

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ХИЗМАТИ МАРКАЗИ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТЕКШИРИШ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.27.06.2017.G.47.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАҢЛАР АКАДЕМИЯСИ  
ҚОРАҚАЛПОҒИСТОН БЎЛИМИ  
ҚОРАҚАЛПОҚ ТАБИИЙ ФАҢЛАР ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ  
ИНСТИТУТИ**

**ТЛЕУМУРАТОВА БИБИГУЛЬ САРЫБАЕВНА**

**ОРОЛБЎЙИ ЭКОТИЗИМИДАГИ ТРАНСФОРМАЦИЯЛАРНИНГ  
ТУПРОҚ-ИҚЛИМ ШАРОИТЛАРИГА ТАЪСИРИНИ МАТЕМАТИК  
МОДЕЛЛАШТИРИШ**

**11.00.04 – метеорология, климатология, агрометеорология**

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ФАҢЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент-2018**

**Физика-математика фанлари буйича фан доктори (DSc)  
диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)  
по физико-математическим наукам**

**Content of dissertation abstract of doctor of science (DSc)  
on physical and mathematical sciences**

**Тлеумуратова Бибигуль Сарыбаевна**

Оролбўйи экотизимидаги трансформацияларнинг  
тупроқ-иқлим шароитларига таъсирини математик  
моделлаштириш.....3

**Тлеумуратова Бибигуль Сарыбаевна**

Математическое моделирование влияния трансформаций  
Экосистемы Приаралья на почвенно-климатические условия.....29

**Teumuratova Bibigul Saribaevna**

Mathematical modelling of influence of Priaralie ecosystem's transformations  
on soil-climatic conditions.....53

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works .....57

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ХИЗМАТИ МАРКАЗИ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТЕКШИРИШ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.27.06.2017.G.47.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ  
ҚОРАҚАЛПОҒИСТОН БЎЛИМИ  
ҚОРАҚАЛПОҚ ТАБИИЙ ФАНЛАР ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ  
ИНСТИТУТИ**

**ТЛЕУМУРАТОВА БИБИГУЛЬ САРЫБАЕВНА**

**ОРОЛЬЎЙИ ЭКОТИЗИМИДАГИ ТРАНСФОРМАЦИЯЛАРНИНГ  
ТУПРОҚ-ИҚЛИМ ШАРОИТЛАРИГА ТАЪСИРИНИ МАТЕМАТИК  
МОДЕЛЛАШТИРИШ**

**11.00.04 – метеорология, климатология, агрометеорология**

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент-2018**

**Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2017.1.DSc/FM47 рақам билан рўйхатга олинган.**

Докторлик диссертацияси Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси Қорақалпоғистон бўлими Қорақалпоқ табиий фанлар илмий-тадқиқот институтида бажарилди.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси ([www.meteo.uz](http://www.meteo.uz)) ҳамда «ZiyoNet» Ахборот-таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий маслаҳатчи:**

**Арушанов Михаил Львович**  
география фанлари доктори

**Расмий оппонентлар:**

**Абдуллаев Аъло Каюмходжаевич**  
география фанлари доктори

**Равшанов Нормаммад**  
техника фанлари доктори, профессор

**Утеулиев Ниетбай**  
физика-математика фанлари доктори,  
профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Ўзбекистон миллий университети**

Диссертация ҳимояси Гидрометеорология илмий-текшириш институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.27.06.2017.G47.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2018 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ соат \_\_\_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100052, Тошкент ш., Бодомзор йўли 1-тор кўчаси, 72. Тел: (+99871) 2358512, факс: (+99871) 2371313, e-mail: [nigmi@albatros.uz](mailto:nigmi@albatros.uz)).

Диссертация билан Гидрометеорология илмий-текшириш институтининг Илмий-техника кутубхонасида танишиш мумкин (№ \_\_\_\_\_ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100052, Тошкент ш., Бодомзор йўли 1-тор кўчаси, 72. Тел: (+99871) 2358512, факс: (+99871) 2371313.

Диссертация автореферати 2018 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.  
(2018 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси).

**В.Е.Чуб**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш раиси, г.ф.д.

**Б.Э.Нишонов**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш илмий котиби, т.ф.н.

**С.В.Мягков**

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

## **КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертациясининг аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Дунёнинг арид минтақаларида иқлим ўзгариши атроф-муҳит ва агроиқлимий ресурслар билан боғлиқ муаммоларнинг кескинлашувига сабаб бўлмоқда. Минтақалар иқлимининг ўзгариши ва атмосферада кум-туз кўчишини кучайиши каби салбий оқибатлар дунё ҳамжамияти, жумладан илмий марказларнинг Орол денгизи ҳалокатига катта эътибор қаратишига олиб келмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президенти Ш.М.Мирзиёевнинг БМТ Бош Ассамблеясининг 72-сессиясидаги нутқида Орол муаммосини ҳал этишнинг давлатларaro аҳамияти алоҳида таъкидлаб ўтилган: «Денгизнинг қуриши оқибатларини енгиш учун бугунги кунда халқаро кучларнинг фаол бирлашуви зарур. Биз жорий йилда Орол инқирозидан жабр чеккан аҳолига ёрдам кўрсатиш бўйича қабул қилинган БМТнинг махсус дастурининг тўлиқ амалга оширилишини қўллаб-қувватлаймиз»<sup>1</sup>.

Жаҳонда иқлим ва экотизимлар орасидаги ўзаро боғлиқларни тадқиқ қилишга, жумладан иқлим ўзгариши ва экологик трансформацияларнинг табиий ресурслар ва қишлоқ хўжалигига таъсирини баҳолашга, иқлим ўзгаришига мослашиш тадбирларни ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга, экологик ўзгаришларни олдини олишга ва биологик хилма-хилликнинг камайишини бартараф қилишга устувор аҳамият берилмоқда. Шунингдек, дунё миқёсида, иқлимий ва экологик ўзгаришларни математик моделлаштириш, йирик сув ҳавзаларининг қуриган тубидан туз-чанг кўчишининг атроф муҳит ва экотизимларга таъсирини ҳамда метеорологик омилларнинг атмосфера ҳавосини ифлосланишига таъсирини баҳолаш, бундай таъсирларнинг салбий оқибатларининг олдини олиш ва бартараф қилиш усуллари ишлаб чиқиш муҳим ҳисобланади.

Республикамызда Орол денгизи қуриши оқибатларини юмшатиш ва Оролбўйи минтақасининг экологик, ижтимоий-иқтисодий шароитларини яхшилаш борасида муайян ижобий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини 2017-2021 йилларда янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «қишлоқ хўжалиги ва одамлар ҳаёт фоалиятини ривожланишига иқлимнинг глобал ўзгаришлари ва Орол денгизи қуришининг салбий таъсирини юмшатиш бўйича тизимли чоралар»<sup>2</sup> кўриш юзасидан муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан агроиқлимий ресурсларнинг гидрорежим ўзгаришларига сезувчанлигини, Оролбўйи минтақасида ўсимлик қоплами майдонини камайиши ва бошқа экологик ўзгаришларни тадқиқ қилишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президенти Ш.М.Мирзиёевнинг БМТ Бош Ассамблеясининг 72-сессиясидаги нутқи. «Халқ сўзи» газетаси 20.09.2017 йил №179(6901) сон.

<sup>2</sup> 2017-2021 йилларда Ўзбекистонни ривожлантиришнинг беш устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси. Халқ сўзи газетаси. 8.02.2017 йил №28(6722) сон.

стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон Фармони, 2017 йил 18 январдаги «2017-2018 йилларда Оролбўйи минтақасини ривожлантириш бўйича Давлат дастури ҳақида»ги ПҚ-2731-сон Қарори, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2015 йил 29 августдаги «2015-2018 йилларда Орол фожиаси таъсирини юмшатиш, қайта тиклаш ва Оролбўйи минтақасини ижтимоий-иқтисодий ривожлантириш бўйича чораларнинг комплекс дастури ҳақида»ги 255-сон қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар таракқиётининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг V. «Қишлоқ хўжалиги, биотехнологиялар, экология ва атроф-муҳитни муҳофазаси», VIII. «Ер ҳақидаги фанлар» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

**Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи<sup>3</sup>.** Экологик ўзгаришлар ва уларнинг минтақавий ва глобал даражадаги иқлим ўзгариши билан ўзаро боғлиқлигини тадқиқ этишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан: West Michigan University (АҚШ), Institute of Geobotany, University of Hannover (Германия), Метеорологик тадқиқотлар миллий маркази CNRM (Франция), National University of Singapore (Сингапур), Арид ҳудудларни тадқиқ қилиш маркази (Япония), Беларуссия давлат университети (Белоруссия), РФ ФА Экспериментал метеорология институти, РФ ФА География институти, РФ ФА Океанология институти (Россия), Қозоғистон иқлим ва атроф-муҳит мониторинги илмий-тадқиқот институти (Қозоғистон) ва Гидрометеорология хизмати маркази Гидрометеорология илмий текшириш институтида олиб борилмоқда.

Экологик ва иқлимий ўзгаришларнинг ўзаро боғлиқлигини моделлаштириш ва иқлим ўзгаришининг сценарийларини яратиш бўйича жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан қуйидаги илмий натижалар олинган: гидрологик циклнинг ва атмосфера циркуляциясининг иқлим ўзгаришига боғлиқ динамикаси аниқланган (West Michigan University, США), Европада сўнгги ўнйилликларда иқлим ўзгариши ва фенологик ўзгаришларнинг корреляцион боғлиқлиги аниқланган (Institute of Geobotany, University of Hannover, Германия), «downscaling» усулида иқлим ва ер сатҳи орасидаги ўзаро таъсир модели яратилган (CNRM, Франция), иқлим ўзгаришлари ва ботқоқларнинг қуриши орасидаги боғланишни ҳисобга олувчи кўп факторли модель яратилган (Белоруссия давлат университети), метеорологик омилларнинг атмосфера ҳавосини тупроқ, антропоген ва бошқа аэрозоллар билан ифлосланишига таъсирини моделлаш амалга оширилган (РФ ФА ЭМИ, Россия), Орол денгизидаги экогидрологик жараёнларнинг ўзгаришлари ва термохалин стратификация

---

<sup>3</sup> Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи: <https://www.nature.com>, <http://science.sciencemag.org/>, <https://onlinelibrary.wiley.com/> ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

динамикаси аниқланган (РФ ФА Океанология институти, Россия), денгиз қуришидан ҳосил бўлган майдонларда туз тўпланишининг ва ландшафтлар пайдо бўлишининг ўзига хос хусусиятлари аниқланган (РФ ФА География институти, Россия), Орол денгизининг геоморфологик модели ва денгиз қуришидан ҳосил бўлган майдонлардан тузларнинг тарқалишини эмпирик формулалари ишлаб чиқилган (ҚозИАММИТИ, Қозоғистон), Оролбўйи минтақасининг иқлимий характеристикаларининг ўзгаришлари динамикаси аниқланган ва минтақавий иқлимий сценарийлар прогнозлари ишлаб чиқилган (ГМИТИ, Ўзбекистон).

Дунёда иқлим ўзгариши натижасида экотизимлар трансформациясини ва агроиқлимий ресурсларни баҳолаш бўйича қатор, жумладан, қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: ўрмонлар йўқолиб кетиши таъсирида иқлим ўзгаришларини моделлаштириш ва прогноз қилиш, экотизим компонентлари ва иқлим ўзгаришининг ўзаро боғлиқлигини аниқлаш, иқлим ўзгариши натижасида тупроқ шўрланиши ва чўлланишига қарши кураш усуллари ишлаб чиқиш, тарихий экотизим шароитларни ҳисобга олган ҳолда экологик қайта тиклаш усуллари ишлаб чиқиш, масофадан кузатиш асосида атроф муҳит мониторинги комплекс усуллари такомиллаштириш.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Оролбўйидаги экологик ўзгаришларни ва уларнинг атроф муҳит ҳолатига таъсирини ўрганиш билан ҳар хил даврда чет эл олимлари Ю. Шутцер, С. Брук, П.П. Миклин, Дж. Ф.Крето, Ф.Папа, Т. Ресслъ ва бошқалар шуғулланганлар<sup>4</sup>. Мазкур йўналиш бўйича илмий тадқиқотларнинг аксарияти Россия (Л.С.Берг, А.С.Кесь, Л.К.Блинов, И.П.Герасимов, А.А.Григорьев, В.Б.Липатов, Б.Г.Вагер, З.М.Утина, Н.М.Богданова, В.П.Костюченко, П.О.Завьялов, Н.М.Новикова<sup>5</sup>), Қозоғистон (М.А.Орлова, О.Е.Семенов, О.С.Галаева, И.В.Каипов) ва Ўзбекистон олимлари (А.А.Рафиков, Г.А.Толкачева, С.К.Кабулов, И.В.Рубанов, В.А.Духовный, В.Е.Чуб, Ф.Х.Хикматов, Э.И.Чембарисов, О.И.Субботина, С.Г.Чанышева, Р.М.Раззаков ва бошқалар<sup>6</sup>) томонидан олиб борилган.

Ушбу олимларнинг тадқиқотлари натижасида Орол ва Оролбўйи геоэкотизимлари ўзгаришларининг динамикаси ўрганилган, тупроқ-грунт таркибини ўрганиш ва уларни хариталаш, қуриган денгиз тубидан тузларнинг тарқалиши, фитоценозлар динамикасини таҳлили бўйича ишлар амалга оширилган, гидрологик ва гидрохимик жараёнлар аниқланган, Орол денгизининг термохалин структураси ва биотик ҳолати ўрганилган. Бу тадқиқотларнинг кўпчилиги тавсифий характерга эга бўлиб, уларда катта

---

<sup>4</sup> Micklin P.P.. The Aral Sea crisis // In: J.C.J. Nihoul: P.O. Zavialov, and P.P. Micklin. Dying and Dead Seas / Kluwer, 2004.-pp. 99-123.

<sup>5</sup> Novikova N.M. Contemporary plant and soil cover changes in the Amudarya and Syrdarya river deltas /В сб. Ecological research and monitoring of the Aral Sea. UNESCO– 1998. – pp.100 – 128.

<sup>6</sup> Чуб В.Е, Чанышева С.Г., Никулина С.П., Спекторман Т.Ю., Субботина О.И. Разработка региональных климатических сценариев. Информация об исполнении Узбекистаном своих обязательств по Конвенции ООН об изменении климата // Бюллетень №1.– Ташкент: САНИГМИ, 1999.– С.5–14.

ҳажмдаги материаллар тўпланган. Шу билан бирга, содир бўлаётган экологик трансформацияларнинг тупроқ-иқлим шароитларига тизимли таъсирининг даражаси ва тенденциясини аниқлаш ҳозирги замон Орол ва Оролбўйи геоэкологиясида энг кам ўрганилган ва мураккаб муаммоларнинг бири бўлиб қолмоқда.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Қорақалпоқ табиий фанлар илмий-тадқиқот институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг «Жанубий Оролбўйи экотизимидаги ўзгаришларга иқлим таъсирчанлигини математик моделлаштириш» (2003-2007йй.), А7-040-«Орол денгизи тубида туз тўпланиш механизмлари ва суғориладиган майдонларга тузларнинг тарқалишини прогнозлаш ва тадқиқ қилиш учун электрон хариталар ҳамда математик модел тизимларини ишлаб чиқиш» (2006-2008йй.), ФА-Ф6-Т032-«Жанубий Оролбўйи экотизимининг тузли аэрозол билан ифлосланишининг минтақавий иқлимга таъсири жиҳатида математик моделлаштириш усуллари билан тадқиқ қилиш ва прогнозлаш» (2007-2011йй.), ФА-А2-Г0062-«Мураккаб экологик жараёнларни моделлаштириш технологиясини ишлаб чиқиш ва уни Оролбўйи экотизими трансформацияларининг Қорақалпоғистондаги тупроқ-иқлим шароитларига таъсири моделини тузиш учун қўллаш» (2012-2014йй.), Ф.12-14-«Орол денгизининг қуриб қолган тубида туз тўпланиш динамикасини математик моделлаштириш усуллари билан тадқиқ қилиш» (2014-2015 йй.) мавзусидаги амалий ва фундаментал лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** Оролбўйи экотизими трансформацияларининг минтақавий иқлим ва тупроқларнинг шўрланишига таъсири динамикасини аниқлаш ҳамда математик моделлаштириш усулларини такомиллаштиришдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

тадқиқот жараёнларини тизимлаштириш ва моделлаштириш объектини аниқ белгилаб олиш имконини берувчи мураккаб экометеорологик жараёнларни тизимли моделлаштириш концепциясини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган концепция асосида MIDACS (Macromodel of influence of drying Aral on climate and salinization) имитация моделини ва уни амалга ошириш дастурлари мажмуини тузиш;

MIDACS таркибига кирадиган қуйидаги модель блокларни ишлаб чиқиш:

Орол денгизи сув-туз режимининг динамикаси ва унинг Оролбўйи иқлимига таъсири;

денгизнинг қуриб қолган қисмида шўрхок майдонлар пайдо бўлиши ва тупроқ шўрланиши генезиси ва динамикаси;

ўсимлик қатлами трансформациясининг тупроқ шўрланишига ва «ер усти қатлами – атмосфера» тизимида иссиқлик ва намлик алмашишига таъсири;

тузли аэрозолнинг тупроқ-иқлим шароитларига таъсири;



MIDACSни амалга ошириш натижалари бўйича тадқиқ қилинаётган мураккаб экологик-метеорологик жараённинг (МЭМЖ) асосий қонуниятларини аниқлаш ва МЭМЖнинг тахлилий моделини тузиш;

экологик ўзгаришлар динамикасини ва уларнинг Жанубий Оролбўйида ерларнинг шўрланиши ва иқлим ўзгариши жараёнларига таъсирини экстраполяция қилиш орқали 2030 йилгача прогноз моделини тузиш.

**Тадқиқотнинг объекти** Оролбўйи ҳудудида содир бўлаётган ўзаро таъсир қилувчи экологик ва тупроқ-иқлим жараёнларидан иборат мураккаб экологик-метеорологик жараён (МЭМЖ) ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** Оролбўйи тупроқ-иқлим шароитларига таъсир натижаларининг экологик омиллар трансформацияси даражасига боғлиқлигини, кўрсатилган боғлиқликнинг ретроспектив (1966-2005 йй.) динамикасини аниқлаш ва 2030 йилгача прогноз баҳолаш ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертацияда математик физика усуллари, рақамли усуллар, математик статистика усуллари, атмосфера физикаси, тупроқ физикаси, метеорология, иқлимшунослик, гидрология, экология ва геоботаника усуллари кўлланган ҳолда тизимли моделлаштириш усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

илк бор Орол денгизининг қуриши билан боғлиқ мураккаб экологик-метеорологик жараёнлар(МЭМЖ)нинг оддий эволюцион жараёнларнинг тезликларидан фарқланиши, динамикасининг ночизиқлиги, жараёнлар орасидаги циклик рекурсив боғлиқликларнинг мавжудлиги ва майдон-вақт ўлчамларининг кенг диапазонда ўзгариши каби хусусиятлари аниқланган;

экологик ва иқлимий ўзгаришлар динамикасини баҳолаш учун мураккаб экологик-метеорологик жараёнларни моделлаштириш усуллари моделлаш жараёнига информатсион-статистик ва бошқарувчи блоklarни ва маълумотлар релятив базасини ташкиллаштириш босқичларини киритиш орқали такомиллаштирилган;

минтақа миқёсида экологик трансформацияларнинг тупроқ-иқлим шароитларига таъсирини имитацияловчи MIDACS модели ишлаб чиқилган;

денгизнинг қуриган тубида тузларнинг тўпланиши ва тузлар кўчишининг иқлимий кўрсаткичларга (ҳаво ҳарорати, нисбий намлик, ёғинларнинг йиллик миқдори ва минерализациясига) таъсири аниқланган;

Оролбўйи тупроқ-иқлим шароитларининг экологик трансформация шаклидаги ўзгаришининг 2030 йилгача прогнози ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

Орол денгизи сув-туз режимининг кўп йиллик динамикаси ва унинг Оролбўйи иқлимига таъсири қонуниятлари аниқланган;

денгизнинг қуриган тубидаги шўрхок майдонлардаги тупроқ шўрланиши генезиси ва динамикаси қонуниятлари аниқланган ва тенгламалар орқали ифодаланган;

тузли аэрозолнинг тупроқ-иқлим шароитларига таъсири миқдорий баҳоланган;

ўсимлик қатламининг тупроқ шўрланишига ва «ер усти қатлами – атмосфера» тизимида иссиқлик ва намлик алмашишига буфер таъсири баҳоланган;

MIDACSни амалга ошириш натижалари бўйича МЭМЖнинг аналитик модели яратилган;

2030 йилгача бўлган даврда Жанубий Оролбўйида экологик ўзгаришлар динамикаси ва уларнинг шўрланиш ва иқлим ўзгариши жараёнларига таъсири прогнозларининг миқдорий баҳолашлари олинган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончилиги ишлаб чиқилган моделларнинг адекватлигини верификациялаш, ратификациялаш ва Сайерт методлари ёрдамида текшириш ҳамда стандарт агрометеорологик, масофадан кузатиш маълумотларидан фойдаланиш, моделлаштириш натижаларини ўхшаш жараёнлар учун бошқа тадқиқотчилар олган натижаларга мос келишини текшириш йўли билан тасдиқланган.

