнозированием талого стока рек. Ряд параметров моделей стока, относящихся к характеристике водосбора (заболоченность, заозеренность, залесенность, распаханность и др.), наилучшим образом можно оценить по космическим снимкам. При моделировании стока рек снегового питания определяют степень покрытия бассейна водой в твердом или жидком виде на разных фазах формирования стока: долю площади бассейна, покрытой снегом, во время снеготаяния; водность микроозер и других временных затоплений для внеруслового стока и водность речных русел. Хорошо разработан прогноз снегового половодья по данным о заснеженности водосборов и динамике снеготаяния.

**Гидрографические исследования.** Главными составляющими водосборного бассейна являются его рельеф и конфигурация сети линий стока. Рельеф выступает в качестве одного из главных факторов формирования стока, так как форма земной поверхности определяет поведение воды. На основе ЦМР (цифровых моделей рельефа) возможно вычисление гидрологических и морфометрических характеристик (длина водотоков, положение водоразделов, площадь элементарных бассейнов, угол наклона, расчленение территории и др.) водосборных бассейнов.

Одним из наиболее часто используемых источников данных для построения ЦМР является база данных SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) – данных радарной топографической съемки поверхности земного шара, произведенной методом радарной интерферометрии с борта космического корабля многоцелевого использования – шаттла. Данная съемка проводилась в течение 11 дней в феврале 2000 г. почти на всей территории суши от 60° с. ш. до 54° ю. ш. и на некоторых участках океанов с помощью двух радиолокационных сенсоров SIR-C и X-SAR. В результате обработки полученных данных радарной съемки была получена цифровая модель рельефа, охватывающая 85% поверхности Земли. Разрешение семиглобальной цифровой модели рельефа SRTM равно 3 арксекундам по долготе и по широте.

Данные SRTM доступны бесплатно в нескольких версиях: предварительной (версия 1), окончательной (версия 2) и обработанных (версии 3 и 4). Окончательная версия прошла дополнительную обработку: выделение береговых линий и водных объектов, фильтрацию ошибочных значений. Обработанные версии производятся CGIAR (Consultative Group for International Agriculture Research), поставляются в формате GeoTIFF (Geo Tagged Image File Format) с исправленными областями, в которых были пропущены значения, и включают сборку мозаик в более крупные фрагменты (5° x 5°, а не 1° x 1°, как в двух первых версиях). Последняя версия

этой модели обеспечивает абсолютную точность по высоте около 8,8 м и относительную – по высоте 6,2 м.

Возможность свободного доступа обеспечила очень широкий спектр использования этой модели рельефа в отраслевых научных исследованиях. Данные представляют собой простой 16-битный растр, значение пикселя является высотой над уровнем моря в данной точке.

Наиболее поздняя из общедоступных семиглобальных ЦМР – ASTER GDEM – охватывает поверхность суши между 83° с. ш. и 83° ю. ш. Сенсор ASTER был создан METI и запущен на борту спутника Тегга в декабре 1999 г. Сенсор имеет возможность стереоскопической съемки вдоль полосы пролета с помощью двух телескопов. ЦМР разделена на фрагменты размером 1° × 1°. ASTER GDEM распространяется в формате GeoTIFF с разрешением 1 арксекунда. Оценка точности высотного положения точек 20 м и 30 м в плане. Пока эта модель по качеству и точности уступает SRTM, которая создавалась значительно дольше.

На основе данных SRTM во Всемирном фонде дикой природы (WWF) создан набор данных по топографии речных бассейнов и гидрографической сети HydroSHEDS – название переводится как «гидрологическая информация и карты, основанные на производных радарной топографии различного масштаба».



Рисунок 27. Кузнецкий Алатая

На данный момент в наборе присутствуют следующие данные:

- DEM – цифровая модель рельефа с заполненными пробелами (система координат WGS84, высота в метрах, разрешение – 3 арксекунды);

- CON – гидрографическая ЦМР с разрешением 3, 15 или 30 арксекунд, обработанная несколькими дополнительными алгоритмами для более точной идентификации речных русел;
- DIR – сетка направления стока в соседние ячейки (разрешение – 3, 15 и 30 арксекунд) для идентификации речных русел и водосборов;
- ACC – грид аккумуляции стока, показывающий, со скольких ячеек вода стекает до данной (разрешение 15 и 30 арксекунд);
- RIV – речная сеть, определенная по сеткам DIR и ACC, с разрешением 15 и 30 арксекунд. Пороговое значение количества ячеек для формирования водотока составляет 100 для набора 15 арксекунд;
- BAS – речные бассейны с разрешением 15 и 30 арксекунд (бета-версии).

Эти данные совместно с наборами данных о растительности, почвах и метеоусловиях могут быть использованы в математических моделях речного стока: пространственное разрешение позволяет создавать модели речных водосборов площадью от 100 км<sup>2</sup>.

**Гидроморфологические исследования.** Любая река является динамической системой. Шероховатость, геометрия, структура и профиль ее русла изменяются под влиянием наносов и различных климатических, геологических, гидрологических и антропогенных факторов. Гидравлика и морфология рек – сложнейший предмет исследований. По проекции поверхности реки на горизонтальную плоскость можно судить о гидродинамических параметрах речного стока и связанных с ними процессах переноса осадков и диссипации энергии – русловых процессах.

Оценка русловых процессов наиболее эффективна с использованием космических снимков, сделанных в разное время.

При создании продуктов дистанционного зондирования, характеризующих русловые процессы, используются спутниковые данные различного спектрального диапазона и разрешения. В зависимости от масштаба космической съемки контроль за состоянием русел осуществляется на различных уровнях: региональном, локальном и детальном. Данные с пространственным разрешением 20-100 м позволяют контролировать в регионе состояние рек для раннего предупреждения и прогнозирования рисков, а также фиксировать периоды активизации стока и русловых процессов. По материалам съемок высокого разрешения (5-20 м) решаются задачи мониторинга состояния пойм и русел, контроля и изучения различных явлений в руслах рек на локальном уровне. Материалы детального разрешения (1-5 м) контроль ситуации на отдельных участках русла, а также вблизи гидротехнических сооружений, мостов, переходов и т.п. Эти данные также необходимы для оценки результатов и последствий



руслых процессов. Космический мониторинг состояния русел равнинных рек обеспечивает изучение различных изменений во времени: образование новых островов, изменение меандров, береговой линии и т. п. Своевременное выявление опасного гидрологического явления обеспечивает бесперебойное функционирование линейных сооружений, пересекающих водные объекты, в то время как недоучет динамики русел рек при проектировании трасс переходов приводит к размывам трубопроводов, опор ЛЭП и мостов в период эксплуатации. Особенно часто проблемы возникают в руслах слабоустойчивых рек, где деформации русла наиболее интенсивны. Здесь скорость плановых деформаций может составлять до нескольких метров в год.



