

Е. В. БОГОЛЮБОВА  
Ғ. Т. СУЛЕЙМЕНОВА

# ДИНАМИКАЛЫҚ МЕТЕОРОЛОГИЯ НЕГІЗДЕРІ



Оқу құралы

ӘОЖ 551 (075)  
КБЖ 26.23 я 73  
Б 68

*Баспаға әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті  
география және табиғатты пайдалану факультетінің  
Ғылыми кеңесі және Редакциялық-баспа кеңесі  
шешімімен ұсынылған  
(№4 хаттама 29 желтоқсан 2017 жыл)*

**Пікір жазғандар:**

география ғылымдарының кандидаты, доцент *Д.К. Джусунбеков*  
география ғылымдарының кандидаты *Н.У. Бултеков*

Орыс тілінен аударған *Ф.Т. Сулейменова*

**Боголюбова Е.В.**

Б 68 Динамикалық метеорология негіздері / Е.В. Боголюбова, Ф.Т. Сулейменова; орыс тілінен ауд. Ф.Т. Сулейменова. – Алматы: Қазақ университеті, 2018. – 174 б.  
**ISBN 978-601-04-3338-0**

Бұл оқу құралында динамикалық (теориялық) метеорологияның жалпы принциптері, теориялық ережелері және міндеттері қарастырылады. Векторлы талдау мен өріс теориясы ұғымдарының негізінде атмосфераға гидротермодинамиканың заңдарын қолдану талданады. Атмосфералық қозғалыстарды термодинамикалық әдістермен зерттейтін, атмосфера туралы физикалық ғылым ретінде динамикалық метеорологияның қалыптасу тарихы келтіріледі. Атмосферадағы процестерді сипаттайтын гидротермодинамиканың теңдеулер жүйесі физиканың іргелі заңдарынан – импульстің немесе қозғалыс мөлшерінің, салмақтың және энергияның сақталу заңдарынан шығарылады. Бұл ғылым ауа райын болжаудың ғылыми негізі болып табылады. Оқу құралында теориялық білімдерін бекіту үшін есептер мен бақылау сұрақтары ұсынылған.

Оқу құралы бағдарламаға сәйкес жазылған және бакалавриаттың метеоролог студенттеріне арналған. Сондай-ақ гидрологтың, океанологтың, геофизиктің студенттері мен мамандарына және атмосфераны зерттеудің теориялық әдістеріне қызығатын барлық мамандарға пайдалы болуы мүмкін.

**ӘОЖ 551 (075)  
КБЖ 26.23 я 73**

ISBN 978-601-04-3338-0

© Боголюбова Е.В., Сулейменова Ф.Т., 2018  
© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2018

**МАЗМҰНЫ**

АЛҒЫ СӨЗ .....	6
КІРІСПЕ .....	8
1. Динамикалық метеорологияның даму тарихы .....	8
2. Атмосфераны зерттеу барысында қолданылатын гипотезалар. Динамикалық метеорология пәні .....	39
Бақылау сұрақтары .....	42
1-тарау. МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ШАМАЛАР МЕН ОЛАРДЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ ӨРІСІ.....	43
1.1. Скалярлық және векторлық өрістер .....	43
1.2. Скалярлық аргументтің скалярлық және векторлық функциясы .....	45
1.3. Векторларды қосу және азайту .....	47
1.4. Вектордың модулі .....	47
1.5. Годограф .....	48
1.6. Скалярлық аргументтің скалярлық функциядан туындысы .....	49
1.7. Скалярлық аргументтің векторлық функциядан туындысы .....	50
1.8. Скалярлық және векторлық өрістердің кейбір сипаттамалары: ағын, деңгей беті, ағыс сызығы .....	51
1.9. Векторларға амалдарды қолдану .....	55
1.10. Векторларды дифференциалдау ережелері.....	58
1.11. Жеке, жергілікті және геометриялық туындылар .....	59
1.12. Скалярлық өрістің градиенті.....	62
1.12.1. Градиенттің қасиеттері .....	66
1.13. Векторлық өрістің дивергенциясы .....	66
1.13.1. Дивергенцияның қасиеттері.....	69
1.14. Векторлық өрістің құйыны; вектордың циркуляциясы .....	70
1.14.1. Құйынның қасиеттері .....	73
1.14.2. Түзу сызықты ағыс сызығы өрісіндегі құйын .....	74
1.15. Гамильтон («набла»), Лаплас және Якоб операторлары .....	75
Бақылау сұрақтары .....	80
2-тарау. АТМОСФЕРАДА ӨРЕКЕТ ӨТЕТІН КҮШТЕР .....	82
2.1. Абсолютті (инерциялық) және оң жақ жергілікті декарттық координаттар жүйесі .....	82
2.2. Сфералық координаттар жүйесі .....	84