**Тадқиқот натижаларининг назарий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти олинган натижалардан экологик муаммоларни юқори даражадаги мувофиқлик билан моделлаштириш ҳамда экологик ҳолатни яхшилаш бўйича минтақавий ҳуқуқий, меъёрий-услубий ва ташкилий-тартибий ҳужжатларни ишлаб чиқишда фойдаланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти Орол денгизининг қуриши ва тузларнинг кўчишини эътиборга олган ҳолда тупроқлар шўрланиши ва иқлим ўзгаришининг миқдорий баҳоларидан ижтимоий-иқтисодий ривожланишнинг мақсадли дастурларини ва экологик қайта тиклаш чора-тадбирларни ишлаб чиқишда фойдаланилганлиги билан белгиланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Экологик трансформациялар ва уларнинг тупроқ-иқлим шароитларига таъсири бўйича олиб борилган диссертация тадқиқотлари натижалари асосида:

МЭМЖ моделлаштириш натижалари сифатидаги ўсимлик қатламининг тупроқларнинг шўрланишига таъсирининг миқдорий баҳолари ва ўсимликларнинг қопланишига боғлиқ равишда буфер таъсири регрессия тенгламалари Қорақалпоғистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигида амалиётга жорий этилган (Қорақалпоғистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигининг 2017 йил 27 ноябрдаги 03/04-1648-сон маълумотномаси). Натижада умумдавлат дастурларини Қорақалпоғистон Республикаси минтақавий хусусиятларига мослаштириш имконини берган;

Орол денгизининг қуриган тубидан тузларнинг кўчишининг ва тупроқ-иқлимий шароитлари ўзгаришларининг прогноз баҳолашлар Қорақалпоғистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигида амалиётга жорий этилган (Қорақалпоғистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигининг 2017 йил 27 ноябрдаги 03/04-1648-сон маълумотномаси). Натижада прогноз баҳолашлардан фойдаланиш ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш бўйича узоқ муддатли ва ўрта муддатли

тадбирлар режаларига ўзгартиришлар киритиш учун асос бўлиб хизмат қилган;

*MIDACS* макромоделининг Жанубий Оролбўйида экологик-иқлимий ўзгаришларнинг фазовий ва вақт бўйича тарқалиши бўйича натижаларидан Қорақалпоғистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш Давлат қўмитаси томонидан минтақанинг табиий муҳити ҳолати ва потенциални ўрта муддатли прогнозлаш учун фойдаланилган (Қорақалпоғистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш Давлат қўмитасининг 2018 йил 11 январдаги ТХ-01/01-1-39-сон маълумотномаси). Натижада атроф муҳит мониторингини кучайтириш зарур бўлган туманларни аниқлаш ҳамда Қорақалпоғистон табиий муҳити ҳолатини ва потенциални аниқ баҳолаш имконини берган;

Орол денгизининг қуриган тубидан тузларнинг кўчиши аэродинамикасини моделлаштиришнинг натижалари Қорақалпоғистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш Давлат қўмитаси амалиётига жорий этилган (Қорақалпоғистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш Давлат қўмитасининг 2018 йил 11 январдаги ТХ-01/01-1-39-сон маълумотномаси). Натижада туз кўчишидан ҳимоялаш бўйича лойиҳаларга тузатишлар киритиш ва Орол денгизи қуриган тубида ўрмонлар яратиш бўйича лойиҳаларни илмий асослаш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 14 халқаро илмий-амалий конференцияларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 54 та илмий иш, шулардан 4 та монография (3 таси ҳаммуаллифликда), Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 17 та мақола, жумладан, 13 таси республика ва 4 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, 7 та боб, хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертация ҳажми 200 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш қисмида** диссертация мавзусининг долзарблиги асосланган, тадқиқот мақсади ва қўйилган вазифалар мазмуни, тадқиқот методлари очиб берилган, олинган натижаларнинг илмий-амалий аҳамияти ва янгилиги кўрсатилган, ҳимояга олиб чиқиладиган режалар баён этилган.

Диссертациянинг «**Мураккаб экология - метеорологик жараёнларни тизимли моделлаштириш**» деб номланган биринчи бобида муаммолар доирасига тегишли моделлар таҳлил қилинган, мазкур тадқиқотда тизимли таҳлилни қўллаш асослаб берилган, мураккаб экологик-метеорологик жараёнларни тизимли моделлаштириш концепцияси баён этилган.

Тадқиқотнинг аниқ мантиқий ва таркибий асосини, мураккаб муаммоларни ҳал қилишга йўналтирилган тизимли методлар ва воситалар мажмуини, шунингдек, қўлланиладиган терминологияни кўрсатиб бериш тизимли тадқиқотнинг зарур атрибути ҳисобланади. Шу мақсадда биз томондан мураккаб экометеорологик жараёнларни тизимли моделлаштиришнинг тақдим қилинаётган концепцияси ишлаб чиқилди.

МЭМЖни тизимли моделлаштириш концепциясидаги муҳим режа шундан иборатки, биз моделлаштиришни умуман тадқиқот жараёни сифатида фарз қиламиз. МЭМЖни тизимли моделлаштиришда иккита аспект ажратилади: *конструкцион ва тадқиқот аспекти*. Конструкцион аспектда тизимли моделлаштириш ДТ моделини ва уни машинада амалга ошириш воситаларини тузишдан иборат. Тадқиқот аспекти тузилган моделдан фойдаланиш орқали ДТ ишлаш қонуниятларини аниқлашни, ҳисоблаш экспериментлари натижаларини тушуниб олиш, умумлаштириш ва физикавий воқелик терминларида интерпретация қилишни назарда тутди.

Ҳисоблаш жараёнини оптимал ташкиллаштириш махсус унификацияланган модуллар тузиш йўли билан *информацион-статистик блокдаги (ИСБ)* барча қўшимча функцияларни концентрация қилишдан иборат. Бу модел дастурларида бир хилдаги тузилмавий бирликларнинг такрорланишига йўл қўймайди. *Бошқарув блокни (ББ)* тузиш МЭМЖни моделлаштиришнинг нафақат мумкин бўлган, балки зарур элементи ҳам ҳисобланади.

Шундай қилиб, МЭМЖнинг машина модели - бу учта категорияга ажратиладиган дастурлар тизимидир: модел блоклар (МБ), ИСБ ва ББ.

МЭМЖнинг машина моделини амалга ошириш давомида олинган ҳисоблаш маълумотлари одатда жараёнлар динамикаси ва уларнинг ўзаро алоқалари тўғрисида аниқ ахборотга эга эмас. Шунинг учун МЭМЖ элементлари ва умуман тизимнинг ишлаш қонуниятларини аниқлаш учун чиқиш маълумотларини қўшимча ишлаб чиқиш талаб қилинади. Аниқланган қонуниятлар формаллаштирилиши лозим, бу математик тарзда кўрсатилган боғлиқлик турларини классификация қилишга ёрдам беради. МЭМЖнинг формаллаштирилган тузилиши тенгламалар тизими сифатида тадқиқот объекти тўғрисида тўлиқроқ тушунча беради, унинг ўзига хос хусусиятлари ва ривожланиш тенденцияларини яққол кўрсатади. Бундан ташқари, прогноз қилиш мақсадида кейинчалик МЭМЖни имитация қилиш ва моделлаштириш натижаларининг амалий қулайлиги учун ҳам формаллаштириш зарур бўлади. Машина моделини амалга ошириш давомида олинган, МЭМЖ жараёнлари орасидаги энг муҳим ўзаро боғлиқликнинг аналитик кўриниши бўлмиш тенгламалар мажмуи сифатидаги МЭМЖнинг формаллаштирилган тузилишини биз *МЭМЖ нинг аналитик модели* деб атаёмиз.

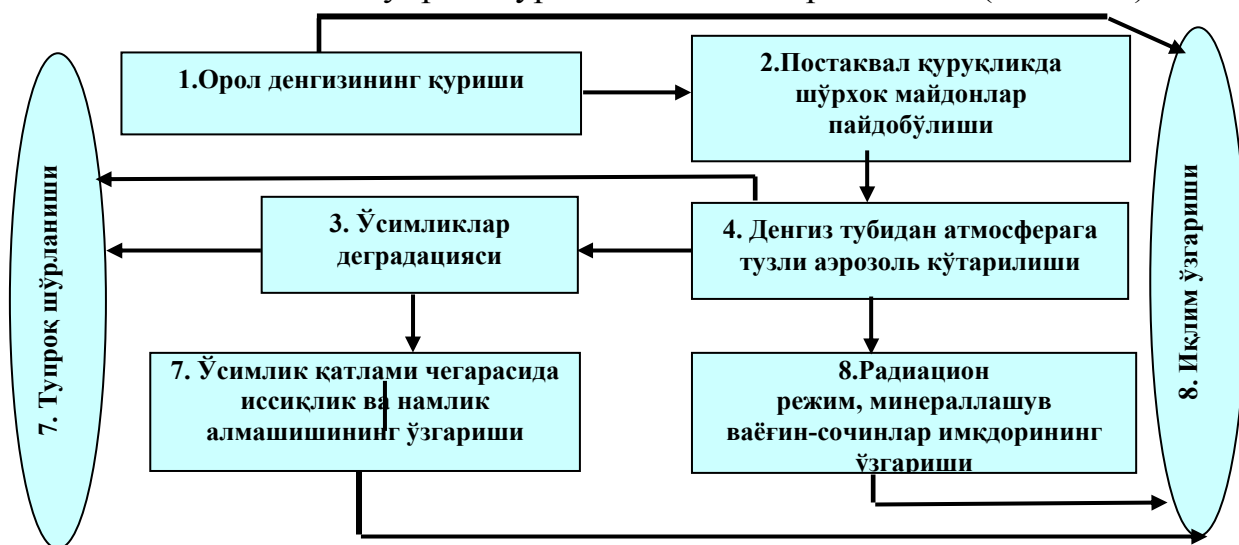
МЭМЖнинг имитацион модели унинг тузилишини нафақат сон жиҳатидан, балки прогноз қилиш мақсадида ҳам тузилади. МЭМЖ машина моделининг тузулмавий жадвали истиқболдаги факторлар ҳолати мажмуини акс эттиради ва у *МЭМЖ нинг прогноз модели* деб номланади.

Ўзаро боғлиқ факторлар тизими сифатида прогноз фонини аниқлаш у ёки бу иқлим кўрсаткичларининг ўзгариши тавсифининг ( $\Xi$ ) мураккаб функция жадвалидаги прогноз қилиш вақтига боғлиқ эканини кўрсатишга ёрдам беради:  $\Delta\Xi = F(f_n(f_{n-1} \dots (f_2(f_1(t))))$ , бунда  $f_i$  функциялари факторларнинг сабаб-натija қатори динамикасининг апроксимацияси ҳисобланади.

Иккинчи боб «Оролбўйи экотизими трансформацияларининг тупроқ-иқлим шароитларига таъсири моделини концептуаллаштириш» деб номланган ва унда тадқиқ қилинаётган МЭМЖ моделининг умумлаштирилган баёни берилган: қабул қилинган соддалаштиришлар, модел тузилиши, моделлаштиришнинг макон-замон доираси. Бошқарув блокларининг ишлаши сифатида макроалгоритм батафсил баён этилган, ахборот-статистик блокнинг айрим фрагментлари келтирилган.

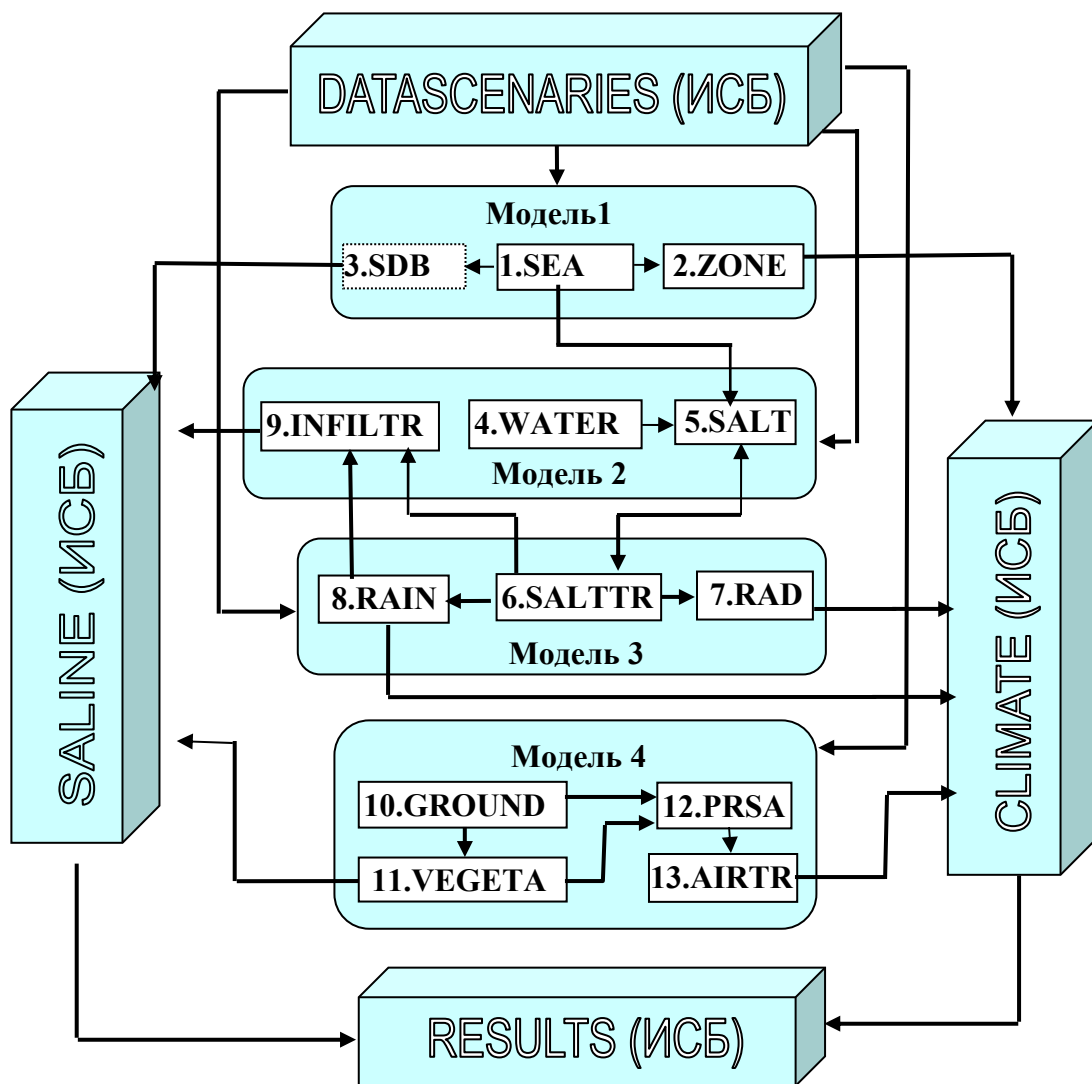
Тадқиқ қилинаётган жараёнларнинг ўзаро боғлиқлиги, уларни келтириб чиқарувчи экотизим трансформациялари 2.1-расмда келтирилган.

Концептуал даражада кўриб чиқилган жараёнлар тизими модел кўринишида қўйидаги ўзаро боғланган моделлар тизимига ўзгаради: Орол денгизининг иқлимга ва қирғоқ зонасига таъсири модели (модель 1); постақвал қуруқликда шўрхок майдонлар жадвалланиши, шунингдек суғориладиган зонадаги тупроқларнинг шўрланиши модели (модель 2); аэрозолнинг атмосферага кўтарилиши, тузли аэрозолнинг радиацион режимга ва ёғин-сочин пайдо бўлишига таъсири модели (модель 3); ўсимлик қатламининг иқлим ва тупроқ шўрланишига таъсири модели (модель 4).



2.1.-расм. Орол денгизи ва Оролбўйи геоэкотизимининг моделлаштирилаётган жараёнлари ва трансформацияларининг ўзаро боғлиқлиги схемаси

Ҳар бир модель ўз навбатида кичик моделлардан иборат (2.2-расм). Моделларнинг кўп функциялилиги уларни номлашни қийинлаштиради, шу боис бундан буён биз қисқа қилиб айтиш учун юқорида кўрсатилган рақамларни қўллаймиз, бундан ташқари, макромоделнинг тўлиқ номи ўрнига MIDACS (Macromodel of influence of drying Aral on climate and salinization) аббревиатурасидан фойдаланамиз.



2.2-расм. MIDACS тузилиши

Жанубий Оролбўйида иклим ўзгаришларини келтирилган модель бўйича баҳолаш кўйидаги параметрлар бўйича амалга оширилади: ҳаво ҳароратининг ўзгариши, ҳаво намлиги, ёғин-сочинлар миқдори, шунингдек, ёғин-сочинлар таркибидаги тузларнинг кўпайиши. Юқорида кўрсатилган омиллар келтириб чиқарган тупроқ шўрланишига сонли баҳо бериш тупроқ таркибидаги тузларнинг фоиз ва оғирлик кўрсаткичлари билан ифода қилинади.

Глобал ҳисоб-китоб доирасининг кўлами – 300x400 км (5 км қадам билан). MIDACSнинг ҳар бир кичик модели ўзининг ҳисоб-китоб доирасига эга, уларнинг ҳам вертикал, ҳам горизонтал қадамлари ўлчами у ёки бу кичик моделда кўрилатган жараёнларнинг макон масштабларига боғлиқ.

Моделлаштириш даври иерархик тузилишга эга, бундан кўзланган мақсад – нафақат жараёнларнинг кўп йиллик динамикасини, балки йиллик, шунингдек, имкон қадар мавсумлик, ойлик ёки ўн кунлик динамикани ҳам кузатишдан иборат.

Моделлаштиришнинг глобал даври, ёки 1-босқичдаги моделлаштириш даври ретроспектив (1966-2005йй.) ва перспектив (2030-йилгача) қисмларга ажратилган. Глобал моделлаштиришнинг ретроспектив қисми ўз навбатида

ўн йилликларга бўлинади – 2-босқичдаги моделлаштириш даври (1966-1975, 1976-1985, 1986-1995, 1996-2005йй.). Ва ниҳоят, 3-даражадаги моделлаштириш даври – кичик модел масштабига қараб мавсум, ой ёки декада. Тегишлича, MIDACS бўйича ҳисоблашларнинг бутун ҳажми 1, 2 ва 3-босқичларга ажратилади.

Диссертациянинг «Орол денгизи ва унинг иқлимга таъсири динамикасини математик модели» деб номланган учинчи бобида температура ва ҳавонинг нисбатан намлиги динамикасининг Орол денгизининг қуриш жараёни динамикасига боғлиқлиги акс эттирилган.

Орол денгизининг сув-туз режими динамикасини, қуриб қолган денгиз тубидаги тузлар миқдорини, иқлим ўзгаришига таъсир зоналарини ҳисоблаш учун тегишлича учта кичик моделдан иборат математик модел (модел 1) ишлаб чиқилди.

Балансли-рақамли SEA кичик модели денгизнинг сув-туз режими динамикасини баён қилади. Сув баланси қўйидаги тенглама билан ҳисобланади:

$$\frac{dW}{dt} = D_r + D_d + D_{hl} + S(W) * F_{se} (A/W) - L(W) * F_{sme} . \quad (3.1)$$

Бунда  $W$  – денгиздаги сувнинг умумий миқдори, км<sup>3</sup>;  $D_r$  – дарё оқими (дельтанинг шимолий қисмидаги кўлларга тушадиган сувлар), км<sup>3</sup>/йил;  $D_d$  – коллектор-дренаж оқими, км<sup>3</sup>/йил;  $D_{hl}$  – Устюрт текислигидаги сув горизонтларива куз-қиш мавсумидаги ёғин-сочинлар, км<sup>3</sup>/йил;  $S(W)$  – сув сатҳи майдони, сув ҳавзаси умумий кўламининг эмпирик функцияси ҳисобланади, км<sup>2</sup>;  $F_{se}$  – буғланиш натижасидаги йўқотишлар;  $L(W)$  – сувда эрийдиган тузлар захиралари жадвалланадиган қия қирғоқлик узунлиги;  $F_{sme}$  – қирғоқлик бўйлаб фильтрацион йўқотишлар, км<sup>3</sup>/йил.

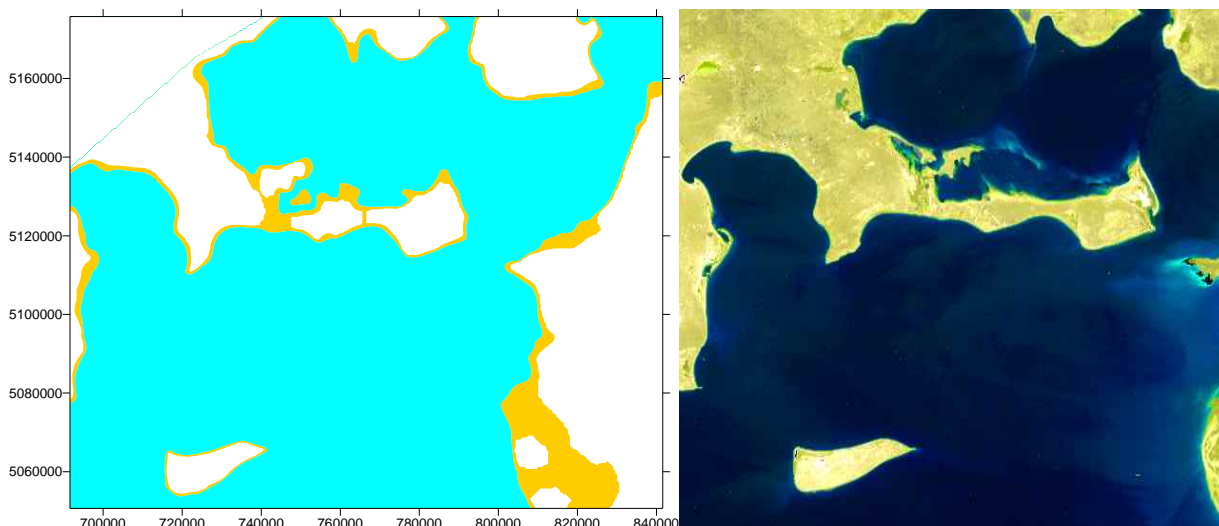
Туз балансини ҳисоблаш учун қўйидаги тенглама қўлланилади:

$$\frac{dA}{dt} = C_r \times D_r + C_d \times D_d - L(W) \times \frac{A}{W} \times F_{sme} + S(W) \times C_{eol} , \quad (3.2)$$

бунда  $A$  – Орол денгизидаги минерал тузларнинг умумий миқдори;  $C_r$  – дарё сувидаги тузлар миқдори;  $C_d$  – коллектор-дренаж оқимларидаги тузлар миқдори;  $C_{eol}$  – денгиз бўйидаги шўрхок майдонлардан тузларнинг шамол билан қўтарилиш интенсивлиги.

SEA кичик моделидан фойдаланиш орқали олинган Орол денгизининг ҳисобланган акваториясини дистанцион зондлаш маълумотларига қиёслаш орқали модел сифатининг яхши эканлигини кўриш мумкин (3.1-расм).

SEA кичик моделининг чиқиш маълумотлари – сув тузлилиги ва ҳажми, акватория майдони – SDB ва ZONE кичик моделлари учун кириш маълумотлари сифатида фойдаланилади.



3.1-расм. Денгизнинг ҳисобланган контурларини КФС билан қиёслаш.

SDB кичик модели постаквал қуруқликда қолган тузлар ( $S_d$ ) миқдорини ҳисоблаш учун оддий формула ҳисобланади:

$$S_d = 0,5C_d h_d \operatorname{ctg} \alpha_i \cos \alpha_i,$$

бунда  $h_d$ – денгиз сатҳининг ҳисобланаётган даврда пасайиши,  $\alpha_i$ – денгизнинг қуриб қолган қисми қиялиги,  $C_d$ – Орол денгизи тузлилиги.