Рисунок 28. Река Иртыш в Казахстане

Анализ последовательных положений русла позволяет определить, что скорость размыва на отдельных участках достигает до 50 м/год, что относит русло на исследуемом участке к категории абсолютно неустойчивых. Уникальные возможности космической информации используются также при изучении устьев крупных рек.

**Изучение крупных внутренних водоемов с использованием спутниковых данных.** Многие методы дистанционного контроля, разработанные первоначально для морей и океанов, сейчас успешно адаптируются для изучения крупных внутренних водоемов: по спутниковым данным определяют уровень воды в водоемах, оценивают цветность и содержание хлорофилла, находят величину и направление приповерхностного ветра, изучают параметры волнового и ледового режима, определяют температуру поверхности и т.д.

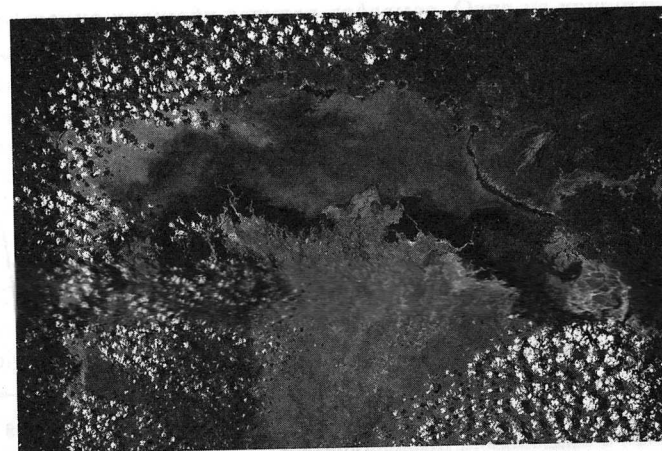


Рисунок 29. Космический снимок оз. Балхаш

На спутниковых снимках сверхвысокого разрешения (за исключением мелководных заливов и проливов) наблюдается гомотермия. Эта ситуация является характерной для этого периода и наблюдается ежегодно. К концу июля – началу июля все более отчетливо прослеживается неоднородное распределение температуры на поверхности озера вследствие влияния притока речных вод, течений и донного рельефа. В целом с июля до середины октября ежегодно наблюдается понижение температуры поверхности воды от берегов озера к его центральным глубоководным частям, что можно наблюдать на представленных картах за соответствующий период. Начиная со второй половины октября до ледостава наблюдается обратная картина в распределении температуры на поверхности озера: температура в центральных частях озера в связи со значительной тепловой инерцией больших объемов воды превышает температуру в мелководных заливах и проливах.

**Изучение колебания уровней внутренних водоемов** по спутниковым данным ведется на многих внутренних водоемах в первую очередь с использованием данных спутников TOPEX. Период проведения повторных измерений вдоль треков составляет около 10 суток, что соответствует временным характеристикам основных гидрологических и гидродинамических процессов. Ниже приведен график колебания уровня Каспийского моря по данным спутниковой альтиметрии, на котором отчетливо прослеживаются периоды подъема и спада уровня Каспийского моря.

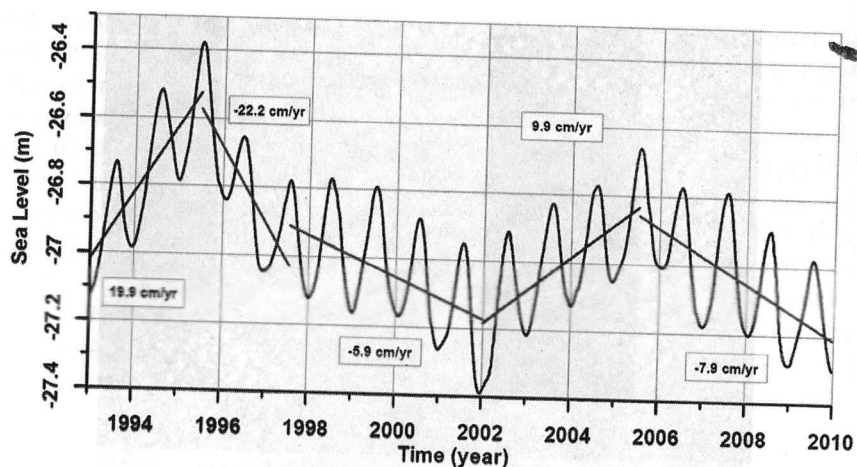


Рисунок 30. Колебания уровня Каспийского моря по данным спутниковой альтиметрии

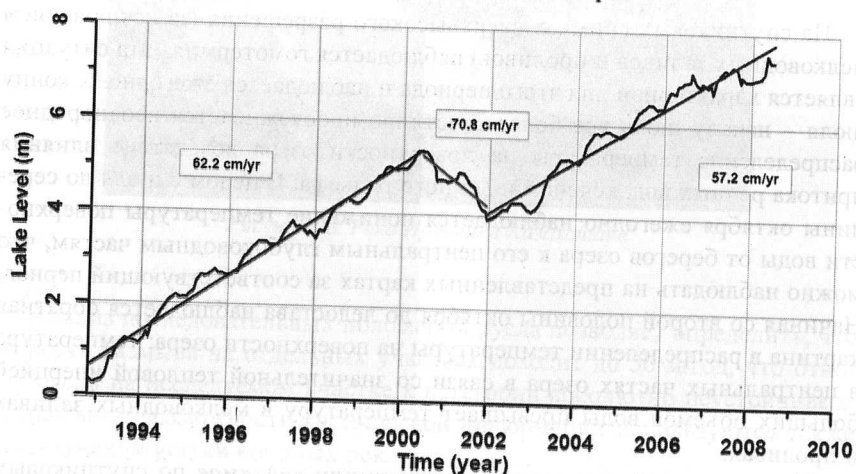


Рисунок 31. Колебания уровня Сарыкамьшского озера по данным спутниковой альтиметрии

В 1971 г. вновь был прорыв воды по Куньдарье (старому сухому руслу Амударьи), при этом вновь образовалось озеро. Сейчас Сарыкамьшское озеро подпитывается дренажными водами через коллекторы Дарьялык и Озерный, поступающими с орошаемых земель на левобережье Амударьи. В 2009 г. площадь озера достигала 3800 км<sup>2</sup>.

