

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ДЖУМАНОВ ЖАМОЛЖОН ХУДАЙҚУЛОВИЧ**

**МИНТАҚАВИЙ ГИДРОГЕОЛОГИК ТИЗИМЛАРНИНГ**  
**ГЕОФИЛЬТРАЦИЯ ЖАРАЁНЛАРИНИ МАТЕМАТИК**  
**МОДЕЛЛАШ**

05.01.07 – «Математик моделлаштириш. Сонли усуллар ва дастурлар мажмуи»

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)**  
**ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2017

**Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации**

**Contents of the Doctoral (DSc) Dissertation Abstract**

**Джуманов Жамолжон Худайкулович**

Минтақавий гидрогеологик тизимларнинг геофилтрация жараёнларини  
математик моделлаш ..... 5

**Джуманов Жамолжон Худайкулович**

Математическое моделирование геофилтрационных процессов региональных  
гидрогеологических систем ..... 25

**Djumanov Jamoljon Xudayqulovich**

Mathematical modelling of geofiltrational processes of regional hydrogeological  
systems ..... 49

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

**Список опубликованных работ**

List of published works ..... 53

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ДЖУМАНОВ ЖАМОЛЖОН ХУДАЙҚУЛОВИЧ**

**МИНТАҚАВИЙ ГИДРОГЕОЛОГИК ТИЗИМЛАРНИНГ**  
**ГЕОФИЛЬТРАЦИЯ ЖАРАЁНЛАРИНИ МАТЕМАТИК**  
**МОДЕЛЛАШ**

05.01.07 – «Математик моделлаштириш. Сонли усуллар ва дастурлар мажмуи»

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)**  
**ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2017

**Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2017.1.DSc/T4 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб саҳифасида ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий маслаҳатчи:**

**Хабибуллаев Иброҳим**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Ван Нор Азмин Сулейман**  
техника фанлари доктори, профессор (Малайзия)

**Гулямов Шухрат Маннопович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Мухамедиева Дилноз Тўлқиновна**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти қошидаги Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти**

Диссертация химояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2017 йил «\_\_» \_\_\_\_ соат \_\_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент ш., Амир Темур кўчаси, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: [tuit@tuit.uz](mailto:tuit@tuit.uz)).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин ( \_\_ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100202, Тошкент ш., Амир Темур кўчаси, 108. Тел.: (99871) 238-65-44.

Диссертация автореферати 2017 йил «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.  
(2017 йил «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси).

**Р.Х.Ҳамдамов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси т.ф.д., профессор

**Ф.М.Нуралиев**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби т.ф.д.

**Н.Равшанов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д.

## КИРИШ (докторлик диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Ҳозирги кунда жаҳонда аҳолининг ичимлик сувига бўлган талабларини қондириш учун ер ости сув ресурсларидан оқилона фойдаланиш муҳим аҳамият касб этади. «Жаҳондаги мавжуд сув захирасидан 97% шўрланган сувлар бўлиб, 3% чучук сув ҳисобланади. Ичимлик сув манбаининг 68% музликларда жамланган, дарё ва кўллар чучук сув манбаларининг фақатгина 2%ни, яъни 93 минг км<sup>3</sup> ташкил қилади. Ичимлик сув манбаининг 30% ер ости гидросферасида жойлашгандир».<sup>1</sup> Шу сабабли ер ости гидросфераси ҳолатини ўрганишда ва ер ости сувларидан самарали фойдаланишда геоахборот тизимлари (ГАТ) асосида харитавий маълумотлар базасини шакллантириш, автоматлашган ўлчов мониторинги, геофилтрация жараёнларни математик моделлаш усуллари такомиллаштириш долзарб масалалардан ҳисобланади. Ривожланган мамлакатларда, жумладан АҚШ, Германия, Канада, Дания, Япония, Франция, Россияда мураккаб гидрогеологик шароитларда юз бераётган ҳодиса ва жараёнларни бошқаришда компьютерлашган ўлчов қурилмалари, ГАТ-технологиялари ва математик моделлаш усуллари кенг фойдаланилмоқда.

Републикамиз мустақилликка эришгандан буён ер ости сув ресурсларини баҳолаш ва самарали мониторингини юритиш, мураккаб гидрогеологик шароитларда юз бераётган ҳодиса ва жараёнларни компьютерлашган автоматик ўлчов қурилмалар асосида кузатиш усуллари, ГАТ-технологиялари билан математик моделлаш усуллари интеграцияси асосида ривожлантириш ва жорий этишга оид кенг қамровли чора тadbирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилди. Бу борада, минтақавий гидрогеологик ҳудудларнинг геофилтрация жараёнларини математик моделининг ахборот таъминоти, гидрогеологик ҳудуднинг ҳолатини тезкор аниқлаш имкониятини берувчи, ер ости гидросфераси параметрларини аниқлашни автоматлашган ўлчов қурилмалари асосида такомиллаштиришга йўналтирилган қатор илмий тадқиқотларни алоҳида таъкидлаш мумкин.

Жаҳонда минтақавий гидрогеологик ҳудудларнинг геофилтрация жараёнларини математик моделлаш тизимини ГАТ-технологиялари асосида ишлаб чиқиш ва сизот сувлари сатҳи ўзгаришларини тезкор таҳлил қилиш, зарур ҳолатларда сув ресурсларини самарали бошқариш тизимларини яратиш муҳим аҳамият касб этади. Бу борада, сув танқислик йилларида ер ости сувларининг умумий сув ресурсларидаги ўрни ва уларнинг ўзаро боғлиқлигини ҳисоблаш, ер ости сувларининг гидрогеологик тавсифларини ўрганиш, гидротехник иншоотларни ва мелиоратив сув таъминоти тартибини асослаш, ер ости сувлари ифлосланишини олдини олиш ва қишлоқ хўжалик майдонлари шўрланишини бартараф этишда математик моделлашни, автоматлашган усуллар ва комплекс қурилма-дастурий воситалар билан гидрогеологик объектларнинг ҳолатини кузатиш ва сув ресурсларидан

<sup>1</sup> <http://www.water.usgs.gov/edu/watercycleuzbek.html#runoff>

оқилона фойдаланиш тўғрисида қарор қабул қилишни асословчи интеллектуал тизимларни такомиллаштириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2012 йил 21 мартдаги ПҚ-1730-сон «Замонавий ахборот–коммуникация технологияларини янада жорий этиш ва ривожлантириш чора–тадбирлари тўғрисида»ги, 2017 йил 4 майдаги ПҚ-2954-сон “2017-2021 йилларда ер ости сувлари захираларидан оқилона фойдаланишни назорат қилиш ва ҳисобга олишни тартибга солиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарорлари ва Вазирлар Маҳкамасининг 2013 йил 19 мартдаги 82-сон «Ўзбекистон Республикасида сувдан фойдаланиш ва сув истеъмоли тартиби тўғрисида»ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш», V. «Қишлоқ хўжалиги. биотехнология, экология ва атроф-муҳит муҳофазаси» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

**Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи.**<sup>2</sup> Минтақавий гидрогеологик тизимларнинг геофилтрация жараёнларини математик моделлаш, ер ости сувлари ҳосил бўлишининг турли мураккаб шароитларидаги, бир ва кўп қаватли қатламларини замонавий геоахборот технологиялари асосида комплекс таҳлили, ер ости гидросфераси автоматлашган мониторингни юритиш усуллари ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари, жумладан: United States Geology Survey, ESRI inc., (АҚШ), Geological Survey of Denmark and Greenland, Danish Hydraulic Institute (Дания), Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, German Research Centre for Geosciences (Германия), Advanced Industrial Science and Technology (Япония), Chinese Academy of Geological Sciences (Хитой), Schlumberger Water Services, GIS and Geomatics Resources (Канада), Institute of Environmental Engineering System (Полша), Institute of Geology and Mineral Exploration (Греция), Indian Institute of Remote Sensing (Хиндистон), Geological Survey of the Netherlands- (Нидерландия), Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (Жанубий Корея), General Directorate of Minerals Research and Exploration Institute Turkey (Туркия), Бутунроссия гидрогеология ва инженерлик геологияси институти (Россия), Тошкент ахборот технологиялари университети, Гидрогеология ва инженерлик геологияси институтида (Ўзбекистон) кенг қамровли илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

---

<sup>2</sup> Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи <https://www.researchgate.net/home>, <http://www.worldscientific.com/action/showPublications/> <http://www.euroscience.org/category/news/>, <https://www.scientific-american.com/tech/>, J.C.Refsgaard «Operational Water Management», EWRA: Netherlands, 1997. -p.474. В.А.Кирухин «Региональная гидрогеология» Санк-Петербургу. СПб. 2005. с.334 ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган

Ер ости сувлари ҳолатини аниқловчи автоматлашган мониторинг олиб бориш ва уларнинг шаклланиши жараёнларини математик моделлаш усуллари ёрдамида баҳолаш, геоахборот технологиялар ёрдамида маълумотлар базасини яратишга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: ер ости сувлари геофилтрация жараёнларини моделлаш усуллари ишлаб чиқилган (Brigham Young University, АҚШ); сув ресурсларни бошқариш жараёнларини моделлаш дастурлар мажмуи ишлаб чиқилган (Danish Hydrologycal Institute, Дания); рақамли ҳариталаш, яъни геоахборот ресурслари базасини яратиш, қайта ишлаш, уларни акс эттириш усуллари ва дастурий мажмуаси яратилган (GIS & Geomatics, Schlumberger Water Services, Канада); ер ости гидросферасининг автоматлашган мониторингини юритиш усуллари ва дастурий таъминоти ишлаб чиқилган (Eijkelkamp agrisearch equipment, Нидерландия); геофилтрация ва геомиграция жараёнларини моделлашда дифференциал тенгламаларни ечишнинг чекли айирмалар ва сонли усуллари дастурий таъминоти ишлаб чиқилган (ВСЕГИНГЕО, Геолинк Консалтинг, Россия).

Дунёда ер ости сувларининг геофилтрация жараёнларини ифодаловчи тенгламаларни ечишнинг чекли айирмалар ва математик моделлаш усуллари такомилаштириш бўйича қатор, устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: жумладан, параболик турдаги дифференциал тенгламаларни сонли ечиш асосида геофилтрация ва геомиграция жараёнларини моделлаш усуллари такомилаштириш; гидрогеологик ҳудудларни математик моделлашда интеграциялаш имкониятини берувчи ягона ҳисоблаш тизимларини ривожлантириш; гидрогеологик шароити мураккаб ҳудудларни, ер ости суви ҳосил бўлиши ҳаракати ва сизилиб чиқиб сарфланиш ҳудудлари ўртасидаги ўзаро алоқа жараёнларини моделлаш усуллари ишлаб чиқиш; ер ости суви конларнинг чегарасида филтрация жараёнлари бир қаватли қатламдан тузилиши бўйича кўп қаватли қатламларига ўтиши ва сув оқими тик йўналиши чизмаси бўйича ҳудудлар ўртасидаги ўзаро алоқа жараёнларини математик моделлаш.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Суғориш ва мелиоратив қарорларни асослаш, ер ости сувлари заҳираси ва ресурсларини баҳолаш каби масалаларни ечишда гидрогеологик жараёнларни математик моделлаш услубини яратиш ва такомилаштириш, шунингдек, ер ости сувларини ҳимоялаш масалалари бир қатор олимлар: Н.Н.Веригин, А.А.Самарский, Ф.Б.Абуталиев, Я.Бэр, И.К.Гавич, Ж.Фрид, С.Ф.Аверьянов, И.И.Крашин, Л.Лукнер, В.М.Шестаков, В.М.Мироненко, П.Я.Полубаринова-Кочина, Н.С.Огняник, У.У.Умаров, J.C.Refsgaard, Д.Виста, L.M.Milne-Thomson, В.В.Веселов, В.М.Годьберг, И.Н.Тихонов, W.Kinzelbach, И.Хабибуллаев, Р.Н.Усманов, М.Б.Баклушин, П.П.Нагевич, И.Н.Грачева ва бошқаларнинг илмий ишларида кўриб чиқилган.

Илмий тадқиқотларда ер ости гидросферасида филтрация жараёнлари билан биргаликда тузлар миграцияси, босимсиз ва босимли, икки ва кўп қаватли ер ости сувлари ҳамда бошланғич ва чегаравий шартларида ер ости суви қатламларининг ҳолати, башоратлаш ва баҳолаш каби масалаларга

қаралган. Ҳозирги пайтда гидрогеологик жараёнларни ҳудудлар бўйича тақсимланганлик хусусиятларини ва ер ости сувлари ҳолатини ўлчаш тартиби элементларини ҳисобга олиниши билан гидрогеологик жараёнларни математик моделлаш, ҳамда геоахборот технологиялари асосида ҳар томонлама таҳлил қилиш, ер ости гидросферасини автоматлашган мониторингини юритиш, замонавий ГАТ технологиялари ва моделлаш усулларини интеграцияси услубларида муаммолар намоён бўлмоқда.

Йирик гидрогеологик ҳудудларни математик моделининг ахборот таъминоти, яъни гидрогеологик ҳудуднинг ҳолатини тезкор аниқлаш имконияти, ер ости гидросферасининг таснифлаш хусусиятлари автоматлашган ўлчов қурилмалар ишлаши даражасига боғлиқдир. Шу муносабат билан ер ости суви сатҳи ва ҳароратини автоматлашган ўлчов қурилмаларини ишлаб чиқиш, бошланғич маълумотлар асосида геоахборот базасини яратиш, ҳудудга географик боғланган маълумотлар асосида жараёнларни математик моделлаш ва натижаларни муфассал таҳлили, тезкор харитавий тасаввурини яратиш, қарор қабул қилиш учун тавсия ва чора-тадбирлар ишлаб чиқиш усулларига бағишланган илмий-тадқиқотлар етарли даражада кўрилмаган.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университети ва «ГИДРОИНГЕО Институти» Давлат корхонаси илмий-тадқиқот ишлари режасининг А7-067 «Сирдарё ҳавзасини Фарғона водийси ҳудудида ГАТ ёрдамида сув ресурсларини бошқаришнинг гидрогеологик асосини ишлаб чиқиш» (2009–2011); И-2012-3-5 «Фермер хўжаликларида суғориш учун ер ости сувларидан оқилона фойдаланишни гидрогеологик ахборотлаштирилган асосини ишлаб чиқиш ва тадбиқ этиш (Хоразм воҳаси мисолида)» (2010-2012.); И-2012 3-7 «Ўзбекистон Республикаси ер ости сув конларида геология қидирув ишлари натижаларини қайта ишлаш, ресурсларини баҳолаш ва оқилона фойдаланиш учун замонавий рақамли гидрогеологик 3D моделларини ишлаб чиқиш (Охангарон дарёси водийси мисолида)» (2011-2012); ИТР-ОКР №401 «Гидрогеологик кудуқларда ер ости суви сатҳи ва ҳароратини ўлчовчи автоматлашган қурилма ишлаб чиқиш» (2011-2013) мавзулардаги илмий лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** минтақавий гидрогеологик тизимлардаги геофилтрация жараёнларини математик моделлаш усулларининг самарадорлигини оширишдан иборат.

**Тадқиқот вазифалари:**

минтақавий хусусиятли гидрогеологик жараёнларни моделлаштириш муаммоларининг ҳозирги ҳолатини таҳлили, моделлаш услубларини ривожланиши ва реал вақт режимида ахборот таъминотини ишлаб чиқиш;

замонавий геоахборот технологияларининг интеграцияси асосида минтақавий гидрогеологик ҳудудларнинг геофилтрация жараёнларини математик моделлашнинг такомиллашган услубларини яратиш;

минтақавий гидрогеологик масалаларни ечишда геоахборот тизимлари тузилмасини қуриш тамойилларини ишлаб чиқиш;

минтақавий гидрогеологик тизимларнинг комплекс математик моделини ишлаб чиқиш;

гидрогеологик тизимлар геоахборот-математик моделининг тезкор ахборот массиви таъминоти сифатида кузатув қудуқларда ер ости суви сатҳи ва ҳароратини ўлчовчи автоматлаштирилган қурилманинг аппарат-дастурий таъминотини ишлаб чиқиш;

замонавий автоматлаштирилган ва ахборот технологиялари асосида ер ости гидросферасининг такомиллашган мониторингини юритиш услубини ишлаб чиқиш;

Ўзбекистон Республикасининг алоҳида ҳудудлари учун минтақавий геоахборот-математик моделлар ишлаб чиқиш ва уни иқтисодий масалаларини ечишда тадбиқ этиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида минтақавий гидрогеологик ҳудудларнинг (ер ости сув конлари) геофилтрация жараёнларини математик моделлаштириш ва дастлабки маълумотларни автоматлаштирилган йиғиш, тўплаш ва қайта ишлаш асосидаги ахборот таъминоти қаралган.

**Тадқиқотнинг предмети** табиий ва техноген омиллар таъсиридаги гидрогеологик жараёнларни математик моделлаш тамойиллари ва дастурий воситалар, алгоритмлар, гидрогеологик кузатув қудуқларда ер ости суви сатҳи ва ҳароратини автоматлаштирилган ўлчов қурилмалар.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлил, математик ва геоахборот моделлаш, сонли усуллар, алгоритмлаш ва дастурлаш, ер ости сув тутувчи қатламларнинг ўтказувчанлик кўрсаткичларини ўрганишда дала ва лаборатория тажрибалари, тажриба усуллари, шунингдек ер ости суви динамикаси ва режим элементларини ўлчашда автоматлашган технологиялари, моделлаштириш ва тадқиқот натижаси маълумотларини қайта ишлаш тамойиллари ва усуллари қўлланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

мураккаб гидрогеологик шароитларда геофилтрация ва геомиграция жараёнлари назарияси тамойилларига асосланган минтақавий миқёсдаги гидрогеологик жараёнларни математик моделлаш концепцияси ишлаб чиқилган ва гидрогеологик жараёнларни математик моделлашнинг ахборот-коммуникация технологиялари билан интеграциялаш усуллари такомиллаштирилган;

турли миқёсдаги геофилтрация моделларини бирлаштириш имконини берувчи ягона ахборот технологик тизим доирасида замонавий геоахборот тизимлари асосида минтақавий характерли гидрогеологик объектлар геофилтрация жараёнларини математик моделлашнинг сонли усуллари такомиллаштирилган;

ер ости суви шаклланиши тамойилларидан фойдаланиб, турли миқёсдаги моделларни биргаликда қўллаш ва муфассал камраб олишга асосланган минтақавий гидрогеологик объектларнинг геофилтрация жараёнларни геоахборот-математик моделлаштиришга мослашувчан тизими ишлаб чиқилган;

гидрогеологик маълумотларни автоматлаштирилган ўлчов тизимида қайд қилиш, йиғиш ва узатиш, геоахборот-математик моделлаштириш жараёнида бошланғич маълумот сифатида, шунингдек ер ости гидросфераси мониторинги юритиш мақсадида дастурий таъминот, технологиялар ва аппарат-қурилма воситалари ишлаб чиқилган;

келгусида ягона автоматлаштирилган мажмуига интеграциялашувчи минтақавий гидрогеологик объектлар геоахборот-математик моделининг харитографик маълумотлар базасини яратиш тамойиллари ишлаб чиқилган;

кенг миқёсдаги худудларни мураккаб гидрогеологик шароитларида туз ҳаракатининг ер ости ва ер усти суви билан ўзаро боғлиқликдаги оқимлари жараёнини математик моделлаш тизими билан геоахборот тизимлар интеграциясини ташкил қилиш тамойиллари ва мезонлари ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижаси** қуйидагилардан иборат:

минтақавий хусусиятли гидрогеологик тизимларни реал вақт режимида геофилтрация ва геомиграция жараёнларини математик моделлаштириш услублари ишлаб чиқилган;

гидрогеологик жараёнларни геоахборот-математик моделлашни кенг кўламда қўллаш, яъни турли хил геотасвирлардан фойдаланиб тўла муфассал камраб олувчи минтақавий миқёсдаги геофилтрация ва геомиграция моделларни шакллантириш усуллари яратилган;

ишлаб чиқилган ва жорий этилган геофилтрация моделларини дастлабки маълумотлар билан таъминловчи автоматлаштирилган ўлчаш, қайд қилиш ва узатувчи қурилма-дастурий воситаси яратилган, ҳамда қурилманинг гидрогеологик тизимлардаги турли вақт оралиғи ҳолатларга мословчи ва созловчи дастурий мажмуа ишлаб чиқилган;

таклиф қилинган геоахборот математик моделлаш концепцияси асосида техноген ва табиий сув танқислик шароитида Фарғона водийсининг гидрогеологик шароитлари ўзгаришини башоратлаш модели яратилган.