3.1-жадвалда SDB кичик модели бўйича ҳисоб-китоблар натижалари келтирилган.

3.1-жадвал.

Постаквал қуруқликда қолган тузлар миқдори

| Ўн йилликлар              | 1966-1975 | 1976-1985 | 1986-1995 | 1996-2005 |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Тузлар миқдори (т/га/йил) | 12        | 65        | 74        | 148       |

Орол денгизининг таъсир зоналарини белгилашга хизмат қиладиган ZONE сонли кичик моделида ҳаво оқимининг ҳаракати, ҳарорати ва намлик ўзгариши ёпишқоқ суюқлик гидротермодинамикасининг стационар ва соддалаштирилган тенгламалари тизими билан баён қилинади.

3.2-жадвалда июль ойи учун денгизнинг таъсир зоналарининг кўп йиллик динамикаси акс эттирилган, бунда  $Z_{V_t}$ – Орол денгизининг ҳаво ҳароратига таъсирини,  $Z_{V_w}$ эса – намликка таъсир зонасини англатади.

3.2-жадвал.

Ўн йилликлар бўйича июль ойида Орол денгизининг таъсир зоналари динамикаси

| Ўн йилликлар              | 1966-1975 | 1976-1985 | 1986-1995 | 1996-2005 |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $Z_{V_w}$ баландлиги (км) | 3         | 2,8       | 2,4       | 2         |
| $Z_{V_w}$ узунлиги (км)   | 300       | 250       | 150       | 80        |
| $Z_{V_t}$ баландлиги (км) | 3,5       | 3         | 2,5       | 2         |
| $Z_{V_t}$ узунлиги (км)   | 350       | 280       | 190       | 100       |



«Тупроқ шўрланишининг математик модели» деб номланган тўртинчи бобда модел 2 баён қилинган, унинг ёрдамида Орол денгизининг қуриб қолган тубида туз тўпланиши жараёнлари (SALT ва WATER кичик моделлари), шунингдек, туз кўтарилиши оқибатида Жанубий Оролбўйининг бошқа ҳудудларидаги тупроқ шўрланиши (INFILTR кичик модель) тадқиқ этилади.

WATER кичик модели тупроқда намлик кўчиши тенгламасидан иборат:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K^*(W) \frac{\partial H}{\partial z} \right]; \quad (4.1)$$

$H$ –гидравлик потенциал, см;  $W$ – ҳажмли намлик;  $K^*(W)$  –тупроқнинг гидравлик ўтказувчанлиги, см/сут;

Намлик кўчиши тенгламаси учун намликни  $W(z,0) = W_0(z)$ , ва шартларни дастлабки тақсимлаш вазифаси назарда тутилган

$$z = 0, \quad -K^*(W) \frac{\partial H}{\partial z} = Q_1^*(t); \quad (4.2)$$

$$z = L, \quad -K^*(W) \frac{\partial H}{\partial z} = 0, \quad (4.3)$$

бунда  $Q_1^* = O_c - E_{cm}$  – устки қатлам орқали намлик оқими (см/сут),  $O_c, E_{cm}$  – мос ҳолда ёғин-сочинлар ва суммар буғланиш интенсивлиги; бунда SALT кичик моделида тупроқдаги туз эритмасининг капилляр оқими жараёни моделлаштирилади:

$$\frac{\partial(WC^*)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( D^* \frac{\partial C^*}{\partial z} \right) - \frac{\partial(VC^*)}{\partial z} + f(z,t); \quad V = -K^*(W) \frac{\partial H}{\partial z}; \quad (4.4)$$

$V$  – намлик кўчиши тезлиги;  $C^*$  – ковакча эритмасида тузлар концентрацияси;  $D^* = W(10^{-4} + \lambda_c^*|V|)$ –тупроқдаги туз эритмасининг диффузлиги;  $\lambda_c^*$  – гидродисперсиянинг келтирилган параметри;  $f(z,t)$ –туз манбаларининг функцияси.

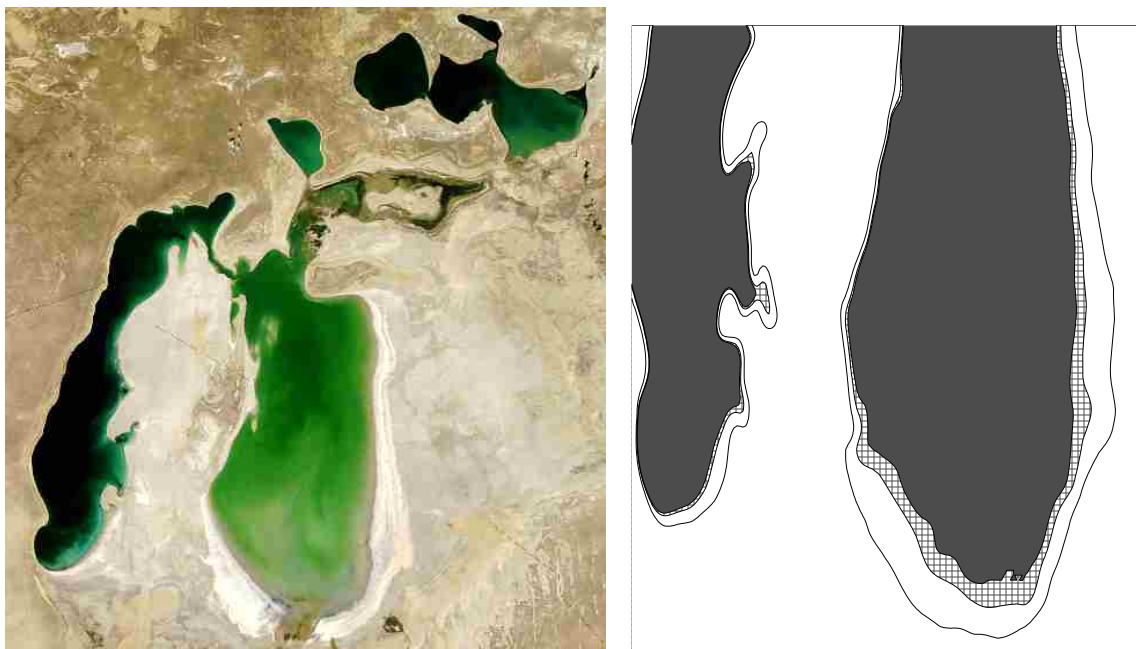
(4.4) тенгламаси учун қўйидаги бошланғич ва чегара шартлар қўйилади:

$$C^*(z,0) = C_0(z), \quad (4.5)$$

$$z = 0, \quad D^* \frac{\partial C^*}{\partial z} = VC^*, \quad (4.6)$$

$$z = L, \quad \frac{\partial C^*}{\partial z} = 0; \quad (4.7)$$

Моделни масофавий зондлаш маълумотлари билан верификация қилиш унинг адекват ва постаквал қуруқликда шўрхок майдонлар жадвалланиши бўйича ҳисоб-китобларнинг анча аниқ эканлигини кўрсатди (4.1-расм)



**4.1-расм.** Шўрхоқлар ва мирабилит-галит конденсацияси (қафас) ҳамда юмшоқ шўрхоқларнинг (ташки контур) КФС га нисбатан ўша сана учун (20 апрель 2005 й) ҳисоб-китоб зоналари

INFILTR кичик модели Жанубий Оролбўйи тупроқларининг ёгингарчилик билан ёки суғориш пайтида сульфатли аэрозол инфильтрацияси оқибатида шўрланишини ҳисоблаш учун қўлланилади ва у вертикал инфильтрация тенгламасидан иборат:

$$\frac{\partial \tilde{W}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( \tilde{D} \frac{\partial \tilde{W}}{\partial z} + \tilde{K}_w \frac{\partial \tilde{\Psi}}{\partial z} \right) \quad (4.8)$$

дастлабки шарт  $-\tilde{W}(z,0) = \tilde{W}_0(z)$ . Юқори чегарада намлик тўпланиши шarti  $-\tilde{W}(0,t) = \tilde{W}_s$ , қўйи чегарада эса – ярим чексиз муҳит шarti қўйилади. Бунда  $\Psi$  – гидравлик потенциал;  $\tilde{W}$  – ҳажмли намлик;  $\tilde{K}_w$  – тупроқнинг гидравлик ўтказувчанлиги, см/сут;  $\tilde{D}$  – тупроқдаги туз эритмасининг диффузлиги.

INFILTR кичик модели бўйича апрель ойи учун ҳисоб-китоблар натижалари 4.1-жадвалда келтирилган (мазкур декада учун ёгин-сочин миқдори 1996-2005 йй. учун ўртача килиб келтирилган).

**4.1-жадвал.**

**Тузли аэрозоль инфильтрациясида тупроқ шўрланиши**

|          | Ёгин-сочин миқдори (мм) | Ёгин-сочинлар минерализацияси (мг/л) | Курук ҳолда тушган (кг/га) | Тупроқ шўрланишининг кўтарилиши (%) |
|----------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Чимбой   | 6                       | 197                                  | 87                         | 0,692                               |
| Қўнғирот | 4,5                     | 150                                  | 70                         | 0,511                               |
| Нукус    | 4,3                     | 187                                  | 60                         | 0,419                               |

Диссертациянинг «Туз кўтарилиши ва унинг тупроқ-иқлим шароитларига таъсирини моделлаштириш» деб номланган бешинчи бобида муаллиф томонидан яратилган модел 3 ёрдамида Орол денгизининг қуриб қолган қисмидан туз кўтарилиши ва унинг метеорологик жараёнларига ва тупроқ шўрланишига таъсири тадқиқ қилинган.

SALTTR кичик модели горизонтал бир хиллик шартида  $z > 0$  ярим кенглиги учун тузилган турбулент диффузиянинг стационар полуэмпирик тенгламаси ҳисобланади<sup>7</sup>.

Атмосферанинг оптик қалинлиги ўсиши натижасида тузли аэрозолнинг температура режимига таъсири (1-чи эффект)<sup>8,9</sup>ишларда тавсия қилинган моделлар модификацияси ҳисобланган RAD қисм моделида тадқиқ қилинган.

$$\Delta \Phi = I_0 \eta V^* \Delta \tau \quad (5.1)$$

бу ерда  $\eta$  – трансформация коэффициенти бўлиб, концентрацияни ўсиши натижасида юзага келган йиғилган радиация ўзгариши  $\Delta P$  нинг, горизонтал юзага тиккалай тушувчи радиация ўзгариши  $\Delta I$  га нисбатига тенг,  $\Phi$  – бет яқинидаги ёруғланганлик,  $\Delta \tau = (\nu C)^{0,27}$  – атмосферага аэрозол тушуши таъсирида атмосферанинг оптик қалинлигининг ўзгариши,  $C$  – вертикал устунда мавжуд аэрозолнинг массаси,  $\nu$  – аэрозолнинг хусусиятларидан боғлиқ бўлган пропорционаллик коэффициенти,  $V^* = V \sec i$ .  $\eta$  ва  $V(\tau_0, i)$  функция қийматлари жадвал жадвалида келтирилган<sup>8</sup>.

Булутлар альбедосининг ортиши орқали радиация оқими ўзгаришидаги тузли аэрозолнинг роли қуйидаги тенглама ёрдамида баҳоланади<sup>9</sup>:

$$\frac{1}{T_s} \frac{\partial T_s}{\partial A_c} = \frac{-0,1nF_0}{16(1-0,1n)T_s^4} \quad (5.2)$$

бу ерда  $T_s$  – юзанинг температураси,  $A_c$  – булутлар альбедоси,  $F_0$  – қуёш радиацияси,  $n$  – балларда ифодаланган булутланганлик.

«аэрозоль- булутлар альбедоси» боғланиши механизмини тақалувчи аэрозол бўлакчаларининг конденсацион ўсишида тарқалиш кесимини катталаниши сифатида изохлаш мумкин. Бу эффектни кўп сондаги тадқиқотлар боғланишининг жадвали логарифмлик эканини кўрсатади:

$$A_c = a_1(\lg C + a_2 \lg s), \quad (5.3)$$

Бу ерда  $C$  – аэрозол концентрацияси,  $s$  – аэрозолнинг бўлакчадаги конденсациясини ўсиши учун етарли бўлган тўйинганлик.

Булутлар миқдори  $n$  (бир бирликда) қуйидаги муносабат ёрдамида аниқланади<sup>9</sup>

$$n = af - b,$$

бу ерда  $f$  – нисбий намлик,  $a$  ва  $b$  – юқори ярусдаги булут учун мос равишда 1,73 ва 0,43 қийматларни, ўрта ярусдаги булутлар учун 2 ва 0,7 қийматларни

<sup>7</sup> Глеумуратова Б.С. Математическое моделирование переноса аэрозоля в нижних слоях атмосферы: Дисс... канд. физ.-мат. наук. – Ташкент, 2004. – 138с.

<sup>8</sup> Шифрин К.С., Кокорин А.М., Ламден К.С. и др. Влияние аэрозольного слоя на суммарную радиацию // Метеорология и гидрология. – 1983. – №4. – С.61–66.

<sup>9</sup> Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 296с.

ва куйи ярусдаги булутлар учун 3,33 ва 2,0 қийматларни қабул қилувчи доимий.

RAIN қисм моделида Орол денгизи постаквал куруклигидан кўтарилган тузли аэрозолнинг ёғин-сочин пайдо бўлиши (гетероген конденсация) жараёнларига таъсири ҳисоблаб чиқилган<sup>10</sup>.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial T}{\partial z} + \frac{L}{c_p} m, \\ \frac{\partial Q}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial Q}{\partial z} - m, \\ \frac{\partial N_k}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial N_k}{\partial z} - \frac{\partial \Pi_{\Delta}}{\partial z} + m. \end{aligned} \right\} \quad (5.4)$$

$$t=0: T=T_0(z), \quad Q=Q_0(z), \quad N_k=N_0(z);$$

$$z=h_k: T=T_h(t), \quad Q=Q_h(t), \quad N_k=N_h(t);$$

$$z=H_o: T=T_H(t), \quad Q=Q_H(t), \quad N_k=N_H(t),$$

бу ерда  $K_z$  – турбулентли диффузия коэффицент;  $Q$  – ҳавонинг солиштирмали намлиги;  $T$  – ҳаво температураси;  $N_k$  – томчининг оғирлик концентрацияси;  $\Pi_{\Delta}$  – томчи-сууюклик намликнинг гравитацион оқими;  $m$  – сув буғининг конденсация тезлиги;  $h_k$  – конденсация даражаси;  $H_o$  – булутнинг юқори чегараси;  $L$  – конденсациянинг солиштирмали иссиқлиги;  $c_p$  – ҳавонинг солиштирмали иссиқлик ҳажми.

(5.4) тенгламани сонли ечиш учун тоза аниқ эмас консервативли айирмали схема<sup>11</sup> фойдаланилади.

Етарлича гравитация тезлигини олган барча томчилар ер юзасига тушиши шартида, тушган намлик миқдорини қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$R(x, y) = \frac{\pi}{3} \int_{h_k}^{H_i} N(x, y, z) \rho_w r^3 dz \quad (5.5)$$

Ёмғирнинг минераллашиши фақатгина нуклеация жараёнида қатнашувчи тузли аэрозол бўлакчалари сонидан эмас, балки атмосферадаги ёмғирда ювилиб тушувчи бўлакчалар сонига ҳам боғлиқ. У ҳолда, ҳисоблаш областидаги  $(x, y)$  нуктадаги ёмғирнинг минераллашишини ( $\Gamma/\text{дм}^3$ ) ҳисоблаш учун қуйидаги формулани ёзиш мумкин:

$$M(x, y) = \frac{1}{R(x, y)} \left[ \int_{h_k}^{H_o} \bar{C} dz + k_m \int_0^{h_k} C(x, y, z) dz \right], \quad (5.6)$$

<sup>10</sup> Twomey S.A. Cloud nucleation in the atmosphere and the influence of nucleus concentration levels in atmospheric physics//J.Phys.Chem. – 1980.–vol.84.–pp.1459–1463.

<sup>11</sup> Калиткин Н.Н. Численные методы. – М.: Наука, 1978. –512с.

бу ерда  $\bar{C}$  – булутдаги конденсация ядроларининг санокли концентрацияси,  $k_m$  – атмосферадаги тузли аэрозол бўлакчаларининг ёмғирда ювилиш коэффициентлари.

RAIN ва RAD кичик моделлари бўйича ретроспектив давр учун олинган ва умумлаштирилган натижалар 5.1-жадвалда келтирилган.

5.1-жадвал

Тузли аэрозоль, йиллик ёғин-сочин миқдори (мм)  
ва ҳаво температурасининг макон-давр динамикаси

|          | 1966-1975 |            |            | 1976-1985 |            |            | 1986-1995 |            |            | 1996-2005 |            |            |
|----------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
|          | C         | $\Delta t$ | $\Delta R$ | C         | $\Delta t$ | $\Delta R$ | C         | $\Delta t$ | $\Delta R$ | C         | $\Delta t$ | $\Delta R$ |
| <b>М</b> | 1,2       | 0          | 0          | 3         | -0,3       | 0          | 9         | -0,8       | 3,5        | 16        | -1,5       | 5          |
| <b>Қ</b> | 1,8       | -0,2       | 2          | 4,6       | -0,5       | 2          | 13,8      | -1,6       | 6          | 24        | -2         | 8          |
| <b>Ч</b> | 6         | -0,3       | 4          | 15        | -1,3       | 4          | 46        | -2,6       | 11         | 80        | -2,8       | 14         |
| <b>Н</b> | 5         | -0,2       | 3          | 12        | -1         | 3          | 37        | -1,5       | 8          | 64        | -2         | 12         |
| <b>Т</b> | 0,6       | 0          | 0          | 1,5       | -0,1       | 0          | 5         | -0,3       | 2          | 8         | -0,4       | 3          |

Жадвалдаги белгилар: C – тузли аэрозоль концентрацияси,  $\Delta t$  и  $\Delta R$  – тегишлича ҳаво температураси ва йиллик ёғин-сочин миқдорининг ўзгариши; М – Мўйнок, Қ – Қўнғирот, Ч – Чимбой, Н – Нукус, Т – Турткул.

5.1-жадвалдан шундай хулоса чиқариш мумкин: Жанубий Оролбўйида тузли аэрозолнинг ҳарорат режимига ( $\Delta t$ ) таъсири ҳамма жойда кўпайиб бормоқда. Таъсир максимуми Чимбойга тўғри келади, бу тузли аэрозолнинг атмосферада тарқалиши қонуниятларига мос келади.

Олтинчи боб «**Ўсимлик қатламининг иқлимга ва шўрланиш жараёнларига таъсири модели**» деб номланган ва унда Оролбўйидаги ўсимликлар трансформациясининг динамикаси баён қилинган, модель ва ҳисоб-китоблар натижалари келтирилган.

Тўрт қатламли математик модель ишлаб чиқилган ва у тупроқ-ўсимликлар-атмосфера тизимида иссиқлик ва намлик алмашиши жараёнларини акс эттиради (модель 4). Модель қатламларга мос тўртта кичик моделларни ўз ичига олган – VEGETA, AIRTR, PRSA ва GROUND.

Атмосферанинг ер усти қатламида иссиқлик ва намлик оқимларини баён қилиш учун (PRSA кичик модели) Монин-Обухов<sup>12</sup> модели қўлланилади.

AIRTR кичик модели атмосферанинг ер усти қатламининг юқори чегарасидан (h) Н баландлигига (2000 м) бўлган иккинчи қатламга тўғри келади. Ушбу қатлам учун «оддий» (z бўйича бир ўлчамли) тенгламалар қўлланилади, бунда потенциал ҳарорат ва намлик ўзгариши фақат вертикал турбулент алмашиш билан аниқланади деб фарз қилинади.

Тупроқ ва атмосфера билан ўсимлик қатлами ўртасида иссиқлик ва намлик алмашиши жараёнларини акс эттирувчи VEGETA<sup>13</sup> кичик моделининг асосий ўзаро боғланишлари ўсимлик қатламининг юқори ва пастки чегараларидаги ички энергобаланс алоқалари ҳисобланади. Ўсимликлар

<sup>12</sup> Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. В 2-х т. – М.: Наука, 1965.– Т.2.– 640с.

<sup>13</sup> Тлеумуратова Б.С., Бахиев А.Б. Влияние деградации растительности в Приаралье на локальные климатические характеристики//Проблемы освоения пустынь. – 2008. – №2. – С.35–39.

қатламининг иссиқлик ва намлик оқимларининг ўзгариш даражаси проектив коплама  $0 \leq \delta_f \leq 1$  ёрдамида аниқланади.

Тупроқ усти иссиқлик баланси тенгламаси:

$$G + R_n - H_{sg} - L_v e_s = 0 \quad (6.1)$$

жадвалда ёзилади, бу ерда  $R_n$  – ер бетига етиб келувчи радиацион оқим энергиялари (қисқа тўлқинли ва узун тўлқинли) йиғиндиси;  $H_{sg}$  – энтальпия;  $e_s$  – тупроқ бетидан буғланганлик.  $L_v$  – буғланганликнинг яширин иссиқлиги;  $G$  – тупроқдаги иссиқлик оқими.

Радиацион баланс тенгламасида, ўсимликларнинг ички қатламида иссиқликнинг йиғилиши рўй бермайди деб фараз қилинади:

$$\begin{aligned} I_{Sh}^{\nabla} + I_{Lh}^{\nabla} - I_{Sh}^{\Delta} - I_{Lh}^{\Delta} - (I_{Sg}^{\nabla} + I_{Lg}^{\nabla} - I_{Sg}^{\Delta} - I_{Lg}^{\Delta}) = \\ = H_{Sh} - H_{Sg} + L_v (e_v - e_s) \end{aligned} \quad (6.2)$$

(6.2) да  $I_s$  – қисқа тўлқинли радиация оқими,  $I_L$  – узун тўлқинли радиация,  $H_s$  – сезилувчи иссиқлик,  $e_v$  – ўсимликлар транспирацияси,  $e_s$  – тупроқ бетидаги буғланиш. «h» индекс юқори чегарадан оқим йўналишини кўрсатади, «g» индекс – қуйи чегарадан; тенгламанинг чап томонидаги юқори индекслар «Δ», «∇» оқим йўналишини кўрсатади.