**Определение площади зеркала водоемов.** Одна из крупных уже случившихся экологических катастроф нашего века произошла в Приаралье и связана с усыханием деградирующего Аральского моря. Аральская экологическая катастрофа развивается под влиянием многих неблагоприятных природных и антропогенных факторов, но главное – это продолжающийся бесхозяйственный и плохо ограничиваемый забор речной воды в бассейнах Амударьи и Сырдарьи. После многих лет интенсивного и крайне нерационального ведения хозяйства, связанного с увеличением площади орошаемых земель и интенсивности самого орошения, в Приаралье значительно сократился сток рек, впадающих в Арал. Большую роль в этом сыграли сооружение крупных оросительных каналов (Каракумский, Большой Ферганский), увеличение забора воды и дополнительные потери воды на испарение с поверхности многочисленных водохранилищ.

В первой половине XX в. режим Аральского моря был довольно устойчив: водоем имел регулярное питание водами впадающих в него рек Амударьи и Сырдарьи и почти стабильный уровень. Однако в 60-х гг. уровень Арала стал быстро падать, и водоем начал менять очертания. В 1988-1989 гг. две части водоема (меньшая северная – Малое море, или Малый Арал, и большая южная, или Большой Арал) полностью разделились. В Малое море поступал небольшой сток Сырдарьи, Большое море питал сток Амударьи. Пролив Берга, соединявший ранее Малое и Большое моря, превратился в небольшой, но достаточно длинный проток, по которому излишки воды из Малого моря сбрасывались в Большое море. В 2005 г. завершилось строительство Кокаральской плотины, которая может спасти Малое море от высыхания. Всего за год, прошедший после сооружения плотины, уровень Малого Арала поднялся на четыре метра.

Спустя пять лет уровень воды повысился до отметки 42 м над уровнем океана: это на 14 м выше, чем в Южном Арале, но на 11 м ниже, чем в 70-х гг. прошлого века.

Таким образом, за 50 лет уникальный, ценнейший в экологическом и экономическом отношении Арал обмелел и практически утратил свое рыбохозяйственное, транспортное и рекреационное значение. Усыхающий водоем оказывает отрицательное влияние на природные, социально-экономические, санитарно-эпидемиологические условия прилегающих территорий. Возникли серьезные проблемы с трудоустройством и переселением значительной части населения прибрежных районов. Негативные процессы в самом Арале и Приаралье продолжают развиваться и усиливаться. В этом отношении прогнозы весьма неутешительны.

Дешифрирование разновременных снимков позволяет оценить изменение зеркала Аральского моря и дальнейшие перспективы развития событий. На рис. 32 приведена серия разновременных снимков, получен-

ных различными съемочными системами за период времени с 1973-го по 2013 г. На снимках, охватывающих 40-летний период, видны процессы усыхания водоема, сокращения его площади и деления на части, заметно увеличение площади Малого Арала после возведения Кокаральской плотины, препятствующей оттоку вод в Большой Арал.

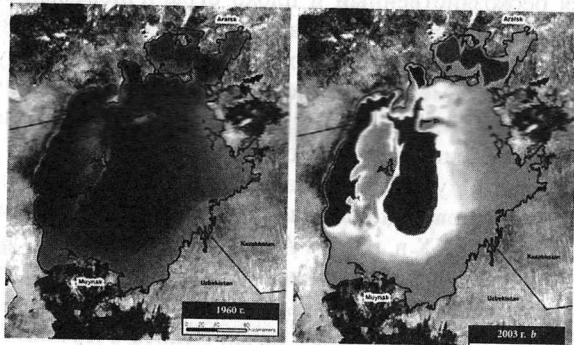


Рисунок 32. Усыхание Аральского моря по снимкам различных съемочных систем в разные годы: 1960, 2003 гг.

## ГЛАВА 7. ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

### 7.1. Использование данных дистанционного зондирования в экологии

Озабоченность человечества глобальными экологическими проблемами нашла отклик в разработке спутниковых программ глобального наблюдения Земли и мониторинга озонового слоя, загрязняющих примесей в атмосфере, концентрации углекислого газа и других парниковых газов, потенциально вызывающих нарушения теплового баланса Земли, оценки биомассы суши и океана. Локальные экологические проблемы включают: загрязнение воздушного бассейна; радиоактивное, бактериологическое и химическое загрязнение; промышленные и бытовые отходы; чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера.

Такие программы реализует, например, американская долговременная программа EOS: спутники Terra и Aqua, а также спутники России и Казахстана.

Космические снимки отображают как формы хозяйственной деятельности человека, так и различные неблагоприятные изменения природной среды, связанные с этой деятельностью: эродированность почв, пастбищную деградацию, опустынивание, вырубленность лесов, лесные пожары и гари, зоны сброса промстоков в водоемы, деградации растительности вблизи нефтескважин и линий нефтегазопроводов, загрязнения снежного покрова вокруг городов и т.п. Благодаря четкой фиксации таких особенностей природопользования снимки применяют для контроля отрицательного антропогенного воздействия и создания карт экологической оценки территории и прогноза развития экологической ситуации.

Например, в 2018 году в связи с проводимым анализом сохранности лесного фонда Павлодарской области в АО «НК «Казахстан Ғарыш Сапары» предоставили космические снимки рубки леса в регионе.

Инженеры по обработке данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) Центра геоинформационных данных и сервиса (ГИДиС) провели дешифрирование снимков на местности с целью идентификации рубок леса и ветровалов. В ходе проверки были подтверждены результаты обработки данных ДЗЗ с отечественных космических аппаратов «KazEOSat-1» и «KazEOSat-2» и выявлена незаконная рубка леса в Павлодарской области.





Рисунок 33. Снимок вырубki лесного фонда Павлодарской области

Другим примером космического экологического мониторинга является информация об опасном загрязнении окружающей среды на космодроме «Байконур» и прилегающей территории в результате пусков ракет на экологически опасном ракетном топливе. В результате с космодрома «Байконур» прекращены пуски ракетносителей «Циклон-2», – МБР РС-20, МБР РС-18, использующих в качестве ракетного топлива гептил. Будут созданы более современные экологически безопасные ракеты-носители, в пусках которых будет принимать участие и казахстанская сторона. Все эти меры нацелены на сохранение космодрома «Байконур», повышение экологической безопасности его деятельности, развитие космической отрасли Казахстана.

**Контроль загрязнения атмосферы.** Быстрое развитие методов и средств контроля газовых и аэрозольных загрязнений атмосферы в последние десятилетия вызвано заметно возросшим пониманием их влияния на состояние окружающей среды.

Существенные изменения в состав и содержание атмосферных газовых примесей, вносит хозяйственная деятельность человека. Антропогенные выбросы таких газов, как углекислый газ и метан, заметно увеличивают их содержание в атмосфере. Кроме того, в результате хозяйственной деятельности в атмосферу поступает большое количество газов, которых раньше не было в ее составе.

Воздействие атмосферных примесей на окружающую среду можно условно разделить на токсическое и климатическое.

