

**Имамджанов Х.А. Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти Амалий метеорология бўлими мудирини,
Кадиров Б.Ш. Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти Булутлар физикаси ва атмосфера жараёнларига фаол таъсир этиш лабораторияси мудирини,
Филиппов С.Г. Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти Булутлар физикаси ва атмосфера жараёнларига фаол таъсир этиш лабораторияси кичик илмий ходими,
Сайдиллаева С.Н. Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти Булутлар физикаси ва атмосфера жараёнларига фаол таъсир этиш лабораторияси катта илмий ходими,
Бобохонова М.Н. Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти Амалий метеорология бўлими кичик илмий ходими
Омонов Ш.Ш. Гидрометеорология хизмати агентлиги Гидрометеорологик таъминот бошқармаси Гидрометеорологик прогнозлар ахборот-таҳлил бўлими бошлиғини**

МЕТЕОРОЛОГИЯДА КОМПОЗИТ ХАРИТАЛАР ВА ГЕОГРАФИК АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ: ЗАМОНАВИЙ ЁНДАШУВЛАР ВА ИСТИҚБОЛЛИ ЙЎНАЛИШЛАР

Аннотация. Мақолада атмосфера жараёнларини таҳлил қилишнинг тезкорлиги ва аниқлигини ошириш мақсадида радиолокацион кузатувларни геоахборот технологиялари билан интеграциялашнинг замонавий усуллари таҳлил қилинади. Об-ҳаво ҳодисаларини макон ва замонда самарали мониторинг қилиш воситаси сифатида композит хариталар яратишга алоҳида эътибор берилган. Радиолокацион кузатиш усуллари афзалликлари, маълумотларни географик жойлаштириш масалалари, шунингдек, метеорологик тадқиқотларда геоахборот технологияларидан фойдаланиш имкониятлари батафсил ёритилган. Ушбу технологияларни гидрометеорология соҳасида амалий қўллаш бўйича мисоллар келтирилган ва уларни ривожлантириш истиқболлари ҳақида хулосалар чиқарилган.

Калит сўзлар: композит хариталар, геоахборот технологиялар, метеорологик радиолокаторлар, ёғингарчилик, фазовий мослашув, об-ҳаво прогнози.

**Imamdjanov Kh.A. Head of the Applied Meteorology Department,
Hydrometeorological Research Institute
Kadirov B.Sh. Head of the Laboratory of Cloud Physics and Active
Influence on Atmospheric Processes, Hydrometeorological Research Institute**

Filippov S.G. Junior Researcher at the Laboratory of Cloud Physics and Active Influence on Atmospheric Processes, Hydrometeorological Research Institute
Saydillaeva S.N. Senior Researcher at the Laboratory of Cloud Physics and Active Influence on Atmospheric Processes, Hydrometeorological Research Institute
Bobokhonova M.N. Junior Researcher at the Applied Meteorology Department, Hydrometeorological Research Institute
Karataev M.N. Junior Researcher at the Applied Meteorology Department, Hydrometeorological Research Institute
Institute of Cloud Physics and Atmospheric Processes junior researcher of the active reaction laboratory,
Saydillaeva S.N. Hydrometeorological Research Institute of Cloud Physics and Atmospheric Processes senior researcher of the active reaction laboratory,
Bobokhonova M.N. Hydrometeorological Research junior researcher of the Department of Applied Meteorology of the Institute
Omonov Sh.Sh. Head of the Information and Analytical Department of Hydrometeorological Forecasts of the Hydrometeorological Supply Department of the Hydrometeorological Service Agency

COMPOSITE MAPS AND GEOGRAPHIC INFORMATION TECHNOLOGIES IN METEOROLOGY: MODERN APPROACHES AND PROMISING DIRECTIONS

Abstract. This article analyzes modern methods of integrating radar observations with geographic information technologies to enhance the speed and accuracy of atmospheric process analysis. Special attention is given to the creation of composite maps as a tool for effective spatial and temporal monitoring of weather phenomena. The advantages of radar observation methods, issues of geographic data placement, as well as the potential applications of geographic information technologies in meteorological research are described in detail. Examples of the practical application of these technologies in the field of hydrometeorology are provided, and conclusions are drawn regarding the prospects for their future development.

Keywords: composite maps, geoinformation technologies, meteorological radars, precipitation, spatial adaptation, weather forecasting.

Асосий қисм. Замонавий метеорология атмосфера жараёнларини юқори аниқлик ва тезкорлик билан прогноз қилишга интиломқда. Бу мақсадга эришишнинг самарали усулларидан бири геоахборот технологиялари билан биргаликда композит радиолокацион хариталардан фойдаланишдир. Ушбу

технологиялар атмосфера ҳолатини узлуксиз кузатиш ва хавфли об-ҳаво ҳодисаларини реал вақт режимида таҳлил қилиш имконини беради.

Атмосфера жараёнларини назорат қилиш воситаларини ривожлантириш ва такомиллаштириш йўналишларидан бири атмосферани масофадан зондлаш усулларини қўллашдир. Бу усуллар синоптикларнинг атмосфера ҳолати ва унинг ўзгаришлари ҳақида масофавий ва узлуксиз маълумот олиш бўйича амалий эҳтиёжларини кўп жиҳатдан қондиради. Улар тезкор метеорологиянинг илғор технологияси ҳисобланиб, метеорологик жараёнларни ҳам маконда, ҳам замонда юқори тезкорлик ва деярли узлуксиз кузатиш имконини беради.

