

Эти уравнения и замѣняютъ уравнения Gulberg'a и Mohn'a путемъ интеграціи основныхъ уравненій. Экпер получилъ траекторію воздушныхъ массъ, при чемъ оказалось, что должно наступить колебательное движеніе даже при прямолинейныхъ изобарахъ; случай станціонарнаго потока является невѣроятнымъ.

Въ соответствии съ этимъ находятся результаты наблюденій Dines'a¹⁾ надъ внутренней структурой вѣтра при помощи Sang-anemometr'a, приспособленнаго для регистраціи. Пользуясь своимъ самописцемъ во время поднятій змѣевъ, Dines показалъ, кромѣ того, убываніе бурнаго характера вѣтра съ высотой: такъ, если частоту порывовъ вѣтра отъ 0 до 500 англійскихъ футовъ принять за 100, то на высотѣ 1000—2000 она падаетъ до 44%, на 2000—3500 до 30%.

Въ 6-й же книгѣ Налп излагаетъ взгляды англійскихъ метеорологовъ Shaw, Dines'a, Cave'a и другихъ на измѣненіе разности давленія между областями высокаго и низкаго давленія съ высотой, приведшее къ установленію наиболѣе дѣятельнаго слоя атмосферы, такъ называемой „Субстратосферы“, обусловливающей, по ихъ мнѣнію, главнѣйшимъ образомъ смѣну барическихъ системъ и характеръ погоды у земной поверхности.

Обозначимъ, гдѣ-нибудь, но на одномъ и томъ же уровнѣ въ областяхъ maximum'a и minimum'a низкое давленіе черезъ p , высокое черезъ $p + \Delta p$ и будемъ искать измѣненіе разности давленія съ возрастаніемъ высоты (Shaw-Journal Scottish Met. Soc. vol. XVI)

тогда:
$$dp = -\rho dh; \quad d(p + \Delta p) = -(\rho + \Delta \rho)dh,$$

гдѣ ρ — вѣсъ единицы объема воздуха;

отсюда
$$d(\Delta p) = -\Delta \rho dh,$$

но
$$\rho = \frac{1}{v} = \frac{P}{R \cdot T}$$

и
$$d\rho = \frac{p}{R \cdot T} \left(\frac{dp}{P} - \frac{dt}{T} \right)$$

при чемъ dp и dt въ данномъ случаѣ представляютъ измѣненія p и t между областями maximum'a и minimum'a, т.-е. берутся по горизонтальному направленію.

Окончательно имѣемъ:

$$\frac{d(\Delta p)}{dh} = \frac{p}{R \cdot T} \left(\frac{dt}{T} - \frac{dp}{P} \right) = 0.0341 \frac{P}{T} \left(\frac{dt}{T} - \frac{dp}{P} \right).$$

Это уравненіе даетъ измѣненіе разности давленій между вертикалями къ обѣимъ областямъ на единицу измѣненія высоты.

Выраженію въ скобкахъ въ послѣдней формулѣ Shaw придаетъ особое

¹⁾ Dines—Report of Wind Structure. Aeroneutics 1911 London.

значение для динамики атмосферы: изменение этой разности съ высотой происходит действительно замѣчательнымъ образомъ.

Въ нижнихъ и среднихъ частяхъ тропосферы области maximum'овъ обычно теплѣе областей minimum'овъ; такимъ образомъ, dp и dt имѣютъ одинаковые знаки, и все выражение $\frac{dt}{T}$ и $\frac{dp}{P}$ имѣетъ положительный знакъ. выше

9 klm. это соотношение какъ показалъ Teisserenc de Bort, изменяется: антициклоны становятся холоднѣе, и все выражение, перейдя черезъ нуль гдѣ-нибудь на высотѣ до 9 klm., становится отрицательнымъ и начинаетъ быстро возрастать по абсолютной величинѣ; однако, надъ областями minimum'овъ стратосфера начинается съ болѣе низкаго уровня, чѣмъ надъ maximum'ами вследствие чего градиентъ надъ циклонами, перешедшими уже въ стратосферу, становится чрезвычайно малымъ и даже мѣняетъ свой знакъ, въ то время, какъ на той же высотѣ надъ антициклонами имѣется еще тропосфера и температура продолжаетъ убывать. Это ведетъ къ тому, что dt быстро выравнивается, и изслѣдуемое выражение снова замедляетъ свой ростъ.