Ўсимликлар қатламининг юқори чегарасидан атмосферага иссиқлик оқими тупроқдан ва ўсимликлардан чиқувчи иссиқ оқимлар йиғиндисини билдиради:

$$H_{Sh} = \rho_a c_p c_{Hg} U_{af} (T_g - T_{af}) + 1,1 N_f \rho_a c_f U_{af} c_p (T_f - T_{af}), \quad (6.3)$$

бу ерда  $\rho_a$  – ҳаво зичлиги,  $c_p$  – солиштирмали иссиқлик ҳажми,  $N_f = 7\delta_f$  – барг индекси,  $c_p$  – баргларнинг атроф муҳит билан иссиқлик алмашиниш коэффициентини,  $c_{Hg}$  – ўсимликлар қатлами билан ер орасидаги иссиқлик алмашиниш коэффициентини,  $T_g$  – тупроқ ҳарорати ва  $T_{af}$  – ўсимликлар қатламидаги ҳаво ҳарорати.

GROUND кичик модели тупроқ қатламида иссиқлик ва намликнинг тасқимланишини ҳисоблашга хизмат қилади. Тупроқдаги намликнинг вертикал кўчишини ҳисоблаш учун квазилинияли параболик тенглама қўлланилади.

Орол бўйидаги кўпчилик ландшафтлар турли проектив қатламларга эга 12 та турларга ажратилган. Глобал ҳисоб-китоб майдонининг ҳар бир ячейкасида ушбу ландшафтларнинг бир тури жойлашган деб фараз қилинади. 6.1-жадвалда ҳарорат ва нисбатан намликнинг ўзгаришини ҳисоблаш натижалари декада учун ўрталаштирилиб келтирилган  $\Delta t = t_o - t_p$  ва  $\Delta q = q_p - q_o$  ( $p$  индекси – ўсимликлар мавжудлиги,  $o$  индекси – уларнинг йўқлиги).

## Ўсимликларнинг иқлимга таъсири (июнь ойининг 3-декадаси)

| №Л*                        | 1 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|----------------------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\Delta t, ^\circ\text{C}$ | 0 | 0 | 0,05 | 0,19 | 3,59 | 0,10 | 0,30 | 2,49 | 0,91 | 5,21 | 0,48 | 0,13 |
| $\Delta q, \%$             | 0 | 0 | 0,01 | 0,03 | 0,13 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,07 | 0,15 | 0,06 | 0,02 |
| $h_t, \text{м}$            | 0 | 0 | 100  | 300  | 1700 | 200  | 400  | 1400 | 1100 | 2000 | 800  | 200  |
| $h_q, \text{м}$            | 0 | 0 | 50   | 200  | 1400 | 100  | 300  | 1100 | 800  | 1700 | 500  | 100  |

№Л\* – ландшафт турининг рақами.

Ўсимлик қопламасининг (ЎК) тупроқни тузланиш жараёнига таъсирини сонли баҳолаш учун қуйидаги формулани келтириб чиқардик:

$$\Delta S_v = -\delta_f (E_a(x, y) + E_s + E_p), \quad (6.4)$$

бу ерда  $E_a(x, y)$  – тузли аэрозолнинг тупроқни тузланишига қўшган ҳиссаси,  $E_p$  – ўсимликлар томонидан ўзлаштириладиган туз миқдори,  $E_s$  – минераллашган ер ости сувлар билан капилляр куч ёрдамида ер юзасига чиққан туз миқдори. Ҳисоблаш натижалари (6.4) ёрдамида  $E_p = 40 \text{ г/м}^2$ ,  $E_a(x, y) = 347 \text{ г/м}^2$ ,  $E_s = 2640 \text{ г/м}^2$  лар учун амалга оширилган бўлиб, 6.2 жадвалда келтирилган.

6.2 жадвал

## Тупроқнинг ўсимликлар таъсирида тузланиши

| $\delta_f$                          | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\Delta S_v$<br>(г/м <sup>2</sup> ) | 302,7 | 605,4 | 908,1 | 1210 | 1510 | 1816 | 2118 | 2421 | 2724 | 3027 |

Сонли эксперимент натижаларидан ўсимликлар қопламаси Жанубий Оролбўйи тупроқ-иқлим шароитига таъсири анча жиддий деган хулосага келиш мумкин.

Диссертациянинг «MIDACSни тизимли амалга ошириш натижалари» деб номланган еттинчи бобида макромоделни тизимли, яъни кўрилатган МЭМЖнинг барча ўзаро алоқаларини ҳисобга олган ҳолда амалга ошириш натижалари келтирилган, МЭМЖнинг аналитик модели берилган ва кўрилатган омилларнинг Жанубий Оролбўйидаги тупроқ-иқлим шароитларига 2030-йилгача бўлган даврда таъсирининг прогноз кўрсаткичлари акс эттирилган.

3-6-бобларда тадқиқ қилинаётган МЭМЖ факторларидан ҳар бирининг сингуляр таъсири динамикаси ва механизми кўриб чиқилди. Мазкур бобда муаммони умумий ҳал қилиш синтези амалга оширилган: факторларнинг иқлимга ва тупроқ шўрланишига тизимли таъсири ва уларнинг тизимли динамикаси тадқиқ қилинади.

МЭМЖ жараёнларини сингуляр тадқиқот натижаларини корреляцион ва регрессион таҳлили энг аҳамиятли ўзаро боғланишларни аниқлаш ва ажратиш, уларни сонли баҳолаш, аналитик ифодалаш имкониятини берди. Бизнинг фикримизча МЭМЖ даги энг қийматли боғланиш факторлар орасидаги тизимли динамикани ҳам, тизимли ўзаро таъсирни ҳам аниқловчи

такрорланувчи рекурсив боғланиш. Умуман олганда тадқиқ қилинаётган МЭМЖ факторларининг тизимли динамикаси моделлаштиришнинг биринчи ва иккинчи ўн йилликларда таққосламали секин тенг ўлчамли ўзгаришлар билан моделлаштиришнинг учинчи ва тўртинчи ўн йилликларда эса тезланишли трансформация билан характерланади. Тизим факторлари компоненталарининг трансформацияси асосан экспоненциаль қонуният билан амалга ошди. Ретроспектив давр учун Оролнинг сув-туз режими динамикасини моделлаштириш монотонликни йўқотади ва умуман тадқиқ қилинмаган бўлади. Орол денгизининг кун чиқиш қисмини 2009 йилдаги қуриб қолиш намунаси регуляр бўлмаган даврлар бўйича қайталанеди. Котлованларни қуришидан сўнг қисман сув босиши сув ҳавзасини чучуклашувига олиб келади, демак ПС да туз йиғилиш режимини ва сўнг сабаб - натижа занжирида ўзгаришларга олиб келади. Орол денгизи шарқий қисми тўғрисида 2006-2017 йиллар учун кузатиш натижаларининг йўқлиги сабабли (модел 1 ва 2 учун кирувчи маълумотлар) бизлар бу давр учун ва 2030 йилга прогноз яшаш учун қуйидагилар таклиф этилди:

- Акватория юзаси чизикли ўзгариб 2005 йилдан 2030 йилгача нолга тушган;
- Тузланганлик ҳам 2005 йилдан 2030 йилгача 10 г/л гача чизикли ўзгаради;

Тупрокнинг тузланганлигига экологик трансформациянинг тизимли таъсирини тузланиш механизмлари ҳар хил бўлганликдан постакваль қуриқлик (ПҚ) ва Кубла Оролбўйи учун алоҳида тадқиқ қилинди.

ПҚ ни тузланиши – Орол денгизининг қуриши, тузларнинг тарқалиши ва ўсимликлар қопламаси яъни барча факторлар тизими, Жанубий Оролбўйининг тузланишига эса тузларнинг тарқалиши ва ўсимликлар қопламасининг ўзаро таъсири бўлади.

Постаквал қуруқликда туз йиғилишининг мавсумли динамикасини батафсил текширилган қийматлари ва моделлаштиришнинг ретроспектив ўн йилликлар давридаги туз тарқалиши 7.1 жадвалда берилган.

7.1-жадвал

Туз йиғилиш динамикаси ва ўн йиллиулар бўйича солиштирмалли туз тарқалиши (т/га)

| Даврлар          | Йил ойлари     |                  |                  |                |                |                |                  |                 |                | Σйил                   |
|------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------|
|                  | III            | IV               | V                | VI             | VII            | VIII           | IX               | X               | XI             |                        |
| <b>1966-1975</b> | <u>18</u><br>8 | <u>24</u><br>16  | <u>16</u><br>9   | <u>8</u><br>6  | <u>5</u><br>6  | <u>4</u><br>5  | <u>8</u><br>9    | <u>16</u><br>12 | <u>6</u><br>1  | <u>106+12</u><br>72    |
| <b>1976-1985</b> | <u>30</u><br>7 | <u>46</u><br>15  | <u>32</u><br>10  | <u>15</u><br>6 | <u>9</u><br>5  | <u>9</u><br>4  | <u>15</u><br>8   | <u>28</u><br>13 | <u>12</u><br>1 | <u>195+65</u><br>70    |
| <b>1986-1995</b> | <u>40</u><br>8 | <u>68</u><br>16  | <u>48</u><br>9   | <u>20</u><br>6 | <u>14</u><br>6 | <u>14</u><br>6 | <u>22</u><br>9   | <u>48</u><br>13 | <u>16</u><br>1 | <u>290+74</u><br>74    |
| <b>1996-2005</b> | <u>80</u><br>6 | <u>112</u><br>14 | <u>70</u><br>9,2 | <u>37</u><br>4 | <u>22</u><br>6 | <u>21</u><br>6 | <u>38</u><br>4,1 | <u>60</u><br>10 | <u>38</u><br>1 | <u>479+148</u><br>60,3 |
| <b>ТТП</b>       | 8              | 16               | 10               | 7              | 6              | 6              | 9                | 13              | 1              | 69                     |



7.1-жадвал юқорида жойлашган сон капиллярлик кўтарилиш ҳисобига тупроқнинг юқори бир метр қатламидаги туз захирасини, пастда жойлашган сон эса шамол олиб келган туз миқдорини билдиради. «Ўйил» устундаги иккинчи қўшилувчи денгизни чекиниши натижасида юқори горизонтда қолиб кетган туз миқдори. Жадвалнинг сўнгги қаторида – туз тарқалишининг ўртача кўп йиллик потенциали (ТТП).

Ўсимликлар қопламаси (ЎҚ) ва ПҚ дан туз тарқалишининг Кубла Оролбўйи тупроғини шўрланишига тизимли таъсири бу икки факторнинг қарама қарши белгили таъсири кучайиши билан характерланади (7.2-жадвал). Тупроқ тузланганлиги фазовий-даврий динамикасининг асосий қонуниятларидан бири жараённинг вақт бўйича ва зоналар бўйича кучайиши бўлади.

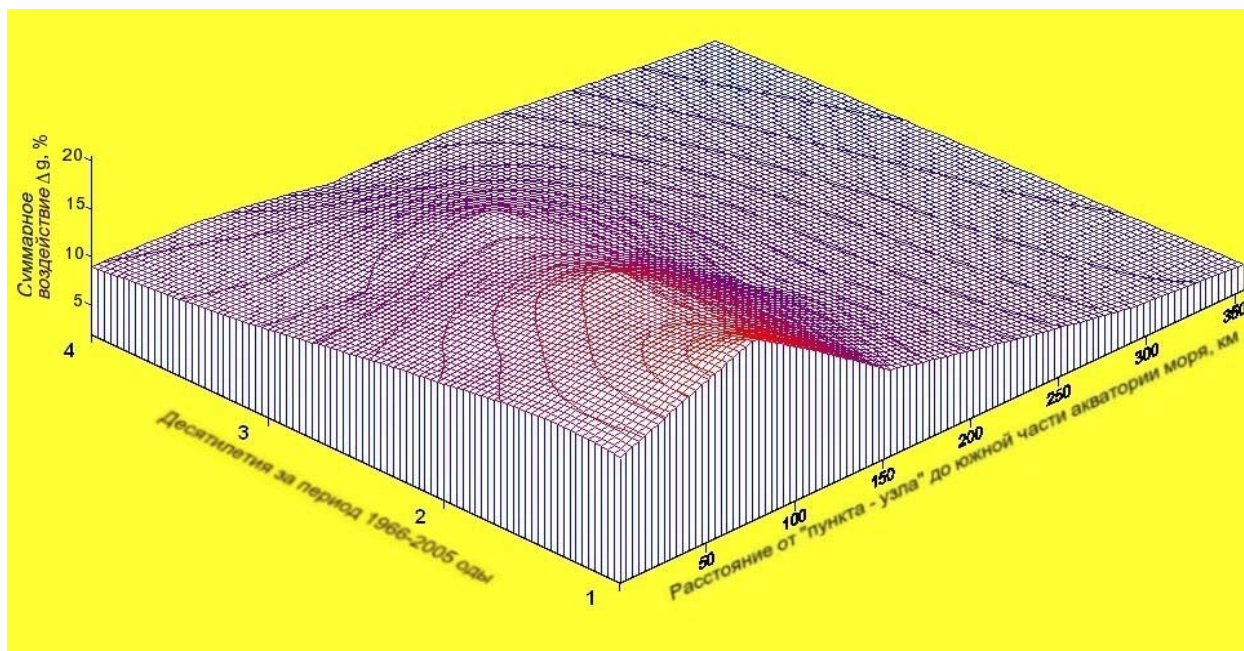
7.2-жадвал

Тузли аэрозол ва ЎҚ билан тупроқни тузланиш динамикаси

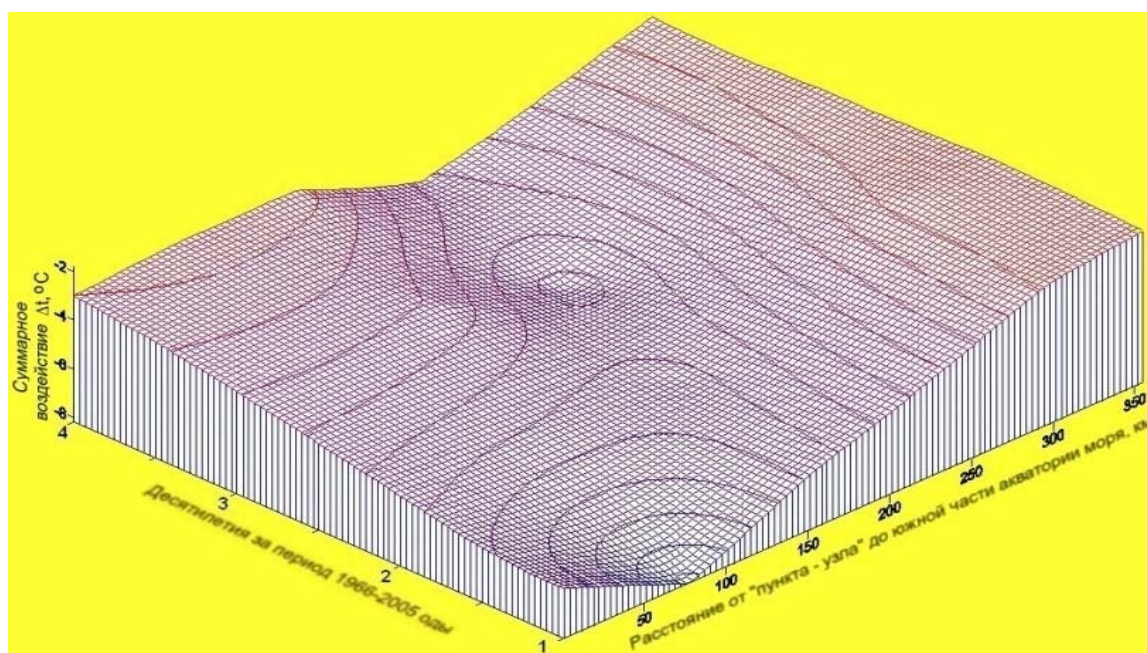
| Параметрлар  | Ўн йилликлар даври бўйича |           |           |           |
|--|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
|  | 1966-1975                 | 1976-1985 | 1986-1995 | 1996-2005 |
| Ёғингарчилик миқдори (мм/йил)  | 120                       | 122       | 139       | 144       |
| Ёингарчилик минерализацияси (мг/дм <sup>3</sup> )  | 43                        | 79        | 237       | 1072      |
| Ёингарчилик минерализацияси сабабли тупроқнинг тузланганлигини ўсиши (г/м <sup>3</sup> ) | 17,1                      | 32        | 109,7     | 514,6     |
| Қуриқ аэрозол тушиши (ҚАТ кг/га /год)  | 93                        | 498       | 1368      | 1931      |
| Қуриқ аэрозол тушиши натижасида тупроқнинг тузланишини ўсиши (г/м <sup>3</sup> )         | 31                        | 166       | 456       | 644       |
| <b>Тузли аэрозол таъсирида тупроқнинг тузланганлиги (% йилига)</b>                       | 0,012                     | 0,05      | 0,13      | 0,18      |
| ЎҚ тизими илдизлари ёрдамида тузларнинг сўрилиши (кг/га)                                 | -8                        | -26       | -45       | -68       |
| ЎҚ ни ҚАТдан кўриқлаш (кг/га /йил)   | -1,9                      | -32,4     | -154      | -252      |
| ЎҚ нинг тупроқдан туз буғланишига таъсири (кг/га)  | -100                      | -225      | -362      | -465      |
| <b>ЎҚ нинг тупроқ тузланишига таъсири (% йилига)</b>                                     | -0,006                    | -0,015    | -0,031    | -0,043    |
| <b>Тизимли таъсир (%/йил)</b>  | 0,006                     | 0,035     | 0,1       | 0,137     |

Экологик трансформациянинг ҳавонинг солиштирмали намлигига таъсири. 7.1-расмда Кўнғирот камишли ландшафтида тизимли факторларни солиштирмали намлигига максимал таъсири келтирилган бўлиб, 1- ва 2- ўн йилликларда денгизнинг етарли қўшимча таъсири сезилади, учинчи ўн йилликда эса қамишзорларни деградацияси ва денгизнинг қуриши максимал текисланади.

Барча факторлар тизими ҳаво температурасига таъсир этади. Факторларнинг қирғоқ районларида биринчи ўн йилликда максимал совуtuvчи таъсири денгизнинг мавжудлиги билан шартланган (7.2-расм).



7.1-расм. Солиштирмали намликга денгиз акваторияси ва ўсимликларнинг тизимли таъсири



7.2-расм. Ҳаво температурасига денгиз акваторияси, тузли аэрозол ва ўсимликларнинг тизимли таъсири

Учинчи ўн йилликда бу максимум кублага силжийди ва атмосферада тузли аэрозол миқдорининг кўпайиш областларига мос келади.

Шундай қилиб факторлар тизимида асосий форсинг постаквал курукликдаги тузларнинг совитувчи эффекти бўлади.

7.3-жадвалда МЭМЖ нинг 2030 йилга MIDACS ёрдамида бўйича прогноз натижалари келтирилган. Бу бўйича денгизнинг шарқ томони 2022 йилга келиб куриб битади.

## 2030 йилда факторларнинг иқлимий характеристикаларга ва Қубла Оролбўйи тупроғининг тузланганлигига таъсири

| Факторы-объекты   | $\Delta t^{\circ}_{январь}$ | $\Delta t^{\circ}_{июль}$ | $\Delta V_{июль}$ | $\Delta R$ | $\Delta MR$ | $\Delta S$ |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------|------------|-------------|------------|
| 1. Орол денгизи   | +0,005                      | -0,01                     | +0,028            |            |             |            |
| 2. Тузли аэрозоль | -0,12                       | -3,07                     |                   | +9,4       | +380        | +0,58      |
| 3. Ўсимликлар     |                             | -0,7                      | +2,6              |            |             | -0,17      |
| Тизимли таъсир    | -0,115                      | -3,78                     | +2,628            | +9,4       | +380        | 0,41       |

**Эслатма:**  $\Delta t^{\circ}_{январь}$  – ҳаво температурасининг январ ойидаги ўсими;  $\Delta t^{\circ}_{июль}$  – ҳаво температурасининг июл ойидаги ўсими;  $\Delta V$  – солиштирмали намликнинг июл ойидаги ўсими (%);  $\Delta R$  – йиллик ёмғир миқдорининг ўсими (мм);  $\Delta MR$  – ёмғир минерализациясининг ўсими (мг/дм<sup>3</sup>);  $\Delta S$  – тупроқ тузланганлигининг ўсими (%) .

1970-2000 йилларда экологик трансформациялар мажмуи Орол денгизи акваториясининг 36,4 минг.км<sup>2</sup> га қисқариб кетиши, ўсимлик қатламининг 8% га камайиши ва туз кўтарилишининг 25 млн.т/йил миқдорга кўпайишидан иборат. Ушбу ўзгаришлар иқлим ҳароратининг 1,1°Cга кўтарилишига, нисбий намликнинг 4,1%га камайишига, йиллик ёғин-сочинлар миқдорининг 9 мм га кўпайишига ва тупроқ шўрланишининг 0,05% га ортишига олиб келади.

Денгиз акваториясининг бундан буён қисқариши давом этса, денгизнинг иқлимга таъсири тугайди, яъни 2030-йилга бориб факторлар тизимида доминант фактор сифатида фақат туз кўтарилиши ва ўсимлик қатлами деградацияси қолади. 2030 йилда туз кўтарилиши миқдорининг йилига 69 млн. тоннага етиши ҳаво температурасининг 2000 йилга нисбатан 0,9°C га пасайишига олиб келади. 2030 йилда қуйи ярусда (1 км. гача) булутларнинг кўп бўлиши натижасида ёғингарчиликни 11,9 га ошиши кутилади, акс холда ёғингарчиликсиз булутли кунларнинг кўпайиши кутилади. Бу Орол денгизининг постаквал қуруқлигидан тузли аэрозолнинг тарқалиш ўзгачалиги билан тушунтирилади: 1 км баландликгача конденсациядаги санокли ядроларнинг тўпланиши критик қийматдан ошмайди, ундан юқорида эса санокли концентрацияли майдароқ бўлакчалар критик қийматдан ошиб кетади.

## ХУЛОСА

Докторлик диссертация **Хулоса қисмида** тадқиқотнинг асосий яқунлари, олинган натижалар бўйича хулосалар ва тавсиялар келтирилган. Диссертация тадқиқоти натижалари бўйича қўйидаги хулосалар чиқарилган:

1. Экотизим компонентларининг интерактивлиги ва уларнинг трансформациясининг ўзаро боғлиқлиги экологик тадқиқотларни тизимли олиб боришни, математик моделлаштириш бўйича эса экологик жараёнларни баёнлаш учун алоҳида турдаги моделлар тизимини тузишни тақоза этади.