Токсическое воздействие на здоровье человека, животных и растений, на биосферу вообще, а также на объекты неживой природы оказывают многие газовые примеси антропогенного происхождения в сильно загрязненной атмосфере больших городов и промышленных районов. Газовые примеси естественного и антропогенного происхождения оказывают также влияние на климат, погоду, локальные, региональные и глобальные атмосферные процессы. Такие газовые примеси распространяются на большие расстояния, попадают в верхнюю тропосферу и стратосферу и в итоге накапливаются во всей атмосфере. При использовании методов дистанционной индикации газов в интересах контроля загрязнения окружающей среды информация дистанционного зондирования Земли из космоса позволяет решать следующие задачи:

1. Определять общее содержание и распределение газов в атмосфере по вертикали, что позволяет установить:

- глобальный уровень загрязнения;
- региональное рассеяние загрязнителей и их циркуляцию;
- пространственное и временное изменение содержания загрязняющих веществ над городами, сельскохозяйственными угодьями и океаническими районами;
- механизм выпадений загрязняющих веществ;
- особенности протекания атмосферных химических процессов;
- особенности формирования транснациональных потоков загрязняющих веществ.

2. Осуществлять картографирование местоположения локальных источников загрязнения (целлюлозно-бумажных комбинатов, сталелитейных заводов, нефтеперерабатывающих предприятий, химических заводов, горнообогатительных комбинатов и т.д.).

3. Осуществлять наблюдение за отдаленными районами захоронения токсичных веществ.

Оптические методы дистанционного зондирования природной среды стали интенсивно развиваться с применением лазеров. В лидаре источником зондирующего излучения является лазер. При дистанционном зондировании атмосферы молекулы газов и аэрозоли вызывают ослабление проходящего через нее лазерного излучения. Часть зондирующего лазерного излучения рассеивается в обратном направлении на молекулах газов и аэрозольных частицах либо отражается от топографических объектов или от специально установленных экранов и отражателей. Это излучение с помощью приемной оптики собирается и направляется на фотодетектор, который преобразует его в электрический сигнал, пропорциональный интенсивности принятого оптического излучения. Значение принятого

сигнала определяется свойством атмосферы рассеивать излучение в обратном направлении, отражающими характеристиками топографических объектов или отражателей, ослаблением излучения на трассе зондирования «лидар – объект зондирования – лидар». Поэтому электрический сигнал, снимаемый с фотодетектора, содержит информацию о присутствии в атмосфере газов и аэрозолей, их концентрации и расстоянии до объектов зондирования.

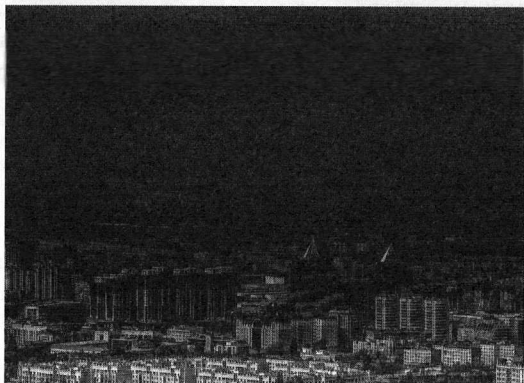


Рисунок 34. Снимок смога Алматы

Метод дифференциального поглощения рассеянной энергии заключается в том, что информация о концентрации исследуемого газа или аэрозоля в атмосфере извлекается из сравнения двух регистрируемых лазерных сигналов в достаточно узком спектральном диапазоне длин волн, одна из которых расположена в линии поглощения газа, а вторая – лежит в области или слабого, или полного отсутствия поглощения.

Существуют два подхода к проведению измерений содержания газовых компонент в атмосфере лидаром дифференциального поглощения. Оба подхода предполагают использование для зондирования двух лазерных импульсов с незначительно отличающимися длинами

волн и последующее сравнение ослабления этих импульсов. Разница в методах измерений определяется механизмами отражения лазерного излучения к приемной системе. Первый метод основан на упругом рассеянии от газовых молекул в атмосфере, его называют *методом дифференциального поглощения и рассеяния*. Этот метод позволяет проводить пространственно разрешенные измерения газовых компонент атмосферы на значительном расстоянии от лидара. Второй метод основан на отра-

жении лазерного излучения от расположенной на фиксированном расстоянии мишени (метод с отражателем). В этом случае *можно существенно снизить уровень необходимой мощности лазерного источника*. Еще более высокую чувствительность можно достичь, используя специальные угольковые отражатели.

При составлении *прогнозов распространения загрязняющих веществ* в атмосфере широко используется информация, получаемая с использованием спутниковых средств контроля атмосферных ветров. В тропической и субтропической зонах изображения, получаемые геостационарными метеорологическими спутниками, используются для восстановления структуры тропосферных ветров по перемещениям облаков. За пределами тропической климатической зоны геострофическая ветровая компонента восстанавливается на основе данных о температурных полях.

*Оценка зон техногенного загрязнения в сфере влияния городов и транспортной сети.* Это направление занимает особое место среди современных направлений использования спутниковых съемок. На основе полевых экспериментов и экспедиционных обследований выяснены параметры связей яркости изображения с количеством твердых загрязнителей в снегу, изучен характер изменения этих связей во времени и по территории, теоретически обоснована возможность определения по снимкам нескольких контуров загрязненности снега относительно фоновых значений. По снимкам картографированы хронически загрязняемые площади вокруг городов для всех крупных водосборов рек Казахстана. На снимках со спутника Terra прекрасно отображаются ореолы городов и дорог Иртышско-Ишимского междуречья.

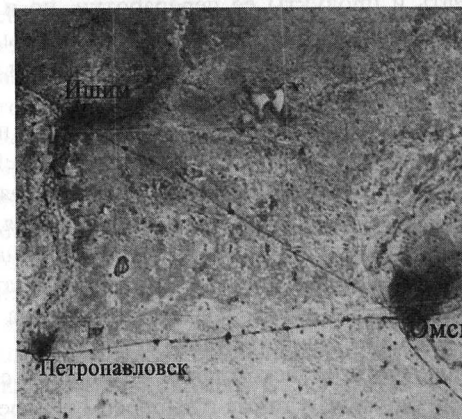


Рисунок 35. Изображение на снимках со спутника Terra городских ореолов и дорог Иртышско-Ишимского междуречья