Такимъ образомъ, въ большей части тропосферы эффектъ вертикальнаго измененія $\frac{d(\Delta p)}{dh}$ малъ, исключая нижніе слои областей высокаго давленія съ холодомъ у земной поверхности, и постепенно обращается въ нуль; съ высотой приблизительно около 9 klm и до 11 происходитъ наибольшій его ростъ, который затѣмъ снова замедляется.

Съ такой схемой совпадаютъ наблюденія Caye'a и Perpleg'a, нашедшихъ maximum силы вѣтра какъ разъ у начала стратосферы, при чемъ въ болѣе высокихъ слояхъ наступаетъ быстрое ея убываніе; это же подтверждается изслѣдованіями Köppen'a и Wedemeyer'a.

Въ связи съ изложеннымъ, уместно указать на вытекающее отсюда коренное измѣненіе во взглядахъ на причины метеорологическихъ процессовъ: въ то время какъ въ недавнее время всѣ атмосферныя возмущенія сводились къ различію температуръ у земной поверхности, теперь ихъ зарожденіе переносится на высоту 9—11 klm, и первенствующая роль приписывается конвекціоннымъ токамъ воздуха различнаго происхожденія, что Shaw формулируетъ слѣдующимъ образомъ: „динамика атмосферы обуславливается субстратосферой; физика относится къ болѣе низкимъ слоямъ“.

Въ главахъ VI книги, касающихся общей циркуляціи атмосферы, Нанп, давая обзоръ новѣйшихъ наблюденій въ тропическихъ областяхъ, приходитъ къ выводу, что въ настоящее время достаточно хорошо освѣдомлены о горизонтальныхъ и вертикальныхъ теченіяхъ между тропиками, при чемъ, однако, условія оказались сложнѣе, чѣмъ думали раньше; послѣднее хорошо видно, напримѣръ, изъ распредѣленія вѣтровъ надъ Явою, согласно наблюденіямъ van Bemmelen'a ¹⁾.

Съ октября по ноябрь — SE до 5½ klm. (пассатъ).

выше NE до 17 klm. (антипассатъ).

Съ декабря по февраль — W до 5 klm. (мусонъ)

выше SE до 9 klm. (пассатъ)

выше NE до 17 klm. (антипассатъ)

выше SE до 22 klm. („верхній пассатъ“ по van Bemmelen'y).

¹⁾ Van Bemmelen — Die Erforschung des tropischen Luftozeans in Niederl. Ostindien Luftfahrt und Wissenschaft. Heft 5 Berlin 1913.

Съ марта по апрѣль — NW и SW до 6 klm. (мусонъ)
 выше SE до 10 klm. (пассать)
 выше NE (антипассать).
 Съ мая по сентябрь — SE до 3 klm. (пассать)
 выше NE до 16 klm. (антипассать)
 выше „верхній пассать“ съ мощнымъ промежу-
 точнымъ слоемъ западныхъ вѣтровъ, найденнымъ также Berson'омъ въ эква-
 торіальной Африкѣ.

Для вѣтропическихъ областей интересны таблицы Ferriera — паденія
 давленія въ mm. между экваторомъ и полюсомъ на различныхъ широтахъ:

Высота въ klm.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	19	20
10°N—30°N ...	6	5	4	2	0.5	-1	-2	-3	-4	-4	-5	-5	-5.4	-5	-5	-4	-2	-2
30°N—50°N ...	-5	-6	-8	-8	-8	-8	-9	-9	-9.3	-9	-9	-8	-6	-6	-4	-3	0	0

Такимъ образомъ, существующее паденіе давленія, которому слѣдуетъ пассать, на поверхности имѣетъ наибольшую величину, затѣмъ уменьшается и на высотѣ 4-хъ klm. переходитъ въ паденіе, направленное къ полюсу; послѣднее достигаетъ maximum'a на высотѣ 12 klm. и, можетъ быть, снова мѣняетъ знакъ на высотѣ 20 klm.; паденіе давленія между субтропическимъ антициклономъ и высокими широтами, т.е паденіе для западнаго вѣтра высокихъ широтъ, растетъ до 8 klm, остается почти постояннымъ до 11 klm., затѣмъ убываетъ и исчезаетъ совершенно на высотѣ 20 klm. Эта высота является тѣмъ уровнемъ, на которомъ прекращается дѣломъ общая циркуляция между полюсомъ и экваторомъ.