минтақавий гидродинамик моделлаш ва ГАТ-технологиялари асосида ер ости сувлари режимининг асосий шаклланиш қонуниятлари ўрганилди, кўп йиллик табиий ва техноген омиллар таъсирида Фарғона водийсида сув олиш иншоатлари ишлаш жараёнида сизот ва босим ости сувларининг ўзаро боғлиқлиги, сув танқислиги шароитида ер ости сувларини комплекс ишлатилиш истиқболи аниқланган ҳамда Хоразм воҳасида ер ости суви ресурсларидан комплекс фойдаланиш истиқболли модели ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги батафсил математик ифодалар ва қатъий белгиланган математик амаллар билан тасдиқланган, қиёсий таҳлил, ҳисоб амаллари ва формулалар ўзаро мувофиқлашганлиги билан ўлчаш, баҳолаш ва башоратлаш масалаларини ечишда реал ва тажриба синовидан ўтказилиши билан таъминланган. Модель хусусиятларининг аҳамияти, мослиги ва моҳиятини статистик фараз мезонлари, даражали ифодалар, тажриба натижалари билан ҳисоб натижалари оғишини таққослаш каби усуллардан фойдаланилган. Ўрганилган объектнинг модели реал ва тажриба маълумотлари билан таққосланган, шунингдек ГАТ асосида мослик

ўхшашлик (идентификация) масаласи ечилган, яъни берилган параметрлар қийматлари яқинлашиши, математик ифодага кирувчи айрим боғланишлар билан изоҳланади. Моделнинг адекватлик масаласи объект элементлари фарқини минимумлашувига келтирилди. Объектни моделга боғланиши растр маълумотлари асосида ва аниқ муфассал фазовий боғланиш билан амалга оширилган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти минтақавий геофилтрация жараёнларини математик моделлашни илмий умумлаш, гидрогеологик тизимларнинг геофилтрация жараёнларини математик моделлашда ахборот таъминоти учун қурилма воситаларининг дастурий таъминоти назарий асосларини ишлаб чиқиш ва мураккаб гидрогеологик шароитларда геофилтрация назариясини қўллашга асосланган, гидрогеологик жараёнларни геоахборот–математик моделлашнинг илмий асосини такомиллаштириш, ер ости гидросферасида филтрация жараёнлари билан биргаликда тузлар миграцияси, босимсиз ва босимли, икки ва кўп қаватли қатламларда ҳамда турли бошланғич ва чегаравий шартларда ер ости суви ҳолати, уларни башоратлаш ва баҳолашда моделлаштириш алгоритмларини яратиш услубиятини ишлаб чиқишга хизмат қилади. Ишлаб чиқилган қурилма-дастурий воситалар, дастурий таъминот комплекси дастлабки ахборот таъминоти сифатида ҳамда ер ости гидросфераси автоматлашган мониторинги ва ахборот базасини қуриш ва қарор қабул қилишни асослашда кенг қўламида қўлланиши мумкин.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ер ости суви гидросфераси мониторингини юритишда геоахборот–математик моделлаш жараёнига дастлабки гидрогеологик маълумотларни автоматлашган ўлчов тизимига қайд қилиш, йиғиш ва узатиш аппарат-қурилма инструментал воситалари ва технологиялари яратилганлигидадир. Геоахборот-математик моделлаш концепция асосида мураккаб гидрогеологик тизимларни ягона автоматлашган мажмуига интеграцияси, турли миқдордаги ер ости сув олиниши жараёнларини моделлаш усули ёрдамида сув ресурсларини баҳолаш, Фарғона водийсининг гидрогеологик шароитлар ўзгаришидаги сув захирасини башоратлаш, Амударё қуйи оқимининг Хоразм воҳасида сув ресурсларини баҳолаш ва кўп вариантли ер ости суви ҳолатини ўрганиш имконини яратади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Минтақавий гидрогеологик тизимларининг геофилтрация жараёнларини геоахборот-математик моделлаш усуллари ва дастлабки гидрогеологик маълумотларни автоматлашган ўлчов тизимига қайд қилиш ва йиғиш аппарат-қурилмалари асосида:

минтақавий оазисли суғоришнинг самарадорлигини оширишда, сув хўжалиги шароитини ҳисобга олиб, фермер хўжаликларининг суғориладиган ерлари учун ер ости сувларидан фойдаланиш бўйича самарали усуллар Фарғона гидрогеологик экспедициясида жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Давлат геология ва минерал ресурслар қўмитасининг 2016 йил 14 ноябрдаги 08-2038-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқотлар натижалари

мураккаб гидрогеологик ва сув танқислиги шароитида маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш масалаларини ечиш имконини берган;

ирригация тизимлари ҳавза бошқармалари тасарруфидаги ҳудудларнинг геофилтрация жараёнларини математик ва интеллектуал таҳлиллаш моделларини қуриш усули ва қурилма-дастурий алгоритмлари Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлиги тизимидаги Аму-Қашқадарё ирригация тизимлари ҳамда ирригация тизимлари ҳавза бошқармаси қошидаги Хоразм мелиоратив экспедицияда жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигининг 2016 йил 12 декабрдаги 04/32-1237-сон маълумотномаси). Илмий натижаларнинг қўлланилиши фермер хўжаликлари ҳудудларида гидрогеологик қудуқларни автоматик равишда ер ости сувлари сатҳи ва ҳарорати ўлчаш асосида гидрогеологик тизимлар геофилтрация жараёнларининг математик моделларини амалда жорий этиш ҳисобига мониторинг ва самарали бошқарув қарорларини қабул қилиш тизимини шакллантириш имконини берган;

экин майдонлари ва сув хўжалик соҳаси тузилмасини мақбуллашда сув хўжалик шароитидан келиб чиқиб математик моделлаш ва геоахборот тизимлари, ер ости суви сатҳини пасайтириш чора-тадбирлари ва мелиоратив самарадорлигини ошириш учун ер ости гидросфераси мониторингида ҳолислик ва тезкорликни таъминловчи автоматлашган қурилма-дастурий воситалар Охангарон ва Тошкент олди режим станцияларида жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2016 йил 21 ноябрдаги 33-8/6338-сон маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижаларининг қўлланилиши ер ости гидросферасида сув хўжалик шароитларининг ўзгариш ҳолати, ифлосланишларнинг тарқалиш динамикасини баҳолаш имконини берган;

ер ости сувларидан фойдаланиш ҳамда унинг ҳолати тўғрисидаги аниқ ва тезкор, автоматик мониторинг юритилиши Жанубий Қозоғистон гидрогеология мелиоратив экспедициясида жорий қилинган (Қозоғистон Республикаси Қишлоқ хўжалиги вазирлиги Сув ресурслари қўмитасининг 2016 йил 4 ноябрдаги 01/305-сон маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижаларининг қўлланилиши ер ости гидросфераси мониторингида ҳолислик ва аниқликни оширган, сув таъминотида 15–18% мелиоратив самарадорликни кўтарган; математик моделлаш натижалари асосида ер ости суви сатҳини пасайтириш чора-тадбирлари ишлаб чиқилган ва қишлоқ хўжалик экинлари ҳосилдорлигининг 10–15% ўсишига имкон яратган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқотнинг назарий ва амалий натижалари 7 та халқаро ва 10 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Тадқиқот мавзуси бўйича жами 100 та илмий иш чоп этилган, жумладан, 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 30 та мақола (25 та республика ва 5 хорижий журналларда)

63 та маъруза ва тезислар ҳамда 6 та ЭҶМ учун яратилган қурилма дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномаси олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 200 саҳифани ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯ ИШИНING АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурлик даражаси асосланган, мақсад ва вазифалар, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларнинг амалиётга татбиқи, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Геоахборот технологиялари асосида гидрогеологик жараёнларни моделлаштириш муаммоларининг ҳозирги ҳолати»** деб номланган биринчи бобида гидрогеологик жараёнларни математик моделлаштиришнинг ҳозирги ҳолати ва уларни геоахборот технологиялари асосида такомиллаштириш масалаларининг таҳлили келтирилган. Йўналиш масалаларининг қўйилиши, тадқиқотни амалий қўлланиш объектларини танлаб олиш, объектни идентификациялаш, башоратлаш ва қарор қабул қилиш, ташкиллаштириш омиллари, автоматлаштирилган моделлаштириш тизимининг тузилиши ва функциялари таҳлили каби тушунчалар ёритилган.

Компьютер техникаларининг жадал тараққиёти, ахборот технологиялари ва математик усулларнинг муфассал маълумотларни қайта ишлаш технологиялари каби, геология, гидрогеология ва геоэкологияда илмий тадқиқотлар ва ишлаб чиқариш хусусиятларини бутунлай ўзгартирди. Геологияда моделлашнинг асосий масалалари, моделлаш услубларининг технологик самарадорлигини юқори кўтарди, унинг бажарувчилик тизими фаолияти доираси кенгайиб, ишлаб чиқариш намуналарига, янада муҳим ва мураккаб жараёнлар ва объектларни моделлаштиришга зарурият пайдо бўлди.

Адабиётлар шарҳи ва гидрогеологик жараёнларини моделлаштириш масалаларида, фундаментал ва амалий тадқиқотлар натижалари, гидрогеологик жараёнларини сонли моделлаштириш борасидаги олиб борилган илмий ишларга таяниб, жумладан: Ф.Б.Абуталиев, В.М.Шестаков, У.У.Умаров, И.К.Гавич, И.И.Крашин, Л.Лукнер, В.А.Мироненко, И.Х.Хабибуллаев И.И.Измаилов, В.В.Веселов, Н.С.Огняника, А.Б.Ситников ва бошқаларнинг геофилтрация жараёнларини сонли моделлаштиришга оид; Ф.М. Бочевеер, Н.Н.Веригин, В.М.Голдберг, Ж.Фрид, Н.И.Плотников, П.Я.Полубаринова-Кочина, Р.Н.Усманов ва бошқаларнинг ер ости сувлари динамикаси ва гидросферада тузлар миграцияси тадқиқотлари; А.А.Самарский, Ф.Б.Абуталиев, В.С.Владимиров, А.П.Александров, ва бошқаларнинг амалий дастурлар пакети ишлаб чиқиш, гидрогеологик жараёнларини моделлашда

ҳисоблаш математикаси ва дифференциал тенгламаларни ечишда чекли айирмалар схемаси усулларига бағишланган тадқиқотлари; Р.А.Акофа, Ю.А.Воронин, Д.Росс, В.Н.Садовский, Ю.И.Черняк ва бошқаларнинг тизимли таҳлил ва классификациялаш назариясига бағишланган тадқиқотларида; Л.Зада, Т.Саати, Е.Мамдани, Д.А.Поспелов, М.Сугэно, Р.Н.Усманов ва бошқаларнинг қатъиймас тўпламлар назарияси асосида сушт шаклланаётган жараёнларни математик моделлаштиришга оид; А.М.Берлянт, С.В.Булгаков, В.Я.Цветков А.В.Кошкарёв, А.М.Трофимов ва бошқалар геоахборот тизимлари интеграциясида ахборотли ва рақамли хариталарга бағишланган тадқиқотларида кўриб чиқилган.

АҚШ, Канада, Дания, Буюк Британия, Хитой ва бошқа кўпгина малакатларда муфассал маълумотларни тўплаш, сақлаш, қайта ишлаш ва фойдаланиш масалаларини, муфассал маълумотларни ташкил этиш мақсадида ҳукумат дастурлари доирасида амалга оширилмоқда.

Замонавий интеграциялашган геоахборот технологияларини қўллаш ва гидрогеологик жараёнларни математик моделлаштириш усуллари қуйидаги имкониятларни беради:

- анъанавий усулларга таққослаганда тадқиқот муддатини қисқартиради;
- ҳисоблаш техникасини комплекс ишлатишни таъминлашни ва самарадорлигини оширади;
- янги тадқиқот усуллари қўллаш.

Автоматлаштирилган тизимларни ташкил этилишига кенг қизиқишларга қарамадан, муаллиф фикрига кўра кўпгина ишлар тадқиқий йўналишда, қатор ҳолисона сабаблар билан ифодаланган, айнан:

- геология тармоғида режалаштирувчи ташкилотлар томонидан ана шундай ишларнинг мақсадга йўналтирилиши сушт ижро этилиши;
- барча турдаги гидрогеологик объектларнинг марказлаштирилган стандартлар ишлаб чиқишининг йўқлиги;
- назарий тадқиқотларнинг етишмаётганлиги;
- математик ва ахборот таъминотини ишлаб чиқишда ва функционал муносабатлар ўрнатишда тизимлар орасида янги боғланишларнинг йўқлиги.

Математик моделлаш усулини қўллаш амалий самара бериши мумкин, қачонки ГАТ тизими моделлари билан ҳамроҳлигида ягона автоматлашлган мониторинг тўри ташкил этилса. Бунинг учун турли билимларни ягона тизимга бирлаштириш ва бу билимларни бошқаришнинг мослашувчан имкониятларини яратилиши зарур. Бу ГАТ технологияларини эксперт тизимлари ва имитация моделлари билан бирлаштириш йўллари орқали амалга ошириш мумкин.

Келажакда айнан мана шу комплекслар қуйидаги масалаларни ечишда қўлланилади:

- ер ости сувлари ҳолатини баҳолаш, сув олишнинг бошланиш вақти ва тугаш даражаси, фавқулодда вазиятлар ва техноген ҳолатини аниқлаш;
- ер ости сув конлари динамикаси назорати, шунингдек мураккаб метеороитларда, қарор қабул қилишда маълумотлар тайёрлаш;

– ер ости сув конлари захирасини баҳолашда қишлоқ хўжалигининг суғориш ва мелиоратив шароитларини аниқлаш;

– аниқ қарор қабул қилиш жараёнларида сув ресурсларини ифлосланишдан ҳимоялаш чора – тадбирлар бўйича тавсияномалар бериш.

Диссертациянинг биринчи бобида гидрогеологик объектларни тизимли тақдим этиш масалалари, гидрогеологияда қарорлар қабул қилиш жараёнларини замонавий ГАТ технологиялари асосида моделлаштириш тамойилларини интеллектуаллаштириш масалалари тадқиқ қилинган.

Диссертациянинг «Гидрогеологик объектларни математик модели» деб номланган иккинчи бобида тадқиқотнинг услубий хусусиятлари аниқланган, ер ости ва ер усти сувлари билан гидравлик ўзаро боғланишларининг геофльтрация ва геомиграция жараёнларини математик моделлаш ва сонли ечимлари, шунингдек сизот сувларининг текисликдаги оқимини ўрганиш учун дастурий комплекслар ишлаб чиқилган.

Гидрогеологик масалаларни ечишни асосий ҳолатлари, бир жинсли бўлмаган ер ости сув тутувчи қатламларини бир ва кўп қатламли тузилишдаги ер ости ва ер усти сувлари билан ўзаро боғланишларини ҳисобга олган ҳолда, босим ости ва босимсиз сизот сувларини текис-муфассал оқимлари ностационар филтрация жараёнларни математик моделлаштириш усуллари асосида, вақт ўзгариши мобайнида чегаравий шартлар ва сув ўтказувчанлик хусусиятлари келтирилган.

Гидродинамик моделлаштиришда тадқиқот олиб борилаётган ҳудудни схемалаштириш лозим. Филтрация ҳудудини схемалаштиришда «бир қийматли ечимлар шарти» масалаларининг зарурлиги кўзда тутилади. Бу шартлар қуйидагилардан иборат:

–филтрация ҳудудининг геометрик хусусиятлари (ер ости сув тутувчи қатлам қалинлиги, ер ости сувини ўтказмайдиган қатлам ўлчамлари, кенлиги ва узунлиги бўйича масофа);

–филтрация кўрсаткичларининг хусусиятларини ҳисоблаш (филтрация коэффиценти, босим ўтказувчанлик ва сув ўтказувчанлик);

–чегаравий ва бошланғич шартлар (чегарадаги сув ҳаракатининг башланғич вақтдаги сув сатҳи, босим ва тузларнинг дастлабки қиймати);

Моделлаштирилаётган ер ости сув тутувчи комплексида сувли қатламлар тарқалган майдон ҳудудида сув шимилишни таъминлашни ва икки ўзаро боғланган ва алоқада бўлган сув қатламларидан оқиб ўтиши, ёнма-ён ва чегарадош ер ости сув қатламларида ёки қатъий филтрация режими остида ўзгаришсиз босим шартларини қўйиш масаласи кўзда тутилган. Филтрация ҳудуднинг ташқи ва ички чегараларида турли ҳил: биринчи, иккинчи ва учунчи турлардаги чегаравий шартлар мавжуд.

ЭХМда геофилтрация жараёнларини сонли моделлаштириш учун қуйидаги босқичлардан иборат услублар таклиф этилган: 1) масаланинг қўйилиши; 2) гидрогеологик–мелиоратив шароитларини схемалаштириш ва геофилтрация моделини тузиш; 3) математик моделини тузиш; 4) математик моделни ечишнинг сонли усулни ишлаб чиқиш; 5) масалани ечишнинг алгоритмларини ишлаб чиқиш; 6) дастурлар тузиш ва яратиш; 7)

кўпвариантли ҳисоблашлар ўтказиш ва эпигноз масаласини ечиш, моделлаштириш ва амалий тадқиқотлар натижаларини таққослаш; 8) натижавий маълумотларни таҳлил қилиш ва баҳолаш масаласини ечиш.

Фойдаланилаётган математик модель дифференциал тенгламалар тизимига асосланган бўлиб, сув тутувчи қатламларни ўзаро боғловчи ҳамда вақтга боғлиқ ҳудудий текисликдаги ер ости суви оқими динамикасини ифодалайди ва хусусий ҳосилали параболик турда қуйидаги математик модель кўринишга эга бўлади:

$$\mu \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( kh \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( kh \frac{\partial h}{\partial y} \right) + f - \delta Q_{\text{скв}} \quad (1)$$

қуйидаги кўринишга эга бўлган бошланғич,

$$h(x, y, t_0) = \varphi_1(x, y); (x, y) \in G; t_0 = 0 \quad (2)$$

ва чегаравий шартлар,

$$h(x, y, t) = \varphi_2(x, y); (x, y) \in \Gamma_1; t > t_0 \quad (3)$$

$$-kh \frac{\partial h}{\partial n} = \varphi_3(x, y) \quad (x, y) \in \Gamma_2; t > t_0; \quad (4)$$

$$-kh \frac{\partial h}{\partial n} = \gamma(h_e - h), \quad (x, y) \in \Gamma_3; t > t_0; \quad (5)$$

бу ерда  $\mu$  – сув қатламининг сув бериш коэффицент (ўлчовсиз катталиқ);  $h(x, y, t)$  – ер ости суви сатҳи, м;  $(x, y) \in G$ ;  $k(x, y)$  – фильтрация коэффицентлари, м/кунига;  $f(x, y, t) = Q_e - Q_d - Q_{\text{исп}}$  – инфильтрацияланувчи оқимлар ва парланиши; ер ости ва ер усти сувларининг ўзаро боғлиқлиги қуйидаги муносабатлар орқали ифодаланди  $Q_p = k(h_p - h/\Phi)$  – дарё ва канал сувлари сатҳи ер ости сувларини тўйинтирадиган ҳолатида;  $Q_d = k(h_d - h/\Phi)$ ; – ер ости сувларининг канал ёки завурга (дренаж) сизилиб чиқиши ҳолатида;  $Q_{\text{скв}}$  – ер ости сув олиш қудуғи сарфи;  $Q_{\text{скв}} = Q(t)\delta(x-x_0, y-y_0) t > t_0$ ;  $\delta$  – Дирак функцияси;  $\varphi_1(x, y) - \varphi_3(x, y)$  берилган функциялари;  $G$  – фильтрация ҳудудини  $\Gamma_{1-3}$  – силлик чегараси;  $\gamma$  ер ости сувлари сатҳи ва ер усти сувларини гидрогеологик шароитларини характерлайди;  $Q_p$  – дарёдаги сув сарфи;  $Q_d$  – сизот сувлари сарфи;  $\Phi$  – сув оқимининг сизилиши қаршилиги ўлчови;  $h_p$  – дарё ва канал сув сатҳи,  $h_d$  – завур сув сатҳи.

(1) тенгламани (2)-(5) бошланғич ва чегаравий шартлар асосида ечиш Ф.Б.Абуталиев ва бошқалар томонидан ишлаб чиқилган сонли усуллар ёрдамида, дифференциалдан чекли айирмага ўтиш А.А.Самарский ва бошқалар томонидан ишлаб чиқилган локал бир ўлчовли схемадан фойдаланиб, сонли-айирмали схемалар ва биргаликдаги ҳайдаш (прогонка) усулларини қўллаш асосида ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилди.

Ер ости чучук сувларининг геофильтрация ва геомиграция жараёнлари ва уларнинг ифлосланишини, шунингдек ер ости суви қатламларининг ифлосланган ёки шўрланган сувли қатламлар билан ўзаро боғлиқлигида молекуляр диффузия ва дисперсия жараёнларини ҳисобга олиш лозим. Ер ости сувларнинг ифлосланиш ҳолатларини моделлаштириш масаласи қуйидаги тенгламалар тизими орқали ифодаланади:

$$\mu \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( kh \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( kh \frac{\partial h}{\partial y} \right) + f - w \quad (6)$$

$$n_0 \frac{\partial (hc)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial c}{\partial x} - v_x c \right) h + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial c}{\partial y} - v_y c \right) h + \varepsilon_c (f, c_f, w, c) - \frac{\partial (wh)}{\partial t} \quad (7)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \varphi(c, N, c^*, N^*, \gamma_*, \gamma_{**}) F, \quad F(c^*, N^*, \gamma_0) = 0, \quad v_x = k \frac{\partial h}{\partial x}, \quad v_y = k \frac{\partial h}{\partial y}; \quad (8)$$

бу ерда  $h(x, y, t)$  – ер ости суви сатҳи, м;  $c(x, y, t)$  – ер ости суви минераллашуви қиймати;  $x, y$ -горизантал координаталари;  $k(x, y)$  – фильтрация коэффициентлари;  $D = \lambda v$ ,  $v(v_x, v_y)$ ,  $D = (D_x, D_y)$ ,  $f$ ,  $w$  – инфильтрацияланувчи оқимлар ва парланиши,  $c_f$  – инфильтрацияланувчи сув концентрацияси;  $N(x, y, t)$  – қаттиқ турдаги тузлар;  $\lambda$  – гидродинамик дисперсия параметри;  $\gamma^*$ ,  $\gamma^{**}$  – туз алмашилиш диффузияси ва химик жараёнларни характерловчи параметрлар;  $\gamma_0$  – константалар ва изотермалер;  $\varepsilon_0$  – кирувчи туз манбайи.

Ушбу (6) – (8) дифференциал тенгламалар тизими табиий ва гидрогеологик шароитларини ифодаловчи куйидаги бошланғич ва чегаравий шартлар асосида ечилади

$$\left. \begin{aligned} h(x, y, 0) &= h_0(x, y); \quad c(x, y, 0) = c_0(x, y); \\ N(x, y, 0) &= N_0(x, y), \quad (x, y) \in G \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 \left( kh \frac{\partial h}{\partial n} \right) + \beta_1 h &= \gamma(x, y, t) \\ \alpha_2 \left( vc - D \frac{\partial c}{\partial n} \right) h + \beta_2 c &= \delta(x, y, t) \\ \alpha_1^2 + \beta_1^2 > 0, \quad \alpha_2^2 + \beta_2^2 > 0, \quad (x, y) \in \Gamma, \quad t > 0 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

бу ерда  $h_0(x, y)$ ,  $c_0(x, y)$ ,  $N_0(x, y)$ ,  $\gamma(x, y, t)$ ,  $\delta(x, y, t)$  – берилган функциялар;  $G$  – фильтрация области,  $\Gamma$  – унинг чегараси.

(6) – (8) тенгламалар тизимини (9) – (10) бошланғич ва чегаравий шартлар асосида ечишда Ф.Б.Абуталиев, Р.Н.Усмонов ва бошқалар томонидан ишлаб чиқилган чекли – ва векторли айирмалар усулларидан фойдаланилди, ҳисоблаш жараёнлари эса, А.А.Самарский томонидан ишлаб чиқилган локал бир ўлчовли схемалар асосида амалга оширилди.