**Нефтяное загрязнение и органические пленки.** Нефтяное загрязнение морской поверхности обнаруживается на космических снимках благодаря тому, что нефтяная пленка сдерживает волнение и вызывает появление slickов. *Слики* (от англ. *slick* – гладкий, блестящий) – это гладкие зеркальные полосы или пятна на поверхности океанов, морей или внутренних водоемов, которые имеют на радиолокационных изображениях практически черный цвет. При легком бризе они могут иметь вид пятен, а при ветре более 5 м/с разбиваются на узкие полосы. Основная причина их появления – пленки различных органических соединений, в том числе поверхностноактивных веществ (ПАВ). Источниками органического вещества в океане являются животные и растения, а также естественные источники сырой нефти. Вещества биогенного происхождения образуют на поверхности моря пленки в несколько мономолекулярных слоев толщиной  $10^{-7}$  –  $10^{-6}$  см, скапливаясь в районах высокой биологической активности. Биогенные пленки – результат жизнедеятельности морских организмов и растений, главным образом, фито- и зоопланктона, а также бактерий; они образуются в море при сложных биохимических реакциях в процессе жизнедеятельности и разложения морских организмов и не могут считаться загрязнением в прямом смысле слова. Органические пленки сохраняются в море при слабых ветрах в течение продолжительного времени и начинают разрушаться, когда скорость ветра превышает 6-7 м/с.

После прекращения действия сильного ветра органические вещества снова выносятся на поверхность и образуют слики.

Пленки антропогенного происхождения на поверхности моря образуют не только нефть и продукты ее переработки, но и различные технические и бытовые масла, жирные кислоты и спирты, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), содержащиеся в бытовых, промышленных и канализационных стоках.

Отрицательное воздействие нефтяных загрязнений на морские экосистемы связано как с нарушением процессов взаимодействия океана с атмосферой, так и с накоплением в них вторичных загрязнений. Пленки нефти и СПАВ оказывают существенное влияние на ряд гидрохимических и гидробиологических процессов в океане. Бактериальное разложение и естественное окисление нефти и нефтепродуктов затруднено.

Все возрастающее антропогенное загрязнение океана нефтью становится проблемой высокой общественной значимости. Поверхностные загрязнения антропогенного происхождения в основном связаны с разливами нефти и нефтепродуктов, а также с выбросом в море спектра весьма разнообразных веществ бытового и промышленного происхождения. Для обнаружения и исследования пленочных загрязнений моря применяются

пассивные и активные датчики в ультрафиолетовом, видимом, инфракрасном и радиодиапазонах.

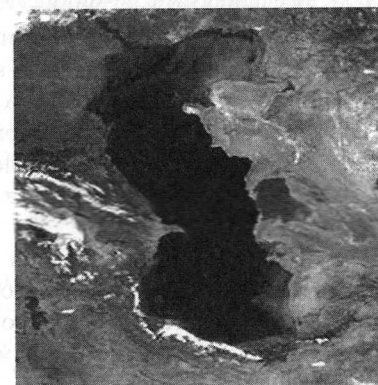


Рисунок 36. Снимок разливов нефти на Каспийском море

Радиолокационная съемка всепогодна и независима от освещения, однако ее возможности ограничены состоянием поверхности моря. Контрасты шероховатости на морской поверхности могут вызывать и другие процессы в океане и атмосфере, создавая сходные радиолокационные образы. Однако способность радиолокаторов к всепогодному мониторингу делает их незаменимым средством дистанционного зондирования.

Возможность радиолокаторов с синтезированной апертурой обнаруживать загрязнения на морской поверхности в целом зависит от геометрии съемки, скорости ветра (состояния поверхности моря), типа загрязняющего вещества и других факторов. На радиолокационных снимках можно достаточно точно определить положение, форму и размер пятен; при повторных съемках – направление и скорость дрейфа.

С помощью радиолокаторов с синтезированной апертурой высокого разрешения возможно осуществлять локальный мониторинг районов морской нефтедобычи на шельфе, морских путей перевозки нефти, оперативно контролировать места аварий танкеров, экологическую обстановку во внутренних морях, в портах и в местах сброса сточных вод. Для решения задачи обнаружения и локализации нефтяных загрязнений на морской поверхности, а также для определения типа загрязнения необходимо привлекать дополнительную информацию, поскольку визуальный анализ радиолокационных снимков не позволяет достаточно надежно классифицировать наблюдаемые пятна, а также отличить нефтяные слики от сликов органических СПАВ биогенного происхождения.



## 7.2. Применение дистанционного зондирования в задачах выявления чрезвычайных ситуаций

Многие из перечисленных выше задач (мониторинг лесных пожаров, оценка зон затопления и т. д.) можно отнести также к задачам обнаружения и контроля чрезвычайных ситуаций (ЧС). Методы дистанционного зондирования Земли из космоса позволяют на принципиально новом уровне подойти к решению задач выявления ЧС; явлений, приводящих к ЧС; а также оценки их последствий. Интенсивно развивается оперативное картографирование ЧС.

Оперативное картографирование наводнений, зон землетрясений, вулканизма помогает оптимизировать стратегии борьбы с последствиями стихийных бедствий. Ведется оперативный контроль за загрязнением природной среды – например, за нефтяными разливами в морях и океанах по данным радиолокационной съемки.

Данные дистанционного зондирования, благодаря охвату и периодичности спутниковой съемки, позволяют оперативно оценивать обстановку и служат основой для своевременного прогноза многих чрезвычайных ситуаций. При разработке превентивных мер эти данные используются для решения следующих задач:

- 1) определения и картографирования наиболее опасных мест;
- 2) прогноза вероятности возникновения природных и техногенных катастроф;
- 3) мониторинга явлений для определения начала и возможных вариантов развития катастрофических процессов.

Космические снимки используют для получения информации о размерах пострадавшей территории, уровне нанесенного ущерба и нуждах местного населения. Поскольку в период таких событий время становится жизненно важным фактором, данные должны передаваться практически без задержки. Во время наводнений и засух можно использовать снимки, которые обладают невысоким пространственным, но высоким временным разрешением. Данные с геостационарных спутников, которые передаются на Землю каждые полчаса, используют для мониторинга таких непродолжительных природных катастроф, как циклоны и торнадо. В общем случае для борьбы с ЧС полезно использовать комбинацию различных наборов данных, каждый из которых характеризуется высокой пространственной, временной или спектральной разрешающей способностью. Обработка, анализ и сопоставление данных дистанционного зондирования Земли повышает оперативность реагирования на техногенные и природные ЧС, позволяет эффективнее бороться с последствиями аварий

и катастроф (загрязнений при добыче и транспортировке полезных ископаемых, лесных пожаров, паводков, наводнений и т.п.).