Что касается наблюденій въ арктическихъ странахъ, то они не подтверждаютъ существованіе западнаго вѣтра въ высокихъ слояхъ, что является противорѣчіемъ обычной схемѣ общей циркуляціи въ областяхъ большаго полярнаго вихря. Напримѣръ, изъ пилотныхъ наблюденій швейцарской экспедиціи 1912/13 г.г. подъ начальствомъ de Quervain слѣдуетъ, что въ высокихъ слояхъ господствуетъ южный вѣтеръ, включеніе котораго въ наши прежнія представленія не легко и, по мнѣнію Hann'a, должно быть сведено въ данномъ случаѣ къ дѣйствию minimum'a надъ Девисовымъ проливомъ и maximum'a надъ Гренландіей; аэрологическія изслѣдованія на Шпицбергенѣ, предпринятія Hergesell'емъ при помощи пилотовъ и змѣвъ, дали слѣдующее распределеніе вѣтровъ:

Высота въ klm.	2	5	8
Среднее направленіе...	N 9°E	N 10°W	S 63°W
Средняя сила m./sec...	1.70	0.85	1.34

Такимъ образомъ, ожидаемаго господства западныхъ вѣтровъ не найдено.

Въ V книгѣ „О возмущеніяхъ въ атмосферѣ“, Паппомъ приведены какъ новѣйшія общія идеи, о возникновеніи и развитіи барическихъ системъ, высказанныя за это время Ekholm'омъ, Körren'омъ, Meinertsdus'омъ, Срезневскимъ, Hellmann'омъ Ficker'омъ и другими, такъ и большое количество данныхъ и таблицъ касающихся разнообразныхъ вопросовъ: распредѣленія вѣтровъ въ различныхъ частяхъ циклоновъ и его скоростей, скорости движенія maximum'овъ и minimum'овъ, осадковъ въ депрессіяхъ, путей циклоновъ и т. п.

Мы отмѣтимъ лишь приведенныя экспериментальныя работы W. Schmidt'a надъ втеканіемъ холодныхъ массъ воздуха въ болѣе теплый, имѣющія цѣлью объяснить происхожденіе и свойства шкваловъ. Работы эти представляютъ интересъ еще и потому, что относятся къ пока небольшой, но многообѣщающей области эксперимента въ метеорологіи и геофизикѣ.

Производя свои изслѣдованія, W. Schmidt нашелъ, что холодныя массы движутся подъ теплыми не клинообразно, какъ предполагали раньше, но прониканіе ихъ происходитъ въ формѣ гребня, появляющагося уже при разности температуръ въ 7° ; форма гребня измѣняется съ измѣненіемъ температуры; нашедшійся передъ волной шквала воздухъ поднимается вверхъ, чѣмъ объясняется мощная облачность и осадки шквала; maximum'ныя скорости получаютъ на нѣкоторомъ разстояніи позади гребня.

Скорость движенія холодныхъ массъ зависитъ отъ ихъ мощности и разности температуръ. Высота гребня, при одинаковой разности температуръ, пропорціональна квадрату скорости, какъ это слѣдуетъ изъ закона Helmholtz'a.

Поэтому:

$$h = cv^2$$

или

$$v = c\sqrt{h}$$

Schmidt нашелъ изъ опытовъ постоянное c' :

для $dt = 2^{\circ}$	7°	14°
$c' = 0.74$	1.5	2.36

гдѣ v —въ klm./часъ, h —въ metr'ахъ.

Въ природѣ обыкновенно наблюдается v , а h неизвѣстно; однако, его можно вычислить по измѣненію давленія при прохожденіи шквала и по разности температуръ. Schmidt нашелъ слѣдующее соотношеніе:

$$h = \frac{db}{dt} \cdot T \cdot z,$$

гдѣ T —средняя абсолютная температура столба воздуха, z —барическая ступень. Ficker нашелъ полное совпаденіе съ наблюденіями, приложивъ эту формулу къ шквалу 11-го мая 1911 г. въ Баваріи (наблюденная скорость—55 klm./часъ; вычисленная—54).