Шундай қилиб, юқорида келтирилган моделлар ва уларни амалга оширувчи услублардан фойдаланиб, ер ости сувлари ҳолати ўзгариши, уларнинг ер усти сувлари билан боғлиқлиги ва чучук сувларнинг сифати ўзгариши, концентрацияси ёки ифлосланиши масалаларини текисликда ва вақт ўзгариши бўйича тадқиқ қилиш мумкин.

Муфассал миқёсдаги ҳудудлар минтақавий ер ости сув оқими ўнлаб ва юзлаб километрга чўзилади. Минтақавий ер ости суви шаклланишининг қонуниятлари геологик тузилиши, сув тутувчи қатламларнинг таркибий тузилиши хусусиятлари, ер ости суви оқимининг сув таъминоти ва сувни сарфланиб бўшаши шарт шароитлари билан аниқланади. Моделлашнинг сифатли бажарилишида ҳисоб жараёнларининг хусусиятлари ва омилларнинг

йўналиши табиий ҳолатга мослиги (адекватность), дастурлаш билимини ҳамда мураккаб гидрогеологик шароитлар ҳисобга олинган.

Ушбу ёндашувларни амалга оширувчи дастурий восита яратилган, худудий текисликдаги ер ости суви оқимини фильтрацияси қирқимдаги (бир, икки ўлчовли) ҳолатларни ўз ичига олувчи, сизот сувлари оқимининг чегаравий масалаларини ечишда амалга оширувчи алгоритмлари; бошланғич маълумотларни киритишда графикли интерфейсларидан ва уларни махсус тузилишда сақлашга мўлжалланган дастурлар ишлаб чиқилган.

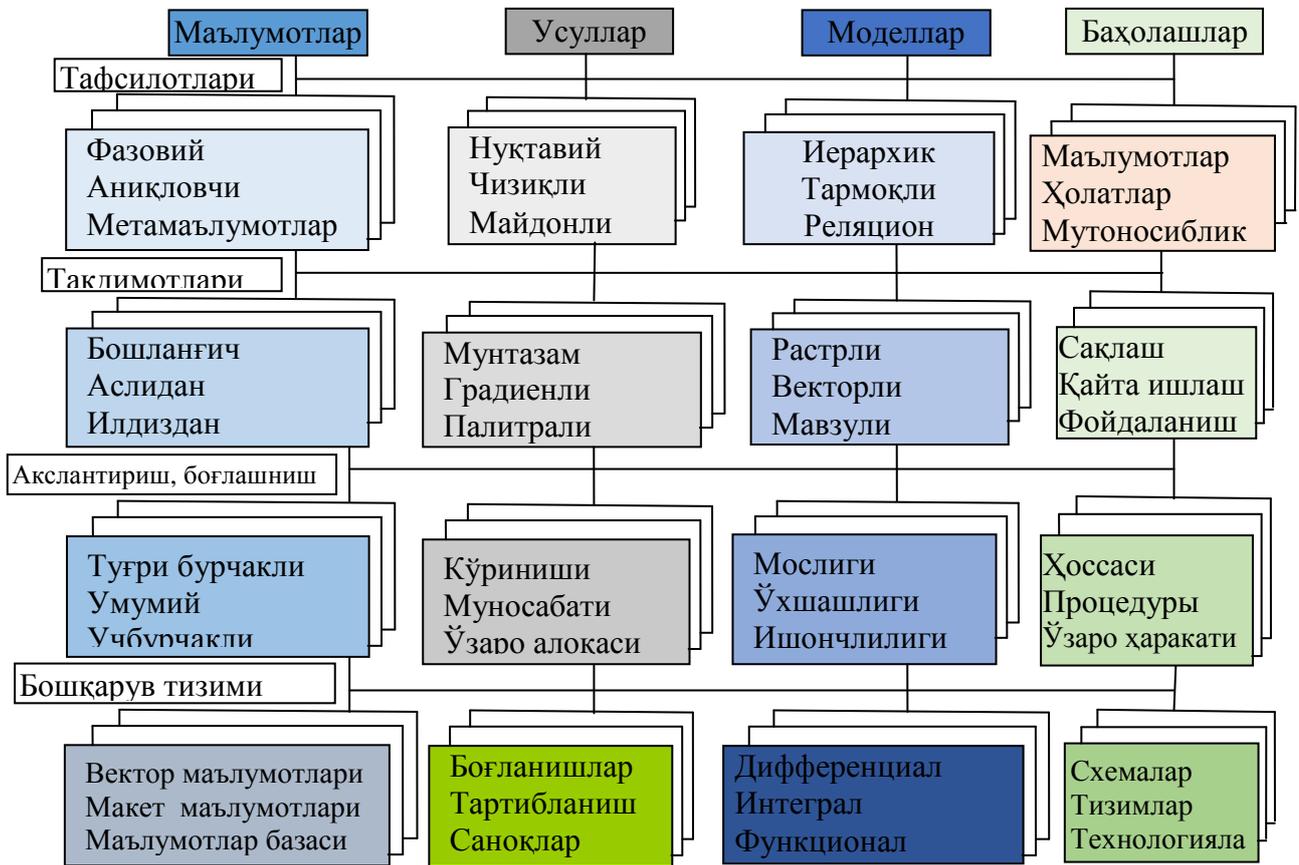
Диссертациянинг «**Гидрогеологик масалаларни ечишда геоахборот - математик моделлаштириш**» деб номланган учинчи бобида турли ҳусусиятга эга гидрогеологик маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш ва сақлашда замонавий геоахборот технологиялар асосида, сув хўжалигининг кескин шароитлари гидрогеологик ҳолатини баҳолаш масалалари кўрилган.

Ер ости сувлари гидросферасини шаклланиш қонуниятларини аниқлаш мақсадида муфассал таҳлиллар; объектларнинг тузилиши ёки тақсимланиши, шунингдек уларнинг вақт бўйича ва ўзгариш хусусиятлари; бир неча қаватли сув тутувчи қатламларнинг алоҳида хусусиятларининг тақсимланишидаги ўзаро боғланишнинг мавжудлиги ва уларнинг турлари; вақт мобайнида ҳодисаларнинг ривожланиш тенденцияси таъминотида ва сув сарфи шартларига асосан аниқланадиган (оқиб кетиши, ўсимликлар буғлантириши ва парланишлар) аэрация худудларида ер ости сувини тартибга солиш каби масалалар ечилган.

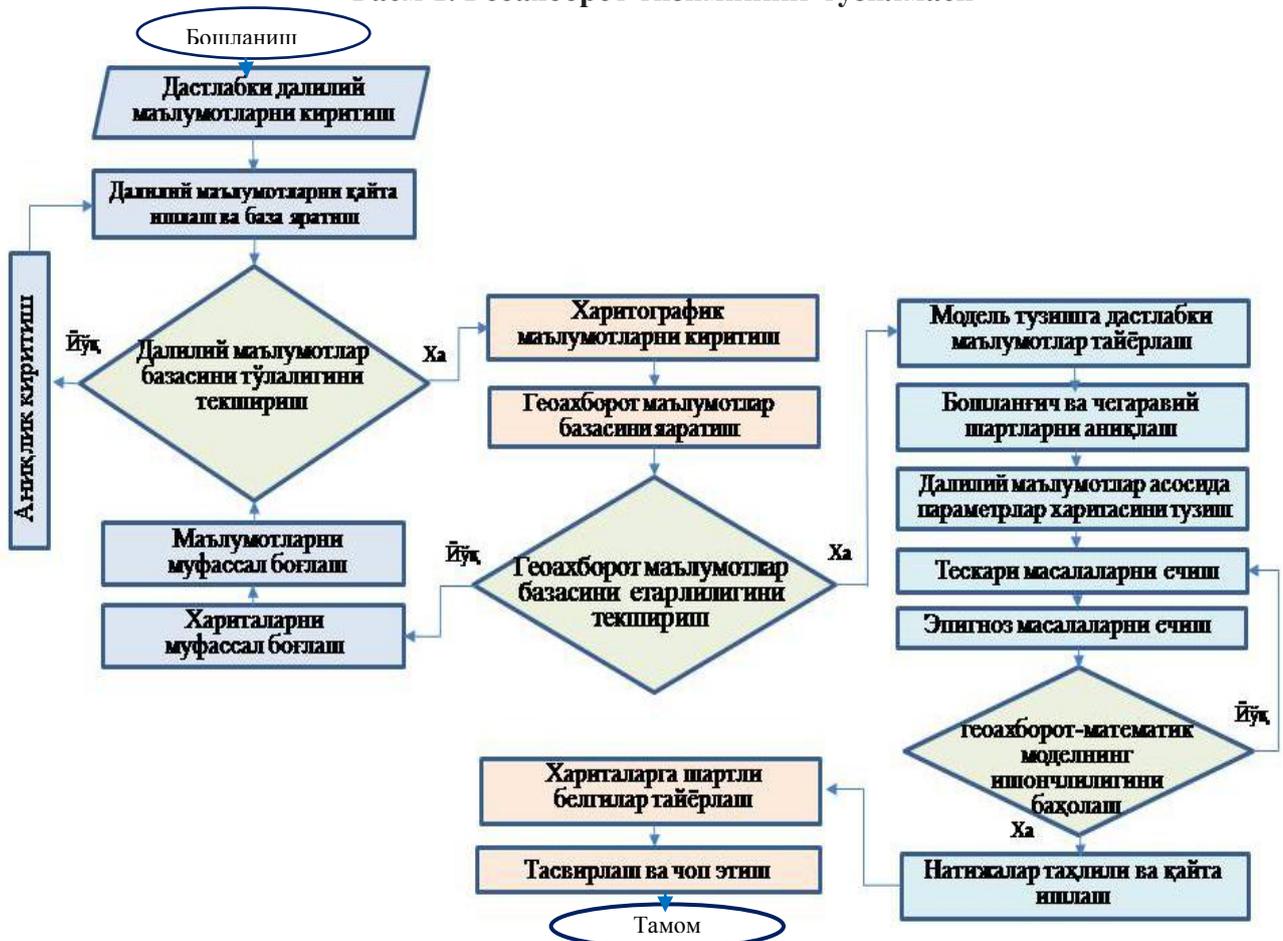
Замонавий ГАТ технологиялар объектга йўналтирилган электрон маълумотлар базасини яратиш (1-расм), ўзида объектнинг харитографик ва рақамли маълумотларни қамраб олувчи топологик харитага географик координаталари билан боғлаш имконини беради. Гидрогеологик объектлар (ГГО) учун яратилаётган электрон ашёвий ва харитографик маълумотлар базаси (2-расм), минтақавий ГГО математик моделининг гидрогеологик ахборот асоси деб номланади. ГАТ технологиясини жорий этиш ва ривожлан тириш учун гидрогеологик ахборот тизими яратилди. Умумий ҳолатда ГАТ қуйидаги қисм тизимларини ўз ичига олади:

- йиғилаётган маълумотни семантик моделлаштириш;
- қираётган маълумотни назорат қилиш учун имитацион моделлаш;
- геометрик моделлаштириш;
- модели ечимларни назорат қилиш учун имитацион моделлаштириш;
- вектор ва скаляр мезонлари асосида маълумотни тўғрилаш;
- интерактив моделлаштириш;
- базада сақланувчи маълумотни семантик моделлаштириш;
- хужжатлар таъминоти;

Гидрогелогик объектларни математик моделлаш жараёнида замонавий ГАТ интеграллашган ахборот тизимларини янги турларини тақдим қилиш ролини бажаради. Бу автоматлашган тизим ўзида фактографик, харитавий ва мавзули маълумотлар базасини катта қисмини ташкил қилиб, модель ва ҳисоб функцияларини боғлаш ва уларни манипуляция қилиш, ҳамда натижа-



Расм 1. Геоахборот тизимининг тузилмаси



Расм 2. Геоахборот - математик моделлаштириш усуллари билан гидрогеологик масалаларни ечиш алгоритмлари схемаси

ларини муфассал харитий малумотларга ўтказиш, булар асосида турли қарорлар қабул қилиш ва назорат ўрнатиш имконини беради.

Диссертациянинг «**Гидрогеологик жараёнларни моделлаштириш тизимининг автоматлаштирилган ахборот таъминотининг технологик жиҳатлари**» деб номланган тўртинчи бобида реал вақт тизимида ер ости гидросферасини гидрогеологик хусусиятларини автоматлашган ўлчаш ва қайд этиш қурилмасини яратиш таклиф қилинган ва у қуйидаги ҳолатларда математик моделлар ахборот тизими базаси сифатида қўлланилади:

- грунт сувлари қатламларини ҳолати мониторинги;
- ер ости гидросфераси ифлосланиш оқибатларини баҳолаш;
- ер ости сувларини эксплуатацион захираси ва ресурсини баҳолаш;
- ифлосланиши мумкин бўлган ҳудудларда сув сифати назорати;
- ифлосланган майдонларни ўрганиш;
- фильтрация – тажриба жараёнларидаги ўлчов ишларни олиб бориш;
- сув қатламларининг гидравлик хусусиятларини баҳолаш;
- сув қатламларининг ўзаро таъсирини мониторингини юритилиши;
- сув сатҳи ўзгаришининг салбий оқибатларини экологик баҳолаш;

Илмий тадқиқот, тажриба ва назорат ишлари асосида қурилманинг барча ташкил этувчи қисмлари ва уларнинг ўзаро боғланишли муносабатлари, ўзгариш меъёрларда ишлаш кўрсаткичлар асосида ер ости сувлари сатҳини ўлчовчи автоматлашган қурилманинг принципал схемаси таклиф қилинган.

Ушбу автоматлаштирилган сув сатҳини ўлчовчи қурилма ер ости гидросферасининг асосий режим ташкил этувчи барча хусусиятларини ўлчашни автоматлаштириш имконини бериб, у ўлчов назорати элементлари ва юқори сезувчанлик, ўрнатилган электроника схемаларини ишлатилиши, юқори аниқликда ва сезувчанлик жиҳозлари билан таъминланган.

*Қурилманинг метрологик хусусиятлари.* Ер ости суви сатҳи 100 м чуқурлигигача ўлчанади; сатҳни ўлчаш диапазони – 0 дан 20 м; ўлчовларнинг асосий фаоллигининг чегараси 2,%; ҳароратни ўлчаш диапазони – 0 дан 80 градус  $C^0$ , ҳарорат ўзгаришининг асосий хатолигининг чегараси = 2,5%.

Автоматлаштирилган қурилманинг ишлаб чиқилиши муаллиф раҳбарлигида ўтказилган, муаллиф – ишлаб чиқарувчи ишчи ҳужжатлар комплектини, чизмаларни ва намуналарни тақдим этган.

Ер ости суви мониторингини симсиз тармоққа улаш мақсадида қуйидаги тавсиялар таклиф этилган: ер ости суви кўрсаткичларини қайд қилиш комплекс ечимини топиш; қабул қилувчи трансиверлар; маълумотларни ва дастурий таъминотни йиғиш воситалари; майдонда маълумотларни йиғиш жараёнининг юқори самарадорлиги, 70% га (одатдаги усуллардан самаралироқ); инсон омиллари ўлчов жараёнидан ҳолилиги туфайли маълумотларнинг юқори даражада аниқлиги амалга оширилади.

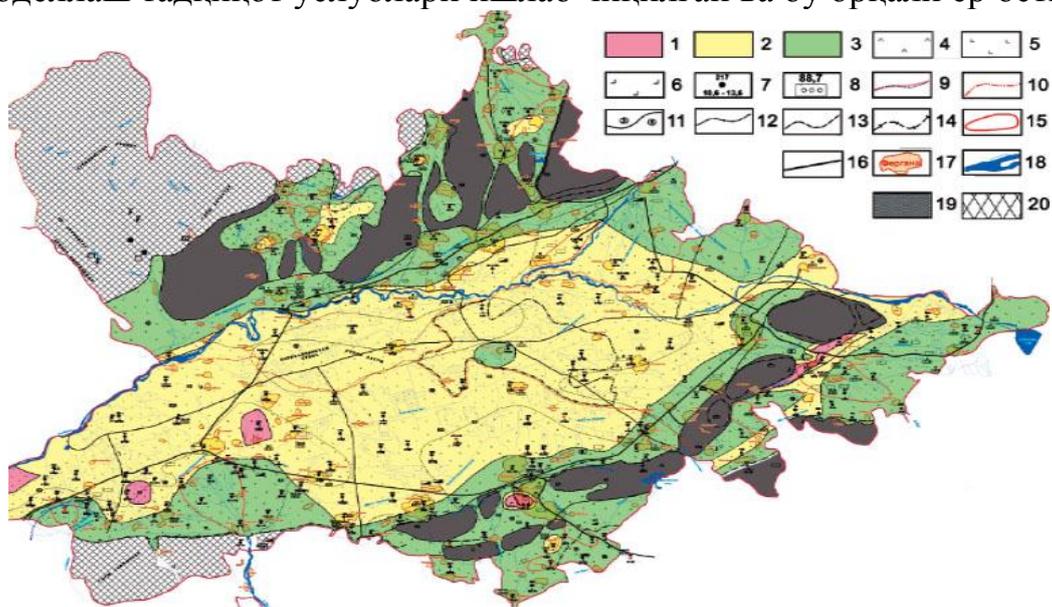
Диссертациянинг «**ГАТ технологиялари асосида минтақавий гидрогеологик объектларининг геофильтрацион жараёнларини моделлаш**» деб номланган бешинчи бобида ишлаб чиқилган ГАТ технологиялари концепцияси қўлланиш тажрибаси келтирилган. Бу тажриба Ўзбекистон Республикасининг алоҳида ҳудудлари мисолида кўрсатилган. Ер ости ва ер

устидаги сувларининг ўзаро боғлиқлигини яхлит функцияларини тадқиқот этишда ички ва ташқи боғланишларнинг динамикасини аниқлаш зарур сув кириб келувчи майдонларининг ўзаро таъсир кўрсатиши, ўтиш ва чиқиш, баланснинг турли элементлари, уларнинг ташқи ва табиий омиллар билан боғланиши. Шу сабабли, гидрогеологик объектларни фазовий тасаввур нуктаи назаридан кўриб чиқишда, ички ва ташқи боғланишларни аниқлашда ва ГГО ни ўзаро боғланган элементлар кўплиги сифатида тақдим этишда, геоахборот таҳлилдан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

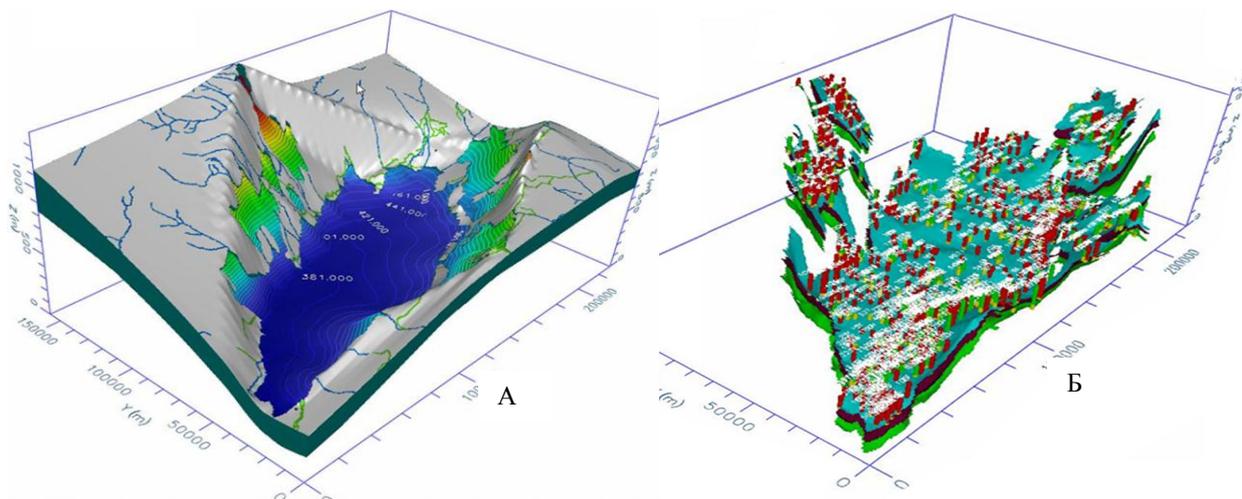
Фарғона водийси ер ости сувлари конларининг гидрогеологик-ахборот асоси таклиф қилинди. Гидрогеологик ахборот асоси реал материаллар харитаси, кузатув ва сув олувчи қудуқларининг жойлашиши, буғланиш ва сув шимилишининг тақсимланиши, дарёлар, каналлар, зовурлар бўйича маълумотлардан иборатдир. Фарғона водийси геология тузилмаси, геоморфологик ва гидрогеологик хусусиятлари бўйича мустақил биринчи даражали сув-балансли ҳудуди ҳисобланган. Фарғона водийси турли даражадаги ер ости сув тизимлари—яъни ер ости сув конларига бўлинади.

Фарғона водийси ер ости сув конларининг минтақавий математик модели ишлаб чиқилди. Сув ҳўжалиги шароитларининг ўзгаришларини ҳисобга олиб истиқболли заҳираларини баҳолаш учун ишлаб чиқилган моделлаштириш дастурлари асосида Фарғона водийси ер ости сув конларининг ҳозирги ҳолати бўйича натижалар олинди ва водийнинг сув билан таъминланганлик даражасини ошириш мақсадида ер ости сувларининг экинларни суғориш учун фойдаланиш таклифлари берилган.