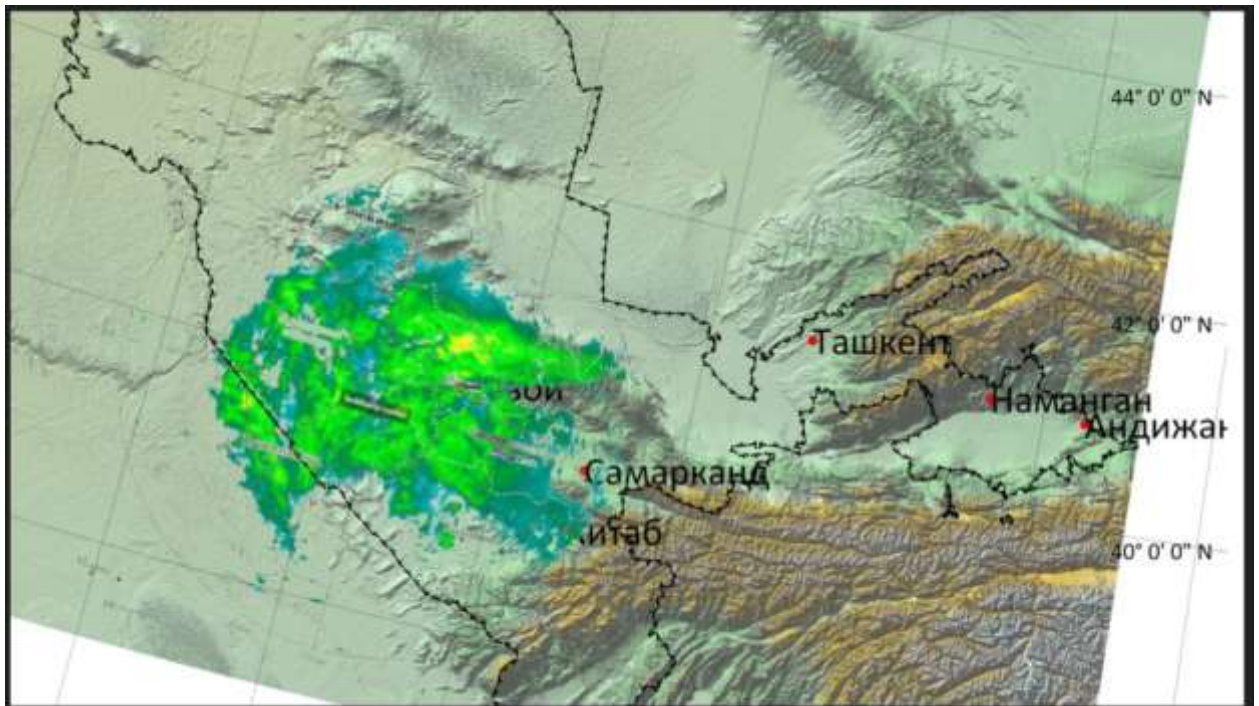
Геоахборот технологиялари (ГАТ) — географик маълумотларни йиғиш, сақлаш, таҳлил қилиш, бошқариш ва визуаллаштириш имконини берувчи технологиялар мажмуасидир. Ушбу технологиялар метеорология, гидрология, экологик мониторинг ва хавфли ҳодисаларни прогноз қилиш каби соҳаларда кенг қўлланилмоқда [6].

Метеорологияда ГАТнинг қўлланилиши.

1. Метеорологик маълумотларни сақлаш ва бошқариш – ГАТ маълумотларни марказлаштирилган тарзда сақлаш ва бошқариш имконини беради. Радиолокация ва сунъий йўлдош маълумотлари каби метеорологик маълумотлар ГАТ тизимларида сақланиб, улардан фойдаланиш имконияти яратилади [12].

2. Метеорологик маълумотларни таҳлил қилиш – ГАТ маълумотларни кенг қўламда таҳлил қилиш имконини яратади. Масалан, радар маълумотлари асосида ёғингарчиликнинг тарқалиши, жадаллиги ва динамикаси таҳлил қилиниши мумкин. Бу ахборот сел, тошқин ва бошқа табиий офатлар хавфини баҳолашда муҳимдир [2].

3. Табиий офатлар хавфини моделлаштириш ва прогноз қилиш – ГАТ табиий офатларнинг тарқалиш ҳудудини моделлаштириш, хавфли зоналарни аниқлаш ва прогноз қилиш имкониятини яратади. Метеорологик радарлардан олинган маълумотлар ГАТда ишланиб, хавфли ҳудудлар ва аҳоли учун таҳликали нуқталар кўрсатилади [4].



1-расм Ўзбекистон харитасига ArcMap дастури ёрдамида МРЛдан олинган булутлилик тасвири жойлаштириш

4. Визуаллаштириш ва ахборот тарқатиш – ГАТ орқали метеорологик маълумотлар фойдаланувчиларга визуал кўринишда тақдим этилади. Бу ёғингарчилик хариталари, булутлилик динамикаси ва бошқа маълумотларни фойдаланишни анча енгиллаштиради [13].

5. Кўп манба маълумотларни интеграция қилиш – радиолокация, сунъий йўлдош, метеостанция ва бошқа манбалардан олинган маълумотлар ГАТда бирлаштирилиб, метеорологик жараёнларни комплекс баҳолаш имкониятини беради. Бу эса метеорологик моделлаштиришда муҳим аҳамиятга эга [7].

Композит харита (композит) - икки ёки ундан ортиқ кузатувларни биргаликда таҳлил қилиш усули ҳисобланади.