2. Ретроспектив даврда (1966-2005 йй.) асосий фактор – Орол денгизининг қуриб кетиш трансформациясининг кўп йиллар давомида бир

хилда бўлиши унга боғлиқ факторлар бир хиллигини ва атроф-муҳитга алоҳида таъсири динамикасини келтириб чиқаради. Кўрилаётган факторларнинг тизимли динамикасида тупроқ-иқлим шароитларига таъсир асосий ўринда туради: Орол денгизининг ва ўсимлик қатламининг 1966-2005 йиллар давомида таъсири бир хилда камаймоқда, шамол билан тузларнинг кўтарилиши эса бир хилда кўпаймоқда. Шундай қилиб, Орол денгизининг қуриб кетиши сабаб - натижа алоқалари маъносида асосий фактор сифатида қолган ҳолда, XXI асрда Орол бўйидаги иқлим шароитларига ўз таъсирини йўқотади.

3.Факторлар тизимининг иқлимга ҳам, тупроқ шўрланишига ҳам таъсир динамикаси ночизиқли характерда бўлади. 90-йиллар бошларида ҳамма МЭМЖ жараёнларининг тезлашиши юз берди.

4.Тузли аэрозоль концентрацияси 400 мкг/м<sup>3</sup>бўлганда конденсация даражасида айрим ҳолларда ёғин-сочинлар микдорининг 1,6 мм гача кўпайишига олиб келади, бундан ҳам юқори концентрацияларда аэрозоль эффекти қарама-қарши томонга ўзгаради – ёғин-сочинлар бўлмади ва шундай қилиб, булутли кунлар сони кўпаяди.

5.Сонли экспериментлар кўрсатгани каби, ўсимликлар қатлами иқлимшунослар томонидан ҳам, табиатни қўриқлаш корхоналари томонидан ҳам катта эътиборни талаб қилади. Сабаби бу факторларни иссиқлик ва намлик алмашилиши созловчи, яна тупроқ шўрланишига ва иккиламчи шўрланишига қарши таъсирларини чуқур ўрганишни талаб этади.

6.Муаллиф томонидан ўрганилган Орол денгизининг қуриган тубидан атмосфера ҳавосида тузларнинг учиб ўтиши аэродинамикаси макромодели қуриган туби атрофида дарахтларнинг ўтқазилиши самарасиз эканлигини исботлади, чунки асосийтузларнинг майда дисперсли массаси бир неча километр баландликда шамол ёрдамида олиб ўтилиши ва ҳеч қандай қаршиликсиз яшил ҳимоя участкаларидан учиб ўта олади. Шунинг учун дарахтзорларнинг конфигурациясига қараб уларнинг аэродинамик хоссаларини чуқур тадқиқ қилиш зарур.

7.Орол фожиасидаги 2008-2009 йилларда содир бўлган ва П.О.Завьялов томонидан “фалокат” деб янгича ном олган Орол бўйидаги экологик жараёнлар динамикасидаги катта сифатий сакраш босқичи иқлимнинг глобал ўзгаришини эътиборга олган ҳолда ва корреляция таҳлили ҳамда стохастик моделлаштириш методлари мониторингини деталлаштиришдан фойдаланилган ҳолда кенг қамровли тадқиқотларни олиб боришни тақозо этади.

8.Оролбўйида тупроқларнинг шўрланишида Орол денгизининг қуриши ва бунинг оқибатида унинг минтақавий туз қабул қилувчилик ролининг йўқотилиши катта аҳамиятга эга. Мазкур ролни баҳолаш учун Амударё хавзасидаги ер ости ва ер усти сув оқимлари тизимларини сув сифати динамикасини эътиборга олган ҳолда кенг қамровли тадқиқотлар олиб бориш талаб этилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ  
DSc.27.06.2017.G.47.01. ПРИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**КАРАКАЛПАКСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК КАРАКАЛПАКСКОГО  
ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТЛЕУМУРАТОВА БИБИГУЛЬ САРЫБАЕВНА**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ  
ТРАНСФОРМАЦИЙ ЭКОСИСТЕМЫ ПРИАРАЛЬЯ  
НА ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ**

**11.00.04 – метеорология, климатология, агрометеорология**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА (DSc)  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК**

**Ташкент-2018**

**Тема докторской диссертации (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2017.1.DSc/FM47.**

Диссертация выполнена в Каракалпакском научно-исследовательском институте естественных наук Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.meteo.uz](http://www.meteo.uz)) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Научный консультант:**

**Арушанов Михаил Львович**  
доктор географических наук

**Официальные оппоненты:**

**Абдуллаев Аъло Каюмходжаевич**  
доктор географических наук

**Равшанов Нормаммад**  
доктор технических наук, профессор

**Утеулиев Ниетбай**  
доктор физико-математических наук,  
профессор

**Ведущая организация:**

Национальный университет Узбекистана

Защита диссертации состоится «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании Научного совета по присуждению ученых степеней DSc.27.06.2017.G.47.01 при Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (Адрес: 100052, г.Ташкент, ул. 1-й проезд Бодомзор йули, 72. Тел: (99871) 2358512, факс: (99871) 2371319, e-mail: [nigmi@albatros.uz](mailto:nigmi@albatros.uz)).

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Научно-технической библиотеке Научно-исследовательского гидрометеорологического института (зарегистрирован за № \_\_\_\_\_). Адрес: 100052, г. Ташкент, ул.1-й проезд Бодомзор йули, 72. Тел: (99871) 2358512, факс: (99871) 2371319.

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 года.  
(реестр протокола рассылки № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 года).

**В.Е. Чуб**

Председатель научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.г.н.

**Б.Э. Нишонов**

Ученый секретарь научного совета по  
присуждению ученых степеней, к.т.н.

**С.В.Мягков**

Председатель научного семинара при научном  
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н.

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В аридных регионах мира изменение климата становится причиной обострения проблем, связанных с окружающей средой и агроклиматическими ресурсами. Такие негативные последствия, как изменение регионального климата и усиление солепылепереноса в атмосфере привлекают особое внимание мирового сообщества, в том числе научных центров к Аральской катастрофе. В выступлении Президента Республики Узбекистан Ш.Мирзиёева на 72-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН особо подчеркнута межгосударственное значение решения Аральской проблемы: «Преодоление последствий высыхания моря требует сегодня активной консолидации международных усилий. Мы выступаем за реализацию в полном объеме принятой в этом году специальной Программы ООН по оказанию действенной помощи населению, пострадавшему от Аральского кризиса»<sup>1</sup>.

Приоритетное внимание в мире уделяется исследованию взаимосвязи климатических и экологических изменений, в том числе определению связей климата и экосистем, проведению перспективных междисциплинарных научных исследований для оценки влияния изменения климата и экологических трансформаций на природные ресурсы и сельскохозяйственное производство, а также моделированию, как наиболее эффективному инструменту изучения вышеуказанных процессов. Таким образом, математическому моделированию климатических и экологических изменений, оценке влияния солепылевыноса с осушенного дна крупных водоёмов на окружающую среду и экосистемы, определению роли метеоэлементов в загрязнении атмосферы, разработке мер по предупреждению и ослаблению последствий этих явлений придается большое значение.

В республике по смягчению последствий усыхания Аральского моря и улучшению экологических, социально-экономических условий региона Приаралья достигнуты определенные результаты. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годы поставлена задача принятия «системных мер по смягчению негативного воздействия глобального изменения климата и высыхания Аральского моря на развитие сельского хозяйства и жизнедеятельности человека»<sup>2</sup>. В этом направлении научные исследования, направленные на изучение чувствительности агроклиматических ресурсов к изменениям гидрорежима, сокращению площади растительного покрова и другим экологическим изменениям в Приаралье, приобретают важное значение.

Диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по

---

<sup>1</sup> <http://uza.uz/ru/politics/prezident-uzbekistana-shavkat-mirziyeev-vystupil-na-72-y-ses-20-09-2017>

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлении Президента Республики Узбекистан от 18 января 2017 года ПП-2731 «О Государственной программе по развитию региона Приаралья на 2017-2021гг.», в Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан №255 от 29 августа 2015 года «О комплексной программе мер по смягчению последствий Аральской катастрофы, восстановлению и социально-экономическому развитию региона Приаралья на 2015-2018 годы», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики: V «Сельское хозяйство, биотехнологии, экология и охрана окружающей среды», VIII «Науки о Земле».

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>3</sup>.** Научные исследования, направленные на анализ экологических изменений и их взаимосвязи с изменениями климата в региональном и глобальном масштабах осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе: в West Michigan University (США), Institute of Geobotany, University of Hannover (Германия), Национальном центре метеорологических исследований CNRM (Франция), Oxford University (Великобритания), National University of Singapore (Сингапур), Центре по исследованиям аридных территорий (Япония), Белорусском госуниверситете (Беларусь), Институте экспериментальной метеорологии РАН, Институте географии РАН, Институте океанологии РАН (Россия), Казахском научно-исследовательском институте мониторинга окружающей среды и климата (Казахстан), а также в Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте Узгидромета.

В результате исследований, проведенных в мире по изучению связи экологических и климатических изменений получен ряд научных результатов, в том числе: выявлена динамика гидрологического цикла и циркуляции атмосферы в связи с изменением климата (West Michigan University, США), определены корреляционные взаимосвязи фенологических изменений и изменений климата в Европе за последние десятилетия (Institute of Geobotany, University of Hannover, Германия), разработана модель взаимодействия подстилающей поверхности и климата методом «downscaling» (CNRM, Франция), разработана многофакторная модель, учитывающая взаимосвязь климатических изменений и осушения болот (Белорусский госуниверситет), реализовано моделирование влияния метеорологических факторов на загрязнение атмосферы почвенными, антропогенными и другими аэрозолями (ИЭМ РАН, Россия), выявлены изменения экогидрологических процессов и термохалинной стратификации в

---

<sup>3</sup>Обзор зарубежных научных исследований выполнен на основе сайтов: <https://www.nature.com>, <http://science.sciencemag.org/>, <https://onlinelibrary.wiley.com/> и других источников.



Аральском море (Институт океанологии РАН, Россия), определены особенности соленакопления и ландшафтообразования на постаквальной суше (Институт географии РАН, Россия), разработаны геоморфологическая модель Аральского моря и эмпирические формулы для определения выноса солей с постаквальной суши (КазНИИМОСК, Казахстан), определена многолетняя динамика изменения климатических характеристик в Приаралье и разработаны прогнозные региональные климатические сценарии (НИГМИ, Узбекистан).

В мире по оценке экологических и климатических изменений на глобальном и региональном уровне проводятся исследования по ряду приоритетных направлений, в том числе: моделирование и прогнозирование изменений климата под воздействием обезлесения, корреляционный анализ изменений климата и компонентов экосистем, разработка методов борьбы с опустыниванием и засолением почв вследствие эффекта глобального потепления, методов экологического восстановления с учетом исторических экосистемных условий, усовершенствование комплексных методов мониторинга окружающей среды на основе дистанционного зондирования.

**Степень изученности проблемы.** Изучением экологических изменений в Приаралье и их влияния на состояние окружающей среды в разное время занимались зарубежные ученые Ю.Шутцер, С.Брук, П.П. Миклин, Дж.Ф.Крето, Ф.Папа, Т.Ресслъ и др<sup>4</sup>. Подавляющее большинство исследований по данной тематике проведено учеными России (Л.С.Берг, А.С.Кесь, Л.К.Блинов, И.П.Герасимов, А.А.Григорьев, В.Б.Липатов, Б.Г.Вагер, З.М.Утина, Н.М.Богданова, В.П.Костюченко, П.О.Завьялов, Н.М.Новикова<sup>5</sup>), Казахстана (М.А.Орлова, О.Е.Семенов, О.С.Галаева, И.В.Каипов) и Узбекистана (А.А.Рафиков, Г.А.Толкачева, С.К.Кабулов, И.В.Рубанов, В.А.Духовный, В.Е.Чуб, Ф.Х.Хикматов, Э.И.Чембарисов, О.И.Субботина, С.Г.Чанышева, Р.М.Раззаков и многие другие<sup>6</sup>).

В результате исследований этих ученых изучена динамика изменения геоэкосистем Арала и Приаралья, проведена большая работа по изучению состава почвогрунтов и их картированию, по выносу солей с осушенного дна, анализу динамики фитоценоза, определены гидрологические и гидрохимические процессы, термохалинная структура и биотическая составляющая Аральского моря. В ходе указанных исследований, имеющих за редким исключением качественный характер, накоплен обширный фактический материал. Вместе с тем определение степени и тенденций системного воздействия происходящих экологических трансформаций на почвенно-климатические условия остается одной из наиболее

---

<sup>4</sup> Micklin P.P. The Aral Sea crisis // In: J.C.J. Nihoul: P.O. Zavialov, and P.P. Micklin. Dying and Dead Seas / Kluwer, 2004.-pp. 99-123.

<sup>5</sup> Novikova N.M. Contemporary plant and soil cover changes in the Amudarya and Syrdarya river deltas /В сб. Ecological research and monitoring of the Aral Sea. UNESCO– 1998. – pp.100 – 128.

<sup>6</sup> Чуб В.Е., Чанышева С.Г., Никулина С.П., Спекторман Т.Ю., Субботина О.И. Разработка региональных климатических сценариев. Информация об исполнении Узбекистаном своих обязательств по Конвенции ООН об изменении климата // Бюллетень №1.– Ташкент: САНИГМИ, 1999.– С.5–14.

малоизученных и сложных проблем в геоэкологии современного Арала и Приаралья.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами организации, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ прикладных и фундаментальных проектов Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук: «Математическое моделирование чувствительности климата к изменениям в экосистеме Южного Приаралья» (2003-2007гг.), А-7-040 «Разработать систему математических моделей и электронные карты для исследования и прогнозирования механизмов соленакопления на обсохшем дне Аральского моря и выноса солей на орошаемые земли» (2006-2008гг.), ФА-Ф6-Т032 «Исследование и прогнозирование методами математического моделирования загрязнения экосистемы Южного Приаралья солевым аэрозолем в аспекте воздействия на региональный климат» (2007-2011гг.), ФА-А2-Г0062 «Разработать технологию моделирования сложных экологических процессов и применить ее для построения модели влияния трансформаций экосистемы Приаралья на почвенно-климатические условия Каракалпакстана» (2012-2014г.г.), Ф.12-14 «Исследование динамики соленакопления постаквальной суши Аральского моря методами математического моделирования» (2014-2015г.г.).

**Целью исследования** является определение динамики воздействия трансформаций экосистемы Приаралья на региональный климат и засоление почв и усовершенствование методов математического моделирования.

**Задачи исследования.** Для достижения поставленной цели, в работе решены следующие основные задачи:

разработка концепции системного моделирования сложных экометеорологических процессов, позволяющей провести систематизацию процесса исследования и четко структурировать объект моделирования;

создание на основе разработанной концепции имитационной модели *MIDACS (Macromodel of influence of drying Aral on climate and salinization)* и программного комплекса ее реализации;

разработка входящих в *MIDACS* модельных блоков, описывающих: динамику водно-солевого режима Аральского моря и его влияния на климат Приаралья;

генезис и динамику солончаков на постаквальной суше и засоления почв;

воздействие солевого аэрозоля на почвенно-климатические условия; влияние трансформации растительного покрова на засоление почв и тепло- и влагообмен в системе «подстилающая поверхность-атмосфера»;

выявление основных закономерностей, исследуемых сложных эколого-метеорологических процессов (СЭМП) и создание аналитической модели СЭМП по результатам реализации *MIDACS*;

построение прогнозной модели на 2030г. экстраполяцией динамики экологических изменений и их воздействия на процессы засоления и изменения климата в Южном Приаралье.

**Объектом исследования** является сложный эколого-метеорологический процесс, происходящий в Приаралье и представляющий собой систему взаимодействующих экологических и почвенно-климатических процессов.

**Предметом исследования** является выявление зависимости результатов воздействия на почвенно-климатические условия Приаралья от степени трансформации экологических факторов, динамика этой зависимости в ретроспективе (1966-2005гг.) и ее прогнозная оценка на 2030г.

**Методы исследований.** В диссертации основным методом решения поставленных задач является системное моделирование с использованием методов математической физики, численных методов, положений математической статистики, физики атмосферы, физики почв, метеорологии, климатологии, гидрологии, экологии и геоботаники.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

впервые выявлены особенности сложных эколого-метеорологических процессов (СЭМП), связанных с усыханием Аральского моря, заключающиеся в скорости протекания процессов, отличной от обычной эволюционной, существенной нелинейности динамики, наличии циклической рекурсивной связи между процессами и широком диапазоне вариаций пространственно-временных масштабов;

усовершенствованы методы моделирования СЭМП с целью оценки динамики эколого-климатических изменений путем включения в процесс моделирования этапов построения информационно-статистического и управляющего блоков, а также организации релятивной базы данных;

разработана модель *MIDACS*, имитирующая воздействие экологических трансформаций на почвенно-климатические условия в региональных масштабах;

определено влияние атмосферного солепереноса на климатические характеристики (температуру и относительную влажность воздуха, количество и минерализацию осадков);

впервые получены прогнозные оценки до 2030 года изменений почвенно-климатических условий в Приаралье, как отклика на экологические трансформации с применением макромоделей *MIDACS*.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

выявлены закономерности многолетней динамики водно-солевого режима Аральского моря и его влияния на климат Приаралья;

выявлены и выражены аналитически закономерности динамики генезиса и динамики солончаков на постаквальной суше и засоления почв;

количественно оценено воздействие солевого аэрозоля на почвенно-климатические условия;

получена оценка буферного воздействия растительного покрова на засоление почв и тепло- и влагообмен в системе «подстилающая поверхность-атмосфера»;

построена аналитическая модель СЭМП по результатам реализации модели *MIDACS*;

получена количественная прогнозная оценка динамики экологических изменений и их воздействия на процессы засоления и изменения климата в Южном Приаралье до 2030 года.

**Достоверность результатов исследования** подтверждается проверкой адекватности разработанных моделей методами верификации, ратификации и методом Сайерта, а также использованием стандартных агрометеорологических данных, данных дистанционного зондирования, согласованностью с результатами моделирования аналогичных процессов другими авторами.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования определяется использованием полученных результатов для моделирования экологических проблем с более высокой степенью адекватности, а также в разработке региональных законодательных, нормативно-методических и организационно-распорядительных документов по улучшению экологического состояния.

Практическая значимость результатов исследования заключается в использовании количественных оценок по засоленности почв и климатическим изменениям с учетом усыхания Аральского моря и выноса солей при разработке целевых региональных программ социально-экономического развития и мер реагирования по экологическому восстановлению.

**Внедрение результатов исследования.** Полученные в ходе диссертационного исследования экологических трансформаций и их влияния на почвенно-климатические условия:

количественные оценки влияния растительного слоя на рассоление почв, как результаты моделирования СЭМП и уравнения регрессии буферного воздействия растительности в зависимости от проективного покрытия внедрены в практику Министерства водного и сельского хозяйства Республики Каракалпакстан (справка Министерства водного и сельского хозяйства Республики Каракалпакстан от 27 ноября 2017 года №03/04-1648). Результаты позволили адаптировать государственные программы к региональным особенностям Республики Каракалпакстан;

прогнозные оценки выноса солей с осушенного дна Аральского моря и изменений почвенно-климатических условий внедрены в практику Министерства водного и сельского хозяйства Республики Каракалпакстан (справка Министерства водного и сельского хозяйства Республики Каракалпакстан от 27 ноября 2017 года №03/04-1648). В результате использование прогнозных оценок послужили основанием для внесения корректив в долгосрочные и среднесрочные планы мероприятий по улучшению мелиоративного состояния почв;

результаты реализации макромоделей *MIDACS* по пространственно-временному распределению эколого-климатических изменений в Южном Приаралье использованы Государственным комитетом по экологии и охране окружающей среды Республики Каракалпакстан для среднесрочного

прогнозирования состояния и потенциала природной среды региона (справка Государственного комитета по экологии и охране окружающей среды Республики Каракалпакстан от 11 января 2018 года № ТХ-01/01-1-39). Результаты позволили определить предпочтения и районы усиленного мониторинга окружающей среды, а также способствовали корректной оценке состояния и потенциала природной среды Каракалпакстана;

результаты моделирования аэродинамики солевых шлейфов с постаквальной суши Аральского моря внедрены в практику Государственного комитета по экологии и охране окружающей среды Республики Каракалпакстан (справка Государственного комитета по экологии и охране окружающей среды Республики Каракалпакстан от 11 января 2018 года № ТХ-01/01-1-39). Результаты позволили осуществить коррекцию проектов по защите от солепереноса и способствовали научной обоснованности проектов по облесению осушенного дна Аральского моря.

**Апробация работы.** Результаты исследования обсуждались на 14 международных научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов.** По теме диссертации опубликованы 54 научные работы. Из них 4 монографии (3 в соавторстве), 17 научных статей, в том числе 13 в периодических журналах Узбекистана и 4 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 200 страницах и состоит из введения, семи глав, заключения и списка использованной литературы.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность проблемы, определена цель диссертационной работы, содержание поставленных задач, методы исследования, показана научно-практическая значимость и новизна полученных результатов, изложены положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации «**Системное моделирование сложных эколого-метеорологических процессов**» анализируются модели проблемного круга, обосновывается применение системного анализа в данном исследовании, излагается концепция системного моделирования сложных эколого-метеорологических процессов.

Представление четкой логической и структурной основы исследования, совокупности системных методов и средств, направленных на решение сложных проблем, а также применяемой терминологии является необходимым атрибутом системного исследования. С этой целью нами разработана излагаемая концепция системного моделирования сложных экометеорологических процессов (СЭМП).

Важным моментом в концепции системного моделирования СЭМП является постулирование нами моделирования как исследовательского

процесса в целом, в котором выделяются два аспекта: *конструкционный и исследовательский*. В конструкционном аспекте системное моделирование состоит в построении модели динамической системы (ДС) и средств ее машинной реализации. Исследовательский аспект предполагает выявление закономерностей функционирования ДС с использованием построенной модели, осмысление, обобщение и интерпретацию в терминах физической реальности результатов вычислительных экспериментов.

Оптимальной организацией вычислительного процесса является концентрация всех вспомогательных функций в *информационно - статистическом блоке (ИСБ)* путем создания специальных унифицированных модулей. Это исключает дублирование одинаковых структурных единиц в модельных программах. Конструирование *управляющего блока (УБ)* является не только возможным, но и обязательным элементом моделирования СЭМП.

Таким образом, машинная модель СЭМП – это система программ, делящихся на три категории: модельные блоки (МБ), информационно-статистический блок (ИСБ) и управляющий блок (УБ).