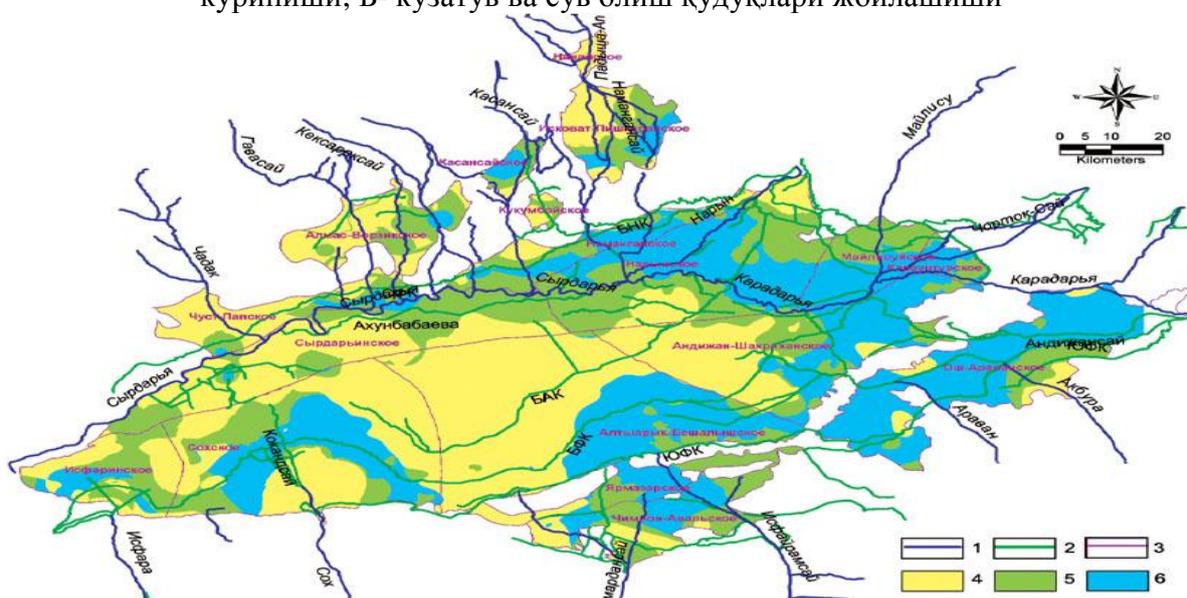
Ўзбекистон Республикаси миқёсида Фарғона водийси ҳудудида ер ости ичимлик суви конларини сизилиш хусусиятларининг муфассал тақсимланиш қонуниятлари ўрнатилган. Табиий ва техноген объектларни ўрганишдаги бошланғич ахборотлар таҳлили (3-5 расм), схемалаштириш жараёнлари натижалари, бошланғич ва чегаравий шартлар ишончлилик аломатлари асосланган. Ер ости сувлари балансини аниқлаш, геофльтрация жараёнларини моделлаш тадқиқот услублари ишлаб чиқилган ва бу орқали ер ости сув



Расм 3. Ҳудуд ер ости сувлари сатҳи ва минераллашуви харитографик маълумотлари



**Расм. 4. Фарғона водийсининг минтақавий гидрогеологик моделини А- умумий кўриниши; Б- кузатув ва сув олиш қудуқлари жойлашиши**



**Расм 5. Моделлаш натижасида олинган ер ости ва ер усти суви ресурсларини комплекс равишда ишлатиш схематик харитаси. 1-дарё, 2-канал, 3-сув конлари чегараси, 4-ер ости сувлари; 5 -ер ости ва ер усти сувлари комплекс равишда; 6- ер усти сувлари**

тутувчи қатламларнинг гидрогеологик хоссаларини ҳисоблаш бўйича тажрибалар ўтказилган. Бошланғич ва чегаравий шартларнинг асосланиши ва хусусиятлари қаралган.

Халқ хўжалигининг барча объектларида қизгин жорий қилинаётган, қирқим ва текисликда фильтрация хусусиятларининг ўзгарувчанлик ва тузилмасини акс эттирувчи замонавий ГАТ технологиялар асосида геоахборот тизимларини яратишнинг тамойили ва аломатлари ишлаб чиқилган. Амударё қуйи оқимининг «Хоразм воҳаси гидрогеологик-ахборот модели» бўлимида ГАТ ни қўллаб халқ хўжалигида муҳим аҳамиятга эга бўлган турли хил гидрогеологик масалаларни ечиш жараёнларида ишлаб чиқилган ва такомиллаштирилган гидрогеологик-ахборот моделининг назарий, услубий ва технологик асоси баён қилинган. Бу бўлимда тадқиқотнинг асосий ҳолатларини ёритувчи муайян ҳудудларда олинган натижалар келтирилган.

Хоразм воҳаси гидрогеологик-ахборот модели ер ости сувларининг ҳолатини акс эттирувчи электрон ашёвий ва харитографик маълумотлардан

тузилган. Бу эса фермер хўжаликларига ўз ҳудудлари бўйича гидрогеологик маълумотларни олиш имкониятларини беради.

Хоразм вилоятининг 1:200000 миқёсидаги маъмурий - ҳудудий бўлиниш топографик харитаси, геологик ва морфогенетик комплекси, гидрогеологик ва гидрологик хариталари таянч асос сифатида олинган бўлиб, булар минтақавий ва локал даражаларига мувофиқдир. Таянч асосли хариталар негизида бошқа барча харитографик маълумотлар ер ости сувлари ҳолатини ўрганиш ва фойдаланиш мақсадида жадваллар атрибутив ва муфассал далил ашёвий ахборотлар кўринишида тизимлаштирилган.

Электрон хариталар тузиш ахборот таъминоти технологиялари ўзида; маълумотлар базасини яратиш ва юритиш, харитографик маълумотларни кодлаш ва синфлаштириш тизими, рақамли баён қилиш қоидалари асосида тасвирларни кўриниши, рақамли хариталарнинг ишчи қатламларини яратиш ва таҳрир қилиш, шакллантириш ва сақлаш, рақамли хариталарнинг шартли белгилар тизими ва маълумотлар формати, амалий ахборотлаш ва ҳисоб масалаларини (рельеф баландлигини ҳисоблаш, жойларнинг қирқимини тузиш, нуқтада баландлик ва координаталарни аниқлаш, узунлик, азимутлар) ечишда фойдаланувчиларга интерфейс қулайлаштирилган.

Маълумотларнинг ахборот базаси табиий ва техноген омилларни, сув хўжалик вазиятлари ҳолатини аниқловчи, тадқиқот олиб бораётган объектнинг гидрогеологик шароитларини ўз ичига олади. Хоразм вилояти мисолида фермер хўжаликларининг экин майдонларини суғориш учун ер ости сув ресурсларидан оқилона фойдаланишда, ер ости суви гидросфера-сининг гидрогеологик ахборот тизими (бошқарув модели) ишлаб чиқилган ва яратилган, ГАТ технологиялари асосида гидрогеологик ахборот тизимининг яратилиши баён қилинган, тузилиши ва математик дастурий таъминоти, ҳар бир йилнинг сувлигига қараб, суғориш учун мукамаллашган ер ости сувларини олишнинг мумкинлиги асосланган ва ишлаб чиқилган.

## ХУЛОСА

«Минтақавий гидрогеологик тизимларнинг геофилтрация жараёнларини математик моделлаш» мавзусидаги докторлик диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Минтақавий хусусиятли гидрогеологик жараёнларни моделлаштириш муаммоларининг ҳозирги ҳолатининг таҳлили, моделлаш услубларини ривожланиши ва реал вақт режимида ахборот таъминотини ишлаб чиқиш ҳамда замонавий ГАТларнинг интеграцияси асосида минтақавий гидрогеологик ҳудудларнинг геофилтрация жараёнларини математик моделлашнинг такомиллашган услубларини ишлаб чиқилиши сув ресурслари муҳофазаси, оқилона фойдаланиш ва бошқариш муаммоларни ҳал қилишда ахборот технологияларнинг истиқболларини аниқлаб беради.

2. Гидрогеологик ва мелиоратив тадқиқотларнинг махсуслиги ва ўзига хослигини ҳисобга олиб ГАТ технологиялари асосида математик моделларни қуриш ва тизимли таҳлил қилиниши ҳамда амалий гидрогеологик тадқиқотларда ГАТ технологияларидан фойдаланишнинг асосий йўналиши синфлашган маълумотлар геобазаси тузилиши, гидрогеологик тизимларга жорий қилиш модуллари ва компонентларини танлаш имконини беради.

3. Минтақавий геоахборот моделларини ишлаб чиқилиши ва маълумотлар геобазасининг тузилиши ГАТ технологияларидан фойдаланиб рақамли геологик – гидрогеологик хариталар тузиш ва улар асосида ер ости ва ер усти сувлари сифати ёмонлашишидан ва ифлосланишидан ҳимоялаш чора-тадбирлари тавсиялар ишлаб чиқишда ва бошқаришга хизмат қилади.

4. Ер ости суви мониторингини ташкил қилиниши ва юритилиши, режалаштириш, самарали қарор қабул қилиш омилларини аниқланиши ва асосланиши, масофадан туриб ахборотларни ўлчаш, йиғиш ва бошқариш, электрон автоматлашган ўлчов қурилмаларидан маълумотларни узатиш ва қабул қилиш тизимининг ишлаб чиқилиши ва жорий қилиниши қурилма-дастурий воситалар асосида ер ости суви мониторингини автоматлаштириш хусусиятлари ер ости гидросферасининг шаклланиши ва мониторингини автоматлаштирилган маълумотлар базаси яратиш имконини беради.

5. Қатор технологик жараёнларни бирлаштирувчи автоматлаштирилган геоахборот тизимлари, ер ости ва ер усти сувларининг ўзаро боғланишларини ҳисобга олувчи гидрогеологик жараёнларни моделлаштириш тизимлари, шунингдек турли ҳил юклаган харитавий ахборотларни тезкор тасвирлаш тақдироти асосий гидрогеологик параметрларни автоматлаштирилган ўлчаш натижасида олинган маълумотларни муфассал таҳлилини амалга оширувчи янги технологияларни яратиш имконини беради.

6. Сув олиш иншоотлар тизими ишлаши даврида, ер ости ва ер усти сувларининг ўзаро боғлиқлигини ҳисобга олувчи геомиграция ва геофилтрация жараёнлари моделларини сонли ечими, унинг алгоритми ва комплекс дастурлаш таъминоти ва математик моделини яратилиши ва жорий қилиниши Фарғона водийси ер ости сув ҳавзаларининг геофилтрация жараёнларини математик модели ишлаб чиқилиши, бошланғич ва чегаравий шартлар асосланишига, ахборот массиви тузилиши, уч қатламли модел параметрлари аниқланиши, табиий ва техноген камсувлик йиллари таъсиридаги сув танқислиги шароитида суғориладиган ҳудудларни сув таъминотини ошириш мақсадида ва ҳалқ хўжалигида комплекс фойдаланиш истиқболини аниқлашда, ер ости сувлари баланси ҳамда заҳира ресурсларини асослаш бўйича минтақавий гидрогеологик жараёнларни математик модели қуйидаги масалалар ечилишига имкон яратади:

а) Фарғона водийсида ер ости сув ҳавзалари бўйича табиий ва эксплуатация ресурслари (заҳираси) баҳоланишини;

б) ер ости сувини кўп мақсадли фойдаланишда сизот ва босим остидаги сувларни ўзаро алоқаси аниқланишини (хўжалик ичимлик суви, техник ва ишлаб чиқариш учун сув таъминоти, тик дренаж ва х);

в) Фарғона водийси текислик қисмидаги ер ости сув конларининг экинларни суғориш учун қуйидаги ер ости сув конларининг ирригация грунт сувлари эксплуатация заҳираси баҳоланиши: 1) чиқарма конуслари олди сув ҳавзаси Норин, Майлисув, Қораунгур, Сўх, Исфара; 2) тоғолди сув ҳавзаси Андижон – Шаҳрихон, Олтиариқ – Бешолиш, Сирдарё ва бошқалар.

7. Суғориладиган майдонларнинг геологик, гидрогеологик, гидрологик, мелиоратив ва сув хўжалик шароити бўйича харитографик материаллар яратилиши асосида Хоразм воҳаси сув ресурсларини самарали ишлатилишини башоратлаш, бошқариш, ахборот–маълумотлар учун гидрогеологик – ахборот тизими яратилиши масалалари ўз ечимини топади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**ДЖУМАНОВ ЖАМОЛЖОН ХУДАЙКУЛОВИЧ**

**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ГЕОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ  
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

05.01.07 – Математическое моделирование. Численные методы и комплексы программ.

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2017**

**Тема докторской (DSc) диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № B2017.1.DSc/T4**

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) и Информационно-образовательном портале «Ziynet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Научный консультант:</b>	<b>Хабибуллаев Иброхим</b> доктор технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Ван Нор Азмин Сулейман</b> доктор технических наук, профессор (Малайзия) <b>Гулямов Шухрат Маннопович</b> доктор технических наук, профессор <b>Мухамедиева Дилноз Тулкиновна</b> доктор технических наук, профессор
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства</b>

Защита диссертации состоится «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании научного совета DSc.27.06.2017.T.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100202, Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: [tuit@tuit.uz](mailto:tuit@tuit.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер №\_\_\_\_\_). Адрес: 100202, Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44.

Автореферат диссертации разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 года.  
(реестр протокол рассылки № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 года.)

**Р.Х.Хамдамов**  
Председатель научного совета по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

**Ф.М.Нуралиев**  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению учёных степеней, д.т.н.

**Н.Равшанов**  
Председатель научного семинара при научном  
совете по присуждению учёных степеней, д.т.н.

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** На сегодняшний день в мире для обеспечения растущих потребностей населения к питьевой воде важное значение приобретает эффективное использование ресурсов пресных подземных вод. «Мировые запасы воды составляют 97% соленых вод, пресные 3%. 68% источников питьевой воды сосредоточены в ледниках, лишь 2% пресных вод находятся в реках и в поверхностных озерах, что составляет 93 тыс. км<sup>3</sup>. В подземной гидросфере находятся 30% источников питьевых вод»<sup>3</sup>. Поэтому, в исследовании состояний подземной гидросферы и рационального использования подземных вод на основе геоинформационных систем (ГИС) составление и использование картографических баз данных, мониторинг автоматизированного измерения, совершенствование методов математического моделирования процессов геофильтрации являются актуальными вопросами. В развитых странах, в том числе США, Германия, Канада, Дания, Япония, Франция, Россия в управлении процессами и явлениями, происходящими в сложных гидрогеологических условиях, широко используются компьютеризированные измерительные приборы, ГИС-технологии и методы математического моделирования.

После приобретения независимости в нашей Республике, широко осуществляются мероприятия по оценке ресурсов подземных вод и ведению эффективного мониторинга, методам наблюдений процессов и событий, происходящих в сложных гидрогеологических условиях на базе компьютеризированных автоматических измерительных приборов, достигнуты результаты по развитию и реализации на основе интеграции методов математического моделирования с ГИС-технологиями. В этой сфере, необходимо отметить, что проведены ряд научно-исследовательских работ по информационному обеспечению математического моделирования геофильтрационных процессов региональных гидрогеологических систем, направленных на совершенствование замера параметров подземной гидросферы на основе автоматических измерительных устройств, позволяющих оперативно определить состояние гидрогеологических объектов.

В мире по разработке системы математических моделей геофильтрационных процессов регионального характера на основе ГИС-технологий и оперативного анализа изменения уровня грунтовых вод, и при необходимости создание системы оптимального управления ресурсами подземных вод имеет важное значение. В этом направлении, изучение геофильтрационных процессов методами математического моделирования, особенно в годы маловодья роль подземных вод в водных ресурсах и учет их взаимосвязи с поверхностными водами, изучение гидрогеологических характеристик месторождений подземных вод, обоснование режимов гидротехнических сооружений и мелиоративная водообеспеченность, загрязнение подземных вод и ликвидация засоленности сельскохозяйственных площадей, наблюдение состояний гидро-геологических объектов автоматизированными методами и комплексом аппаратно-программных средств, совер-

---

<sup>3</sup> <http://www.water.usgs.gov/edu/watercycleuzbek.html#runoff>

шенствование интеллектуальных систем и обоснование принятия решений о рациональном использовании водных ресурсов считаются одним из основных задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-1730 от 21 марта 2012 года «О мерах по дальнейшему внедрению и развитию современных информационно-коммуникационных технологий», №ПП-2954 от 4 мая 2017 года «О мерах по упорядочению контроля и учета рационального использования запасов подземных вод на 2017-2021 годы», постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан №82 от 19 марта 2013 года «Об утверждении Положения о порядке водопользования и водопотребления в Республике Узбекистан, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологиям республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики IV. Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий, V. Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды.

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>4</sup>.** Научные исследования, направленные на разработку математических моделей региональных геофильтрационных процессов для различных условий сложности формирования подземных вод в плане и разрезе, для одно- и многослойного строения водоносных пластов, научные исследования, направленные на разработку методов осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе, United States Geology Survey–USGS, ESRI inc., (США), Geological Survey of Denmark and Greenland, Danish Hydraulic Institute (Дания), Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, German Research Centre for Geosciences (Германия), Advanced Industrial Science and Technology (Япония), Chinese Academy of Geological Sciences (Китай), Schlumberger Water Services, GIS and Geomatics Resources (Канада), Institute of Environmental Engineering System (Польша), Institute of Geology and Mineral Exploration (Греция), Indian Institute of Remote Sensing (Индия), Geological Survey of the Netherlands (Нидерланды), Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (Южная Корея), General Directorate of Minerals Research and Exploration Institute of Turkey (Турция), Всероссийский научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (Россия), Ташкентский университет информационных технологий и Институт гидрогеологии и инженерной геологии (Узбекистан).

---

<sup>4</sup> Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации проведен на основе нижеприведенных и других источников: <https://www.researchgate.net/home>, <http://www.worldscientific.com/action/showPublications/> <http://www.euroscience.org/category/news/>, <https://www.scientific-american.com/tech/>, J.C.Refsgaard «Operational Water Management», EWRA: Netherlands, 1997. -р.474. В.А.Кириухин «Региональная гидрогеология» Санкт-Петербург. СПб. 2005. с.334

В результате исследований, проведенных в мире по проведению автоматизированного мониторинга определения состояния подземных вод и оценки их формирования методами математического моделирования, создания базы данных с помощью геоинформационных технологий получен ряд научных результатов, в том числе: разработан комплекс методов моделирования геофильтрационных процессов подземных вод (Brigham Young University, США), разработан комплекс программных продуктов для моделирования управления водных ресурсов (Ground Water Vistas, Дания), цифрового картографирования, разработаны программные комплексы и созданы картографические геобазы данных обработки и их визуализации (GIS & Geomatics, Schlumberger Water Services, Канада), разработаны программные обеспечения по ведению автоматизированного мониторинга подземных вод (Eijkelpkamp agriseach equipment, Нидерланды); разработаны программные обеспечения при решении дифференциальных уравнений численными и разностными методами моделирования геофильтрационных и геомиграционных процессов (ВСЕГИНГЕО, Геолинк консалтинг, Россия).

В мире, по применению конечно-разностных и численных методов моделирования геофильтрационных процессов подземных вод по ряду приоритетных направлений проводится ряд исследований: на основании численного решения дифференциальных уравнений параболического типа описывающие геофильтрационные и геомиграционные процессы, совершенствование методов моделирования, развития единого вычислительного комплекса, позволяющего интеграцию при математическом моделировании региональных гидрогеологических систем; разработка методов моделирования территорий со сложными гидрогеологическими условиями на примере территории взаимосвязи между зонами формирования, транзита и разгрузки подземных вод; разработка методики моделирования фильтрации подземных вод в зоне перехода от однослойного к многослойной и взаимосвязи между водоносными горизонтами по вертикали.

**Степень изученности проблемы.** Вопросам разработке и совершенствованию методики применяемого математического моделирования гидрогеологических процессов для решения задач, связанных с обоснованием ирригационно-мелиоративных решений, оценкой запасов и ресурсов, а также охраной подземных вод, посвящены работы Н.Н.Веригина, А.А.Самарского, Ф.Б.Абуталиева, И.К.Гавича, Ж.Фрида, С.Ф.Аверьянова, Я.Бэра, В.М.Шестакова, И.И.Крашина, В.М.Мирласа, П.Я.Полубаринова-Кочина, Д.Виста, L.M.Milne-Thomson, Н.С.Огняника, У.У.Умарова, J.C.Refsgaard, И.Хабибуллаева, В.В.Веселова, Л.Лукнера, В.М.Голдъберга, W.Kenzelbach, М.Б.Баклушина, Р.Н.Усманова, В.М.Мирласа, П.П.Нагевич, О.В.Чеботаревой, И.Н.Грачевой и др.

В этих научных исследованиях рассмотрены вопросы по изучению геофильтрационных и геомиграционных процессов для различных условий по сложности формирования подземных вод в безнапорных и напорных, в плане и в разрезе, как для однослойного, так и для многослойного строения водоносных пластов, а также прогнозирование и оценки состояния подземной

гидросферы в различных начальных и граничных условиях. В настоящее время возникают проблемы в методологии математического моделирования гидрогеологических процессов с учетом территориального характера распределенности параметров и элементов режима гидрогеологических объектов, комплексного анализа на основе геоинформационной технологии, а также ведения автоматизированного мониторинга подземной гидросферы, разработки методов интеграции моделирования и современных ГИС-технологий.

Информационное обеспечение математических моделей крупных гидрогеологических объектов, позволяющих оперативно определять состояние гидрогеологических объектов зависит от степени автоматизации измерений параметров характеристик подземной гидросферы. Вместе с тем, вопросы разработки устройств автоматизированного измерения уровня и температуры подземных вод, создания геоинформационной базы данных, на основе исходной гидрогеологической информации моделирования гидрогеологических процессов с учетом территориально привязанных гидрогеологических условий, пространственного анализа результатов, создания оперативной визуализации картографической информации и разработки рекомендаций для принятия решений, связаны с решением ряда методологических, организационных и научных задач.

**Связь диссертационного исследования с планом научно-исследовательских работ высшего образовательного или научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с научно-исследовательскими темами Ташкентского университета информационных технологий, Государственного предприятия “Институт ГИДРОИНГЕО” и “Комитет координации развития науки и технологии” при Кабинете Министров Республики Узбекистан в рамках научно-исследовательской темы ИТД-А7-067 «Разработка гидрогеологических основ управления водных ресурсов в бассейне р.Сырдарьи в пределах Ферганской долины с помощью ГИС» (2009-2011 гг.), ИТД-И-2012-3-5 «Разработка и внедрение гидрогеолого-информационной основы рационального использования подземных вод для орошения фермерских хозяйств (на примере Хорезмского оазиса)» (2010-2011 гг.), И-2012-3-7 «Создание современных цифровых гидрогеологических 3D моделей по месторождениям подземных вод Республики Узбекистан для обработки результатов геологоразведочных работ, оценки ресурсов и рационального использования» (на примере долины р.Ахангаран), (2012-13 гг.), НИР-ОКР № 401 «Разработка устройства автоматизированного измерения уровня и температуры подземных вод в гидрогеологических скважинах» (2011-2013 гг.).

**Целью исследования** является повышение эффективности методов математического моделирования геофильтрационных процессов региональных гидрогеологических систем.