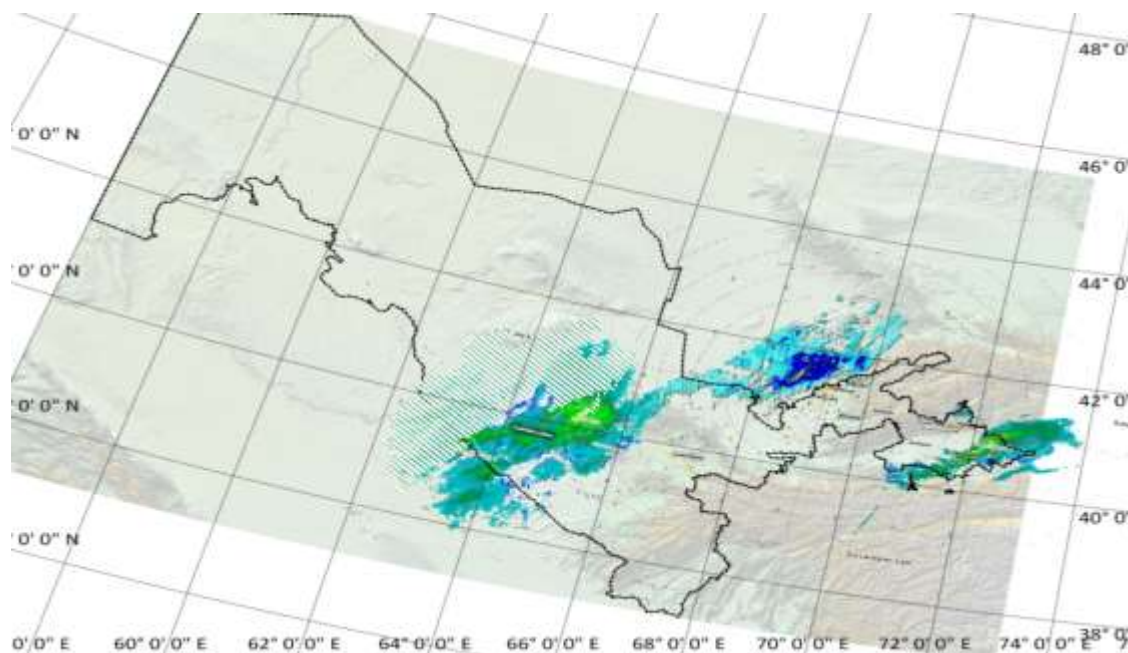
Композит харита нафақат иккита, балки ундан кўпроқ кузатувлар учун ҳам тузилиши мумкин. Кейинги ҳолатларда у кўриб чиқиладиган барча ҳодисалар гуруҳининг хусусиятларини акс эттиради (2-расм).

Хавфли ҳодисалар, айниқса конвектив булутлар билан боғлиқ бўлганлари, жуда тез ривожланади. Шу сабабли, радиолокацион кузатувларнинг асосий амалий мақсади нафақат бундай ҳодисаларни аниқлаш ва уларнинг ривожланиш босқичини баҳолаш, балки ҳимоя чораларини ўз вақтида кўриш учун маълумотни энг қисқа муддатда истеъмолчига етказишни таъминлашдир. Шунингдек, аҳолини фавқулодда вазият ҳақида зудлик билан хабардор қилиш ҳам муҳим аҳамиятга эга.

Композит карталар қуйидагиларга имкон беради:

- Ўзбекистоннинг бутун ҳудудида синоптик миқёсдаги жараёнларнинг (атмосфера фронтлари, бўрон чизиклари, ёғингарчилик зоналари) ривожланишини 15-20 дақиқа оралиғида тезкор кузатиш;

- ёмғирли тўп-тўп булутлар ва ёғингарчилик майдонлари билан боғлиқ хавфли об-ҳаво ҳодисалари ҳақидаги ўта қисқа муддатли башоратлар ва бўронли огоҳлантиришларни тайёрлашда радиолокацион метеорологик маълумотлардан фойдаланиш.



2-расм. Тошкент, Бухоро ва Наманган шаҳарларидаги учта МРЛ маълумотлари асосида 2024 йил 1 мартдаги синоптик жараённи кузатишлар натижасида тузилган композит харита.

Композит хариталарни тезкор тузиш атмосфера жараёнларини таҳлил қилиш ва жорий прогноз қилиш учун радиолокацион маълумотларнинг аҳамиятини сезиларли даражада оширади. Композит карталарни тузишдаги яна бир муаммо аниқ географик мослаштириш ҳисобланади. Географик мослаштириш учун тасвирларни мўлжал нуқталари бўйича боғлаш технологияси қўлланилди. Бу бизнинг мақсадларимиз учун қониқарли бўлган 1-2 пиксел кафолатланган аниқликка эришиш имконини беради. Таъкидлаш жоизки, кўпчилик айланма кўриш индикатор тасвирлари растр маълумотлари бўлгани учун тузатишларсиз ҳам ушбу аниқликни қаноатлантиради.

Растр маълумотлари одатда сканерланган қоғоз хариталар ёки сунъий йўлдош тасвирлари тўпламларидан иборат бўлади. Хариталарни сканерлаш орқали олинган маълумотлар тўпламлари кўпинча фазовий боғланишга эга бўлмайди (тўплам ичида ҳам, алоҳида файл кўринишида ҳам). Баъзан аэрофотосуратлар ёки сунъий йўлдош тасвирлари билан бирга келадиган жойлашув маълумотлари ноаниқ бўлиб, бундай маълумотларни бошқа мавжуд фазовий маълумотлар билан тўғри мослаштириш имконсиз бўлади. Шу сабабли, айрим растр маълумотлар тўпламларини бошқа фазовий маълумотларингиз билан биргаликда ишлатиш учун, ушбу растр маълумотлар

тўпламларини харита координаталари тизимида фазовий боғлашни амалга оширишингиз керак бўлади. Хаританинг координаталар тизими харита проекцияси (Ернинг ясси бўлмаган сиртини текис юзага проекциялаш усули) ёрдамида белгиланади.