Выявленные закономерности подлежат формализации, позволяющей классифицировать виды зависимостей, выраженных математически. Формализованная структура СЭМП, как система уравнений, дает наиболее полное представление об объекте исследования, делает максимально обозримыми его особенности и тенденции развития. Кроме того, формализация необходима для последующей имитации СЭМП в прогнозных целях и удобства практических приложений результатов моделирования. Формализованную структуру СЭМП как совокупность уравнений, являющихся аналитическим выражением важнейших взаимосвязей между процессами СЭМП, полученных в ходе реализации машинной модели, назовем *аналитической моделью СЭМП*.

Имитационная модель СЭМП выполняет не только количественные диагностические оценки его структуры, но и функции прогнозирования. Форма машинной модели СЭМП, описывающая состояние и влияние факторов в перспективе, называется *прогнозной моделью СЭМП*.

Представление прогнозного фона, как системы взаимосвязанных факторов, позволяет выразить функциональную зависимость отклонения той или иной климатической характеристики  $\Xi$  от времени прогнозирования в виде сложной функции  $\Delta\Xi = F(f_n(f_{n-1} \dots (f_2(f_1(t))))$ , где функции  $f_i$  являются аппроксимацией динамики причинно-следственного ряда факторов.

Во второй главе диссертации **«Концептуализация модели влияния трансформаций экосистемы Приаралья на почвенно-климатические условия»** дается обобщенное описание модели исследуемого СЭМП: принятые упрощения, структура модели, пространственно-временная область моделирования. Подробно изложен макроалгоритм модели, как работа управляющего блока, приведены некоторые фрагменты информационно-статистического блока.

Рассмотренная на концептуальном уровне система процессов (рис.2.1) в модельном представлении преобразуется в макромоделю *MIDACS* (*Macro model of influence of drying Aral on climate and salinization*), представляющую собой систему следующих взаимосвязанных моделей: модель влияния Аральского моря на климат и засоление прибрежной зоны (модель 1); модель формирования и функционирования солончаков на постаквальной суше, а также засоления почв орошаемой зоны (модель 2); модель атмосферного переноса аэрозоля, влияния солевого аэрозоля на радиационный режим и процессы осадкообразования (модель 3); модель влияния растительного слоя на климат и засоление почв (модель 4). Каждая модель содержит, в свою очередь, подмодели (рис.2.2).

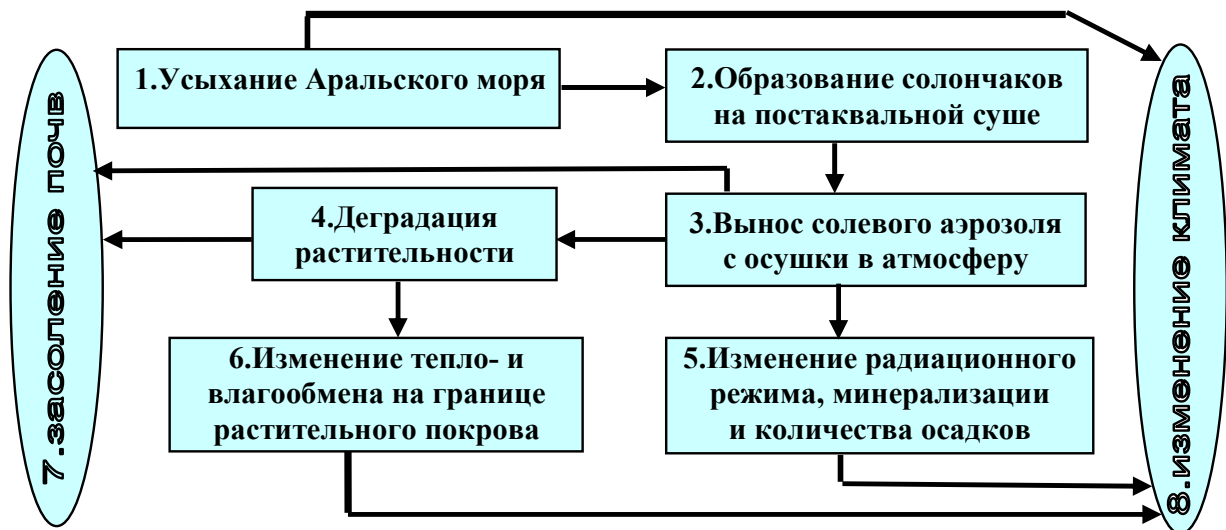


Рис. 2.1 Схема взаимосвязей моделируемых процессов и трансформаций геоэкосистемы Арала и Приаралья

Оценка климатических изменений в Южном Приаралье по приведенной модели производится по следующим параметрам: отклонения температуры воздуха, влажности воздуха, количества осадков, а также увеличение минерализации осадков. Количественная оценка засоления почв вызванного вышеуказанными факторами, выражается в изменении процентного и массового содержания в почве солей.

Протяженность глобальной расчетной области –300х400 км с шагом 5 км. Каждая из подмоделей MIDACS имеет свою расчетную область, величина шагов которой, как вертикальных, так и горизонтальных зависит от пространственных масштабов процессов, рассматриваемых в той или иной подмодели.

Период моделирования имеет иерархическую структуру. Глобальный период моделирования, или период моделирования 1-го уровня, делится на ретроспективную (с 1966 до 2005г.) и перспективную (до 2030г.) части. Ретроспективная часть глобального периода моделирования в свою очередь

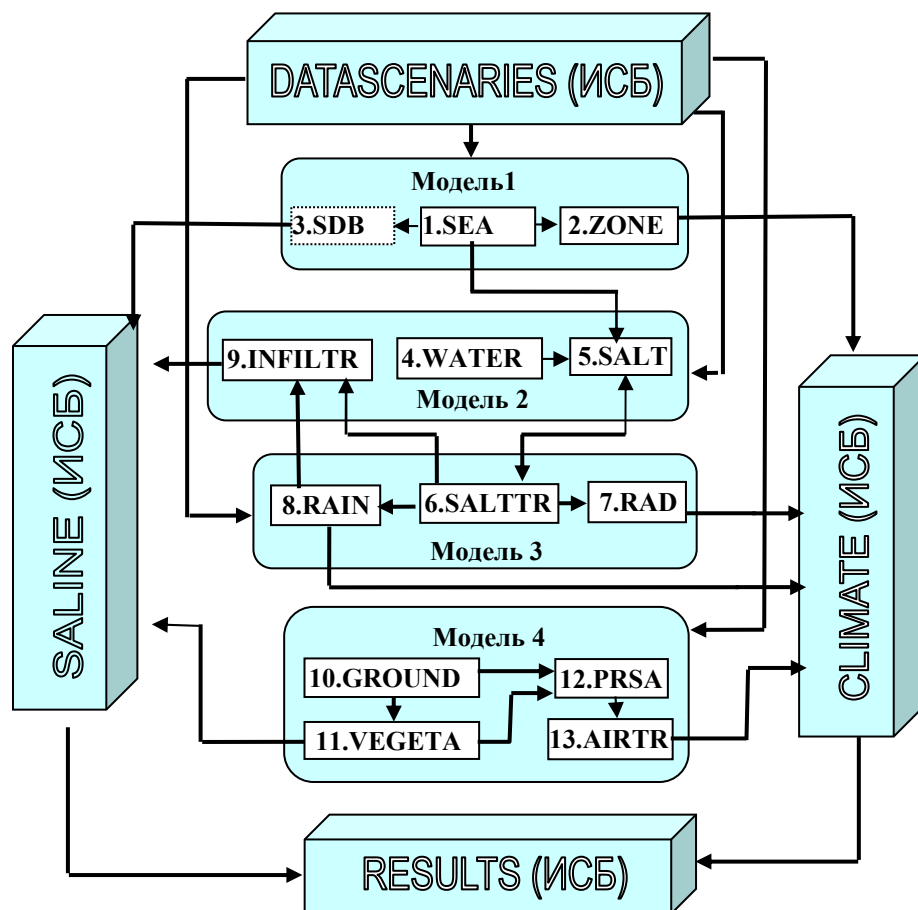


Рис. 2.2. Структура MIDACS

делится на десятилетия – период моделирования 2-го уровня (1966-1975, 1976-1985, 1986-1995, 1996-2005г.г.). И, наконец, период моделирования 3-го уровня – сезон, месяц или декада в зависимости от масштабов подмодели. Соответственно весь объем вычислений по MIDACS делится на циклы расчетов 1-го, 2-го и 3-го уровней.

В третьей главе диссертации «**Математическая модель динамики Аральского моря и его влияния на климат**» оценивается зависимость динамики температуры и относительной влажности воздуха от динамики процесса усыхания Аральского моря.

Модель 1 состоит из трех подмоделей.

Балансово-цифровая подмодель SEA описывает динамику водно-солевого режима моря. Водный баланс рассчитывается из уравнения:

$$\frac{dW}{dt} = D_r + D_d + D_{hl} + S(W) * F_{se} \left(\frac{A}{W}\right) - L(W) * F_{sme} . \quad (3.1)$$

Здесь  $W$  – общий объем воды в море, км<sup>3</sup>;  $D_r$  – речной сток (промывные сбросы озер северной части дельты), км<sup>3</sup>/год;  $D_d$  – коллекторно-дренажный сток, км<sup>3</sup>/год;  $D_{hl}$  – водных горизонтов плато Устюрт и осадки в осенне-зимний период, км<sup>3</sup>/год;  $S(W)$  – площадь водного зеркала, является эмпирической функцией общего объема водоема, км<sup>2</sup>;  $F_{se}$  – потери на испарение;  $L(W)$  – длина пологой наклонной береговой линии, где формируются запасы водорастворимых солей;  $F_{sme}$  – фильтрационные потери вдоль береговой полосы, км<sup>3</sup>/год.



Для расчета солевого баланса используется уравнение

$$\frac{dA}{dt} = C_r \times D_r + C_d \times D_d - L(W) \times \frac{A}{W} \times F_{sme} + S(W) \times C_{eol}, \quad (3.2)$$

где  $A$  – общее количество минеральных солей в Аральском море;  $C_r$  – содержание солей в речной воде;  $C_d$  – содержание солей в коллекторно-дренажных стоках;  $C_{eol}$  – интенсивность ветрового выноса солей.

Качество подмодели SEA демонстрируется на рис. 3.1.

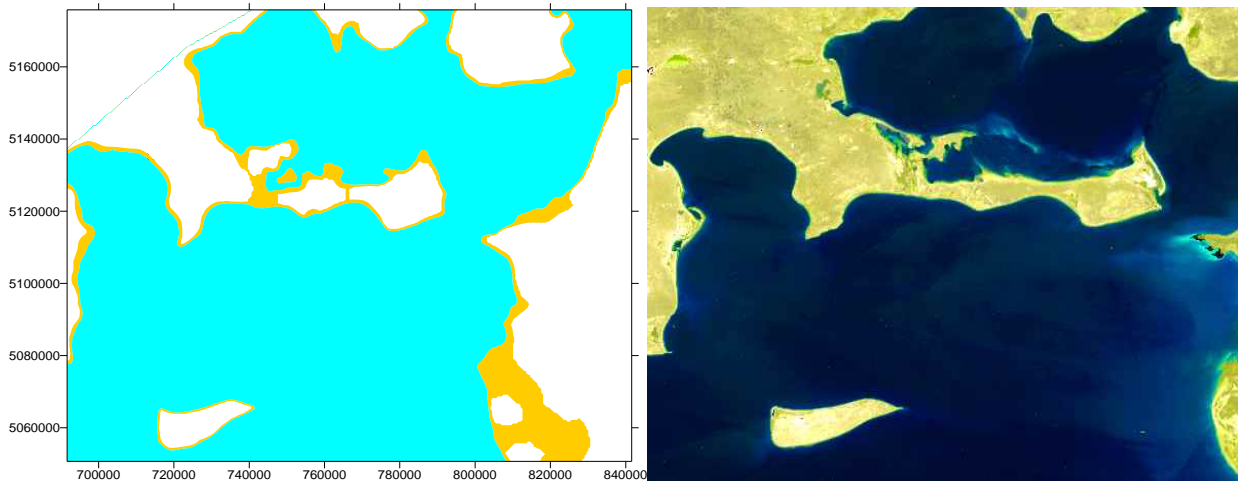


Рис. 3.1. Расчетные контуры моря (слева) и их изображение (справа) по данным с ИСЗ NOAA-17.

Подмодель SDB представляет собой простую формулу для вычисления количества солей  $S_d$ , остающихся на постаквальной суше:

$$S_d = 0,5C_d h_d \text{ctg} \alpha_i \cos \alpha_i,$$

где  $h_d$  – падение уровня моря в расчетном периоде,  $\alpha_i$  – уклон осушившейся части дна,  $C_d$  – соленость воды Аральского моря.

В таблице 3.1 приведены результаты расчетов по подмодели SDB.

Таблица 3.1  
Количество солей, остающихся на постаквальной суше

| Десятилетия                 | 1966-1975 | 1976-1985 | 1986-1995 | 1996-2005 |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Количество солей (т/га/год) | 12        | 65        | 74        | 148       |

В численной подмодели ZONE, служащей для определения зоны влияния Аральского моря, движение воздушного потока, изменение температуры и влажности описываются системой стационарных и упрощенных уравнений гидротермодинамики вязкой жидкости.

В таблице 3.2, в которой  $ЗВ_t$  означает зону влияния Аральского моря на температуру воздуха, а  $ЗВ_w$  – зону влияния на влажность, отражена многолетняя динамика зоны влияния моря для июля.

Таблица 3.2

Динамика зоны влияния Аральского моря в июле по десятилетиям

| Десятилетия               | 1966-1975 | 1976-1985 | 1986-1995 | 1996-2005 |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Высота $ЗВ_w$ (км)        | 3         | 2,8       | 2,4       | 2         |
| Протяженность $ЗВ_w$ (км) | 300       | 250       | 150       | 80        |
| Высота $ЗВ_t$ (км)        | 3,5       | 3         | 2,5       | 2         |
| Протяженность $ЗВ_t$ (км) | 350       | 280       | 190       | 100       |

В четвертой главе диссертации «**Моделирование засоления почв Приаралья**» представлена модель 2, описывающая процессы соленакопления на осушенном дне Аральского моря (подмодели SALT и WATER), а также засоление почв в низовьях Амударьи, происходящее вследствие выноса солей (подмодель INFILTR).

Подмодель WATER представляет собой уравнение влагопереноса в почве:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K^*(W) \frac{\partial H}{\partial z} \right]; \quad (4.1)$$

где  $H$  – гидравлический потенциал, см;  $W$  – объемная влажность;  $K^*(W)$  – гидравлическая проводимость почвы, см/сут;

Уравнению влагопереноса соответствуют начальные  $W(z,0) = W_0(z)$ , и граничные условия

$$z = 0, \quad -K^*(W) \frac{\partial H}{\partial z} = Q_1^*(t); \quad (4.2)$$

$$z = L, \quad -K^*(W) \frac{\partial H}{\partial z} = 0, \quad (4.3)$$

где  $Q_1^* = O_c - E_{cm}$  – поток влаги через поверхность (см/сут),  $O_c$ ,  $E_{cm}$  – соответственно интенсивность осадков и суммарного испарения;

В подмодели SALT моделируется процесс капиллярного тока солевого раствора в почве:

$$\frac{\partial (WC^*)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( D^* \frac{\partial C^*}{\partial z} \right) - \frac{\partial (VC^*)}{\partial z} + f(z,t); \quad V = -K^*(W) \frac{\partial H}{\partial z}; \quad (4.4)$$

где  $V$  – скорость влагопереноса;  $C^*$  – концентрация солей в поровом растворе;  $D^* = W(10^{-4} + \lambda_c^*|V|)$  – диффузность солевого раствора в почве;  $\lambda_c^*$  – приведенный параметр гидродисперсии;  $f(z,t)$  – функция источников солей.

Для уравнения (4.4) задаются начальное и граничные условия:

$$C^*(z,0) = C_0(z), \quad (4.5)$$

$$z = 0, \quad D^* \frac{\partial C^*}{\partial z} = VC^*, \quad (4.6)$$

$$z = L, \frac{\partial C^*}{\partial z} = 0; \quad (4.7)$$

Подмодель INFILTR служит для вычисления засоления почв Южного Приаралья вследствие инфильтрации сухих выпадений сульфатного аэрозоля с осадками или при поливе и представляет собой уравнение вертикальной инфильтрации:

$$\frac{\partial \tilde{W}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( \tilde{D} \frac{\partial \tilde{W}}{\partial z} + \tilde{K}_w \frac{\partial \tilde{\Psi}}{\partial z} \right) \quad (4.8)$$

с начальным условием  $\tilde{W}(z,0) = \tilde{W}_0(z)$ . На верхней границе ставится условие влажности насыщения:  $\tilde{W}(0,t) = \tilde{W}_s$ , а на нижней – условие полубесконечной среды. Здесь  $\Psi$  – гидравлический потенциал;  $\tilde{W}$  – объемная влажность;  $\tilde{K}_w$  – гидравлическая проводимость почвы, см/сут;  $\tilde{D}$  – диффузность солевого раствора в почве.

Результаты расчетов по подмодели INFILTR для апреля даны в табл.4.1 (количество осадков за данную декаду усреднено за 1996-2005 годы).

Таблица 4.1

Засоление почв при инфильтрации солевого аэрозоля.

|         | Количество осадков (мм) | Минерализация осадков (мг/л) | Сухие выпадения (кг/га) | Увеличение засоленности почв (%) |
|---------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Чимбай  | 6                       | 197 мг/л                     | 87                      | 0,692                            |
| Кунград | 4,5                     | 150 мг/л                     | 70                      | 0,511                            |
| Нукус   | 4,3                     | 187мг/л                      | 60                      | 0,419                            |

Верификация модели с данными дистанционного зондирования показала ее адекватность и хорошую точность расчетов по формированию и функционированию солончаков на постаквальной суше (рис.4.1)

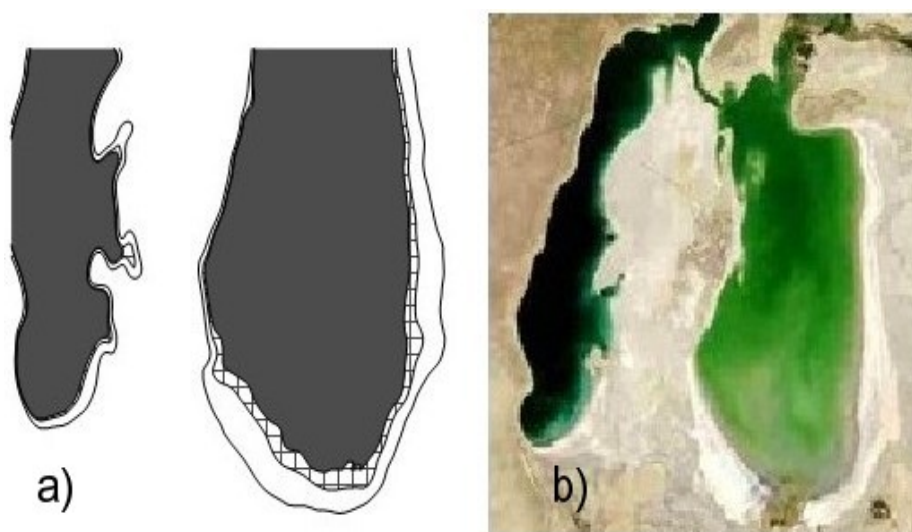


Рис. 4.1. а) – расчетные зоны маршевых солончаков и мирабилит-галитовой конденсации (клетка), пухлых солончаков – внешний контур 20. IV. 2005; б) – изображение Аральского моря, полученное 20. IV. 2005 с ИСЗ NOAA-15.

В пятой главе диссертации «**Моделирование солепереноса и его влияния на почвенно-климатические условия**» при помощи разработанной нами модели 3 исследуется вынос солей с постакавальной суши Аральского моря и его воздействие на метеорологические процессы и засоление почв.

Подмодель SALTTR, описывающая вынос солей с постакавальной суши и их атмосферный перенос, представляет собой стационарное полуэмпирическое уравнение турбулентной диффузии, сформулированное для полупространства  $z > 0$  при условии горизонтальной однородности<sup>7</sup>.

Влияние солевого аэрозоля на температурный режим вследствие увеличения оптической толщины атмосферы (1-й прямой эффект) и изменения альbedo облаков (1-й косвенный эффект) исследуется при помощи подмодели RAD, являющейся модификацией моделей, предложенных в работах<sup>8,9</sup>:

$$\Delta \Phi = I_0 \eta V^* \Delta \tau \quad (5.1)$$

где  $\eta$  – коэффициент трансформации, равный отношению изменения суммарной радиации  $\Delta P$ , вызванного увеличением концентрации, к изменению прямой радиации  $\Delta I$ , падающей на горизонтальную площадку,  $\Phi$  – освещенность вблизи поверхности,  $\Delta \tau = (\nu C)^{0,27}$  – изменение оптической толщины атмосферы, вследствие поступления в атмосферу аэрозоля,  $C$  – масса аэрозоля, содержащаяся в вертикальном столбе,  $\nu$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств аэрозоля,  $V^* = V \sec i$ . Значения  $\eta$  и функции  $V(\tau_0, i)$  указаны в табличной форме в работе<sup>8</sup>.

Роль солевого аэрозоля в изменении радиационных потоков через увеличение альbedo облаков оценивается при помощи уравнения:

$$\frac{1}{T_s} \frac{\partial T_s}{\partial A_c} = \frac{-0,1nF_0}{16(1-0,1n)T_s^4} \quad (5.2)$$

где  $T_s$  – температура поверхности,  $A_c$  – альbedo облаков,  $F_0$  – солнечная радиация,  $n$  – облачность в баллах.

Механизм связи «аэрозоль→альbedo облаков» можно интерпретировать как увеличение сечения рассеяния при конденсационном росте на частицах рассеивающего аэрозоля. Многочисленные исследования этого эффекта указывают на логарифмический вид связи :

$$A_c = a_1(\lg C + a_2 \lg s), \quad (5.3)$$

где  $C$  – концентрация аэрозоля,  $s$  – пересыщение, достаточное для конденсационного роста на частицах аэрозоля.

Количество облаков  $n$  (в долях единицы) определяется с помощью соотношения<sup>9</sup>

$$n = af - b,$$

<sup>7</sup> Тлеумуратова Б.С. Математическое моделирование переноса аэрозоля в нижних слоях атмосферы: Дисс...канд. физ.-мат. наук.– Ташкент, 2004.–138с.

<sup>8</sup> Шифрин К.С., Кокорин А.М., Ламден К.С. и др. Влияние аэрозольного слоя на суммарную радиацию //Метеорология и гидрология. – 1983. – №4. – С.61– 66.

<sup>9</sup> Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. –296с.