**Задачи исследования:**

анализ современного состояния проблемы моделирования гидрогеологических процессов регионального характера, включая вопросы развития ме-

тодологии моделирования и разработка информационного обеспечения в режиме реального времени;

совершенствование исследования методов математического моделирования геофильтрационных процессов региональных гидрогеологических систем на основе интеграции современных геоинформационных технологий;

разработка принципов формирования геоинформационных систем для решения региональных гидрогеологических задач;

разработка комплекса математических моделей гидрогеологических объектов регионального характера;

разработка аппаратно-программных средств автоматизированного измерения уровня и температуры подземных вод в наблюдательных скважинах для достижения актуальности информационного обеспечения геоинформационно-математических моделей гидрогеологических систем;

разработка методологии совершенствования сети мониторинга подземных вод на базе современных автоматизированных и информационных технологий;

разработка региональных геоинформационно-математических моделей для отдельных регионов Республики Узбекистан и их внедрение для решения народно-хозяйственных задач.

**Объектом исследования** является математическое моделирование геофильтрационных процессов региональных гидрогеологических систем (месторождения подземных вод), автоматизация сбора, накопления и обработки первичных данных.

**Предметом исследования** являются моделирование, алгоритмы, программные средства и принципы математического моделирования гидрогеологических процессов, происходящих под влиянием природных и техногенных факторов, устройства автоматизированного измерения уровня и температуры подземных вод.

**Методы исследования.** В процессе исследования использованы методы системного анализа, математическое и геоинформационное моделирование, численные методы, алгоритмы и программы, полевые и лабораторные опыты по изучению фильтрационных параметров водоносных горизонтов, экспериментальные методы, а также методы обработки данных, полученные в результате моделирования и натурных исследований при внедрении технологии автоматизации замера параметров и элементов режима и динамики подземных вод.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработана концепция математического моделирования гидрогеологических процессов регионального характера, основанная на принципах теории геофильтрации и геомиграции в сложных гидрогеологических условиях, усовершенствованы методы интеграции математического моделирования гидрогеологических процессов с информационно-коммуникационными технологиями;

развиты численные методы математического моделирования гидрогеологических процессов регионального плана на базе современных ГИС-

технологий, позволяющие объединить разноплановые модели геофильтрации в рамках единой информационно-технологической системы;

предложена гибкая система геоинформационно-математического моделирования геофильтрационных процессов региональных гидрогеологических объектов, основанная на использовании принципов формирования и совместного применения моделей разного масштаба и пространственного охвата;

разработано программное обеспечение, технологии и аппаратно-инструментальные средства системы автоматизированного замера, регистрации и передачи гидрогеологической информации, используемые для геоинформационно-математического моделирования, а также для ведения мониторинга подземной гидросферы;

разработаны принципы организации базы данных геоинформационно-математических моделей региональных гидрогеологических объектов совмещающие фактографические и картографические данные с возможностями последующей их интеграций в единый автоматизированный комплекс;

разработаны принципы и критерии построения геоинформационной системы в интеграции математической модели переноса солей взаимосвязанными потоками поверхностных и подземных вод для крупномасштабных объектов со сложными гидрогеологическими условиями.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработаны методологии математического моделирования геофильтрационных и геомиграционных процессов гидрогеологических систем регионального характера в режиме реального времени;

созданы методы формирования геофильтрационных и геомиграционных моделей регионального характера, использующие различного типа геоизображения, обеспечивающие широкое применение геоинформационно-математического моделирования региональных гидрогеологических процессов;

разработаны аппаратно-программные средства автоматизированного замера, регистрации и передачи гидрогеологической информации позволяющих обеспечить разработанных и внедренных геофильтрационных моделей исходными данными;

предложенная концепция геоинформационно-математического моделирования применена при прогнозировании изменений гидрогеологических условий Ферганской впадины в условиях природного и техногенного маловодья, оценках ресурсов подземных вод, а также прогнозах изменений гидрогеологических условий в Хорезмском оазисе;

на основе регионального гидродинамического моделирования и ГИС технологии изучены основные закономерности формирования режима подземных вод, установлены взаимосвязи грунтовых и напорных вод в процессе эксплуатации водозаборных сооружений в Ферганской долине под воздействием многолетних природных и антропогенных факторов, определены перспективы комплексного использования подземных вод для водообеспечения в условиях водного дефицита, а также разработана прогнозная модель комплексного использования подземных водных ресурсов Хорезмского оазиса.

**Достоверность результатов исследования** подтверждена детальными математическими выражениями и установленными математическими методами; вычислительными алгоритмами и формулами; обеспечена реальными и экспериментальными тестами при решении задач измерения, оценки и прогнозирования. Для оценки значимости, идентичности модели использованы методы анализа статистических данных и верификаций, сравнения результатов эксперимента и моделирования. Модель изученного объекта сравнена с полевыми и экспериментальными данными, а также на основании ГИС решены задачи идентичности, т.е. сближения данных параметров, входящих в математическую модель. Задачи оценки адекватности моделей оценены путем минимизации отклонения расположения элементов объекта. При этом привязка модели и объекта оценивается на основе растровых данных и проверяется точными пространственными связями.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в научном обобщении математического моделирования региональных геофильтрационных процессов, разработке теоретических основ и программного обеспечения инструментальных средств для информационного обеспечения математических моделей, основанных на теории геофильтрационных процессов в сложных гидрогеологических условиях, развитие научных основ геоинформационно-математических моделей гидрогеологических процессов, служит для создания методики и алгоритмов моделирования миграции солей вместе с потоками подземных вод в напорном и безнапорном режиме, одно- и двухслойных водоносных горизонтов, с начальными и различными граничными условиями, прогнозирования состояния гидрогеологических объектов. Разработанные аппаратно-программные средства и комплекс программного обеспечения дают возможности в актуализации данных при разработке модели, а также в планировании автоматизированного мониторинга подземной гидросферы, создании базы данных и обосновании принятия решений.

Практическая значимость результатов исследования заключается в создании аппаратно-инструментального средства и технологии автоматического измерения, регистрации, сбора и передачи первичных данных ведения мониторинга подземной гидросферы. Интеграция сложных гидрогеологических систем в единую автоматизированную совокупность на основе концепции геоинформационно-математического моделирования позволяет оценить водные ресурсы в различных условиях эксплуатации подземных вод, прогнозирования запасов подземных вод при изменении гидрогеологических условий Ферганской долины, оценке водных ресурсов и изучении многовариантного состояния подземных вод Хорезмского региона и низовьев р. Амударьи.

**Внедрение результатов исследования.** На основе методов геоинформационно-математического моделирования геофильтрационных процессов региональных гидрогеологических систем и аппаратно-инструментального обеспечения системы замера, регистрации, сбора и передачи первичной гидрогеологической информации:

внедрены эффективные методы использования подземных вод в Фегранской гидрогеологической экспедиции для орошаемых территорий фермерских хозяйств, учитывая водохозяйственные условия для повышения эффективности полива регионального оазисного орошения (справка от 14 ноября 2016 года № 08-2038 Государственного комитета по геологии и минеральным ресурсам Республики Узбекистан). Результаты научных исследований позволили решить проблемы интеллектуального анализа данных в сложных гидрогеологических условиях и в годы маловодья;

внедрены математические модели процессов геофильтрации в проблемах управления территориями бассейна ирригационных систем и методы построения моделей интеллектуального анализа, алгоритмы аппаратно-программных средств в бассейновом управлении Аму-Каршинской ирригационной системы, а также Хорезмской мелиоративной экспедиции «Министерство сельского и водного хозяйства» (справка от 12 декабря 2016 года, № 04 / 32-1237 Министерство сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан). Применение результатов научных исследований математических моделей геофильтрационных процессов региональных гидрологических систем на основе внедрения автоматического измерения температуры и уровней подземных вод гидрогеологических скважин хозяйствах позволили повысить возможности формирования системы мониторинга и принятия эффективных управленческих решений;

на основе внедрения методов математического моделирования и геоинформационных систем в Ахангаранской и Приташкентской режимных станциях разработаны меры по снижению уровня подземных вод в целях повышения эффективности мелиорации пахотных земель обеспечивающих достоверность и оперативность мониторинга подземной гидросферы с автоматизированным аппаратно-программным обеспечением (справка от 21 ноября 2016 года 33-8/6338 Министерство по развитию информационных технологий и коммуникаций). Применение научных исследований позволило оценить условия изменения и состояния подземной гидросферы, динамику распространения загрязнения;

внедрено ведение точного и оперативного автоматизированного мониторинга состояния подземных вод и их использования в Южно-Казахстанской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции (справка от 4 ноября 2016 года 01/305 Комитет по сельскому хозяйству Министерства водного хозяйства Республики Казахстан). Применение научных исследований повысило объективность и точность проведения мониторинга подземной гидросферы, эффективность водоснабжения на 15-18%; на основании результатов математического моделирования разработаны мероприятия по снижению уровня подземных вод и создана возможность увеличения урожайности сельскохозяйственных угодий на 10-15%.

**Апробация результатов исследования.** Теоретические и прикладные аспекты данного исследования докладывались и обсуждались на 7 международных и 10 республиканских научно-практических конференциях.

**Публикации.** Материалы диссертации отражены в 100 опубликованных работах, в том числе в одной монографии, рекомендованных журналах Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций 30 в отечественных, в том числе в 5 иностранных журналах, а также получено 6 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ и об интеллектуальной собственности.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 200 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены перечень внедрений в практику результатов исследования, результаты апробации работы, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние проблемы моделирования гидрогеологических процессов на базе геоинформационных технологий»** проведен анализ современного состояния методов математического моделирования гидрогеологических процессов и вопросы развития на базе геоинформационных технологий. Это направление связано с выбором и обоснованием областей приложения, постановок решаемых задач, идентификацией объекта, прогнозированием и принятия решений, принципов организации, структуры и функций автоматизированных систем моделирования.

Стремительное развитие компьютерной техники, информационных технологий и математических методов обработки геопространственных данных полностью изменило характер производственных и исследовательских процессов, как в технологической отрасли, так и в недропользовании, гидрогеологии и геоэкологии. Основными задачами моделирования в гидрогеологии стали существенное повышение технологической эффективности инструмента моделирования, расширение сферы его применения путем перехода от исполнительских систем к промышленным образцам, необходимость моделирования более сложных объектов и процессов.

При обзоре и работе над проблемами моделирования гидрогеологических процессов были использованы результаты фундаментальных и прикладных исследований в области численного моделирования гидрогеологических процессов Ф.Б.Абуталиева, В.М.Шестакова, У.У.Умарова, В.А.Мироненко, И.К.Гавич, В.В.Веселова, И.И.Крашина, И.И.Измайлова, Н.С.Огняника, Л.Лукнера, А.Б.Ситникова, И.Х.Хабибуллаева и др.; динамики подземных вод и массопереноса Н.Н.Веригина, Ф.М. Бочевера,

В.М.Гольдберга, Ж.Фрида, Н.И.Плотникова, П.Я.Полубариновой-Кочиной, Р.Н.Усманова и др.; формирования подземных вод и гидрогеологических условий регионов Средней Азии У.М.Ахмедсафина, Н.Н.Ходжибаева, С.М.Мухаммедханова, С.Ш.Мирзаева, Ж.С.Садыкова, С.М.Шапиро и др.; разработка пакетов прикладных программ, автоматизации моделирования гидрогеологических процессов, проектирования структурных баз данных - В.В.Куренного, В.Ю.Паничкина, Е.А.Полшкова, Л.Ф.Спивака; вычислительной математики и теории разностных методов решения дифференциальных уравнений схем А.А.Самарского, Ф.Б.Абуталиева, А.П.Александрова, В.С.Владимирова, А.Н.Тихонова и др.; решение задач оптимального управления с распределенными параметрами В.В.Веселова, Ж.Л.Лионса, И.К.Гавич, И.И.Крашина; системного анализа и теории классификаций Р.А.Акофа, Ю.А.Воронина, Д.Росса, В.Н.Садовского, Ю.И.Черняка и др.; математического моделирования слабоформализуемых процессов, основанных на принципах теории нечетких множеств Л.Заде, Т.Саати, Е.Мамдани, Д.А.Поспелова, М.Сугэно, Р.Н.Усманова и др.; информационной картографии, интеграция геоинформационных систем А.М.Берлянта, И.К.Лурье, С.В.Булгакова, А.В.Кошкарева, А.М.Трофимова, В.Я.Цветкова и др.

В США, Канаде, Дании, Германии, Великобритании, Китае и многих других странах задачи накопления, хранения, обработки и использования пространственных данных решаются в рамках правительственных программ в целях создания инфраструктур пространственных данных.

Применение современных интегрированных методов геоинформационных технологий и методов математического моделирования в гидрогеологических исследованиях позволит:

- сократить сроки выполнения исследований по сравнению с традиционными методами;

- повысить эффективность и обеспечить комплексное использование средств вычислительной техники;

- применить качественно новые методы исследований.

Несмотря на широкий интерес к созданию автоматических систем, по мнению автора, многие работы имели преимущественно исследовательскую направленность, что обусловлено рядом объективных причин, а именно:

- слабая целенаправленность в проведении подобных работ со стороны планирующих организаций геологической отрасли;

- отсутствие централизованной разработки стандартов на описание всех видов гидрогеологических объектов;

- недостатки теоретических исследований по моделированию взаимосвязанных процессов фильтрации поверхностных и подземных вод;

- отсутствие новой увязки между системами в функциональном отношении и при разработке информационного и математического обеспечения.

Применение математического моделирования может дать практический эффект только при создании единой автоматизированной сети мониторинга, сопряженной с моделью ГИС-системы. Для этого необходимо объединение различных знаний в единую систему и создание возможности гибкого управ-

ления этими знаниями. Это возможно осуществить путем объединения ГИС-технологий, методов экспертных систем и имитационной модели.

В будущем именно такие комплексы будут решать ряд следующих задач:

- прогнозирование состояния подземных вод, времени начала и степени истощений, аварийных ситуаций и техногенных катастроф;

- контроль динамики подземных вод по месторождениям, в т.ч. и в сложных метеоусловиях, и выдача информации для принятия решения;

- оценка запасов подземных вод, мелиоративных условий территории и сельскохозяйственных угодий;

- выдача рекомендаций по разработке водоохраных мероприятий при проведении и принятии конкретных решений.

В диссертации исследованы вопросы системного представления гидрогеологических объектов, принципы интеллектуализации моделирования на основе ГИС в процессе поддержки принятия решений в гидрогеологии.

Во второй главе диссертации «**Математические модели гидрогеологических объектов**» определены методические особенности математического моделирования геофильтрационных и геомиграционных процессов при гидравлической взаимосвязи с поверхностными стоками, и численное решение, а также разработка программного комплекса для изучения планового потока подземных вод.

Приводятся основные положения решения гидрогеологических задач методом математического моделирования нестационарного процесса фильтрации планово-пространственного потока безнапорных грунтовых и напорных подземных вод в неоднородном водоносном горизонте одно- и двухслойного строения с учетом взаимосвязи подземных и поверхностных вод, изменения характера напорности граничных условий и водопроницаемости во времени, наличия инфильтрационного питания, испарения с поверхности земли.

Для гидродинамического моделирования необходимо схематизировать исследуемую область. Схематизация области фильтрации предусматривает необходимость задания так называемых «условий однозначности решения». Эти условия включают:

- геометрические параметры области фильтрации (мощность водоносного горизонта, положение водоупоров, расстояния и пр.);

- расчетные фильтрационные параметры (коэффициенты фильтрации, пьезопроводности и уровнепроводности);

- граничные и начальные условия (положения уровней и напоры в начальный момент времени и др.).

В пределах площади распространения моделируемого водоносного комплекса предусмотрено задание инфильтрационного питания и перетекания между взаимодействующими горизонтами, а также из смежных водоносных комплексов или из поверхностных водоемов при неизменных напорах в них и жестком режиме фильтрации. На внешних и внутренних границах области фильтрации возможна реализация граничных условий первого, второго и третьего родов.

Для численного моделирования процесса геофильтрации на ЭВМ предложена методика, состоящая из следующих этапов: 1) постановка задачи; 2) схематизация гидрогеолого-мелиоративных условий и составление фильтрационной модели; 3) составление математической модели; 4) разработка численного метода, реализующего составление математической модели; 5) разработка алгоритма решения задачи; 6) создание программного обеспечения; 7) проведение многовариантных расчетов и решение эпигнозных задач, сравнение результатов с данными натурных, лабораторных исследований; 8) решение прогнозных задач и обработка результатов.

Для различных классов геофильтрационных задач на каждый объект регионального характера необходимы оригинальные методические подходы, эффективные алгоритмы и численные методы, которые позволяют упростить геофильтрационную схематизацию и обеспечить широкие возможности моделирования при различном строении водоносного горизонта.

Используемая математическая модель основана на применении дифференциальных уравнений, нестационарной фильтрации планового потока подземных вод в связанных между собой водоносных горизонтах в частных производных параболического типа, имеющий следующий вид:

$$\mu \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( kh \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( kh \frac{\partial h}{\partial y} \right) + f - \delta Q_{скв} \quad (1)$$

с начальными условиями

$$h(x, y, t_0) = \varphi_1(x, y); (x, y) \in G; t_0 = 0 \quad (2)$$

и граничными условиями

$$h(x, y, t) = \varphi_2(x, y); (x, y) \in \Gamma_1; t > t_0 \quad (3)$$

$$-kh \frac{\partial h}{\partial n} = \varphi_3(x, y) \quad (x, y) \in \Gamma_2; t > t_0; \quad (4)$$

$$-kh \frac{\partial h}{\partial n} = \gamma(h_g - h), \quad (x, y) \in \Gamma_3; t > t_0; \quad (5)$$

где  $\mu$  – коэффициент водоотдачи водоносного горизонта (безразмерная величина);  $h = h(x, y, t)$  – уровень грунтовых вод от водоупора до свободной поверхности, м;  $(x, y) \in G$ ;  $k$  – коэффициент фильтрации, м/сут;  $f(x, y, t) = Q_g - Q_d - Q_{исп}$  – инфильтрационное питание грунтовых вод, складывается из частей поливных вод и атмосферных осадков (фильтрации из реки, каналов), просачивающихся в водоносный горизонт. Оно существенно меняется в течение времени по площади, поэтому его можно представить в виде функции координат и времени;  $Q_{исп}$  – испарение с уровня грунтовых вод, имеет площадной характер и является функцией пространственных и временных координат;  $Q_g$  – в случае канала, реки, питающие подземные воды;  $Q_d$  – в случае дрены, дренирует подземные воды;  $Q_{скв}$  – расход скважин;  $Q_{скв} = Q(t) \delta(x - x_0, y - y_0), t > t_0$ ;  $\delta$  – функция Дирака;  $x, y$  – пространственная и  $t$  – временная координаты;  $t_0$  – начальное время расчета. Водообмен водооттоков в водоносном горизонте можно представить в следующем виде: при питании из реки или канала:  $Q_p = k(h_p - h/\Phi)$ ; при дренировании грунтовых вод  $Q_d = k(h_d - h/\Phi)$ ; где  $G$  – об-

ласть фильтрации,  $\Gamma_{1-3}$  – граница области;  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  – заданные функции;  $\gamma$  – характеризует гидрогеологическое условия взаимосвязи подземных и поверхностных вод;  $Q_p$  – величина фильтрационных потерь из реки;  $Q_d$  – величина дренирования грунтовых вод;  $\Phi$  – фильтрационное сопротивление водотоков;  $h_p$  – уровень воды в реке или в канале,  $h_d$  – уровень воды в дрене.

Для решения уравнения (1) с краевыми условиями (2)-(5) применяется методика, разработанная Ф.Б.Абуталиевым, где используется численный метод, переход от дифференциальной записи к разностной, так называемой локально–одномерной схемы А.А.Самарского (метод прогонки).

При изучении процесса движения пресных подземных вод и миграции их загрязнителей, а также связи с поверхностными водами в загрязненных или засоленных водоносных горизонтах необходимо учесть молекулярную диффузию и дисперсию. Процесс движения подземных вод и миграция их загрязнителей моделируется следующей системой уравнений:

$$\mu \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( kh \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( kh \frac{\partial h}{\partial y} \right) + f - w \quad (6)$$

$$n_0 \frac{\partial (hc)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial c}{\partial x} - v_x c \right) h + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial c}{\partial y} - v_y c \right) h + \varepsilon_c (f, c_f, w, c) - \frac{\partial (wh)}{\partial t} \quad (7)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \varphi(c, N, c^*, N^*, \gamma_*, \gamma_{**}) F, \quad F(c^*, N^*, \gamma_0) = 0, \quad v_x = k \frac{\partial h}{\partial x}, \quad v_y = k \frac{\partial h}{\partial y}; \quad (8)$$

где  $h(x, y, t)$  – уровень грунтовых вод;  $c(x, y, t)$  – степень минерализации грунтовых вод;  $x, y$  – горизонтальные координаты;  $k(x, y)$  – коэффициент фильтрации;  $f, w$  – функции инфильтрации и испарения.  $D = \lambda v$ ,  $v(v_x, v_y)$ ,  $D = (D_x, D_y)$ .  $c_f$  – концентрация инфильтрирующихся вод;  $N(x, y, t)$  – соли в твердой фазе,  $\lambda$  – параметр гидродинамической дисперсии;  $\gamma_*$ ,  $\gamma_{**}$  – параметры, характеризующие диффузионную и химическую стадии кинетики солеобмена;  $\gamma_0$  – константы и изотермы;  $\varepsilon_c$  – источник поступления солей.

Система дифференциальных уравнений (6) - (8) решается при следующих начальных и граничных условиях, определяемых природной гидрогеологической обстановкой

$$\left. \begin{aligned} h(x, y, 0) = h_0(x, y); \quad c(x, y, 0) = c_0(x, y); \\ N(x, y, 0) = N_0(x, y), (x, y) \in G \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 \left( kh \frac{\partial h}{\partial n} \right) + \beta_1 h = \gamma(x, y, t) \\ \alpha_2 \left( vc - D \frac{\partial c}{\partial n} \right) h + \beta_2 c = \delta(x, y, t) \\ \alpha_1^2 + \beta_1^2 > 0, \quad \alpha_2^2 + \beta_2^2 > 0, \quad (x, y) \in \Gamma, \quad t > 0 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

где  $h_0(x, y)$ ,  $c_0(x, y)$ ,  $N_0(x, y)$ ,  $\gamma(x, y, t)$ ,  $\delta(x, y, t)$  – заданные функции;  $G$  – область фильтрации, а  $\Gamma$  – ее граница.

Для решения системы уравнений (6)-(8) с начальными и граничными условиями (9)-(10) использована методика, разработанная Ф.Б.Абуталиевым и Р.Н.Усмановым, с использованием конечно- и векторно разностных методов, реализуемых на основе локально–одномерной схемы А.А.Самарского.