МРЛ ва уларнинг маълумотларини фазовий боғлаш JPS координаталаридан фойдаланган ҳолда жойлашувни кўрсатиш орқали амалга оширилади. Бунда улар орасидаги фарқни ҳисобга олиш зарур.

Географик координаталар — экватордан ва Гринвич меридианидан узоқликни ифодаловчи кенглик ва узунлик қийматларидан иборат.

JPS координаталари — эса жойдаги муайян нуқтага боғланган бўлиб, маҳаллий координаталар тизимида қўлланилади.

Шундай қилиб, географик координаталар ва JPS координаталари ўзига хос хусусиятларга эга бўлган ва турли вазиятларда қўлланиладиган ҳар хил координата турларидир.

Фазовий боғланган растрли маълумотлар маълумотларни кўриш, уларга сўровлар юбориш ва уларни бошқа географик маълумотлар билан биргаликда таҳлил қилиш имконини беради. Хаританинг координаталар тизими харита проекцияси (Ернинг нотекис сиртини текис сиртга проекциялаш усули) ёрдамида аниқланади.

Замонавий метеорологик тадқиқотларни ўтказиш картографик материаллардан фойдаланмасдан имконсиздир. Бу материаллар айниқса ўрганилаётган муаммоларга комплекс ёндашувда, хусусан, сув ресурслари, булутлар ва муайян ҳудуддаги ёғингарчилик миқдорини баҳолашда, шунингдек гидрометеорологик жараёнлар ва ҳодисаларнинг фазовий-вақт тақсимотини яратишда жуда муҳимдир. Шу боис, гидрометеорологик тадқиқотларни амалга оширишда ГАТдан фойдаланиш нафақат долзарб, балки истиқболли ҳам ҳисобланади.

Ахборот базасини қуйидаги материаллар ташкил этди:

- рақамли вектор хариталар (1:100000 ва 1:200000 масштабли);
- растрли хариталар (1:800000, 1:200000 ва 1:50000 масштабли);

Геоахборот технологиялари ва уларга боғлиқ усулларнинг моҳияти шундаки, улар ёрдамида маълумотлар базалари тўпланади ва яратилади, компьютер тизимларига киритилади, олинган маълумотлар сақланади, қайта ишланади ва ўзгартирилади. Бу жараёнлар турли масалаларнинг мумкин бўлган ечимларини (кўпинча харита шаклида ёки жадваллар, графиклар, матнлар кўринишида) шакллантириш мақсадида амалга оширилади.

Метеорологик кузатувларда ГАТдан фойдаланиш концепцияси қуйидаги зарур шарт-шароитларни яратишни назарда тутади:

1. Аниқлик: ГАТ ёғингарчилик майдонлари ҳақидаги маълумотларнинг юқори аниқлиги ва ишончилигини таъминлаши керак. Бу айниқса, метеорологик дастурларда муҳим, чунки ёғингарчилик прогнозидаги хатолик кишлоқ хўжалигини режалаштириш ёки сув ресурсларини бошқариш бўйича нотўғри қарорлар қабул қилинишига олиб келиши мумкин.

2. Янгилашиш тезлиги: Ёғингарчилик майдонлари ҳақидаги маълумотлар жорий вазият тўғрисида долзарб тасаввур бериш учун тез-тез янгилашиш туриши лозим. Маълумотлар қанчалик тез-тез янгиланса, об-ҳаво прогнози ва шу маълумотларга асосланган сув ресурсларини бошқариш шунчалик аниқ бўлади.

3. Қўлам: ГАТ талаб қилинадиган маълумотлар қўламага мос келиши шарт. Ёғингарчиликни кузатиш ва прогноз қилиш учун маҳаллий даражадан глобал миқёсгача бўлган турли қўламдаги маълумотлар билан ишлаш имкониятига эга бўлиш муҳимдир.

4. Бошқа маълумотлар билан интеграциялаш: Ёғингарчилик майдонлари учун ГАТ бошқа маълумотлар манбалари, жумладан радар маълумотлари, метеорологик кузатувлар ва об-ҳаво моделлари маълумотлари билан бирлаштириш керак. Бу ёғингарчилик майдонлари ҳақидаги маълумотларнинг аниқлиги ва тўлиқлигини ошириш ҳамда прогнозлар сифатини яхшилашга ёрдам беради.

5. ГАТ фойдаланиш учун содда ва кенг доирадаги фойдаланувчилар, шу жумладан метеорологлар, гидрологлар ва бошқа мутахассислар учун қулай бўлиши лозим. Фойдаланиш қулайлиги фойдаланувчиларга янги имкониятлар ва технологияларга тезроқ ва самаралироқ мослашиш имконини беради.

6. ГАТда қўлланиладиган маълумотлар барча фойдаланувчилар учун очиқ ва тушунарли бўлиши шарт. Бу бошқа тадқиқотчилар ва мутахассисларга ушбу маълумотлар билан ишлаш ва уларнинг сифати ҳамда аниқлигини ошириш имконини беради.