Переходя ко второй области интенсивнаго развитія метеорологіи—изслѣдованіямъ высокихъ слоевъ, —остановимся на нѣкоторыхъ изъ собранныхъ въ „Курсѣ“ данныхъ: Въ пятой главѣ I книги „О температурныхъ условіяхъ верхнихъ слоевъ атмосферы“ Süring приводитъ таблицы среднихъ среднѣ-

поверхности“ приведены интересные таблицы изъ книги Emden'a ¹⁾, касающіяся значенія для земной поверхности тепловаго излученія самой атмосферы, изъ которыхъ обнаруживается, что для широтъ отъ 0° до 30° годовое излученіе атмосферы на земную поверхность немногимъ меньше годового прихода тепла непосредственно отъ солнца на границѣ атмосферы; для болѣе высокихъ широтъ первое начинаетъ, преобладать, — такъ, напримѣръ, въ январѣ Средняя Европа получаетъ отъ излученія атмосферы въ 2—3 раза больше тепла, чѣмъ отъ солнца. На то же обстоятельство указываютъ изслѣдованія Angstrom'a, установившаго, что диффузное излученіе неба къ землѣ всегда больше, чѣмъ излученіе земли къ небу.

Вычисляя среднее давленіе для всей поверхности, Папп, пользуясь величинами его, приведенными къ уровню моря и нормальной силѣ тяжести, получаетъ величину 758 mm., при чемъ, однако, она не соответствуетъ дѣйствительной массѣ воздуха, находящейся надъ земной поверхностью; принимая во вниманіе среднее возвышеніе твердой оболочки надъ уровнемъ моря, получаютъ слѣдующія величины:

	Среднее возвышеніе.	Среднее давленіе.	Истинное давленіе.
Сѣверное полушаріе	296 mm.	759,7 mm.	733,3 mm.
Южное полушаріе	183,5 mm.	756,8 mm.	740,4 mm.

Такимъ образомъ, надъ южнымъ полушаріемъ слой воздуха почти на 7 mm. ртутнаго столба мощнѣе; среднее давленіе надъ всей земной поверхностью принимается равнымъ 737 mm.

Въ первой половинѣ 4-й главы третьей книги приводятся изслѣдованія скорости паденія дождевыхъ капель Lénard и Schmidt дали экспериментальныя величины скорости паденія въ предѣлахъ ихъ радіуса отъ $r = 0,001$ см. для котораго $v = 0,10$ см./сек. до $r = 0,175$ см. когда $v = 0,74$ см./сек.; при дальнѣйшемъ увеличеніи радіуса капли, какъ извѣстно, при паденіи претерпѣваетъ деформацию, и скорость ея паденія уменьшается, при чемъ максимальной скорости 8 см./сек. капли достигаютъ при радіусѣ равномъ 0,225 см.; отсюда слѣдуетъ, между прочимъ, что восходящій токъ въ атмосферѣ скоростью въ 8 см./сек. можетъ удержать отъ паденія самыя большія капли.

Stokes далъ формулу паденія водяного шарика въ воздухѣ средней плоскости:

$$v = 1.26 r^2 10^6, \text{ гдѣ } v \text{ и } r \text{ выражены въ см.,}$$

которая была проверена экспериментально въ предѣлахъ отъ $r = 0,001$ см. до $r = 0,00016$. Впоследствии эта формула была улучшена Cunningham'омъ и Mc. Kennan'омъ ²⁾, при чемъ было принято во вниманіе скольженіе капли. Mc. Kennan далъ формулу для очень малыхъ значеній r , гдѣ скольженіе играетъ первенствующую роль:

$$v = c \sqrt{r \delta : d}$$

гдѣ $c = \text{Constans}$, δ — удѣльный вѣсъ тѣла, d — плотность воздуха.

Принимая для земной поверхности $C = 1344$ см.; $\delta = 0,86$ (для льда),

¹⁾ Emden—Ueber Strahlungsgleichgewicht und atmosphärische Strahlung München 1913 г.

²⁾ Proc. R. Soc. 83, A. 1910. 357 и Phys. Zeitschr. XIII. 106. 1912.

получимъ приблизительно для водяныхъ капель $v = 1344 \sqrt{r}$; для градовыхъ зеренъ $v = 1246 \sqrt{r}$; для большихъ высотъ вводится множитель $\sqrt{\frac{B}{b}}$.

Наконецъ, приводится экспериментальная формула Schmidt'a, имѣющая значеніе для всякихъ r и для его малыхъ значеній, переходящая въ формулу Stokes'a:

$$v = 1 : (0.00787 : r^2 + 0.159 : \sqrt{r}).$$

Мы закончимъ свой обзоръ краткимъ изложеніемъ третьей главы третьей книги „Облака, ихъ формы и возникновеніе“, написанной Süring'омъ.

Въ началѣ главы Süringъ дѣлаетъ замѣчаніе о классификаціи облаковъ Howard'a и объясняетъ ея долговѣчность чрезвычайно удачнымъ выборомъ различій классовъ по ви́шнему виду, въ которые внослѣдствіи оказалось возможнымъ вложить физическое и генетическое значеніе.