Следовательно, используя вышеприведенные модели и методики их реализации, можно исследовать процессы движения подземных вод и их взаимосвязь с поверхностными водами и изменения концентрации загрязнения пресных вод, как в пространстве, так и во времени.

Пространственные масштабы региональных потоков подземных вод достигают десятков и сотен километров. Региональные закономерности формирования подземных вод определяются геологическим строением, литолого-фациальными особенностями водовмещающих пород, условиями питания и разгрузки подземных вод. Качество численного моделирования региональных геофильтрационных процессов зависит от степени адекватности учета, и требует понимания гидрогеологических условий, особенностей вычислительного процесса, знания программирования.

Программная среда для реализации такого подхода ориентирована на решение плановых и профильных задач геофильтрации, включает блоки, реализующие алгоритмы решения краевых задач для потоков подземных вод, пользовательского интерфейса для введения исходных данных и их хранения в файлах специальной структуры.

В третьей главе диссертации **«Геоинформационно-математическое моделирование при решении гидрогеологических задач»** рассматриваются вопросы оценки гидрогеологических состояний в условиях напряженности водохозяйственных обстоятельств на основе ГИС-технологии, сбора, накопления, обработки гидрогеологических данных различного характера.

В этой главе произведен пространственный анализ с целью выявления закономерностей формирования режима подземной гидросферы; структуры и особенности распределения объектов, а также их характеристик в пространстве и во времени; наличия и видов взаимосвязей в пространственном распределении нескольких пластов или их отдельных характеристик; тенденции развития явлений, регулирования уровня ГВ, определяемого по условиям их питания и расхода (оттока, транспирации и испарения) в зоне аэрации.

Создаваемая для гидрогеологических объектов база электронной картографической информации является гидрогеолого-информационной основой математических моделей региональных ГГО. В результате ее внедрения в ГИС-технологии создается гидрогеолого-информационная система (рис. 1-2).

В общем виде ГИС включает следующие подсистемы: семантическое моделирование (кодирование) собираемой информации; имитационное моделирование для контроля входной информации; геометрическое моделирование; имитационное моделирование для контроля модельных решений; коррекция информации на основе векторных или скалярных критериев; интерактивное (эвристическое) моделирование; документационное обеспечение; привязка к топологической карте.

В процессе математического моделирования гидрогеологических объектов современные ГИС исполняют роль представления новых типов интегрированных информационных систем—это автоматизированная система, имею-

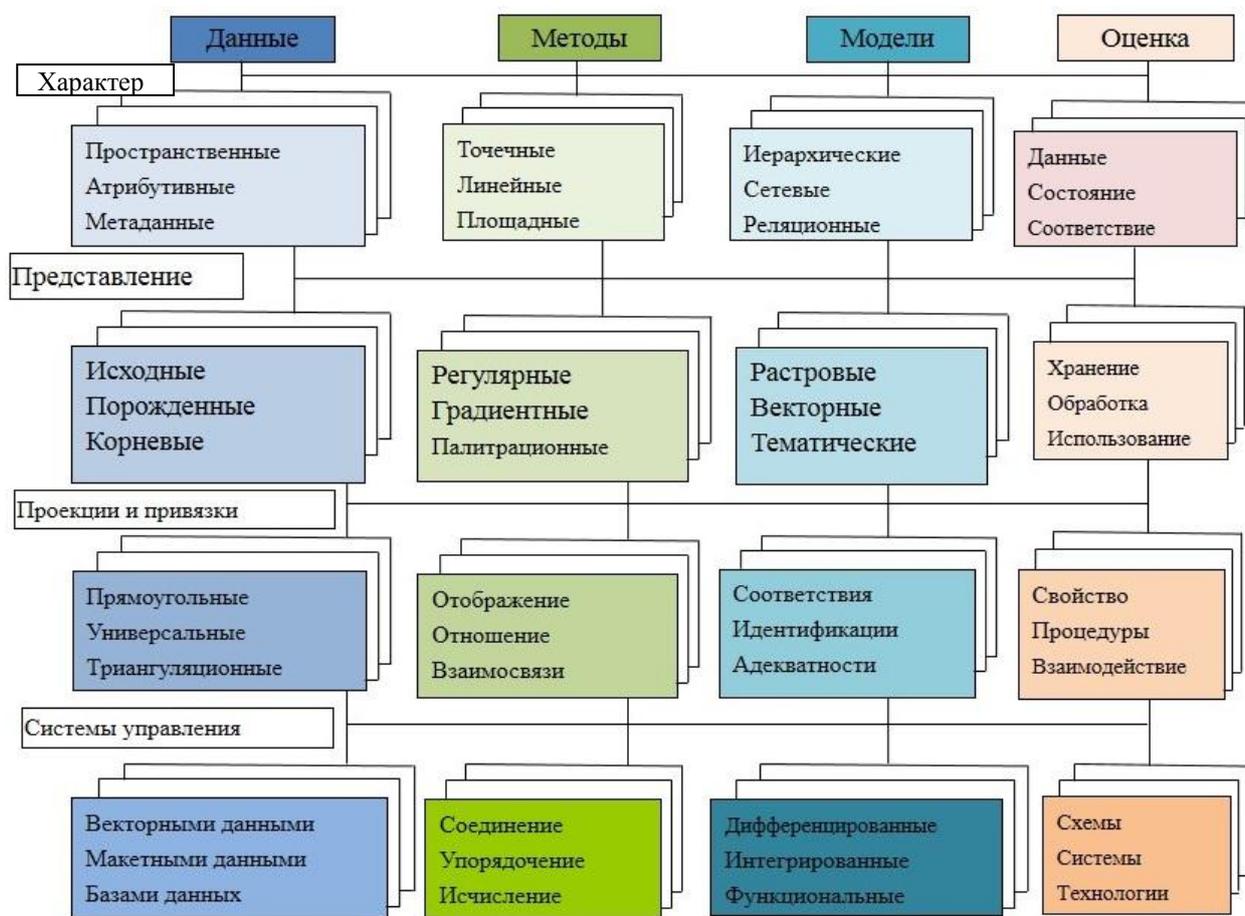


Рис. 1. Структура геоинформационной системы

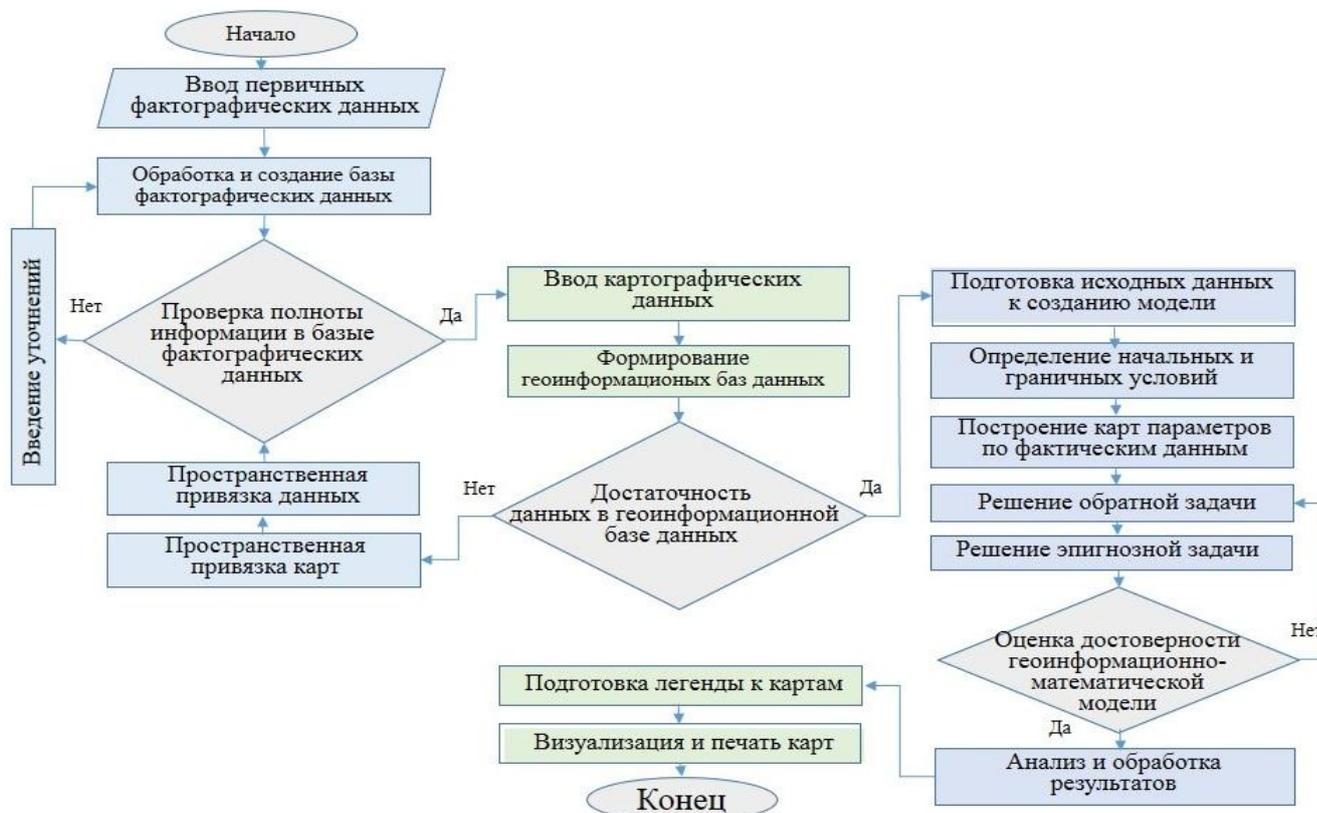


Рис. 2. Блок-схема алгоритма решения задач и построения геоинформационно-математической модели

щая большое количество фактографических, картографических и семантических баз данных, соединенная с модельными и расчетными функциями для манипулирования ими и преобразования их в пространственную картографическую информацию для принятия на ее основе разнообразных решений и осуществления контроля.

В четвертой главе диссертации «**Технологические аспекты автоматизации информационного обеспечения системы моделирования гидрогеологических процессов**» предлагается создание устройства автоматизированного измерения и регистрации гидрогеологических параметров подземной гидросферы в режиме реального времени, являющегося информационной базой для:

- мониторинга состояний грунтового водоносного горизонта;
- оценки последствий вторжения загрязнений в подземную гидросферу;
- оценки ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод;
- контроля качества воды на участках возможных загрязнений;
- изучения загрязненных участков;
- проведения опытно-фильтрационных работ;
- оценки гидравлических свойств водоносного слоя;
- ведения мониторинга влияния водоносных пластов;
- оценки экологических последствий изменения негативных уровней ПВ.

Разработана принципиальная схема прибора автоматизированного измерения уровней подземных вод (АИУ-1), представленная на основе проведения научно-исследовательских работ и экспериментальной проверки всех составляющих частей изделия и их взаимодействия в заданных пределах изменений параметров. Прибор АИУ-1 позволяет автоматизировать все операции по измерению основных режимообразующих параметров подземной гидросферы, снабжен элементами измерительного контроля и высокой чувствительностью, со встроенной схемой применения электроники, измерителями высокой точности и чувствительности.

*Метрологические характеристики прибора.* Уровень ПВ измеряется до глубины 100 м; диапазон измерения уровня от - 0 до 20 м; предел допускаемой основной погрешности измерений - на уровне 2,5%; диапазон измерения температуры от 0 до 80°C, предел допускаемой основной погрешности изменений температуры – 2,5%. Разработка прибора АИУ проводилась под контролем ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», автором представлен комплект рабочей документации, чертежей и опытный образец.

Разработанное устройство автоматического измерения и регистрации параметров подземной гидросферы – это комплекс приспособлений с математическо-программным обеспечением, осуществляющим связи с гидрогеологическим объектом на основе измерения и регистрации режимообразующих параметров объекта, в виде последовательных логических действий: регистрация–накопление–обработка–представление результатов. Каждый этап включает в себя множество операций, которые позволяют существенно упростить измерительный процесс. Основное предназначение автоматизиро-

ванных приборов - взаимодействие с гидрогеологическими объектами реального времени в темпе процессов, протекающих в этих объектах.

Новизна и схематичность разработок определялись по критериям научных и конструкторских работ на всех этапах, согласования и утверждения технической документации, изготовление, испытание опытных образцов по «Типовым нормам времени на разработку конструкторской документации» и основополагающим документам Узгосстандарта последних лет.

Предложены: рекомендации по беспроводному подключению к сети мониторинга ПВ: комплексное решение, объединяющее регистраторы показаний ПВ, трансиверы; инструменты сбора данных и программное обеспечение; высокая эффективность процесса сбора данных на участке - на 70% эффективнее традиционных методов; более высокая точность данных, благодаря исключению человеческого фактора и процедуры измерений.

В пятой главе диссертации **«Моделирование геофильтрационных процессов региональных гидрогеологических объектов на основе ГИС-технологий»** приводится опыт применения разработанной концепции на базе ГИС-технологий на примере отдельных регионов Республики Узбекистан для решения водохозяйственных задач. При исследовании целостного функционирования подземных и поверхностных вод необходимо выявить динамику многообразия внутренних и внешних взаимосвязей – взаимодействия областей питания, транзита и разгрузки; различных элементов баланса, их связь с внешними искусственными и естественными факторами. Поэтому в процессе рассмотрения гидрогеологических объектов как единого целого по пространству, выявления внешних и внутренних связей и представления ГГО как множества взаимосвязанных элементов, возникает необходимость привлечения методологии системного подхода.

Предлагается гидрогеолого-информационная основа месторождений подземных вод (МПВ) Ферганской впадины, которая включает карты фактических материалов, расположения наблюдательных и эксплуатационных скважин, распределения испарения и инфильтрации, информацию по рекам, каналам, коллекторам. Ферганская впадина по геолого-структурным, геоморфологическим и гидрогеологическим особенностям является самостоятельным водно-балансовым районом первого порядка. Она делится на структуры II порядка – расчетные гидрогеологические участки, которые принято называть месторождениями подземных вод. Разработана региональная математическая модель геофильтрации месторождений ПВ Ферганской долины на основе моделирующих программ оценки прогнозных ресурсов с учетом изменения водохозяйственных условий. Получены результаты по современному состоянию месторождений подземных вод и представлены рекомендации по оптимальному использованию ПВ для орошения с целью повышения водообеспеченности Ферганской долины.

Установлены закономерности пространственного распределения фильтрационных характеристик в типовых МПВ на территории Ферганской долины в пределах РУз. Обоснованы критерии достоверности граничных и начальных условий, исходной информации при изучении природно-

техногенных объектов, полученных в процессе анализа и схематизации работ. Разработана методика исследований по моделированию геофильтрационных процессов, по определению баланса ПВ, и рассчитаны по ней гидрогеологические параметры водоносного горизонта. Изучены особенности и обоснованы начальные и граничные условия для модели.

Геоинформационно - математическая схематизация по взаимосвязи поверхностных и подземных вод составлялась для выявления участков с разной гидравлической связью при потерях поверхностного стока; периодических потерь и дренирования ПВ поверхностными водотоками. Разработана структура БД гидрографической сети, по которым для каждого участка задаются их параметры: глубина, мощность кольматационного слоя, зона выклинивания ПВ в КДС. Реки и каналы, проходящие через территорию нескольких месторождений, делятся на пикеты между гидропостами (рис. 3-5).

В параграфе «Гидрогеологическо-информационная модель Хорезмского оазиса в низовьях р. Амударьи» изложены теоретические, методические и технологические основы гидрогеологическо-информационной модели на ГИС-основе, которые разрабатывались и развивались в процессе решения разных гидрогеологических задач, имеющих важное народнохозяйственное значение. В этом разделе для иллюстрации основных положений работы приводятся результаты, полученные на конкретных объектах. Гидрогеологическо-информационная основа Хорезмского оазиса состоит из электронной фактографической и картографической информации о подземных водах. Она дает возможность фермерским хозяйствам получать гидрогеологическую информацию в пределах своих участков.

В качестве базовых основ выбраны топографические карты административно-территориального деления Хорезмской области, карты геологических и морфогенетических комплексов геологических карт в масштабе 1:200000, что соответствует региональному и локальному уровням. На основе базовых карт систематизированы картографические материалы в табличном виде, а также

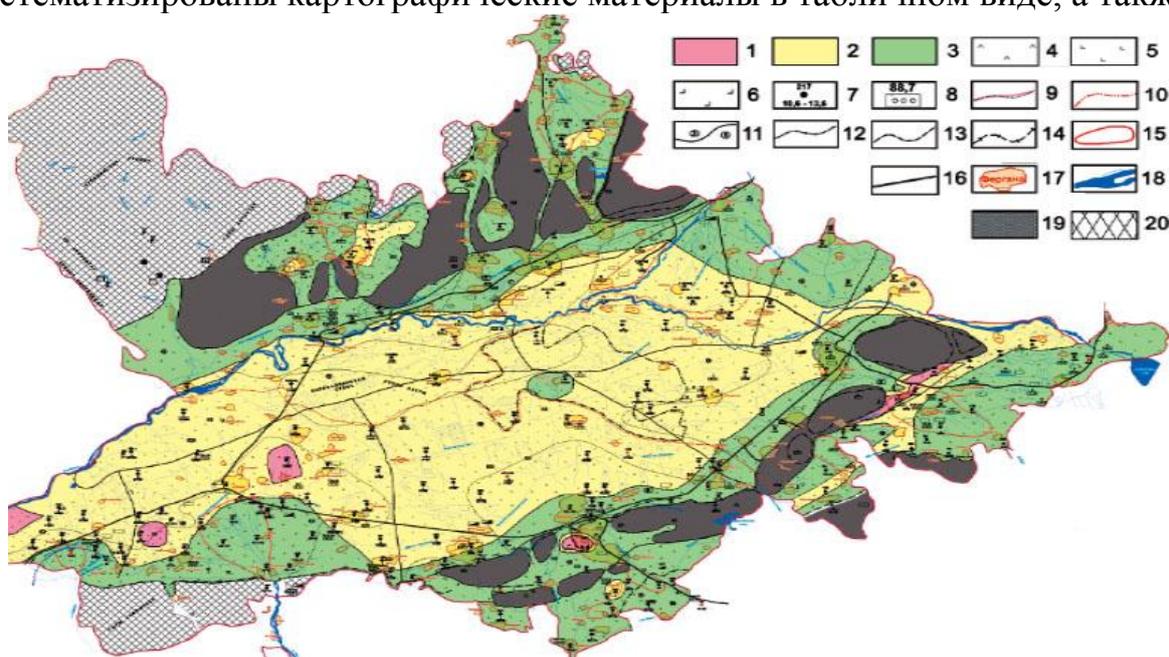
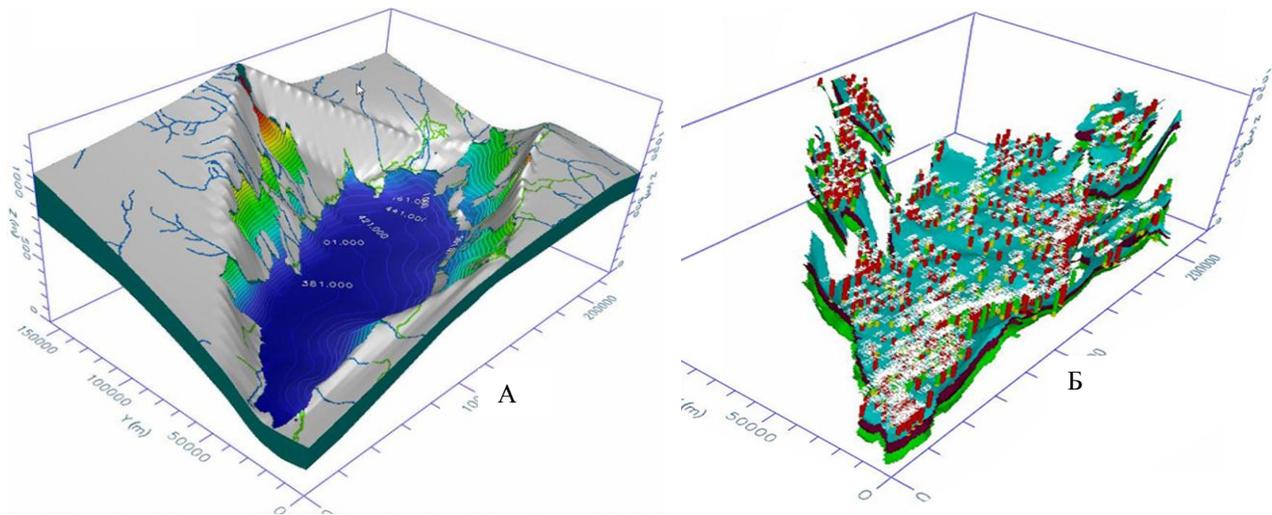
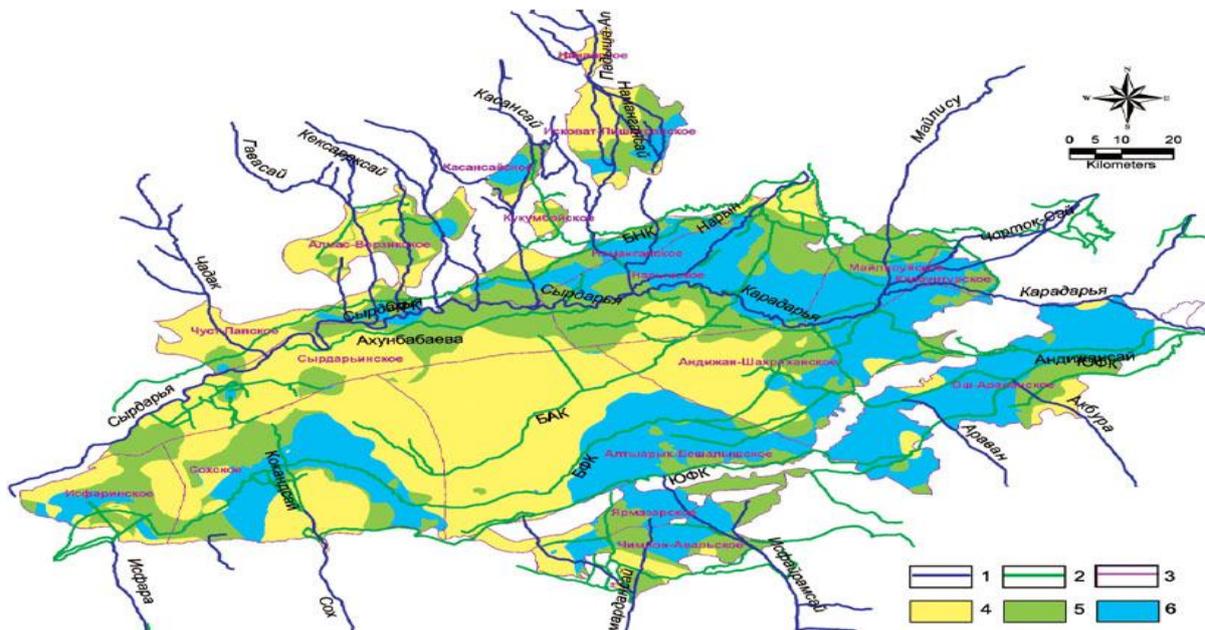


Рис. 3. Картографическая информация об уровне и минерализации подземных вод



**Рис. 4. Региональная гидрогеологическая модель Ферганской долины. А- общий вид; Б-расположение наблюдательных и эксплуатационных скважин**



**Рис. 5. Схематическая карта комплексного использования поверхностных и подземных вод в результате работы модели. 1- реки; 2 - канал; 3 - границы месторождения вод; 4 - подземные воды; 5 - подземные и поверхностные воды в комплексе; 6 - поверхностные воды**

набор пространственно - фактографической и атрибутивной информации с целью изучения состояния и использования ПВ.