2.3. Жергілікті изобаралық координаттар жүйесі .....	84
2.4. Натуралды координаттар жүйесі .....	86
2.5. Атмосферада әрекет ететін күштердің жіктелуі .....	89
2.6. Ауырлық күші .....	92
2.6.1. Жалпы ережелер .....	92
2.6.2. Ауырлық күшінің $\vec{G}$ жердің ендігіне тәуелділігі .....	94
2.6.3. Ауырлық күшінің $\vec{G}$ материалдық нүкте мен Жердің орталығы арасындағы қашықтыққа тәуелділігі .....	96
2.6.4. Ауырлық күшінің $\vec{G}$ атмосфераның меншікті айналу жылдамдығына тәуелділігі .....	97
2.7. Жердің айналуының ауытқыту күші немесе Кориолис күші .....	98
2.8. Кориолис күшінің әрекет етумен ғана болатын бөлшектің қозғалысы .....	103
2.9. Қысым градиенті күші .....	104
2.10. Ортадан тебу күші және оның қозғалысқа әсері .....	106
2.11. Тұтқырлық күштері; тұтқыр кернеулердің тензоры және деформациялардың жылдамдығы .....	107
2.12. Үштен екі заңы .....	112
Бақылау сұрақтары .....	114

### 3-тарау. АТМОСФЕРАНЫҢ ГИДРОТЕРМОДИНАМИКА

ТЕНДЕУЛЕРІ .....	116
3.1. Идеалды газ күйінің теңдеуі (құрғақ ауа үшін) .....	116
3.2. Ылғалды ауа үшін күй теңдеуі .....	117
3.3. Статика теңдеуі .....	118
3.4. Термодинамиканың бірінші бастамасы түріндегі жылу ағынының теңдеуі .....	120
3.5. Навье және Навье-Стокс түріндегі қозғалыс теңдеуі .....	124
3.6.1. Үздіксіздік теңдеуі .....	130
3.6.2. Үздіксіздік теңдеуінің басқа түрлері .....	133
3.7. Ылғалдың тасымалдану, коспалардың тасымалдану теңдеулері .....	135
3.8. Навье түріндегі турбуленттік емес тұтқыр атмосфера үшін гидротермодинамиканың теңдеулер жүйесі .....	137
3.9. Навье – Стокс түріндегі гидротермодинамиканың теңдеулер жүйесі .....	140
Бақылау сұрақтары .....	142

4-тарау. ТУРБУЛЕНТТІ АТМОСФЕРА ҮШІН ГИДРОТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ ТЕНДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІ .....	143
4.1. Атмосфералық қозғалыстардың жіктелуі .....	143
4.2. Атмосфералық турбуленттілік туралы түсінік .....	144
4.3. Турбуленттіліктің пайда болуы .....	145
4.4. Атмосфераның гидротермодинамика теңдеулерін орташалау принциптері .....	149

4.5. Атмосфера гидротермодинамикасының орташаланған теңдеулері .....	152
Бақылау сұрақтары .....	158

### 5-тарау. ТӘЖІРИБЕ САБАҚТАРЫ ҮШІН ТАПСЫРМАЛАР .....

5.1. Ақырғы айырымдардың көмегімен туындыларды есептеу .....	159
5.2. Скалярлық өрістің градиенті .....	162
5.3. Дивергенция, құйын, лапласиан .....	164
5.4. Атмосфера гидротермодинамикасының теңдеулері .....	170

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ .....	173
-----------------------------	-----

Оқу басылымы

Боголюбова Елена Валентиновна  
Сулейменова Ғайни Төлөпбергенқызы

## **ДИНАМИКАЛЫҚ МЕТЕОРОЛОГИЯ НЕГІЗДЕРІ**

*Оқу құралы*

Орыс тілінен аударған  
Сулейменова Ғайни Төлөпбергенқызы

Редакторы *К. Мухадиева*  
Компьютерде беттеген және  
мұқабасын безендірген *Ф. Қалиева*

Мұқабаны безендірудегі сурет  
[www.8665terra.com](http://www.8665terra.com) сайтынан алынды.

**ИБ №11922**

Басуға 11.05.2018 жылы қол қойылды. Пішімі 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Көлемі 10,87 б.т. Офсетті қағаз. Сандық басылым. Тапсырыс №1936.

Таралымы 50 дана. Бағасы келісімді.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің  
«Қазақ университеті» баспа үйі.

050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

«Қазақ университеті» баспа үйі баспаханасында басылды.