7. Географик боғлиқликни қўллаб-қувватлаш: Ёғин майдонларини кузатиш учун ГАТ географик боғлиқликни қўллаб-қувватлаши керак, бу эса ёғинларнинг жойлашуви ва тақсимланиши ҳақидаги маълумотларни аниқроқ тақдим этиш имконини беради.

8. Мувофиқлик: ГАТ бошқа дастурий маҳсулотлар ва тизимлар билан мувофиқликни таъминлаши лозим, бу эса ёғингарчилик майдонлари ҳақидаги маълумотларни бошқа иловалар ва хизматлар билан бирлаштириш имконини беради.

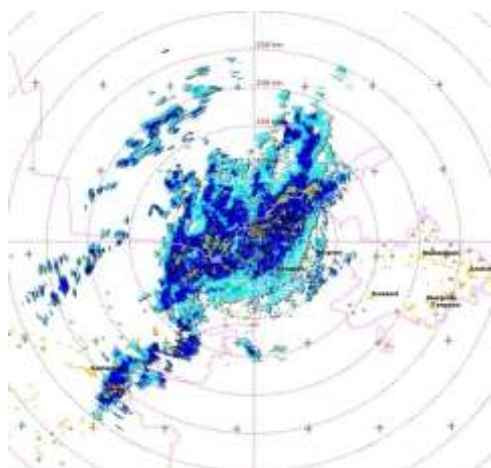
9. Тезкорлик: ГАТ катта ҳажмдаги маълумотларни қайта ишлаш ва реал вақт режимида натижаларни тақдим этиш учун юқори унумдорлик ва тезкорликка эга бўлиши зарур.

10. Мослашувчанлик: ГАТ ёғингарчилик майдонлари тўғрисидаги маълумотларни тўплаш технологиялари ва усулларидаги ўзгаришларни, шунингдек, фойдаланувчилар эҳтиёжларидаги ўзгаришларни ҳисобга олиш учун мослашувчан ва эгилувчан бўлиши керак.

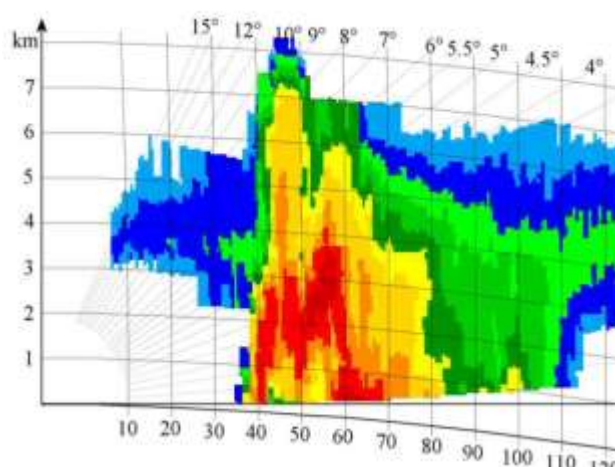
Метеорологик радиолокаторларни тармоққа бирлаштириш кўп ҳолларда метеорологик кузатувларнинг радиолокацион усули чекловларини бартараф этиш имконини беради:

- ёғингарчиликда радионурланишнинг кучсизланиши,
- алоҳида секторларда табиий (ер юзаси шакли, ўсимликлар) ва сунъий (бинолар ва иншоотлар) тўсиқлар туфайли радионурланишнинг тўсилиши,

Жараёнларни кузатишда қўлланиладиган усулга қараб, маълумотлар ё айланма кўриш индикатор туридаги кўрсаткичда (антеннанинг азимут бўйлаб айланиши билан, 3-расм), ёки "масофа-баландлик" кўрсаткичида (антеннанинг баландлик бурчаги бўйича тебраниши билан, 4-расм) акс этирилади.



3-расм. ДМРЛ айланма кўриш индикатор маълумотлари



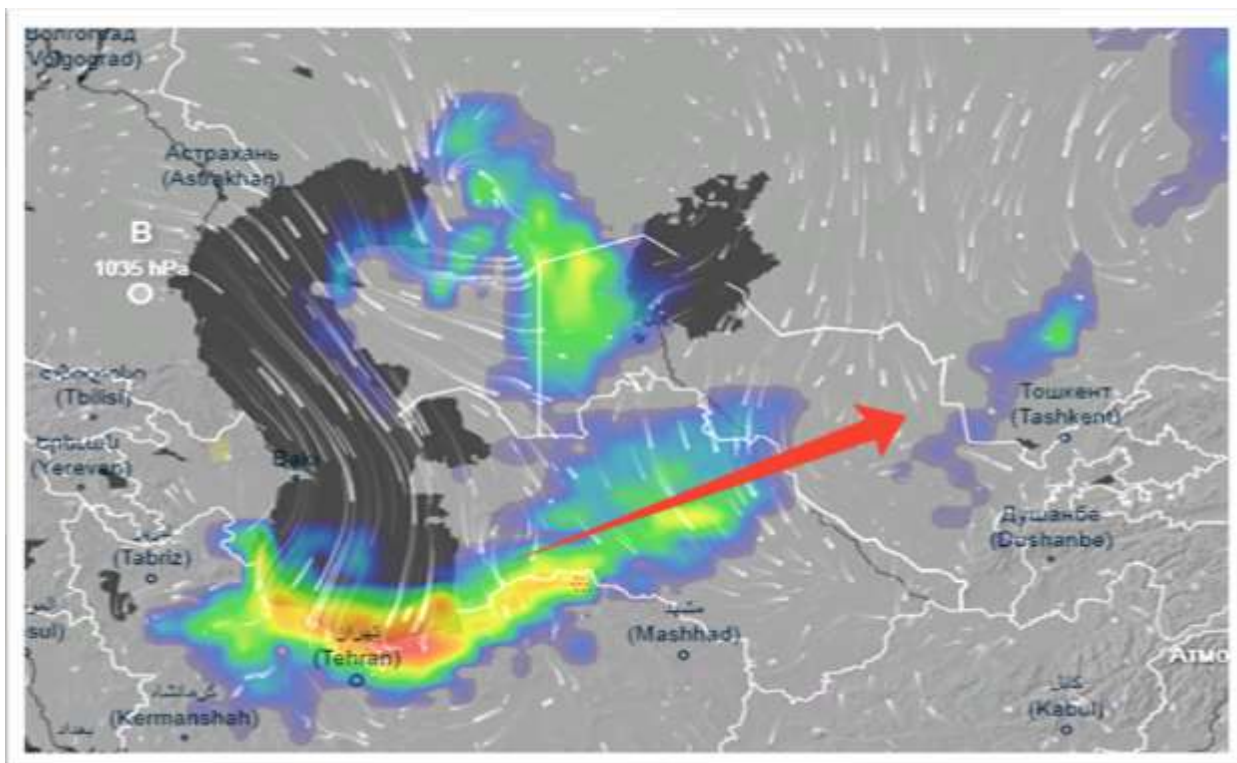
4-расм. ДМРЛ масофа ва баландлик кўрсаткичи маълумотлари