Информационное обеспечение технологии создания электронных карт включает: разработку и ведение базы данных, систему классификации и кодирования картографической информации; визуализацию изображения правила цифрового описания картографической информации; формирование, хранение, нанесение на цифровых картах пользовательских слоев и их редактирование; систему условных знаков цифровых карт и формат данных; пользовательский интерфейс по решению прикладных информационных и расчетных задач (расчет высот рельефа, построение профилей местности, определение координат и высот в точке, расстояний, азимутов).

Информационная база данных содержит природные и техногенные факторы, определяющие состояние водохозяйственной обстановки, гидрогеологические условия объекта исследования.

На основе ГИС-технологии разработана и создана гидрогеолого-информационная система (управленческая модель) подземных вод Хорезмской области для рационального использования водных ресурсов, при орошении земель фермерских хозяйств, обоснован оптимально возможный отбор подземных вод на орошение в различные по водности годы.

Предложенные в диссертации методы математического моделирования, комплекс программ и система автоматизированного измерения параметров подземной гидросферы, а также геоинформационный подход для моделирования гидрогеологических систем рекомендуется применить для:

проведения мониторинга состояния ГГО при решении задач оценки ресурсов и запасов подземных вод, обоснования принимаемых ирригационных и мелиоративных решений крупных орошаемых территорий;

гидрогеологических прогнозов, ориентированных на оценку возможности возврата инфильтрационных потерь и регулирования емкости бассейна ПВ;

использования ПВ для орошения с решением проблем связанных повышением водообеспеченности; улучшением мелиоративного состояния земель; уменьшением минерализации подземных вод;

создания систем природного magazинирования ПВ, регулирования подземными емкостями инфильтрационное питание последующим постоянным подземным стоком в зоне выклинивания;

для решения задач хозяйственно-питьевого водоснабжения за счет ПВ и использования для хозяйственного водоснабжения, солоноватых (1-3 г/л) ирригационно-грунтовых вод использование для орошения земель, вертикального дренажа и промышленно-технического водоснабжения;

для обоснования мер по сохранению качества напорных вод на основе учета соотношений уровня грунтовых и напорных вод.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенных исследований докторской диссертации по теме «Математическое моделирование геофильтрационных процессов региональных гидрогеологических систем» предлагается следующее заключение:

1. Обзор современного состояния проблемы моделирования гидрогеологических процессов регионального характера, развитие методологии моделирования и создания информационного обеспечения в реальном режиме времени, а также разработка усовершенствованных методологий математического моделирования геофильтрационных процессов региональных гидрогеологических систем на базе интеграции современных ГИС-технологий определяют перспективу информационных технологий при решении проблемы защиты, рационального использования и управления водными ресурсами.

2. Построение и системный анализ математических моделей на основе ГИС-технологий с учетом специфики и своеобразия гидрогеологических и

мелиоративных исследований, а также использование основных направлений ГИС-технологий в прикладных гидрогеологических исследованиях позволяет выбор структуры классифицированной геобазы данных, модулей и компонентов для внедрения в гидрогеологические системы.

3. Разработка региональных геоинформационных моделей и структуры геобазы данных служит для построения цифровых геолого гидрогеологических карт с использованием ГИС-технологий и на их основе разрабатывать предложения и мероприятия по защите от ухудшения качества и загрязнения подземных и поверхностных вод и управления ими.

4. Создание и ведение мониторинга подземной гидросферы, планирование, определение факторов и обоснование принятия эффективного решения, дистанционное измерение, сбора и управление данными, разработка и внедрение системы передачи и приема информации с автоматизированных электронно-измерительных приборов, особенности автоматизации, обеспечивающие дистанционный сбор информации и управление мониторинга подземных вод на базе аппаратно-программных средств дает возможность, формирования и внедрения автоматизированных баз данных мониторинга подземной гидросферы.

5. Автоматизированные геоинформационные системы интегрирующие ряд технологических процессов, системы моделирования гидрогеологических процессов, учитывающие взаимосвязи подземных и поверхностных вод, а также оперативная визуализация картографической информации с различными нагрузками позволяют создание новых технологий комплексного анализа информации, полученной в результате автоматизированного измерения основных гидрогеологических параметров;

6. Численное решение моделей процессов геомиграции и геофильтрации, учитывающие взаимосвязи подземных и поверхностных вод в период эксплуатации, их алгоритмы и комплекс программного обеспечения, создание и внедрение математических моделей, разработка математических моделей геофильтрации подземных вод Ферганской долины, обоснование начальных и граничных условий, создание информационного массива, определение параметров трехслойной модели в целях повышения водообеспеченности орошаемых регионов в условиях влияния природных и техногенных факторов в годы маловодья, математические модели региональных гидрогеологических процессов и определение перспективы комплексного использования воды в экономике математических моделей региональных гидрогеологических процессов по обоснованию баланса подземных вод, а также запасов, ресурсов позволили решению следующих задач: а) оценка естественных и эксплуатационных ресурсов (запасов) по месторождениям подземных вод Ферганской впадины; б) установление взаимосвязи между напорными и грунтовыми водами при многоцелевом использовании подземных вод (хозяйственно питьевые воды для обеспечения техники и производства); в) оценка эксплуатационных запасов ирригационно-грунтовых вод для орошения земель по следующим месторождениям подземных вод равнинной части Ферганской впадины: 1) конусов выноса – Нарынское, Майлисуйское, Караунгурское, Сохское,

Исфаринское; 2) предгорные месторождения подземных вод Андижан-Шахриханское, Алтыарык-Бешалышское, Сырдарьинское и др.

7. На основании создания картографической информации по геологическим, гидрогеологическим, гидрологическим, мелиоративным и водохозяйственным условиям решены задачи: прогнозирования, управления, эффективного использования водных ресурсов, решены вопросы создания гидрогеолого-информационной системы Хорезмского оазиса.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.27.06.2017.T.07.01 AT TASHKENT UNIVERSITY OF  
INFORMATION TECHNOLOGIES**

---

**TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

**DJUMANOV JAMOLJON XUDAYQULOVICH**

**MATHEMATICAL MODELLING OF GEOFILTRATIONAL  
PROCESSES OF REGIONAL HYDROGEOLOGICAL SYSTEMS**

05.01.07 – «Mathematical modelling. Numerical methods and software complexes»

**ABSTRACT OF THE DOCTORAL (DSc)  
DISSERTATION OF TECHNICAL SCIENCE**

**Tashkent – 2017**

**The theme of doctoral (DSc) dissertation was registered at the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.1.DSc/T4.**

The doctoral dissertation has been prepared at the Tashkent University of Information Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website (www.tuit.uz) and on the website of "ZiyoNet" Information and educational portal (www.ziynet.uz).

**Scientific consultant:** **Xabibullaev Ibrohim**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** **Van Nor Azmin Suleyman**  
doctor of technical sciences (Malaysia)  
**Gulyamov Shukhrat Mannopovich**  
doctor of technical sciences, academician  
**Mukhamadieva Dilnoz Tulkunovna**  
doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:** **Scientific-research institute of irrigation and water problems at Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers**

The defense will take place "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2017 at \_\_\_\_\_ at the meeting of Scientific council No.DSc.27.06.2017.T.07.01 at the Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent, Amir Temur str. 108. Ph.: (99871) 238-64-43; fax: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

The doctoral dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (registration number №\_\_\_\_). (Address: 100202, Tashkent, Amir Temur str., 108. Ph.: (99871) 238-65-44).

Abstract of dissertation sent out on «\_\_» July 2017 y.  
(Dispatching protocol № \_\_\_\_ on «\_\_\_\_» July h 2017 y.)

**R.Khamdamov**  
Chairman of the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

**F.M.Nuraliev**  
Scientific secretary of scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences

**N.Ravshanov**  
Chairman of scientific seminar under the scientific council, doctor of technical sciences

**ABSTRACT (introduction)**  
**of the Doctoral (DSc) Dissertation of Technical Science**

**The aim of the research** is to increase the effectiveness of methods for mathematical modeling of geofiltration processes of regional hydrogeological systems.

**The objectives of the research are** mathematical modeling of geofiltration processes of regional hydrogeological objects (groundwater deposits) and information software of simulation hydrogeological processes systems on a regional scale, based on automating the collection, storage and processing of the raw data;

**Scientific novelty of the research:**

the concept of mathematical modeling of hydrogeological processes of a regional nature was developed, based on the principles of the theory of geofiltration and geomigration in complex hydrogeological conditions; methods for integrating the mathematical modeling of hydrogeological processes with information and communication technologies were improved;

numerical methods of mathematical modeling of hydrogeological processes of the regional plan were developed on the basis of modern GIS technologies, which allow to unite diverse models of geofiltration within a single information and technological system;

a flexible system of geoinformation and mathematical modeling of geofiltration processes of regional hydrogeological objects was proposed, based on the use of the principles of formation and joint application of models of different scale and spatial coverage;

the software, technologies and hardware-tools of the automated metering, registration and transfer of hydrogeological information, used for geoinformation and mathematical modeling, as well as for monitoring the underground hydrosphere was developed;

the principles of organizing a database of geoinformation-and-mathematical models of regional hydrogeological objects combining factographic and cartographic data with the possibilities of their subsequent integration into a single automated complex were developed;

principles and criteria for constructing a geoinformation system in the integration of the mathematical model of salt transfer by interconnected flows of surface and groundwater for large-scale objects with complex hydrogeological conditions were developed.

**Implementation of the research results.** The research results were based on the methods of geoinformation and mathematical modeling of geofiltration processes of regional hydrogeological systems and instrumentation of the system for measuring, recording, collecting and transmitting primary hydrogeological information:

effective methods of using groundwater for the irrigated areas of farms have been introduced, taking into account water management conditions for increasing the efficiency of irrigation of regional oasis irrigation (Certificate of November 14, 2016 №08-2038 of the State Committee for Geology and Mineral Resources of the Republic of Uzbekistan). The results of scientific research have made it possible to

solve the problems of intellectual data analysis in complex hydrogeological conditions and in years of low water availability;

mathematical models of geofiltration processes in the problems of managing the territories of the irrigation systems basin and the methods for constructing models of intellectual analysis, algorithms for hardware and software in the basin management of the Amu-Karshi irrigation system, and the Khorezm reclamation expedition "Ministry of Agriculture and Water Resources" (Certificate of 12 December 2016, №04/ 32-1237 Ministry of Agriculture and Water Resources of the Republic of Uzbekistan). Application of the results of scientific research of mathematical models of geofiltration processes of regional hydrological systems on the basis of introduction of automatic measurement of temperature and groundwater levels of hydro-geological wells allowed to increase the possibility of forming a monitoring system and making effective management decisions;

on the basis of the introduction of methods of mathematical modeling and geoinformation systems, measures have been developed to reduce the level of groundwaters in order to improve the efficiency of reclamation of arable lands that ensure the reliability and efficiency of monitoring the underground hydrosphere with automated hardware and software (Certificate of November 21, 2016 33-8/6338 Ministry for the Development of Information Technology and Communications). The application of scientific research made it possible to assess the conditions of the change and state of the underground hydrosphere, the dynamics of the spread of pollution;

the maintenance of accurate and operative automated monitoring of groundwater status and their use has been introduced (Certificate of 4 November 2016 №01/305 Committee on Agriculture of the Ministry of Water Resources of the Republic of Kazakhstan). The application of scientific research has increased the objectivity and accuracy of monitoring the underground hydrosphere, the efficiency of water supply by 15-18%; Based on the results of mathematical modeling, measures have been developed to reduce the level of groundwater and the possibility of increasing the yield of agricultural land by 10-15% has been created.

**The outline of the thesis.** The thesis consists of an introduction, five chapters, conclusion, a list of used literature and applications. The volume of the thesis is 200 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Джуманов Ж.Х. Геоинформационные технологии в гидрогеологии // Монография, изд. ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2016. 258 с.

2. Усманов Р.Н., Нейматов А., Джуманов Ж.Х. К вопросу разработку информационной модели гидрогеохимических процессов //Проблемы информатики. –Т.Изд-во «Фан» АН РУз. №3.2001. С.72-78 (05.00.00; №6)

3. Хабибуллаев И.Х., Джуманов Ж.Х. Моделирование процессов движения нефтепродуктов и управление образованием депрессионной воронки в водоносном горизонте. Проблемы информатики и энергетики. Узбекский жур-л -Т., ФАН АН РУз 1998 г. N5. С 53-57. (05.00.00; №5)

4. Хабибуллаев И.Х., Алимов И., Джуманов Ж.Х. Управление процесом двухфазной фильтрации нефть-вода в водоносном горизонте// Проблемы информатики и энергетики//Узбекский журн.-Т., ФАН АН РУз 1997. N5.с37-42. (05.00.00; №5)

5. Джуманов Ж.Х., Чертков Ю.Т., Базаров Д., Казбеков Ж.С.К вопросу математического моделирования процессов взаимосвязи поверхностных и подземных вод// Вестник Аграрной науки Узбекистана. -Т №3. 2002 г. С.47-50. (05.00.00; №18)

6. Джуманов Ж.Х. Отаниязов Р.И. Исследование температурного режима подземных вод на основе нейро-нечеткого подхода//Вестник ТУИТ. –Т. 2014. №2. - С.101-105. (05.00.00 №10)

7. Чинникулов Х., Джуманов Ж.Х. Опыт преподавания современных геоинформационных технологий в Национальном Университете Узбекистана им. Мирзо Улугбека //Вестник НУУ. –Т. “Университет” 2011 №4/1. С.80-86 (01.00.00; №8)

8. Сергеев В.В., Абдуллаев Б.Д., Джуманов Ж.Х. Закономерности формирования слоя нефтепродуктов на поверхности грунтовых вод в пределах ореола загрязнения на Ташлакском участке Ферганской области// Узбекский геологический жур-л.-Т., ФАН АН РУз. 1998 г. N2 С.83-88. (04.00.00; №2)

9. Мавлонов А.А., Джуманов Ж.Х., Казбеков Ж.С., Грачева И.Н., Чертков Ю.Т. Компьютерная географическая информационная система Чирчикского месторождения подземных вод//Геология и минеральные ресурсы.–Т. 2003 № 3 С.28-34. (04.00.00; №2)

10. Джуманов Ж.Х., Мирахмедов Т.Д., Турсунметов Р.А., Чертков Ю.Т. К проблеме изучения структуры геофильтрационного потока на урбанизированных территориях (на примере Ташкентского мегаполиса) ЎЗМУ хабарлари. –Т. “Университет” 2005. №1. С.81-84. (04.00.00; №7)

11. Умаров У.У., Хабибуллаев И.Х., Грачева И.Н., Усманов Р.Н., Джуманов Ж.Х. Перспективы развития методологии моделирования гидро-

геологических систем на базе современных информационных технологий //Геология и минеральные ресурсы. –Т. 2006 № 2. С.52-55. (04.00.00; №2)

12. Мавлонов А.А., Джуманов Ж.Х. Гидрогеоинформационная модель подземных вод в геоинформационных системах (ГИС) //Геология и минеральные ресурсы. –Т. 2006 № 2. С.55-59. (04.00.00; №2)

13. Джуманов Ж.Х., Мирахмедов Т.Д., Чертков Ю.Т. Методические основы оценки эксплуатационных запасов подземных вод для орошения (на примере Хорезмской области) //ЎЗМУ хабарлари. –Т. “Университет” 2007. №1. С.88-94. (04.00.00; №7)

14. Усманов Р.К., Джуманов Ж.Х., Расулев Б.Т., К вопросу интеграции нечетко-множественного подхода в процесс численного моделирования гидрогеологических условий Кибрайского водозабора //Экологический вестник. –Т. 2007г. № 8. С.37-39 (04.00.00; №1)

15. Джуманов Ж.Х., Чертков Ю.Т., Мирахмедов Т.Д. Особенности гидродинамического режима грунтовых вод Хорезмской области //ЎЗМУ хабарлари. –Т. “Университет” 2007. №1. С.95-97. (04.00.00; №7)

16. Мавлонов А.А. Хабибуллаев И., Джуманов Ж.Х. К вопросу модернизации технологии использования подземных вод.//Геология и минеральные ресурсы. –Т.. 2010. №5. С.34-36. (04.00.00; №2)

17. Джуманов Ж.Х., Мирахмедов Т.Д., Чертков Ю.Т. Методические основы оценки эксплуатационных запасов подземных вод для орошения (на примере Хорезмской области) //ЎЗМУ хабарлари. –Т. “Университет” №1. 2007. С.88-94. (04.00.00; №7)

18. Мирахмедов Т.Д., Джуманов Ж.Х., Чертков Ю.Т. Исследование влияния водонапорных ирригационных систем на вода-солевой баланс подземных вод Хорезмской области. //ЎЗМУ хабарлари. -Т “Университет” 2009. №4/1. С.77-79. (04.00.00; №7)

19. Мавлонов А.А., Джуманов Ж.Х., Мирахмедов Т.Д. К вопросу организации гидрогеоинформационной модели подземных вод (на пример г.Ташкента и Хорезмской области)//ЎЗМУ хабарлари. -Т “Университет” 2009 №4/1. С.80-86. (04.00.00; №7)

20. Джуманов Ж.Х., Чертков Ю.Т., Мирахмедов Т.Д. Особенности структуры геотермического поля четвертичного водоносного комплекса г.Ташкента // ЎЗМУ хабарлари. –Т. “Университет” 2007. №1. С.98-101. (04.00.00; №7)

21. Джуманов Ж.Х. Применение автоматизированных измерительных датчиков для ведения мониторинга подземных вод Республики Узбекистан//Геология и минеральные ресурсы. –Т.. 2011. №4. С.23-28. (04.00.00; №7)

22. Хабибуллаев И. Джуманов Ж.Х. Об информационно-коммуникационной технологии в гидрогеологии //Геология и минеральные ресурсы. –Т.. 2014. №1. С.48-54. (04.00.00; №7)

23. Джуманов Ж.Х. Автоматизированное измерение уровня и температуры воды в скважине// Экологический вестник.–Т.. 2015. №9. С.48-54 (04.00.00; №1)

24. Джуманов Ж.Х. Информационное обеспечение системы моделирования гидрогеологических процессов на базе автоматизации замера гидрогеологических параметров подземной гидросферы//Вестник ТУИТ. -Т., ТУИТ. 2016. №3. С.103-108. (05.00.00; №11)

25. Джуманов Ж.Х. Моделирование процессов геофильтрации и геомиграции региональных гидрогеологических систем //Вестник ТУИТ. -Т., ТУИТ. 2016. №4. С.57-64. (05.00.00; №11)

26. Djumanov J.X. Mathematical modeling of geofiltrational of processes of the regional hydrogeological systems// Vienna, Austria. European Science Review. 2016. №11-12. Page 28-33. (05.00.00 №3)

27. Rakhmatullayev Sh, Frederic H, Kazbekov J, Philippe C, Djumanov J. Groundwater resources use and management in the Amu Darya River Basin (Central Asia)//Environmental Earth Sciences. SPRINGER-Verlag, Berlin. Germany. Volume 59. Number 6. January 2010 С.1183-1193 p. (№11) Springer, IF=1.569

### **II бўлим (II часть; II part)**

28. Джуманов Ж.Х. Моделирование гидрогеологических систем Ферганской долины//Журнал «Водные проблемы: наука и технологии». Баку. Азербайджан. 2015. №1. С.52-62.

29. Schettler G., Oberhansli H., Stulina G. Djumanov J. Hydro chemical water evolution in the Aral Sea Basin. Part II: Confined groundwater of the Amu Darya Delta-Evolution from the headwaters to the delta and SiO<sub>2</sub> geothermometry//Journal of Hydrology//ELSEVIER Amsterdam, Netherlands. (2013) №495 285-303 page.

30. Karimov A, Giordano M., Borisov V., Djumanov J. Of transboundary basins, integrated water resources management (IWRM) and second best solutions: the case of groundwater banking in Central Asia//IWA Water Policy. London, UK. 2012, Volume 14 (1); p.9-111

31. Rakhmatullayev Sh, Frederic H, Kazbekov J, Philippe C. Djumanov J. Groundwater resources of Uzbekistan: an environmental and operational overview// Central European Journal of Geosciences//SPRINGER-Versita. Germany. 2012. №4 (1) P. 67-80. (№11) Springer, IF=1.569

32. Мавлонов А.А., Чертоков Ю.Т., Джуманов А.Х. Создание информационной системы гидрогеологических процессов г.Ташкента// Журнал ArcReview. Москва. 2006 г. №1. С.18-19

33. Кучкарова Д.Ф., Джуманов Ж.Х., Елылбаев У.Д. Геометрические вопросы моделирования поверхности подземных вод //Прикладная геометрия инженерно графика. Киев. 2010 г. С.46-50.

34. Djumanov J.X., Chertkov Y.T. Development of information system of hydrodynamic processes in Tashkent// 32 International Geological Congress in Florence. Italy. IGC 2004 p.98.

35. Karimov A., Smakhtin V., Borisov V., Djumanov J. Transboundary aquifers of the Fergana Valley: Challenges and opportunities. International UNESCO

Conference on “Transboundary aquifers: Challenges and new directions”. Paris. 2010. p72-73

36. Джуманов Ж.Х. Типы и темпы водообмена в гидрогеологических структурах Ферганской долины//Питьевые подземные воды. Изучение, использование и информационные технологии //Мат-лы междунауч. науч.-практ. конф. Часть-1. Московская область, п. Зеленый 2011г. С.246-253.