### *Высокогорные стихийно-разрушительные явления.*

Высокая активность опасных природных процессов в горных районах делает космическую съемку важным инструментом мониторинга и предотвращения чрезвычайных ситуаций. В горах широко распространены гравитационные процессы, к которым относятся снежные лавины и селевые потоки, нередко имеющие катастрофический характер и сопровождающиеся гибелью людей, повреждением или разрушением дорог, построек и т.д., а также изменением природной среды. Результаты схода селей и лавин проявляются в гибели лесов, изменении рельефа – появлении нагромождений обломков или глыбекаменной массы, образовании аккумулятивных форм своеобразных очертаний в горных долинах, по которым участки схода лавин и селей опознаются на местности и могут быть определены на снимках.

К *экстремальным метеорологическим явлениям (ЭМЯ)*, наблюдающимся на территории Казахстана в холодный период года, относятся: сильные снегопады и метели, сопровождаемые штормовыми и даже ураганскими ветрами, сильные продолжительные морозы, гололедные явления, поздние весенние заморозки, сильный туман, гололед и др. В теплый период года отмечаются сильные ливни, сопровождаемые грозами, градом и шквалистым усилением ветра, сильные пыльные бури. В летний период также отмечаются случаи чрезвычайной пожарной опасности. Кроме того, в Казахстане характерны сильные засухи, приводящие к резкому снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

В Казахстане наиболее часто повторяются следующие ЭМЯ: сильный ветер, сильный дождь, сильная метель, сильный снег и сильный туман. Наиболее расположенным регионам в отношении проявления ЭМЯ относятся: Западно-Казахстанская, Атырауская, Мангистауская, Кызылординская и Павлодарская области, хотя в каждой области отмечаются в среднем за год 1-3 случая с ЭМЯ.

21 июля 2013 года в средней зоне предгорной части Илийского Алатау в связи с прохождением атмосферных фронтов были отмечены обильные осадки в виде дождя (более 50 мм за сутки). В результате 21 июля в 18 час. 45 минут произошел селевой выброс по руслу р. Чимбулак с расходом до 20 м<sup>3</sup>/с (по данным ГУ «Казселезащита») с выходом в реку Сарысай. На р. Сарысай потоком было снесено тросово-сетчатое противоселевое сооружение, установленное в 1966 году. В понижении перед мостом на трассе с интенсивным движением между ледовым комплексом Медео и горнолыжным комплексом Чимбулак селевая масса остановилась и образовала завал объемом примерно 150-200 м<sup>3</sup> (рис. 37).



Рисунок 37. Образование завала перед мостом трассы Медео-Чимбулак

2016 год в Казахстане войдет в ряд лет с частыми случаями ЭМЯ. Только в г. Алматы с апреля по июль 2016 года было 10 случаев с ливневым дождем, сопровождавшимся порывистым ветром, иногда и с градом, которые затрудняли движение транспорта и людей, ломали деревья, подтопляли дома. Так, например, вечером 18 июля 2016 года г. Алматы погрузился во мрак летнего шторма – пошел сильный ливень, разразилась гроза, подул шквалистый ветер, местами выпал крупный град. Подобные явления хотя и не редкость в предгорьях Илийского Алатау, но эта стихия была особенной. На фото (рис. 38) видно, что г. Алматы накрыло мощное грозовое облако, своего рода мезоциклон с характерным вращающимся восходящим воздушным потоком. Такие мезоциклоны, хотя по масштабу небольшие (диаметр до 50 км), могут вызвать ливневые осадки с градом и со штормовым ветром.

**Цунами** (рис. 39) – это особый класс поверхностных гравитационных волн, распространяющихся в океане на большие расстояния от места своего возникновения. В глубоком океане высота волн цунами не превышает десятка сантиметров, на шельфе волны замедляются, укорачиваются, высота их увеличивается, а в прибойной зоне может достигать десятков метров. Прогнозировать с достаточной точностью высоту цунами у берега современная наука пока еще не в состоянии.

Традиционные методы предупреждения цунами основаны на сейсмической информации, получаемой сразу после землетрясения, и на расчетах времени прихода волны и ее высоты. Однако эффективность этих методов снижается из-за отсутствия данных о параметрах цунами в открытом океане, что повышает уровень ложных тревог.



Рисунок 38. Мощное грозовое облако над г. Алматы. 18 июля 2016 г.  
Фото gismeteo.ru

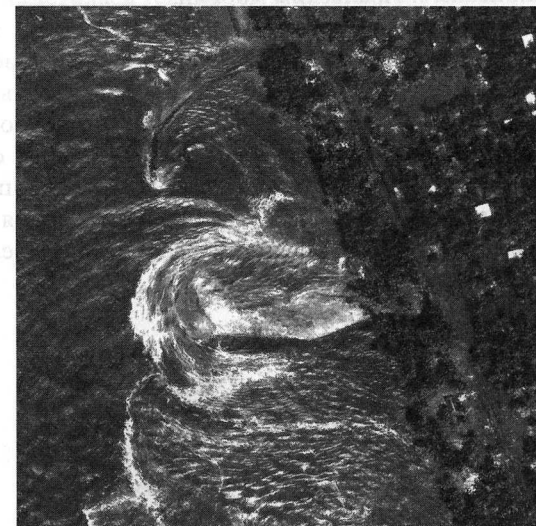


Рисунок 39. Цунами у побережья о. Шри-Ланка 26 декабря 2004 г.  
на снимке со спутника QuickBird

Современные радиоальтиметры, обеспечивая измерения уровня океана, дают информацию для решения широкого круга задач, связанных с уточнением формы геоида, картографированием гравитационных аномалий поля уровня океана, измерением геострофических течений, высоты

приливов, штормовых нагонов, высоты морских волн. Что же касается высоты волны в глубоком океане, то именно со спутника Topex/Poseidon впервые были измерены параметры сейсмических волн. Цунами в Индийском океане было обнаружено через 2 часа после индонезийского землетрясения 26 декабря 2004 г. с помощью альтиметра на спутнике Jason-1.

Большой объем информации о величине и степени разрушений, вызванных этим цунами, получают с помощью космических снимков. Для оценки ущерба, нанесенного цунами, в основном применяются системы наблюдений в видимом диапазоне высокого разрешения с самолетов и космических аппаратов.

В истории развития нашей страны наблюдались неоднократно колебания уровня внутренних водоемов на суше. Их причины еще не вполне ясны и исследуются учеными. Но иногда из-за неразумной деятельности человека эти колебания значительно усиливаются, что существенным образом сказывается на жизни обитателей данных районов. Именно так случилось с Каспийским и Аральским морями.

**Экологические проблемы Каспийского моря.** В связи с географическим положением в пустынной зоне Каспийское море имеет большое народнохозяйственное значение. В море обитает более 50 видов рыб. В частности, ценные породы семейства осетровых. В прошлом веке уровень моря неоднократно подвергался колебаниям. Начиная с 30-х годов уровень воды в море постоянно понижался, из-за чего площадь его заметно сократилась. Однако с 1977 года уровень Каспия стал резко подниматься – более чем на 2 м. Подъем уровня воды привел к затоплению прибрежных земель.