где  $f$  – относительная влажность,  $a$  и  $b$  – постоянные, принимающие соответственно значения 1,73 и 0,43 для облаков верхнего яруса, 2 и 0,7 для облаков среднего яруса, 3,33 и 2,0 для облаков нижнего яруса.

В подмодели RAIN вычисляется влияние солевого аэрозоля с постакавальной суши Аральского моря на процесс гетерогенной конденсации<sup>10</sup>:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial T}{\partial z} + \frac{L}{c_p} m, \\ \frac{\partial Q}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial Q}{\partial z} - m, \\ \frac{\partial N_k}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial N_k}{\partial z} - \frac{\partial \Pi_{\Delta}}{\partial z} + m. \end{aligned} \right\} \quad (5.4)$$

$$t=0: T=T_0(z), \quad Q=Q_0(z), \quad N_k=N_0(z);$$

$$z=h_k: T=T_h(t), \quad Q=Q_h(t), \quad N_k=N_h(t);$$

$$z=H_o: T=T_H(t), \quad Q=Q_H(t), \quad N_k=N_H(t),$$

где  $K_z$  – коэффициент турбулентной диффузии;  $Q$  – удельная влажность воздуха;  $T$  – температура воздуха;  $N_k$  – весовая концентрация капель;  $\Pi_{\Delta}$  – гравитационный поток капельно-жидкой влаги;  $m$  – скорость конденсации водяного пара;  $h_k$  – уровень конденсации;  $H_o$  – верхняя граница облака;  $L$  – удельная теплота конденсации;  $c_p$  – удельная теплоемкость воздуха.

Для численного решения уравнений (5.4) используется чисто неявная консервативная разностная схема<sup>11</sup>.

При условии, что все капли, набравшие необходимую гравитационную скорость, достигают поверхности земли, количество выпавшей влаги можно вычислить по формуле:

$$R(x, y) = \frac{\pi}{3} \int_{h_k}^{H_i} N(x, y, z) \rho_w r^3 dz \quad (5.5)$$

Для вычисления минерализации осадков (г/дм<sup>3</sup>) в точке  $(x, y)$  расчетной области нами предложена формула:

$$M(x, y) = \frac{1}{R(x, y)} \left[ \int_{h_k}^{H_o} \bar{C} dz + k_m \int_0^{h_k} C(x, y, z) dz \right], \quad (5.6)$$

здесь  $\bar{C}$  – счетная концентрация ядер конденсации в облаке,  $k_m$  – коэффициент вымывания частиц солевого аэрозоля осадками из атмосферы.

Обобщенные результаты по подмоделям RAIN и RAD, полученные для ретроспективного периода, представлены в табл. 5.1 (обозначения:  $C$  – концентрация солевого аэрозоля,  $\Delta t$  и  $\Delta R$  – соответственно изменения

<sup>10</sup> Twomey S.A. Cloud nucleation in the atmosphere and the influence of nucleus concentration levels in atmospheric physics//J.Phys.Chem. – 1980.–vol.84.–pp.1459–1463.

<sup>11</sup> Калиткин Н.Н. Численные методы. – М.: Наука, 1978. –512с.

температуры воздуха и годового количества осадков; М – Муйнак, К – Кунград, Ч – Чимбай, Н – Нукус, Т – Турткуль). Из таблицы 5.1 следует вывод об увеличении влияния солевого аэрозоля на температурный режим ( $\Delta t$ ) в Южном Приаралье повсеместно. Максимум влияния приходится на Чимбай, что согласуется с закономерностями атмосферного распространения солевого аэрозоля, выведенными при реализации подмодели SALTTR.

Таблица 5.1

Пространственно-временная динамика солевого аэрозоля, годового количества осадков (мм) и температуры воздуха

|          | 1966-1975 |            |            | 1976-1985 |            |            | 1986-1995 |            |            | 1996-2005 |            |            |
|----------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
|          | C         | $\Delta t$ | $\Delta R$ | C         | $\Delta t$ | $\Delta R$ | C         | $\Delta t$ | $\Delta R$ | C         | $\Delta t$ | $\Delta R$ |
| <b>М</b> | 1,2       | 0          | 0          | 3         | -0,3       | 0          | 9         | -0,8       | 3,5        | 16        | -1,5       | 5          |
| <b>К</b> | 1,8       | -0,2       | 2          | 4,6       | -0,5       | 2          | 13,8      | -1,6       | 6          | 24        | -2         | 8          |
| <b>Ч</b> | 6         | -0,3       | 4          | 15        | -1,3       | 4          | 46        | -2,6       | 11         | 80        | -2,8       | 14         |
| <b>Н</b> | 5         | -0,2       | 3          | 12        | -1         | 3          | 37        | -1,5       | 8          | 64        | -2         | 12         |
| <b>Т</b> | 0,6       | 0          | 0          | 1,5       | -0,1       | 0          | 5         | -0,3       | 2          | 8         | -0,4       | 3          |

В шестой главе диссертации «**Модель влияния растительного покрова на климат и процессы засоления**» описана динамика трансформации растительности в Приаралье, представлена модель ее влияния на влажность и температуру воздуха и результаты расчетов.

Четырехслойная математическая модель 4, описывающая процессы тепло- и влагообмена в системе почва-растительность-атмосфера, содержит четыре подмодели – VEGETA, AIRTR, PRSA и GROUND.

Для описания движения потоков тепла и влаги в приземном слое (подмодель PRSA) атмосферы используется модель Мони́на-Обухова<sup>12</sup>.

Подмодель AIRTR соответствует второму слою атмосферы от уровня верхней границы приземного слоя атмосферы  $h$  до высоты  $H$  (2000м) и представляет собой систему «примитивных» (одномерных по  $z$ ) уравнений переноса в предположении, что изменение потенциальной температуры и влажности определяется лишь вертикальным турбулентным обменом.

Основными соотношениями подмодели VEGETA<sup>13</sup>, описывающей процессы тепло- и влагообмена растительного слоя с почвой и атмосферой, являются энергобалансовые соотношения внутри, на верхней и нижней границе растительного слоя. Степень изменения потоков тепла и влаги растительным слоем определяется проективным покрытием  $0 \leq \delta_f \leq 1$ .

Уравнение теплового баланса поверхности почвы записывается в виде:

$$G + R_n - H_{sg} - L_v e_s = 0 \quad (6.1)$$

где  $R_n$  – суммарный радиационный поток энергии (коротковолновой и длинноволновой), достигающей поверхности земли;  $H_{sg}$  – энтальпия;  $e_s$  –

<sup>12</sup> Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. В 2-х т. – М.: Наука, 1965.– Т.2.– 640с.

<sup>13</sup> Тлеумуратова Б.С., Бахиев А.Б. Влияние деградации растительности в Приаралье на локальные климатические характеристики//Проблемы освоения пустынь. – 2008. – №2. – С.35–39.

испарение с поверхности почвы;  $L_v$  – скрытая теплота испарения;  $G$  – поток тепла в почву.

В уравнении радиационного баланса внутри слоя растительности предполагается, что в нем не происходит накопления тепла:

$$I_{Sh}^{\nabla} + I_{Lh}^{\nabla} - I_{Sh}^{\Delta} - I_{Lh}^{\Delta} - (I_{Sg}^{\nabla} + I_{Lg}^{\nabla} - I_{Sg}^{\Delta} - I_{Lg}^{\Delta}) = \\ = H_{Sh} - H_{Sg} + L_v(e_v - e_s) \quad (6.2)$$

В (6.2)  $I_s$  – поток коротковолновой радиации,  $I_L$  – длинноволновой радиации,  $H_s$  – ощутимое тепло,  $e_v$  – транспирация растительности,  $e_s$  – испарение поверхности почвы. Индекс «h» указывает направление потока с верхней границы, а индекс «g» – с нижней; верхние индексы «Δ», «∇» в левой части уравнения показывают направление потока.

Поток тепла в атмосферу с верхней границы растительного слоя представляет собой сумму потоков тепла из почвы и растительности:

$$H_{Sh} = \rho_a c_p c_{Hg} U_{af} (T_g - T_{af}) + 1,1 N_f \rho_a c_f U_{af} c_p (T_f - T_{af}), \quad (6.3)$$

где принято:  $\rho_a$  – плотность воздуха,  $c_p$  – удельная теплоемкость,  $N_f = 7\delta_f$  – листовой индекс,  $c_p$  – коэффициент теплообмена листьев с окружающей средой,  $c_{Hg}$  – коэффициент теплообмена слоя растительности с землей,  $T_g$  – температура земли и  $T_{af}$  – температура воздуха в слое растительности.

Подмодель GROUND служит для расчета распределения тепла и влаги в почвенном слое. Для описания вертикального переноса влаги в почве используется квазилинейное параболическое уравнение.

Для проведения расчетов множество ландшафтов Приаралья было типизировано по 12 типам с различным проективным покрытием. Предполагается, что в каждой ячейке глобальной расчетной области расположен один из этих типов ландшафта. В таблице 6.1 приведены осредненные за декаду результаты расчетов возмущения температуры и относительной влажности воздуха  $\Delta t = t_p - t_0$  и  $\Delta q = q_p - q_0$  (индекс p – означает наличие растительности, индекс 0 – отсутствие, №Л – номер типа ландшафта).

Таблица 6.1  
Влияние растительности на климат (3-я декада июня 11-13 ч.)

| №Л                         | 1 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|----------------------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\Delta t, ^\circ\text{C}$ | 0 | 0 | 0,05 | 0,19 | 3,59 | 0,10 | 0,30 | 2,49 | 0,91 | 5,21 | 0,48 | 0,13 |
| $\Delta q, \%$             | 0 | 0 | 0,01 | 0,03 | 0,13 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,07 | 0,15 | 0,06 | 0,02 |
| $h_t, \text{м}$            | 0 | 0 | 100  | 300  | 1700 | 200  | 400  | 1400 | 1100 | 2000 | 800  | 200  |
| $h_q, \text{м}$            | 0 | 0 | 50   | 200  | 1400 | 100  | 300  | 1100 | 800  | 1700 | 500  | 100  |

Для получения количественной оценки влияния растительного слоя (РС) на процесс засоления почв нами выведена следующая формула:

$$\Delta S_v = -\delta_f (E_a(x, y) + E_s + E_p), \quad (6.4)$$

где  $E_a(x,y)$  – вклад солевого аэрозоля в засоление почв,  $E_p$  – количество солей, поглощаемое растениями,  $E_s$  – соли, вышедшие на поверхность из минерализованных грунтовых вод капиллярным током. Результаты расчета, выполненные по (6.4) для  $E_p = 40$  г/м<sup>2</sup>,  $E_a(x,y)=347$  г/м<sup>2</sup>,  $E_s = 2640$  г/м<sup>2</sup>, приведены в табл.6.2.

Таблица 6.2

Рассоление почв растительностью

| $\delta_f$                          | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\Delta S_v$<br>(г/м <sup>2</sup> ) | 302,7 | 605,4 | 908,1 | 1210 | 1510 | 1816 | 2118 | 2421 | 2724 | 3027 |

По результатам численных экспериментов можно сделать вывод о существенном влиянии растительного покрова на почвенно-климатические условия в Южном Приаралье.

В седьмой главе «**Результаты системной реализации макромоделей MIDACS**» представлены результаты системной, т.е. с учетом взаимосвязей рассматриваемого СЭМП, реализации макромоделей, представлена аналитическая модель СЭМП, даны прогнозные оценки воздействия системы рассматриваемых факторов на почвенно-климатические условия Южного Приаралья до 2030г.

В главах 3-6 рассматривались динамика и механизм сингулярного воздействия каждого из факторов исследуемого СЭМП. В данной главе осуществляется синтез общего решения проблемы: исследуется системная динамика и системное воздействие факторов на климат и засоление почв.

Корреляционный и регрессионный анализ результатов сингулярного исследования процессов СЭМП позволил выявить и выделить наиболее существенные взаимосвязи, оценить их количественно, выразить аналитически. Самой значительной на наш взгляд связью в СЭМП является циклическая рекурсивная связь между факторами, определяющая как системную динамику, так и системные воздействия. В целом системная динамика факторов исследуемого СЭМП характеризуется равномерным, относительно медленным развитием в первом и втором десятилетиях периода моделирования и ускорением трансформаций в третьем и четвертом десятилетиях. Трансформация компонентов системы факторов происходила преимущественно по экспоненциальному закону. За рамками ретроспективного периода моделирования динамика водно-солевого режима Арала теряет монотонность и является совершенно неисследованной. Прецедент высыхания восточной части Аральского моря в 2009г. повторяется с нерегулярной периодичностью. Частичное заливание котловины после высыхания ведет к опреснению водоема, а значит, к изменениям в режиме соленакопления на ПС и далее по причинно-следственной цепочке. В связи с отсутствием данных наблюдения (входных данных для моделей 1 и 2) восточной части Арала за 2006-2017гг. расчеты для этого периода и прогноза для 2030г. проводились при следующих допущениях:



- площадь акватории линейно убывает с 2005г. до нуля в 2030г.;
- соленость также линейно убывает от значения на 2005г. до 10 г/л в 2030г.;

Системное воздействие экологических трансформаций на засоление почв отражено в таблицах 7.1 и 7.2.

Таблица 7.1

Динамика соленакопления и удельного выноса солей (т/га) по десятилетиям

| Периоды   | Месяцы года    |                  |                  |                |                |                |                  |                 |                | Σгод                   |
|-----------|----------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------|
|           | III            | IV               | V                | VI             | VII            | VIII           | IX               | X               | XI             |                        |
| 1966-1975 | $\frac{18}{8}$ | $\frac{24}{16}$  | $\frac{16}{9}$   | $\frac{8}{6}$  | $\frac{5}{6}$  | $\frac{4}{5}$  | $\frac{8}{9}$    | $\frac{16}{12}$ | $\frac{6}{1}$  | $\frac{106+12}{72}$    |
| 1976-1985 | $\frac{30}{7}$ | $\frac{46}{15}$  | $\frac{32}{10}$  | $\frac{15}{6}$ | $\frac{9}{5}$  | $\frac{9}{4}$  | $\frac{15}{8}$   | $\frac{28}{13}$ | $\frac{12}{1}$ | $\frac{195+65}{70}$    |
| 1986-1995 | $\frac{40}{8}$ | $\frac{68}{16}$  | $\frac{48}{9}$   | $\frac{20}{6}$ | $\frac{14}{6}$ | $\frac{14}{6}$ | $\frac{22}{9}$   | $\frac{48}{13}$ | $\frac{16}{1}$ | $\frac{290+74}{74}$    |
| 1996-2005 | $\frac{80}{6}$ | $\frac{112}{14}$ | $\frac{70}{9,2}$ | $\frac{37}{4}$ | $\frac{22}{6}$ | $\frac{21}{6}$ | $\frac{38}{4,1}$ | $\frac{60}{10}$ | $\frac{38}{1}$ | $\frac{479+148}{60,3}$ |
| ПВС       | 8              | 16               | 10               | 7              | 6              | 6              | 9                | 13              | 1              | 69                     |

В табл.7.1 дана детализированная сезонная динамика соленакопления на постаквальной суше и выноса солей по десятилетиям ретроспективного периода моделирования. Верхние цифры в таблице 7.1 означают запасы солей в верхнем метровом слое почвы, образующиеся за счет капиллярного подъема, нижние – количество солей, выносимые ветром. В графе «Σгод» второе слагаемое – количество солей, остающееся в верхних горизонтах в результате регрессии моря. В последней строке таблицы – среднемноголетний потенциал выноса солей (ПВС).

Таблица 7.2

Динамика засоления почв солевым аэрозолем и РС

| Параметры   | Период по десятилетиям |           |           |           |
|---|------------------------|-----------|-----------|-----------|
|   | 1966-1975              | 1976-1985 | 1986-1995 | 1996-2005 |
| Рост засоленности почв (г/м <sup>3</sup> ) вследствие минерализации осадков | 17,1                   | 32        | 109,7     | 514,6     |
| Рост засоленности почв (г/м <sup>3</sup> ) сухими выпадениями аэрозоля      | 31                     | 166       | 456       | 644       |
| Воздействие солевого аэрозоля на засоление почв (% в год)                   | 0,012                  | 0,05      | 0,13      | 0,18      |
| Поглощение солей корневой системой РС (кг/га)                               | -8                     | -26       | -45       | -68       |
| Защита РС от САВ (кг/га /год)   | -1,9                   | -32,4     | -154      | -252      |
| Влияние РС на выпаривание солей из почвы (кг/га)                            | -100                   | -225      | -362      | -465      |
| Воздействие РС на засоление почв (% в год)                                  | -0,006                 | -0,015    | -0,031    | -0,043    |
| Системное воздействие (%/год)   | 0,006                  | 0,035     | 0,1       | 0,137     |

Системное воздействие растительного слоя и выноса солей на засоленность почв Южного Приаралья характеризуется усилением противоположного по знаку влияния обоих факторов (табл.7.2).

Основными закономерностями пространственно-временной динамики засоления почв являются усиление процесса со временем и зональность.

*Воздействие экологических трансформаций на относительную влажность воздуха* показано на рис.7.1. Максимальное влияние системы факторов на относительную влажность приходится в 1-ом и 2-ом десятилетиях на области тростниковых ландшафтов Кунграда, испытывавших дополнительно значительное влияние моря, в третьем десятилетии с деградацией тростников и усыханием моря максимумы сглаживаются.

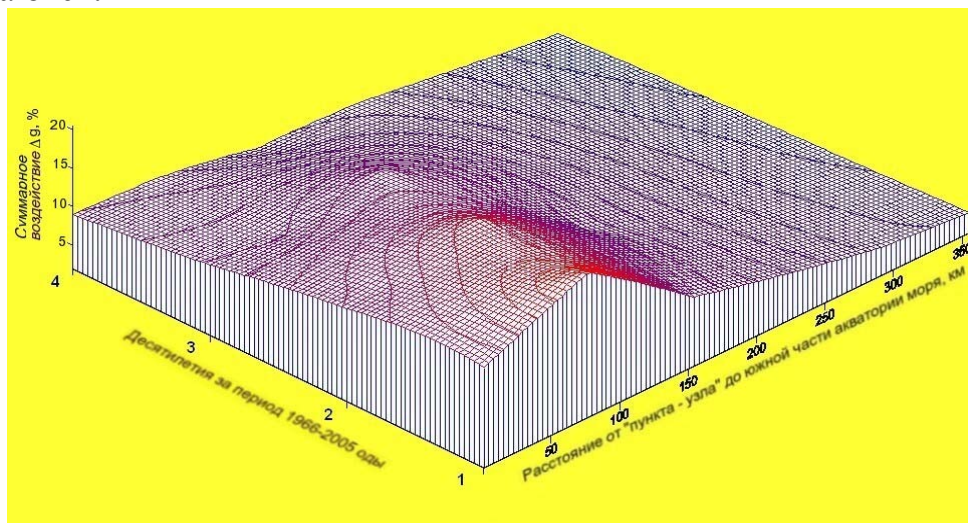


Рис. 7.1. Системное воздействие акватории моря и растительности на относительную влажность

*На температуру воздуха* влияют все факторы системы. Максимум охлаждающего влияния факторов в первом десятилетии приходится на прибрежные районы и обусловлен преимущественно морем (рис.7.2).

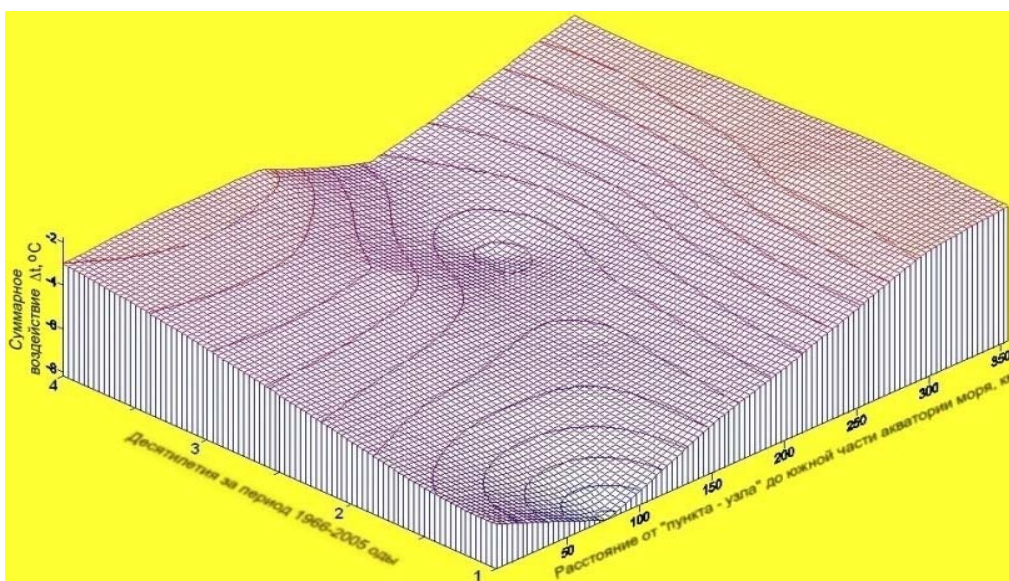


Рис. 7.3. Системное воздействие акватории моря, солевого аэрозоля и растительности на температуру воздуха

В третьем десятилетии этот максимум смещается к югу и соответствует области с повышенным содержанием в атмосфере солевого аэрозоля. Таким образом основным форсингом в системе факторов становится охлаждающий эффект солей с постаквальной суши.

В табл.7.3 представлены результаты прогнозирования СЭМП на 2030г. по MIDACS при условии высыхания восточной части к 2022г.

Таблица 7.3

Воздействие факторов на климатические характеристики и засоление почв Южного Приаралья в 2030г.

| Факторы-объекты       | $\Delta t_{\text{января}}^{\circ}$ | $\Delta t_{\text{июля}}^{\circ}$ | $\Delta V_{\text{июля}}$ | $\Delta R$ | $\Delta MR$ | $\Delta S$ |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|------------|-------------|------------|
| 1. Аральское море     | +0,005                             | -0,01                            | +0,028                   |            |             |            |
| 2.Солевой аэрозоль    | -0,12                              | -3,07                            |                          | +9,4       | +380        | +0,58      |
| 3.Растительность      |                                    | -0,7                             | +2,6                     |            |             | -0,17      |
| Системное воздействие | -0,115                             | -3,78                            | +2,628                   | +9,4       | +380        | 0,41       |

**Примечание:**  $\Delta t_{\text{января}}^{\circ}$  – приращение температуры воздуха в январе;  $\Delta t_{\text{июля}}^{\circ}$  – приращение температуры воздуха в июле;  $\Delta V$  – приращение относительной влажности в июле (%);  $\Delta R$  – приращение годового количества осадков (мм);  $\Delta MR$  – приращение минерализации осадков (мг/дм<sup>3</sup>);  $\Delta S$  – приращение засоленности почв (%).