МРЛ тасвирини географик координаталар тизимига боғлаш.

Ерни шар ёки сфероид шаклида тасаввур қилишингиздан қатъи назар, унинг уч ўлчовли сиртини текис харита варағига ўтказиш зарур. Математик қонунлар асосида амалга ошириладиган бу ўзгартириш картографик проекция деб аталади.

Радиолокацион метеорологияга ГАТ технологияларининг кенг жорий этилиши ушбу йўналишдаги вазифаларнинг аксарияти фазовий хусусиятга эга эканлиги билан боғлиқ.

ГАТ технологияларининг жорий этилиши жараёнларни фазовий-тақсимланган тарзда тавсифлашга ўтишга, ёғингарчилик ва булутлилик майдонларини ифодаловчи тақсимланган моделларнинг ривожланишига кўмаклашди. Ҳозирги кунда ГАТ технологиялари радиолокацион метеорология бўйича тадқиқотларнинг умумэтироф этилган воситасига айланди.



5-расм. WORAD тармоғининг ёғингарчилик интенсивлиги харитасига мисол, кўчиш вектори ҳисобга олинган ҳолда. (Маълумот манбалари: WORAD, NOAA, EUMETSAT, DWD)

Ёғинларнинг фазовий тuzилиши ва миқдорий тақсимооти ҳақидаги маълумотларнинг қўлланилиш доираси ғоят кенг. Бир қатор гидрологик ва қишлоқ хўжалиги масалаларини ечиш, жумладан, оқимни ҳисоблаш ва қишлоқ хўжалиги экинлари ҳосилдорлигини прогноз қилиш, ёғинларнинг тупроқ эрозиясига таъсирини ўрганиш, сел тошқинлари ва уларнинг оқибатларини олдини олиш каби масалалар ёғинлар майдонларининг фазовий тuzилишига сезиларли даражада боғлиқ бўлади.

Халқ хўжалигининг турли тармоқлари ёғингарчиликни ўлчашга турлича талаблар қўяди. Масалан, қишлоқ хўжалиги учун асосан кенг майдонларда узоқ вақт мобайнида - ҳафта, ўн кунлик, ой давомида ёққан ёғин миқдори ҳақидаги маълумотлар керак бўлади. Бу соҳада маълумотларни тезкор йиғиш иккинчи даражали аҳамиятга эга. Аксинча, кўплаб гидроэнергетик ва гидротехник иншоотларнинг меъёрида ишлашини таъминлаш ҳамда бир қатор гидрологик масалаларни ечиш учун қисқа муддат - бир кеча-кундуз ва ҳатто бир неча соат ичида ёққан ёғин миқдори ҳақидаги маълумотлар талаб этилади. Бу маълумотлар кўпинча нисбатан кичик ҳудудлар - бир неча юз, баъзан эса ўнлаб квадрат километрли дарё ҳавзалари учун керак бўлади. Бунда маълумотлар, айниқса кучли ёғингарчилик пайтида, иложи борича тезроқ етказилиши лозим. Худди шундай, аммо янада тезкор маълумотлар хавфли об-ҳаво ҳодисалари (дарёлар ва сув ҳавзалари сатҳининг кутилмаганда

кўтарилиши, тошқинлар ва ҳоказо) ҳақида огоҳлантириш хизмати учун ҳам зарур.

Ёғинлар ҳақидаги маълумотлар иқтисодиётнинг кўп соҳаларида зарур бўлса-да, ҳозирги кунда булутлилик ва ёғинлар майдонларини рақамли таҳлил қилишнинг тезкор усуллари жуда кам. Бу, аввало, ёғинларнинг фазода ва вақтда жуда ўзгарувчан миқдор эканлигига боғлиқ. Ер усти метеорологик станциялари тармоғи етарлича зич бўлмагани сабабли, бу ҳолат уларни объектив таҳлил қилишда сезиларли қийинчиликлар туғдиради.