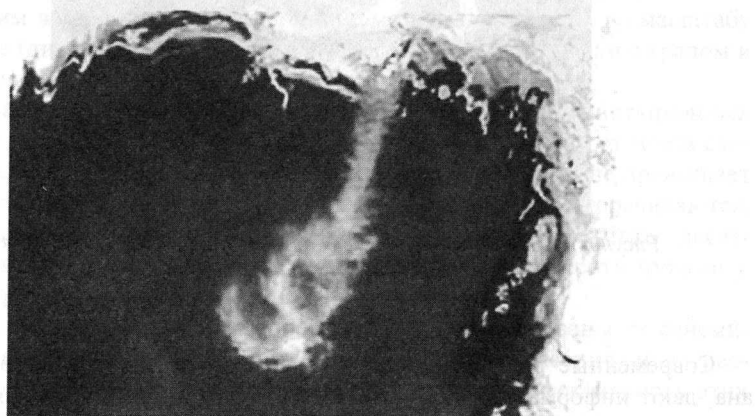


Рисунок 40. Снимок загрязнения каспийского моря

В последние годы территория Каспийского моря – важного региона по добыче нефти и газа – считалась зоной экологического бедствия:

- подъем уровня воды в море привел к затоплению прибрежных территорий: уменьшилась площадь сельскохозяйственных угодий; месторождения, расположенные вблизи Каспия, находились под угрозой затопления, что могло привести к смыванию нефтяной пленки с побережья в море – это могло повлечь за собой гибель планктона и, следовательно, других видов морской флоры и фауны;
- освоение месторождений нефти и газа привело к изменению среды обитания организмов, сокращению численности осетровых;
- строительство водохранилищ на Волге, развитие нефтяных промыслов еще более осложнило сложившуюся экологическую ситуацию.

В настоящее время основная площадь водоохраных зон Каспия находится в удовлетворительном состоянии. Благоприятным фактором является то, что наметилась тенденция к снижению уровня Каспийского моря.



## ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Что понимается под ДЗЗ. Что представляют собой данные ДЗЗ?
2. Назовите основные преимущества использования ДЗЗ.
3. Какой комитет является основным международным консультативным органом координации политики в области ДЗЗ?
4. Опишите основные этапы развития технологий ДЗЗ.
5. Какой КА считается пионером ДЗЗ?
6. Назовите основные тенденции в развитии технологий ДЗЗ.
7. Какие диапазоны ЭМ спектра используются в ДЗЗ?
8. Что такое окна прозрачности земной атмосферы?
9. Опишите особенности кривой спектральной яркости растительности. Чем они обусловлены?
10. Назовите основные элементы наземного и орбитального сегментов системы ДЗЗ.
11. Какие способы передачи данных ДЗЗ на Землю Вы знаете?
12. Какие преимущества обеспечивает использование круговых солнечно-синхронных орбит ИСЗ?
13. Какие орбиты ИСЗ обеспечивают максимальный охват территории?
14. Приведите классификацию съемочных систем по технологии получения снимков.
15. Перечислите преимущества использования радиолокационных систем.
16. Опишите идею синтезированной апертуры антенны.
17. Какие основные характеристики данных ДЗЗ Вы знаете?
18. Какие характеристики КС зависят от высоты орбиты спутника?
19. В каком диапазоне могут изменяться спектральные яркости пикселей изображения с РР 11 бит?
20. Приведите основные характеристики данных, получаемых со спутников серии NOAA.
21. Какие современные системы ДЗЗ позволяют получать КС сверхвысокого РР?
22. Опишите основное предназначение каналов камеры Landsat TM.
23. Какие современные системы ДЗЗ оснащены приборами для проведения радиолокационной съемки?
24. Проведите сопоставительный анализ космических систем ДЗЗ по следующим критериям: РР, ширина полосы обзора, наличие панхроматического канала, возможность проведения стереосъемки, стоимость съемки 1 кв. км поверхности Земли.
25. Опишите, какие структуры данных используются для упорядочивания данных ДЗЗ.

26. Какие уровни обработки данных ДЗЗ Вы знаете?
27. Почему требуется радиометрическая коррекция данных ДЗЗ?
28. В результате чего появляется полосчатость на изображениях и как она устраняется?
29. Каким образом корректируется выпадение строк изображения?
30. Запишите полиномы для выполнения аффинных преобразований.
31. Какие искажения позволяют корректировать нелинейные способы трансформирования изображений?
32. Какие требования предъявляются к количеству и расстановке пар НКТ?
33. Опишите методы назначения значений яркости пикселям трансформированного изображения.
34. Почему при трансформировании мультиспектральных изображений, используемых в дальнейшем при классификации, для определения значений яркостей пикселей используют метод ближайшего соседа?
35. Какие дополнительные данные требуются для выполнения операции ортотрансформирования изображений?
36. Дайте определение гистограммы.
37. Для чего используются спектральные преобразования изображений?
38. Опишите базовую операцию пространственной фильтрации.
39. Дайте определение пространственной частоты. Какие участки на изображении относятся к областям высокой (низкой) пространственной частоты?
40. Какие три категории пространственных фильтров Вы знаете? Опишите их особенности.
41. Какие фильтры позволяют удалять шумы при меньшей расфокусировке границ?
42. В чем отличие изотропных и анизотропных фильтров выделения границ?
43. С какой целью производят дешифрирование КС?
44. В чем отличие между прямым и индикационным дешифрированием КС?
45. Какие виды дешифровочных признаков Вы знаете?
46. В чем состоит задача классификации объектов? В чем различие между методами контролируемой и неконтролируемой классификации?
47. Какие основные требования предъявляются к обучающим выборкам (ОВ)? Какие характеристики имеют репрезентативные ОВ?