Совокупность экологических трансформаций с 1970 по 2000 гг. состоит в сокращении акватории Аральского моря на 36,4 тыс. км<sup>2</sup>, уменьшении растительного покрова на 8% и увеличении выноса солей на 25 млн. т/год. Эти изменения приводят к потеплению климата на 1,1°C, уменьшению относительной влажности на 4,1%, увеличению годового количества осадков на 9мм и росту засоленности почв на 0,05%. При дальнейшем сокращении акватории моря, оно перестает влиять на климатические характеристики, т.е. в системе факторов в 2030 г. остаются только вынос солей, как доминантный фактор, и деградация растительного покрова. Увеличение выноса солей в 2030г. до 69 млн.т/год приведет к охлаждению в 2030г. относительно 2000г. на 0,9°C. В 2030г. при преобладании облаков нижнего яруса (до 1км) ожидается увеличение осадков на 11,9, в противном случае ожидается увеличение пасмурных дней без осадков. Это объясняется особенностями распространения солевого аэрозоля с постаквальной суши Аральского моря: счетная концентрация ядер конденсации до высоты 1км не превышает критического значения, выше преобладают более мелкие частицы со счетной концентрацией, превышающей критическую.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**В заключении приведены основные итоги диссертационного исследования, выводы по результатам исследования и рекомендации.**

1. Интерактивность компонентов экосистемы и взаимообусловленность их трансформаций требует системности в экологических исследованиях. Быстротекущие процессы деградирующих экосистем (Аральский кризис)

нужно рассматривать как единый сложный эколого-метеорологический процесс (СЭМП), поскольку при учете динамических взаимосвязей повышается адекватность модели.

2. Системная динамика рассматриваемых факторов характеризуется перераспределением доминирования в воздействии на почвенно-климатические условия: влияние Аральского моря и растительного покрова в период 1966-2005 гг. монотонно убывающее, а ветрового выноса солей – монотонно возрастающее. Таким образом, усыхание Аральского моря, оставаясь ключевым в смысле причинно-следственных связей, в 21 веке теряет свое влияние на климатические характеристики Приаралья.

3. Динамика воздействия системы факторов, как на климат, так и засоление почв носит нелинейный характер. В начале 90-х годов происходит интенсификация всех процессов СЭМП.

4. Солевой аэрозоль при концентрации на уровне конденсации, меньшей критической, способствует увеличению осадков в отдельных случаях их реализации на 1,6 мм, при более высоких концентрациях аэрозольный эффект меняется на противоположный – осадки не выпадают и, таким образом, увеличивается время жизни облаков.

5. Как показали численные эксперименты, растительный слой заслуживает большего внимания, как со стороны климатологов, так и природоохранных организаций, поскольку нельзя переоценить значение этого фактора, как регулятора тепло- и влагообмена, а также как надежного противодействия процессам засоления почв, в том числе и вторичному засолению.

6. Изученная автором с помощью макромодели MIDACS аэродинамика атмосферного переноса солей с осушенного дна Аральского моря доказывает неэффективность лесопосадок по периферии обсохшего дна, поскольку основная мелкодисперсная масса солей переносится на высоте нескольких километров и беспрепятственно перелетает защитные полосы. В связи с этим необходимо исследование аэродинамических свойств лесопосадок в зависимости от их конфигурации.

7. Качественный скачок в динамике экологических процессов в Приаралье, произошедший в 2008-2009 гг. и ознаменовавший новый, названный П.О.Завьяловым «катастрофическим», этап в Аральском кризисе требует расширенного исследования с учетом эффекта глобального потепления и с привлечением наряду с детализированным мониторингом методов стохастического моделирования и корреляционного анализа.

8. В засолении почв Приаралья большую роль играет усыхание Аральского моря и утрата в связи с этим функции регионального солеприемника. Для оценки этой роли требуется углубленное исследование системы подземного и поверхностного стока бассейна Амударьи с учетом динамики качества воды.

**SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARD  
OF SCIENTIFIC DEGREES DSc.27.06.2017.G47.01.  
AT THE HYDROMETEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE**

---

**KARAKALPAK SCIENTIFIC-RESEARCH  
INSTITUTE FOR NATURAL SCIENCES  
ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

**TLEUMURATOVA BIBIGUL SARIBAEVNA**

**MATHEMATICAL MODELLING OF INFLUENCE OF  
PRIARALYE ECOSYSTEM'S TRANSFORMATIONS  
ON SOIL-CLIMATIC CONDITIONS**

**11.00.04 – meteorology, climatology, agro meteorology**

**ABSTRACT OF DISSERTATION FOR DOCTOR OF SCIENCE (DSc)  
ON PHYSICS AND MATHEMATICS**

**Tashkent-2018**

**The title of the doctoral dissertation (DSc) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with under number of B2017.1.DSc/FM47.**

The doctoral dissertation has been prepared at the Karakalpak Scientific-Research Institute for Natural Sciences of Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

The abstract of the thesis in three languages (Uzbek, Russian, English-resume) is available online at [www.meteo.uz](http://www.meteo.uz) and at the website of «ZiyoNet» information-educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Scientific consultant:**

**Arushanov Mikhail Lvovich**  
doctor of geographical sciences

**Official opponents:**

**Abdullayev Alo Kaumhodjaevich**  
doctor of geographical sciences

**Ravshanov Normahmad**  
doctor of technical sciences, professor

**Uteuliyev Niyetbay**  
doctor of physical-mathematical sciences,  
professor

**Leading organization:**

**National University of Uzbekistan**

The defence of the dissertation will take place on “\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2018 in “\_\_\_\_” at the meeting of Scientific Council for award of Scientific degree DSc.27.06.2017.G.47.01 at the Hydrometeorological Research Institute (Address: 72, 1<sup>st</sup> Bodomzor Yuli str., Tashkent, 100052. Phone: (99871) 235-85-12; Fax: (99824) 237-13-19; e-mail: [nigmi@albatros.uz](mailto:nigmi@albatros.uz))

This doctoral thesis can be found in the Scientific-Technical Library of the Hydrometeorological Research Institute (registered under № \_\_\_\_ ) (Address: 72, 1<sup>st</sup> Bodomzor Yuli str., Tashkent, 100052. Phone: (99871) 235-85-12)

Abstract of the dissertation has been distributed on «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 year  
(Mailing report № \_\_\_\_\_ on «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 year).

**V.E.Chub**

Chairman of the Scientific Council  
for award of Scientific degrees,  
Doctor of Geographical Sciences

**B.E.Nishonov**

Scientific Secretary of the Scientific Council  
for award of Scientific degrees, Ph.D.

**S.V.Myagkov**

Chairman of the Scientific Seminar of the  
Scientific Council for award the Scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences

## INTRODUCTION (abstract of doctoral dissertation)

**The aim of research work** is a complex ecology-meteorological process, which is a system of interacting ecological and soil-climatic processes.

**The object of the study** is to determine the dependence of the results of the impact on the soil and climatic conditions of the Aral Sea region on the degree of transformation of environmental factors, the dynamics of this dependence in retrospect (1966-2005) and its projected estimate for 2030.

### **Scientific novelty of the research work:**

features of the complex ecology-meteorological processes (*CEMP- Complex ecology-meteorological process*) connected to drying of Aral sea, courses of the processes consisting in speed, distinct from usual evolutionary, essential nonlinearity of dynamics, presence of cyclic recursive communication between processes and a wide range of variations of existential scales are revealed;

methods of modelling *CEMP* are advanced with the purpose of an estimation of dynamics of ecology-climatic changes by inclusion in process of modelling of stages of construction of information-statistical and managing blocks, and also the organization of a relative database;

model *MIDACS* simulating influence of ecological transformations on soil - climatic conditions in regional scales is developed;

for the first time laws are revealed and quantitative estimations of dependence «transformation of ecological system => changes of a climate and salting ground» in a retrospective show (1966-2005гг.) are received;

for the first time estimations of forecasts till 2030 of changes of soil - climatic conditions in researched territory, as response to ecological transformations with application of macromodel *MIDACS (Macro model of influence of drying Aral on climate and salinization)* are received.

**Implementation of the research results.** Received during the dissertation research of ecological transformations and their influence on soil and climatic conditions:

quantitative assessments of the effect of the vegetation layer on soil desalinization, as the results of the *SEMP* simulation and the regression equations for the buffer effect of vegetation, depending on the projective coverage, have been introduced into the practice of the Ministry of Water and Agriculture of the Republic of Karakalpakstan (certificate No. 03 / 04-1648 of the Ministry of Water and Agriculture of the Republic of Karakalpakstan dated 27.11.2017). The use of the results allowed the adaptation of state programs to the regional peculiarities of the Republic of Karakalpakstan;

predictive estimates of the removal of salts from the dried bottom of the Aral Sea and changes in soil and climatic conditions have been introduced into the practice of the Ministry of Water and Agriculture of the Republic of Karakalpakstan (certificate of 27.11.2017 No. 03 / 04-1648 of the Ministry of Water and Agriculture of the Republic of Karakalpakstan). The use of forecast estimates served as the basis for making adjustments to long-term and medium-term plans of measures to improve the meliorative state of soils;

the results of the implementation of the *MIDACS* macro model on the space temporal distribution of environmental and climatic changes in the South Prearalie were used by the State Committee for Ecology and Environmental Protection of the Republic of Karakalpakstan for medium-term forecasting of the state and potential of the natural environment of the region (certificate of 11.01.2018 No. TX-01 / 01-1-39 of the State Committee for Ecology and Environmental Protection of the Republic of Karakalpakstan). The results allowed to identify preferences and areas of enhanced environmental monitoring, and also contributed to a correct assessment of the condition and potential of the natural environment of Karakalpakstan;

the results of simulating the aerodynamics of salt plumes from the Aral Sea's post-sushi land have been introduced into the practice of the State Committee for Ecology and Environmental Protection of the Republic of Karakalpakstan (certificate of 01.01.2018 No. TX-01 / 01-1-39 of the State Committee for Ecology and Environmental Protection of the Republic of Karakalpakstan). The results allowed to correct the projects on protection against salt transfer and contributed to the scientific validity of projects on afforestation of the dried bottom of the Aral Sea.

**The structure and volume of the dissertation.** Dissertation consists of the introduction, seven chapters, the conclusion and the list of the used literature. 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. Тлеумуратова Б.С. Моделирование экологических процессов в Южном Приаралье. Нукус: Илим, 2011. – 100с.
2. Тлеумуратова Б.С., Мамбетуллаева С.М. Системалы экология. Нөкис.: Илим, 2016. – Т.1-2. – 604 с.
3. Аимбетов Н.К., Тлеумуратова Б.С., Мамбетуллаева С.М., и другие. Динамика и потенциал природной среды Каракалпакстана. Нукус: «Илим» – 2017г. – 251с.
4. Тлеумуратова Б.С., Бахиев А. Оценка влияния деградации растительности в южном Приаралье на локальные климатические условия. //Проблемы освоения пустынь. – Ашхабад. – 2008. – №2. – С.35 – 39. (11.00.00, №6)
5. Тлеумуратова Б.С., Атаджанов Х.Л., Атаджанова М.Х. О технологиях реализации математических моделей //Вестник ККО АН РУ. – 2009. – №2. – С.5 – 6. (05.00.00; №19)
6. Тлеумуратова Б.С. Влияние солепылепереноса на осадкообразование в Приаралье // Аридные экосистемы. – 2009. – Т.15. – №3(39). – с.26 –33. (11.00.00, №12)
7. Тлеумуратова Б.С. Солеперенос: некоторые аспекты и перспективы исследования проблемы. //Вестник ККО АН РУ. – 2011. – №2 – С.5 – 9. (05.00.00; №19)
8. Тлеумуратова Б.С., Айтмуратов П.Ж., Мустафаева Р. Моделирование потерь биомассы растений в результате аэрозольного загрязнения. //Вестник ККО АН РУ. – 2011. – №4. – С.5 – 10. (05.00.00; №19)
9. Тлеумуратова Б.С. Концепция моделирования сложных экометеорологических процессов. //Вестник ККО АН РУ. – 2012. – №1. – С.5 – 9. (05.00.00; №19)
10. Тлеумуратова Б.С. Растительный слой как фактор улучшения экологической обстановки в Южном Приаралье. //Вестник ККО АН РУ. – 2012. – №2. – С.15 – 16. (05.00.00; №19)
11. Тлеумуратова Б.С. Формализация многолетней динамики засоления постаквальной суши Аральского моря. //Вестник ККО АН РУ.– 2012.– №3.– С.4 – 8. (05.00.00; №19)
12. Тлеумуратова Б.С. Формализация динамики водно-солевого режима Аральского моря и его влияния на климат. //Вестник ККО АН РУ.– 2012.– №4.– С.5 – 10. (05.00.00; №19)
13. Тлеумуратова Б.С. Некоторые закономерности солепереноса с обсохшего дна Аральского моря //Вестник ККО АН РУ.– 2013.– №3.– С.8 – 13. (05.00.00; №19)
14. Тлеумуратова Б.С. Системное моделирование сложных экометеорологических процессов. //Доклады АН РУз.– 2013.– №4.–С11 – 13. (11.00.00; №3)

15. Тлеумуратова Б.С., Утепбергенова Г. Динамика форсинга растительного покрова на почвенно-климатические условия //Вестник ККО АН РУ.– 2014.– №1.– С.15 – 17. (05.00.00; №19)
16. Тлеумуратова Б.С. Аналитическая модель как квинтэссенция результатов моделирования сложных природных процессов//Вестник ККО АН РУ.– 2014.– №2.– С.5 – 7. (05.00.00; №19)
17. Тлеумуратова Б.С. Трансформации подстилающей поверхности в Южном Приаралье как фактор изменения климата. //Доклады АН РУз.– 2015.– №5.– С106 – 109. (11.00.00; №3)
18. Тлеумуратова Б.С., Мамбетуллаева С.М. Форсинг растительного слоя на эколого-метеорологические процессы в Южном Приаралье// Журнал «Экологический Вестник», 2016, № 2, с. 9-10. (11.00.00; №1)
19. Тлеумуратова Б.С., Мамбетуллаева С.М. Forsings of ecosystems transformations in Priaralie //European science review, 2016, №11-12, p. 21-24. (11.00.00; №2)
20. Тлеумуратова Б.С., Мамбетуллаева С.М. Modeling of the water-salt regime dynamics of the Aral sea and its coastal zone // European science review, 2017, № 1-2, January-february, p.26-28. (11.00.00; №2)

## **II бўлим (II часть; II part)**

21. Арушанов М.С., Тлеумуратова Б.С. Динамика экологических процессов Южного Приаралья. Гамбург. Palmarium. –2012. –183 с.
22. Статов В.А., Капустин Г.А., Ресль Р. Тлеумуратова Б.С. Геоморфологический анализ прибрежной зоны Аральского моря с использованием данных космосъемки //Вестник ККО АНРУ. – 2004. – №3 – 4. – С.54 – 55. (05.00.00; №19)
23. Тлеумуратова Б.С., Статов В.А. Модель водно-солевого режима Аральского моря и прибрежной зоны //Вестник ККО АН РУ. – 2004. – №5 – 6. – С.5 – 6. (05.00.00; №19)
24. Тлеумуратова Б.С., Статов В.А. Расчет динамики источников выноса солей с осушенного дна Аральского моря //Вестник ККО АН РУ.– 2005.– №1– 2.– С.3– 6. (05.00.00; №19)
25. Тлеумуратова Б.С., Статов В.А., Ержанова Л., Сарманова Г. Обработка входных и промежуточных данных в сложных экологических макромоделях //Вестник ККО АН РУ. – 2005. – №4. – С.8 – 11. (05.00.00; №19)
26. Тлеумуратова Б.С. Информационные аспекты моделирования //Вестник ККО АН РУ. – 2006. – №3. – С.5 – 8. 05.00.00; №19)
27. Тлеумуратова Б.С. Моделирования влияние растительного покрова на климатические характеристики //Вестник ККО АН РУ. – 2006. – №4. – С.5 – 7. (05.00.00; №19)
28. Тлеумуратова Б.С. Воздействие сульфатного аэрозоля на климатические характеристики Южного Приаралья //Вестник ККО АН РУ.– 2007.– №2. – С.5 – 7. (05.00.00; №19)
29. Тлеумуратова Б.С., Статов В.А., Торемуратов С.Б. Динамика водно-солевого режима Аральского моря и его влияние на климат //Вестник ККО АН РУ. – 2007. – №3. – С.17 – 21. (05.00.00; №19)

30. Глеумуратова Б.С. Прогностические оценки изменения климатических характеристик Южного Приаралья //Вестник ККО АН РУ. – 2007. – №4. – С.11 – 14. (05.00.00; №19)

31. Глеумуратова Б.С. Вопросы методологии и терминологии математического моделирования //Вестник ККО АН РУ. – 2008. – №1. – С.5 – 6. (05.00.00; №19)

32. Глеумуратова Б.С., Нарымбетов Б.Ж. Моделирование процессов засоления почв Приаралья //Вестник ККО АН РУ. – 2008. – №2. – С.9 – 12. (05.00.00; №19)

33. Глеумуратова Б.С. Системный анализ в математическом моделировании //Вестник ККО АН РУ. – 2008. – №3. – С.5 – 8. (05.00.00; №19)

34. Глеумуратова Б.С. Аэрозольный эффект в процессах осадкообразования //Вестник ККО АН РУ. – 2008. – №4. – С.16 – 17. (05.00.00; №19)

35. Глеумуратова Б.С., Статов В.А., Мустафаева Р. Масштабное расщепление задачи переноса примеси, адаптированное к проблеме выноса солей с осушенного дна Аральского моря // Материалы научно-практической конференции «Изучение экологических проблем Приаралья». Нукус, 2005 г.

36. Глеумуратова Б.С., Статов В.А., Реймов П.Р. Роль засоленной периферии в формировании микро- и мезоклимата оазисов аридных территорий. // Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы рационального использования и охрана биологических ресурсов Южного Приаралья. Нукус, 16-17 мая 2006 г.

37. Глеумуратова Б.С., Мустафаева Р. Оптимизация водного режима гидроэкосистем в дельте Амударьи.//Материалы международной конференции «Проблемы оптимизации устойчивости систем». Киев, 2007 г.

38. Глеумуратова Б.С. Влияние атмосферного аэрозоля на осадкообразования в Приаралье. // Материалы международной конференции «Проблемы рационального использования и охрана биологических ресурсов Южного Приаралья». Нукус, 2008 г.

39. Арушанов М., Глеумуратова Б.С. Математическая модель засоления почв в условиях Аральского кризиса // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы информационных технологий», Ташкент, 5-6 сент. 2011г.

40. Глеумуратова Б.С., Айтмуратов П.Ж., Мустафаева Р. Моделирование потерь биомассы растений в результате атмосферного загрязнения //Материалы международной конференции «Устойчивое развитие южного Приаралья». Нукус: Илим, 2011.

41. Глеумуратова Б.С., Мустафаева Р. Количественная оценка экологически позитивной роли растительного слоя. // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Проблемы рационального использования и охрана биологических ресурсов Южного Приаралья», Нукус: Илим, 2012.

42. Gleumuratova B.S. Modeling of the water-salt regime dynamics of the Aral sea and its coastal zone//1<sup>st</sup> conference “Applied Sciences and technologies in the United State and Europe: common challenges and scientific findings”– June 12, 2013, N.Y.–pp.42-44.

43. Tleumuratova B.S., Mambetullaeva S.M. Modeling of the influence of the Priaralie ecosystem transformations on the environment/European Applied Sciences (Stuttgart, Germany (Europäische Fachhochschule)).–2013.–N7.–v.1.–pp.55-58.

44. Тлеумуратова Б.С. Математическое моделирование сложных эколого-метеорологических процессов //Матеріалы конференції «Друга міжнародна науково-практична конференція ”Математика в сучасному технічному університеті”».Київ: 20-23 грудня 2013 року. - С.112 –113.

45. Тлеумуратова Б.С. Принципы моделирования сложных экометеорологических процессов //V международная науч-практ. конференция «Проблемы рационального использования и охрана биологических ресурсов Южного Приаралья» 11-12 июля 2014 г. Нукус: «Илим», 2014.– С.206.

46. Тлеумуратова Б.С., Мамбетуллаева С.М. Моделирование влияния трансформаций экосистем Приаралья на окружающую среду //VII Международная научная конференция «Приоритетные направления в области науки и технологий в XXI веке» 30-31 мая 2014 г. Ташкент: «CHINORENK», 2014. – С.75 –79.

47. Тлеумуратова Б.С., Мамбетуллаева С.М. Системный подход в экологическом образовании // Международная научно-практическая конференция «ИННОВАЦИЯ -2014» 22-24 октябрь – 2014. – С.47.– 48.

48. Тлеумуратова Б.С. Системное моделирование экологических процессов //Международная научно-практическая конференция «ИННОВАЦИЯ -2014» 22-24 октябрь – 2014. – С.318– 320.

49. Тлеумуратова Б.С., Мамбетуллаева С.М., Мустафаева Р. Моделирование выноса солей с обсохшего дна Аральского моря и его последствий // X-Международная научная конференция. Москва.–2015.– №10.– С.238 – 242.

50. Tleumuratova B.S. System modelling of complex ecological-meteorological processes //Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2015. – №5 – 6.– May-June. – pp.40 – 42.

51. Tleumuratova B.S. Die Aralkrise und die Prozesse der Niederschlagsbildung // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2015. – №5 – 6.–May-June. – pp.42 – 44.

52. Тлеумуратова Б.С., Бекназарова Г. Динамика засоленности обсохшего дна Аральского моря //Сборник материалов VI международной научно-практической конференции «Проблемы рационального использования и охрана биологических ресурсов Южного Приаралья» 15-16 июля 2016 г.Нукус: «Илим», 2016. С.52–53.

53. Tleumuratova B.S.,Mambetullaeva S., Mustafaeva R.,Beknazarova G. Syste modelling of ecological-meteorological processes //American Scientific Journal, 2016, № 6, p. 34-35.

54. Тлеумуратова Б.С., Мамбетуллаева С.М., Мустафаева Р., Курбанов У.И. The ecosystems transformations in the southern Priaralie // American Scientific Journal, 2016, №7, p. 11-15.

Афтореферат «Ўзбекистон География жамияти ахбороти» журналида  
тахрирдан ўтказилди

Бичими 60x84<sup>1/16</sup>. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табағи: 4. Адади 100. Буюртма № 21.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.