37. Абдуллаев Б.Д. Джуманов Ж.Х., Маленин О.В. Авторское произведение. Устройство автоматизированного измерения уровня (АИУ-1). Авторский чертеж УЗС 02.00.000ПС.// Свидетельство о депонировании объектов интеллектуальной собственности Регистрационной № 1556 от 26.11.2013 г до 26.11.2018 г. г.Ташкент.

38. Абдуллаев Б.Д. Джуманов Ж.Х., Маленин О.В., Назаров А.Ф. Авторское произведение. Авторский чертеж общего вида устройство автоматизированного измерения уровня (АИУ-1)// Свидетельство о депонировании объектов интеллектуальной собственности Регистрационной № 1557 от 26.11.2013 г до 26.11.2018 г. г.Ташкент.

39. Абдуллаев Б.Д. Джуманов Ж.Х., Маленин О.В., Назаров А.Ф. Авторское произведение. Авторский чертеж компонентов устройство автоматизированного измерения уровня (АИУ-1)// Свидетельство о депонировании объектов интеллектуальной собственности Регистрационной № 1558 от 26.11.2013 г до 26.11.2018 г. г.Ташкент.

40. Абдуллаев Б.Д. Джуманов Ж.Х., Маленин О.В., Назаров А.Ф. Авторское произведение. Авторская схема электрическая АИУ-1// Свидетельство о депонировании объектов интеллектуальной собственности Регистрационной № 1559 от 26.11.2013 г до 26.11.2018 г. г.Ташкент.

41. Усманов Р.Н., Джуманов Ж.Х., Отениязов Р.И. Программный комплекс моделированию геофильтрационных процессов в однослойных пластах// Свидетельство о депонировании объектов интеллектуальной собственности Регистрационной № 1723 от 12.02.2014г до 06.03.2014г. г.Ташкент.

42. Усманов Р.Н., Джуманов Ж.Х., Дигаев А.Х., Сейитназаров К.К., Отениязов Р.И. Программный комплекс для устройства автоматизированного измерения уровня и температуры подземных вод в гидрогеологических скважинах// Свидетельство о депонировании объектов интеллектуальной собственности Регистрационной № 1764 от 06.03.2014г до 06.03.2014 г. г.Ташкент

43. Усманов Р.Н., Джуманов Ж.Х., Дигаев А.Х., Сейитназаров К.К., Отениязов Р.И. Программный комплекс для считывания данных импульсной информации и конфигурирование в устройстве автоматизированного измерения уровня и температуры подземных вод в гидрогеологических скважинах// Свидетельство о депонировании объектов интеллектуальной собственности Регистрационной № 2183 от 25.11.2014г до 25.11.2019г. г.Ташкент.

44. Мавлонов А.А., Джуманов Ж.Х., Мониторинг подземных вод орошаемых земель и пустынных территорий Республики Узбекистан // Питьевые подземные воды. Изучение, использование и информационные техноло-

гии// Мат-лы междунауч.-практ. конф. Часть-3. Моск-кая область, п. Зеленый 2011г. С.269-278

45. Турсунметов Р.А., Джуманов Ж.Х., Математическое моделирование рудоконтролирующих факторов в целях выявления перспективных участков на основе интеллектуализации компьютерной технологии//X международная конф-я «Новые идеи в науках о Земле». Доклады конф. Москва. 2011. С.236.

46. Хабибуллаев И.Х., Сергеева О.П., Джуманов Ж.Х., Численные эксперименты по изучению динамики перемещения слоя нефтепродуктов на профильной модели Ташлакского участка Бешалышского месторождения. // УзР ФА М.Т.Урозбоев номидаги механика ва иншоотлар сейсмик мустахкамлиги ин-ти УзР нефть ва газ саноати мухандислари илмий жамияти. Суюкликлар, куп фазали ва туташ мухитлар механикаси, машиналар гидромослама ларини моделлаштириш масала-ларининг хозирги замон муаммолари респуб. илмий конф-си. Маърузалар тезислари туплами. 1997 йил 22 октябрь.

47. Mavlyanov N. G., Abdullaev B.D., Jumanov J.Kh. Optimization of technological cleaning systems of underground water from oil-production in the Fergana Valley (Uzbekistan) // "International Petroleum Environmental Conference". Issues & Solutions in Exploration, Production & Refining November 11-14, 2003. Houston, Texas, Renaissance Houston Hotel.

48. Расулев Б.Т., Девяткин Е.Л., Джуманов Ж.Х., Управление гидрогеологическими процессами в регионах интенсивной хозяйственной деятельности // Актуальные проблемы гражданской защиты в современных условиях//Мат-лы. науч.-практ. конф. Тошкент 2001. С.153-155

49. Турсунметов Р.А., Джуманов Ж.Х., Юлдошев Б.О., Матякубов К.Д. Опыт применения электромагнитных исследований при изучении техногенных водоносных горизонтов на урбанизированных территориях (на примере г.Ташкента). // Подземные воды в геологической разработке//Мат-лы междунауч. конф. Словения, Блед.-2003 г.

50. Петрухина И.А., Чертков Ю.Т., Джуманов Ж.Х., Латипов Б.А. Влияние техногенного изменения гидрогеологических условий на степень инженерно-геологического риска на примере г.Ташкента. // «Геологический риск: оценка и уменьшение» ГЕОРИСК//Мат-лы. Междунауч. симпозиума (16-19 сентября 2003г.) Ташкент 2003г. С.122-125

51. Минченко В.Д., Джуманов Ж.Х., Матякубов К.Д., Мартемьянов В.И. Информационная система ведения кадастра зон проявления опасных геологических процессов (ЗПОГП) в Узбекистане // «Геологический риск: оценка и уменьшение» ГЕОРИСК//Мат-лы. междунауч. симпозиума (16-19 сентября 2003г.) Ташкент 2003г. С.122-125

52. Грибанов Б.И., Чертков Ю.Т., Джуманов Ж.Х., Джуманов А.Х. Особенности выявления однородных геофильтрационных зон комплексными методами верхнезарафшанского месторождения подземных вод с целью их рационального использования// Создание систем рационального использова-

ния поверхности и подземных вод бассейна Аральского моря//Мат-лы междунар. науч.-прак. конф. Ташкент 2003г. С.22-24

53. Расулев Б.Т., Девяткин Е.Л., Джуманов Ж.Х., К вопросу необходимости улучшения качества воды системы правобережного Кибрайского водозабора на Чирчикском месторождении подземных вод// Создание систем рационального использования поверхности и подземных вод бассейна Аральского моря//Мат-лы междунар. науч.-прак. конф.Ташкент 2003. С.138-140

54. Баклушин М.Б., Усманов Р.Н., Джуманов Ж.Х., Особенности математического моделирования процесса рассоления почвогрунтов с учетом гетерогенности порового пространства//Загрязнение пресных вод аридной зоны: оценка и уменьшение//Мат-лы междунар. симпоз. Ташкент 2004г. С.139.

55. Джуманов Ж.Х., Чертков Ю.Т., Толеубаева Г.О. Исследование особенностей формирования гидродинамической структуры потока подземных вод на территории г.Ташкента // Загрязнение пресных вод аридной зоны: оценка и уменьшение//Мат-лы междунар. симпоз. Ташкент 2004г. С.68-70

56. Джуманов Ж.Х., Чертков Ю.Т. Геофильтрационная модель водообменных систем г.Ташкента в пределах флексурно - разрывных зон на основе ГИС // Актуальные проблемы геологии и геофизики //Мат-лы науч. конф. посвящённой 70-летию Инс-та Геологии и геофизики и 95-летию акад.Х.Абдуллаева Ташкента. 2007г.

57. Джуманов Ж.Х., Особенности компьютерной технологии при создании и использовании гидроинформационных моделей подземных вод. // Гидрогеологические исследования в Узбекистане//Труды, посвящённые 50-летию гидрогеологической службы Узбекистана Ташкент 2007г. С.134-138

58. Каримов А., Мавлонов А.А., Борисов В.А., Грачева И. Джуманов Ж.Х., Накопление зимнего стока р.Нарын в подземных емкостях Ферганской долины //Подземные воды – стратегический ресурс устойчивого развития Казахстана//Междунар. науч.-прак. конф. г.Алматы, Казахстан. 2008г.С.70-73

59. Каримов А., Мавлонов А.А., Туррал.Хью., Мантритилаке Х., Борисов В.А, Рахматов Н., Иванов Ю. Джуманов Ж.Х., Проблема регулирования зимнего стока р.Сырдарьи и подземные воды Ферганской долины// Современное состояние подземных вод: проблемы и их решения//Мат-лы. Междунар. науч.-прак. конф, посвящённой 100-летию со дня рождения Н.А. Кенесарина. Ташкент 2008 г. С.15-18

60. Шерматов Е., Джуманов Ж.Х., Высокие информационные технологии для оценки экологической безопасности водных объектов в бассейне Аральского моря на базе телекоммуникационных сетей связи// Современное состояние подземных вод: проблемы и их решения//Мат-лы. Междунар. науч.-прак. конф, посвящённой 100-летию со дня рождения Н.А. Кенесарина. Ташкент 2008 г. С.40-42

61. Джуманов Ж.Х., Чертков Ю.Т. К вопросу инфильтрационного питания подземных вод высоких террас г.Ташкента// Современное состояние подземных вод: проблемы и их решения//Мат-лы. Междунар. науч.-прак. конф, посвящённой 100-летию Н.А. Кенесарина. Ташкент 2008 г. С.75-78

62. Джуманов Ж.Х., Эшонкулов О.Р. Анализ техногенного влияния на гидродинамический режим подземных вод г.Ташкенте // Современное состояние подземных вод: проблемы и их решения//Мат-лы. Междун. науч.-прак. конф, посвящённой 100-летию со дня рождения Н.А. Кенесарина. Ташкент 2008 г. С.95-97

63. Саидмурадов Ж.З., Джуманов Ж.Х., Чертков Ю.Т., Саидмурадов З.С., Эшанкулов О.Р. К вопросу обоснования источников хозяйственного водоснабжения сельских населённых пунктов (на примере Ташкентской области)// Проблемы обеспечения водными ресурсами сельских населённых пунктов в маловодные годы и пути их решения//Мат-лы. Респуб. науч.-прак. конф. Ташкент 2008г. С.116-119

64. Джуманов Ж.Х., Чертков Ю.Т. Подземные воды – резерв для орошения фермерских хозяйств Ферганской долины// Проблемы и задачи целевого и эффективного использования водных ресурсов фермерскими хозяйствами//мат-лы. Респуб.науч.-прак. конф. Посвященной «Году развития и благоустройства села» Ташкент-2009 23 декабря. С.59-63

65. Мавлонов А.А., Щеглов В.С., Маленин О.В., Борисов В.А. Джуманов Ж.Х., Применение дайверов для гидрогеодинамического мониторинга (ГГД -поле)// Проблемы сейсмологии в Узбекистане. «Актуальные проблемы инженерной сейсмо-логии, геофизики и географии» //Мат-лы. респуб. конф. Ташкент. 2009г. №6 С.88-90

66. Джуманов Ж.Х., Создание геоинформационной системы Ферганской долины//Проблемы сейсмологии в Узбекистане. «Актуальные проблемы инженерной сейсмологии, геофизики и географии» //Мат-лы. респуб. конф. Ташкент. 2009г. №6 С.92-95

67. Джуманов Ж.Х., Изучение темпов водообмена месторождений подземных вод Ферганской долины // Инновационные идеи молодых ученых – геологов и специалистов в развитии минерально–сырьевой базы Республики Узбекистан. 2010 г. Ташкент С. 14-17

68. Мавлонов А.А., Джуманов Ж.Х., Чертков Ю.Т. Типы водообмена в гидрогеологических структурах Ферганской долины «Вода в Центральной Азии» //Сборник рефератов докладов Междунар. научн. Симпозиума. 24-26 ноября 2010 г. Ташкент. С.19

69. Джуманов Ж.Х., Применение автоматизированных измерительных датчиков для ведения мониторинга подземных вод Республики Узбекистан // «Вода в Центральной Азии» //Сборник рефератов докладов Междунар. научн. Симпозиума. 24-26 ноября 2010 г. Ташкент. С.69

70. Хабибуллаев И.Х., Джуманов Ж.Х., Чертков Ю.Т. Султанов Н.Р. Схематизация краевых условий водообменных систем Ферганской долины.// Приоритетные направления геологического изучения недр, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований в Республике Узбекистан// Сб. тезисов Республ. науч.-техн. конфер.. Ташкент 2011. С.197-200

71. Хабибуллаев И.Х., Джуманов Ж.Х., Чертков Ю.Т. Разработка гидрогеолого - информационной основы рационального использования водных ресурсов для орошения фермерских хозяйств. Приоритетные направления

геологического изучения недр, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований в Республике Узбекистан// Сб. тез-в Республ. науч.-техн. конфер.. Т. 2011. С.232-234

72. Бараев Ф.А., Джуманов Ж.Х., Едылбаев У.Д. Минерализация оросительной воды в чеках и слой затопления//«Повышение эффективности водопользования и улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель» Шымкент-2011г С.93-95

73. Джуманов Ж.Х., Чертков Ю.Т. Об улучшении мелиоративного состояния орошаемых земель аридной зоны//«Повышение эффективности водопользования и улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель» Шымкент-2011г С.99-101

74. Джуманов Ж.Х., Опыт использования современных средства автоматизации сбора информации в мониторинге подземных вод в Узбекистане// «Повышение эффективности водопользования и улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель» Шымкент-2011г С.155-161

75. Джуманов Ж.Х., Хабибуллаев И.Х., Чертков Ю.Т. К вопросу разработки гидрогеолого-мелиоративной информационной системы рационального использования подземных вод для орошения // «Повышение эффективности водопользования и улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель» Шымкент-2011г С.168-169

76. Каримов А., Грачева И., Мирюсупов Ф.М. Джуманов Ж.Х., Взгляд на будущее мелиоративных служб стран центральной Азии // «Повышение эффективности водопользования и улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель» Шымкент-2011г С.168-169

77. Абдуллаев Б.Д., Джуманов Ж.Х., Назаров У.С., Бегимкулов Д.К. Создание 3D модели гидрогеологического объекта на основе ГИС технологий// Матер.-ли Респуб. науч.-прак. конф. "Актуальные вопросы нефтегазовой геологии и геофизики и возможные пути их решения". «ИГРНИГМ» -Т 2012.

78. Джуманов Ж.Х., Джуманов А.Х. Использование геоинформационной технологии в визуализации геопространственных данных//Проблемные вопросы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения / Матер.-ли Респуб. науч.-тех. конф. ГП «ГИДРОИНГЕО» -Т. 2012. С.55-57.

79. Усманов Р.Н., Джуманов Ж.Х., Абдуганиева О.И. Концепция обработки гидрогеологической информации на основе принципов теории нечетких множеств//Проблемные вопросы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения\\Матер.-ли Респуб. науч.-тех. конф. ГП «Институт ГИДРОИНГЕО» -Т. 2012. С.61-63.

80. Джуманов Ж.Х., Адылов А.А., Бегимкулов Д.К., Гулямов Г.Д., Утабаев Н. Создание современных цифровых гидрогеологических карт 3D формата месторождения подземных вод Ахангаранской долины с целью оценки ресурсов и их рационального использования // Проблемы, развитие и инновационные направления геологических наук в Узбекистане Матер.-ли Респуб. науч.-тех. конф. ТашГТУ. 2013.С. 214-216

81. Джуманов Ж.Х., Адылоа А.А., Бегимкулов Д.К., Рахмонов Т.Н. К созданию 3х-мерной модели месторождений подземных вод // Проблемы, развитие и инновационные направления геологических наук в Узбекистане// Матер.-ли Респуб. науч.-тех. конф. ТашГТУ. 2013. С. 229-232

82. Абдуллаев Б.Д. Джуманов Ж.Х., Применение современное компьютерное технологии в геологоразведочных исследованиях// Современные методы и технологии в решении гидрогеологических, инженерно-геологических задач//Матер-лы Респуб. науч.-тех. конф. –Т.: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2013. –С.77-83

83. Джуманов Ж.Х., Маленин О.В. Назаров А.Ф. Приборы автоматизированного измерения уровня в гидрогеологических скважинах (АИУ-1)// Современные методы и технологии в решении гидрогеологических, инженерно-геологических задач//Матер-лы Респуб. науч.-тех. конф. – Т.: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2013. –С.150-155

84. Хабибуллаев И. Джуманов Ж.Х., История и перспективы развития информационно-коммуникационной технологии в гидрогеологии // Современные методы и технологии в решении гидрогеологических, инженерно-геологических задач//Матер-лы Респуб. науч.-тех. конф. –Т.: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2013. –С.35-40

85. Джуманов Ж.Х., О приборе автоматизированного измерения уровня для ведения мониторинга подземных вод Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития геологической отрасли РУз/ Мат-ли междунар. науч.-тех. конф. –Т.: ГП «НИИМР», 2014. С. 393-396

86. Джуманов Ж.Х., Маленин О.В., Хабибуллаев И.Х. Факторы формирование техногенного объекта в Айдар-Арнасайском понижении предгорного месторождения подземных вод. Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития геологической отрасли РУз/ Мат-ли междунар. науч.-тех. конф. –Т.: ГП «НИИМР», 2014. С. 415-418

87. Усманов Р.Н., Джуманов Ж.Х., Сеитназаров К.К. Интеграция ГИС-технологий для обеспечения взаимосвязи между гидрогеологическим объектом и его нечетко-детерминированной моделью // Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития геологической отрасли РУз/ Мат-ли междунар.науч.-тех. конф. –Т.: ГП «НИИМР», 2014. С.470-475

88. Джуманов Ж.Х. Технология автоматизации мониторинговых исследований на месторождениях подземных вод // «Фан, таълим ва ишлабчиқариш интеграциясида ахборот-коммуникация технологияларини қўллашнинг ҳозирги замон масалалари» Мат-ли респл. науч. -тех. конф. – Нукус.:ТАТУ, 2015.Том 3 С. 328-331

89. Усманов Р.Н., Джуманов Ж.Х., Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. Перспективы развития методологии нечетко детерминированного моделирования гидрогеологических процессов на базе интеграции ГИС-технологий // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения// Мат-ли Междунар. науч.-тех. конф. –Т.: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2015. С. 298-302

90. Джуманов Ж.Х., Хабибуллаев И., Маленин О.В., Хушвактов С.Х. Современные информационно-коммуникационные технологии в гидрогеологии// Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения// Мат-ли Междунар. науч.-тех. конф. –Т.: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2015. С.302-307

91. Усманов Р.Н., Джуманов Ж.Х., Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. К вопросу распараллеливания нечетко детерминированного моделирования гидрогеологических процессов // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения// Мат-ли Междунар. науч.-тех. конф. –Т.: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2015. С.332-334.

92. Джуманов Ж.Х., Абдуллаев Б.Д. Результаты вычислительных экспериментов по реализации технологии очистки грунтовых вод Ташлакского участка Бешалышского месторождения от нефтепродуктов// Гидрогеологические процессы и эволюция ресурсов подземных вод аридной зоны. Труды.Ташкент, ГП «Узбекгидрогеология» 1998 г. С.39-45

93. Джуманов Ж.Х., Мирахмедов Т.Д., Абдуллаев Б.Д. О методике очистки водоносного горизонта от нефтепродуктов, плавающих на поверхности грунтовых вод// Проблемы питьевого водоснабжения и экологии. Ташкент «Университет» 2002 г. С.237-240

94. Джуманов Ж.Х., Расулов Б.Т., Девяткин Е.Л.Социально-экономическое значение подземных вод Чирчикского бассейна и проблемы охраны их ресурсов//Проблемы питьевого водоснабжения и экологии. Ташкент «Университет» 2002г. С.241-246

95. Расулов Б.Т., Джуманов Ж.Х., Девяткин Е.Л. Изучение режима подземных вод в связи с обоснованием природоохранных мероприятий в районах отработки карьеров нерудных материалов// Проблемы питьевого водоснабжения и экологии. Ташкент «Университет» 2002г. С.247-250

96. Джуманов Ж.Х., Мавлянов Н.Г., Чертков Ю.Т.Создание информационной системы г.Ташкента с целью рационального использования геологической среды на основе ГИС-технологии// НУУ сб. «Проблемы геологии «Фанерозоя Тянь-Шаня» Ташкент 2003 г. №1. С.151-158.

97. Karimov A, Smakhtin V, Mavlonov A, Borisov V, Gracheva I, Miryusupov F, Djumanov J, Ibragimov R. Abdurahmanov B. Managed aquifer recharge: the solution for water shortages in the Fergana Valley//International Water Management Institute (IWMI Research-151 Report). 2013.Colombo, SriLanka: 51 p. /2013-2015.

98. Джуманов Ж.Х. Создание базы данных автоматизированного мониторинга подземной гидросферы// Проблемы информационных и телекоммуникационных технологий. Матер-лы Респуб. науч.-тех. конф. –Т.: ТУИТ. 2016, Ч.№2. С42-46.

99. Джуманов Ж.Х., Саидов С.М., Курбонов Ф.Я. Системы автоматизи-рованной обработки пространственной информации//Замонавий ахборот-коммуникация технологияларини жорий этишда дастурий

таъминотни яратиш: муаммо ва ечимлар/Респуб. илмий-тех. конф. матер-и. Самарқанд.: ТАТУ Самарқанд филиали 2016, С52-55.

100. Джуманов Ж.Х. Опыт преподавания современных геоинформационных технологий в Ташкентском университете информационных технологий// Кадрлар тайёрлаш сифатини оширишда ахборот технологияларининг ўрни/ Респуб. илмий-услубий конф. матер-и. Тошкент. ТАТУ. 2016, С52-55.

Автореферат «Механика муаммолари» Ўзбекистон журнали  
тахририяти тахрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус тилларидаги матнларни  
мослиги текширилди.  
(28.06.2017 й).

Босишга рухсат этилди: 05.07.2017 йил.  
Бичими 60x45 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>, «Times New Roman»  
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табағи 4. Адади: 100. Буюртма: № 162.

Ўзбекистон Республикаси ИИВ Академияси,  
100197, Тошкент, Интизор кўчаси, 68

«АКАДЕМИЯ НОШИРЛИК МАРКАЗИ»  
Давлат унитар корхонасида чоп этилди.