48. Какие способы создания ОВ Вы знаете? На чем основаны параметрические и непараметрические ОВ?
49. Опишите идею детерминистского подхода к решению задач классификации.
50. Какие методы классификации, основанные на детерминистском подходе, Вы знаете? Опишите их достоинства и недостатки.
51. Приведите решающее правило классификации по максимуму правдоподобия.
52. Приведите последовательность выполнения шагов кластерного алгоритма.
53. Опишите модель перцептрона для двух классов образов.
54. Дайте определение активирующей функции.
55. Опишите модель многослойной нейронной сети без обратной связи.
56. Какие характеристики текстуры, основанные на гистограмме, Вы знаете?
57. Как строится яркостная матрица смежности? Какие текстурные дескрипторы основаны на ее использовании?
58. Какие способы используются для оценки точности классификации? Опишите способ оценки точности классификации, основанный на построении матрицы классификации.
59. Дайте определение вегетационного индекса.
60. Что такое почвенная линия?
61. Назовите ВИ, устойчивые к влиянию почвы.
62. Какие ВИ являются устойчивыми к влиянию атмосферы?
63. Какие ВИ необходимо использовать в случае изучения территории с разряженной растительностью?
64. Перечислите основные дополнительные модули, позволяющие расширить функциональные возможности базовых пакетов ERDAS Imagine.
65. Назовите главную особенность системы ERDAS ER Mapper.
66. Какие алгоритмы классификации с обучением реализованы в программном пакете MultiSpec.
67. Используя данные сети Интернет, проведите сравнительный анализ систем обработки космических снимков.
68. Какое пространственное разрешение должны иметь КС, используемые для построения топографических карт М 1:100000?
69. Назовите четыре основные области, в которых применяются ДЗЗ при решении задач оценки природных ресурсов и окружающей среды.
70. Для решения каких задач могут быть использованы разновременные КС?

71. Назовите прикладные задачи, которые можно отнести к задачам обнаружения и контроля чрезвычайных ситуаций.
72. Каким образом данные ДЗЗ могут быть использованы для обнаружения месторождений полезных ископаемых?
73. Какие требования предъявляются к данным ДЗЗ при решении различных прикладных задач?

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алинов М.Ш. Технологии точного земледелья: учебное пособие. – Алматы: «Бастау», 2018. – 264 с.
2. Егоров В.А. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. – М.: Полиграфсервис, 2004. – С. 431-436.
3. Картоведение: учебник для вузов. А.М. Берлянт; под ред. А.М.Берлянта. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 477 с.
4. Кашкин В.Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учеб. пособие / В.Б.Кашкин, А.И.Сухонин. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
5. Книжников Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований: учеб. для студентов вузов / Ю.Ф.Книжников, В.И.Кравцова, О.В.Тутубалина. – М.: Академия, 2004. – 336 с.
6. Лабутина И.А. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ: метод. пособие / И.А.Лабутина, Е.А.Балдина. – М., 2011. – 88 с.
7. Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды: учеб. пособие / В.И.Козинцев [и др.]; под ред. В.Н.Рождествина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. – 528 с.
8. Савиных В.П. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования / В.П.Савиных, В.Я.Цветков. – М.: Геодезиздат, 2001. – 28 с.
9. Самардак А.С. Геоинформационные системы: учеб. пособие / А.С.Самардак. – Владивосток: ТИДОТ ДВГУ, 2005. – 123 с.
10. Токарева О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учеб. пособие / О.С.Токарева. – Томск: Изд-во Том. политех. ун-та, 2010. – 148 с.
11. Трифонова Т.А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях / Т.А.Трифорова, Н.В.Мищенко, А.Н.Краснощеков. – М.: Академический проект, 2005. – 350 с.
12. Царев В.А. Неконтактные методы измерения в океанологии / В.А.Царев, В.П.Коровин. – СПб. : Изд-во РГГМУ, 2005. – 184 с.
13. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М.Чандра, С.К.Гош. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.
14. Бузинов Б.И., Макарова М.Г., Скарятин В.Д. Основы дистанционных методов исследования состояния окружающей среды: учебное пособие. – М.: Изд-во РУДН, 1997. – 102 с.
15. Востокова Е.А., Шевченко Л.А., Сушня В.А. Картографирование по космическим снимкам и охрана окружающей среды. – М.: Недра, 1982. – 251 с.
16. Востокова Е.А., Сушня В.А., Шевченко Л.А. Экологическое картографирование на основе космической информации. – М.: Недра, 1988. – 223 с.
17. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Геоэкологическая оценка территорий. – М.: Наука, 2005. – 319 с.
18. Злобин В.К., Еремеев В.В. Обработка аэрокосмических изображений. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 288 с.
19. Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тихунов В.С. Геоинформатика: учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 496 с.
20. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований: учебник для студ. высших учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.
21. Комедчиков Н.Н. Экологическое картографирование в России // Известия РАН. Серия географическая. 1994. – № 1. С. 107-118.
22. Кочуров Б.И., Шишкина Д.Ю., Антипова А.В. Геоэкологическое картографирование: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 192 с.
23. Кравцова В.И. Космические методы картографирования. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 240 с.
24. Кронберг П. Дистанционное изучение Земли. Основы и методы дистанционных исследований в геологии / пер. с нем. – М.: Мир, 1988. – 349 с.
25. Крупенио Н.Н. Аэрокосмические платформы для картирования ландшафтов и экологического мониторинга. – М.: Изд. МИИТ, 2000. – 100 с.
26. Курбатова А.С. Экологическое картографирование в градостроительном проектировании. – Москва-Смоленск: НИИПИЭГ, Манджента, 2006. – 192 с.
27. Лабутина И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: учебное пособие для студентов вузов. – М.: Аспект Пресс, 2004. – 184 с.
28. Макаров В.З., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Эколого-географическое картографирование городов. – М.: Научный мир, 2002. – 140 с.
29. Малинников В.А., Стеценко А.Ф., Алтынов А.Е. Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами. – М.: МИИГАиК, 2009. – 140 с.
30. Крылова В.С. Применение ГИС-технологий для картографирования экодинамических процессов на территории Атырауской области/ Вестник КазККА № 1(62), 2010.– Алматы. Институт географии. – с. 250-256.



1.  
2.  
3.  
4.  
5.  
6.  
7.  
8.  
9.  
10.  
11.  
12.  
13.  
14.

**М.Ш. Алинов**

**ЖЕРДІ ЦИФРЛЫҚ ӘДІСПЕН ЗЕРТТЕУ**  
**ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

ISBN 978-601-7275-90-7

Компьютерде беттеген және мұқабә дизайнін жасаған – Любвицкая Елизавета

Басуға 2019 жылы қол қойылды.  
Форматы 60x84 1/16. Көлемі 14,5 баспа табак.  
Times гарнитурасы. Офсеттік басылым.  
Тапсырыс № 555. Тиражы – 500 дана.

«Бастау» баспасы  
Мемлекеттік лицензия – № 0000036  
ҚР Білім және ғылым министрлігі.  
ҚР Ұлттық мемлекеттік кітап палатасының  
халықаралық код беру туралы №155 –  
978-601-281 сертификаты.  
Қазақстан Республикасы Ұлттық бизнес-рейтингінің  
«Лидер отрасли – 2018» ұлттық сертификаты.  
Алматы қаласы, Сейфуллин даңғылы, 458/460-95.  
Тел.: 279 49 53, 279 97 32.

«Полиграфсервис» баспаханасында басылды (тел.: 233 32 53).  
Алматы қаласы, 050050, Зеленая көшесі, 13-а.