Бир кузатув нуқтасидан бир неча ўн минг квадрат километр майдондаги ёғинлар ҳақидаги маълумотларни олиш имконини берадиган ёғинларни ўлчашнинг радиолокацион усули сезиларли иқтисодий фойда келтириши, ўлчов натижаларини тўплаш, узатиш ва қайта ишлашни анча соддалаштириши мумкин. Бундан ташқари, бу усул маълумотнинг янги сифатларини юзага келтиради. Масалан, бир неча дақиқа ичида кенг ҳудудларда ёғингарчиликнинг тақсимланиши ҳақида умумий манзарани олиш имконияти пайдо бўлади.

Атмосфера ёғинларини ўлчаш учун ҳозирги кунда кенг қўлланиладиган усуллари тартиб билан кўриб чиқайлик.

Ёғинларни ўлчашнинг энг қадимий ва машҳур усули асосан метеорологик станциялар ва гидрологик постларда ўрнатилган ёғин ўлчагичлардан фойдаланишдир. Махсус ёғин ўлчаш ва плювиографик полигонлар ҳам мавжуд, бироқ уларнинг тармоғи, айниқса мамлакатимизда, жуда сийрак. Ёғинларни ҳам майдон бўйлаб, ҳам нуқтада ўлчашнинг яна бир усули радиолокацион усулдир.

МРЛ (метеорологик радиолокатор) ёғингарчиликни иккита асосий параметр асосида ҳисоблайди: ёмғирнинг интенсивлиги ва унинг давомийлиги. Ёғингарчиликни ҳисоблаш жараёнини қуйидаги босқичларга бўлиш мумкин:

1. Маълумотларни тўплаш: МРЛ радиотўлқинларни тарқатадиган ва уларни ёмғир ёки атмосферадаги бошқа объектлардан қайтгандан сўнг қабул қиладиган радиолокацион антенналардан сигналларни олади. Бу маълумотлар асосида турли ёғин зоналаригача бўлган масофа ва ёмғир жадаллиги аниқланади.

2. Ёмғир интенсивлигини ўлчаш: МРЛ ёғингарчилик интенсивлигини аниқлаш учун қайтган радиотўлқинлар қувватидан фойдаланади. Қайтган сигнал қуввати қанчалик кучли бўлса, ёмғирнинг интенсивлиги шунчалик юқори бўлади. МРЛ ёмғир интенсивлигини юқори аниқлик ва тафсилот билан ўлчай олади.

3. Ёмғир давомийлигини ўлчаш: МРЛ ёмғир интенсивлигининг вақт ўтиши билан ўзгаришини таҳлил қилиш орқали ёмғир давомийлигини белгилайди. Бу эса маълум вақт оралиғида ёққан ёғин миқдорини аниқлаш имконини беради.

4. Умумий ёғингарчилик миқдорини ҳисоблаш: МРЛ ҳар бир ҳудуд учун ёмғир интенсивлиги ва ёғингарчилик давомийлигини кўшиб, умумий ёғингарчилик миқдорини аниқлайди.

5. Маълумотларни акс эттириш: МРЛ ёғингарчиликлар ҳақидаги маълумотларни кўргазмалар тасвирлар ва графиклар кўринишида тақдим этади. Бу эса метеорологлар ва сув ресурсларини бошқариш мутахассисларига сув тошқинларининг олдини олиш ёки сув ресурсларидан самарали фойдаланиш бўйича зарур чора-тадбирлар тўғрисида қарор қабул қилишда ёрдам беради.

Шундай қилиб, МРЛ ёғингарчиликни реал вақт режимида узлуксиз ўлчаш имконини беради, бу эса об-ҳаво шароитларининг ўзгаришларига тезкор жавоб қайтариш ва ёғингарчилик билан боғлиқ хавфларни бошқариш бўйича ўз вақтида чоралар кўриш имконини яратади.

Радиолокацион ҳудуд маълумотлари харита бланкасида тахминан 1:250 000 масштабда кўрсатилади (2-расм). У географик координаталар тизимига боғлангандан сўнг қуйидагилар белгиланади:

- радиоэхонинг максимал баландлиги (Н_{мах}) ҳақидаги маълумот мавжуд бўлган ДБТдаги радиоэхонинг ташқи контурлари.
- булутлар майдонининг ўзгариш тенденцияси, қайтарувчанлик ва радиоэхо майдонининг ўзгариши;
- радиоэхонинг ҳаракатланиш йўналиши ва тезлиги (соатига км ҳисобида);
- радиолокатор орқали кўринадиган ёғингарчилик ҳудуди майда нуқталар билан ифодаланади.

Ёмғирлар интенсивлигининг кенг ҳудудий ва вақт бўйича ўзгарувчанлиги, шунингдек, кузатиш вақтининг чекланганлиги (битта кузатишнинг ўртача вақти 5-10 дақиқа) сабабли, биз ёғингарчилик интенсивлиги ёки қайтарувчанликнинг шу вақт оралиғида энг юқори бўлган лаҳзалик баҳосини оламиз.

Радиолокацион маълумотларга асосланиб, Z-I нисбати ёрдамида ёғингарчиликнинг (майда ёмғир ва дўлдан ташқари) назарий лаҳзалик жадаллигини баҳолаш мумкин. Ёғинлар жадаллигини баҳолаш аниқлиги масофа ортиши билан пасаяди. Бироқ, 0 дан 1,5 км гача бўлган баландлик оралиғида жала ёғинларининг қайтарувчанлиги аксарият ҳолларда ўзгармаслиги туфайли, қайтарувчанликни ўлчаш зарур аниқликни таъминлайди деб ҳисоблаш мумкин.

Хулоса. Геоахборот технологиялари ва уларга алоқадор математик-картографик моделлаштириш усуллариининг моҳияти шундаки, улар ёрдамида маълумотлар базалари тўпланади ва яратилади, компьютер тизимларига киритилади, олинган маълумотлар сақланади, қайта ишланади ва ўзгартирилади. Бу жараёнлар турли масалаларнинг ечимлари (кўпинча харита, жадвал, график ёки матн шаклида) шакллантирилиши учун амалга оширилади.

Замонавий метеорологик тадқиқотларни ўрганилаётган муаммоларга комплекс ёндашувда айниқса муҳим бўлган картографик материаллардан фойдаланмай туриб ўтказиш мумкин эмас. Геоахборот тизимлари ва технологияларини жорий этиш нафақат ишни енгиллаштиради ва

автоматлаштиради, балки гидрометеорологик вазиятни таҳлил қилиш учун зарур бўлган катта ҳажмдаги маълумотларни ўз ичига олган хариталардан фойдаланишни сезиларли даражада кенгайтиради.

Метеорологияда композит хариталар ва ГАТдан фойдаланиш об-ҳаво хавфларини прогноз қилиш ва бошқариш самарадорлигини сезиларли даражада оширади. Бу гидроэнергетикадан тортиб қишлоқ хўжалигигача бўлган турли соҳалар эҳтиёжларига мослаштирилган атмосфера жараёнларини таҳлил қилишнинг яхлит тизимларини яратиш имконини берувчи истикболли йўналишдир.

Метеорадиолокаторлар тармоғини ривожлантириш ва ГАТ ечимларини жорий этиш гидрометеорологик таъминотнинг замонавий инфратузилмасини шакллантиради, бу эса тез ўзгарувчан об-ҳаво шароитида ўз вақтида қарор қабул қилишни таъминлайди.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Bartolini, E., Puca, S., & Casaioli, M. Assessing Quantitative Precipitation Estimation Methods Based on the Fusion of Weather Radar and Rain Gauge Data // *LAMMA Consortium Publication*. – 2020. – URL: <https://www.lamma.toscana.it/pubblicazioni/assessing-quantitative-precipitation-estimation-methods-based-fusion-weather-radar> (сана кириш: 20.05.2025).
2. Burrough, P.A., & McDonnell, R.A. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press.
3. Chirila, C., & Stanescu, L. Climate data integration in a GIS model for the hydrological modeling of a watershed // *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. – 2018. – Vol. 26, No. 2. – P. 104–114. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/324219957> (сана кириш: 20.05.2025).
4. Cova, T.J. (1999). GIS in Emergency Management. In *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*.
5. Goodchild, M.F., Kimerling, A.J., & Steyaert, L.T. Mapping and Modeling Weather and Climate with GIS. – ESRI Press, 2000. – 250 p. – URL: <https://dusk.geo.orst.edu/Pickup/Esri/Climate-Weather-Book.pdf> (сана кириш: 20.05.2025).
6. Goodchild, M.F. (2000). GIS and Geography: Emerging Paradigms. *Annals of the Association of American Geographers*, 90 (2), 346–349.
7. Goodchild, M.F., & Janelle, D.G. (2004). *Spatially Integrated Social Science*. Oxford University Press.
8. He, Q., Pan, M., & Zhang, Y. Merging radar and rain gauge data by using spatial–temporal local analysis // *Journal of Hydrology*. – 2021. – Vol. 598. – P. 126475. – DOI: 10.1016/j.jhydrol.2021.126475. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169421006600> (сана кириш: 20.05.2025).
9. Iowa Environmental Mesonet. IEM RadView Project. – URL: <https://mesonet.agron.iastate.edu/GIS/radview.phtml>.

10. Jiang, P., Yu, Z., & Chen, D. A GIS-Based Methodology to Combine Rain Gauge and Radar Rainfall Data // *Atmosphere*. – 2022. – Vol. 13, No. 7. – P. 1106. – DOI: 10.3390/atmos13071106. – URL: <https://www.mdpi.com/2073-4433/13/7/1106> (сана кириш: 20.05.2025).
11. Khan, M.H., & Abbas, S. Geospatial techniques for monitoring and mitigating climate change impacts on human health // *International Journal of Health Geographics*. – 2023. – Vol. 22, No. 1. – Article No. 10. – DOI: 10.1186/s12942-023-00324-9.
12. Kraak, M.J., & Ormeling, F. (2010). *Cartography: Visualization of Geospatial Data*. Routledge.
13. Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., & Rhind, D.W. (2015). *Geographic Information Systems and Science*. 4th Edition. Wiley.
14. Li, J., Wang, L., & Liu, Z. Meteorological data source comparison—a case study in geospatial modeling // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2023. – Vol. 20, No. 6. – Article No. 1503. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10258180/> (сана кириш: 20.05.2025).
15. Szturc, J., & Dziewit, Z. MeteoGIS: GIS-based system for monitoring of severe meteorological phenomena // *American Meteorological Society Conference Paper*. – 2005. – URL: <https://ams.confex.com/ams/pdfpapers/155516.pdf> (сана кириш: 20.05.2025).
16. Peng, J., Liu, X., & Zhang, L. A Flood Forecasting System: Integrating Web, GIS and Modeling Technologies // *ESRI International User Conference Proceedings*. – 2006. – Paper No. 1305. – URL: https://proceedings.esri.com/library/userconf/proc06/papers/pap_1305.pdf (сана кириш: 20.05.2025).