Напримѣръ, формы Cumulus, выдѣленные Howard'омъ по ихъ темному и плотному покрову, классифицированы въ настоящее время также въ отдѣльный классъ „облаковъ восходящихъ токовъ“. Слоистыя облака въ ихъ генетическомъ значеніи образуютъ классъ „облаковъ горизонтальныхъ токовъ“ и т. д.

Указывая на обнаружившееся въ послѣднее время стремленіе къ болѣе детальной классификаціи облаковъ, Süringъ приводитъ наиболѣе установленныя названія добавочныхъ формъ: 1) „Волнистыя облака“ (Undulatus) различныхъ типовъ, появляющіяся передъ депрессіями и своимъ радіантомъ указывающія направление къ ея центру; 2) „Облака нисходящихъ токовъ“ (Ci Cu. ACu, AS—lenticularis, или margarodes (облака фена, отрицательныя Ci Cu по Süring'у); 3) „Облачныя шапки“ и Falsi Cirri; 4) „Динамическія Cumuli“ (ACu—castellati), характеризуемая какъ Cumuli, не связанная съ непосредственно отъ земли поднимающимися восходящими токами; 5) Mammato-Cumuli (Pestoon Cloud, pocket cloud). Изъ способовъ опредѣленія высоты облаковъ Süringъ считаетъ фотограмметрический настолько болѣе точнымъ, что прежнія опредѣленія имѣютъ, по его мнѣнію, скорѣе историческое значеніе.

Что касается современныхъ теорій образованія облаковъ, то наибольшія трудности встрѣчаются при объясненіи возникновенія Cirrus'овъ. Süringъ указываетъ, что наиболѣе ясно образованіе волоконъ Cirrus и Cirro-Stratus надъ ограниченными областями низкаго давленія, напримѣръ, надъ грозовыми облаками; въ этомъ случаѣ Cirri представляютъ собою пути оттекающихъ въ верхнихъ слояхъ отъ центра воздушныхъ массъ; оттеканіе можетъ, повидимому, въ нѣкоторыхъ случаяхъ происходить на меньшихъ высотахъ, что приводитъ къ образованію Falsi-Cirri.

Однако, Cirri не всегда являются продуктами близкой или далекой депрессіи, образовываясь иногда при ясномъ небѣ, на глазахъ наблюдателя, они представляютъ самостоятельныя облачныя образованія и притомъ чрезвычайно частыя. При объясненіи такихъ типовъ слѣдуетъ имѣть въ виду, что новѣйшія поднятія показали, что въ высокихъ слояхъ почти постоянно имѣется тонкій слой ледяныхъ иль, незамѣтныхъ для земного наблюдателя и лишь незначительно мѣняющихъ видимую окраску небеснаго свода. Такимъ образомъ, матеріалъ для образованія Cirrus всегда имѣется; непосредственнымъ поводомъ къ образованію можетъ послужить перемѣшиваніе на границахъ различно движущихся массъ воздуха, что приведетъ къ образованію Cis или „полосъ паденія“, т. е. Cirrus типовъ „нитей“, „конскихъ гривъ“, „полосъ“

и т. п. Shaw указывает, что $Cirri$ типа ACu , въ видѣ волнъ, могутъ образовываться вслѣдствіе пониженія давленія въ субстратосферѣ.

Прив.-доц. С. Бастамовъ.

Рождествено.
Августъ 1918 г.

/ Вычисленіе и измѣреніе самоиндукціи и емкости.

(W. H. Nottage. *The calculation and measurement of inductance and capacity* London 1917).

Огромный теоретическій и опытный матеріалъ по расчету и измѣренію самоиндукціи и емкости, накопившійся за многіе годы въ физическихъ и техническихъ журналахъ и весьма разнородный по качеству, давно нуждается въ критической обработкѣ и систематической сводкѣ. Книга *Nottage*'а въ значительной мѣрѣ удовлетворяетъ этой нуждѣ, являясь довольно полнымъ сборникомъ формулъ и схемъ, предложенныхъ до послѣдняго времени (1916 г.).

Къ сожалѣнію, авторъ ограничился только сопоставленіемъ окончательныхъ результатовъ, не давая выводовъ и, что особенно непріятно, не всегда указывая степень точности формулъ. Отсутствуетъ также и критическое сравненіе методовъ измѣреній. Въ этомъ отношеніи книга значительно уступаетъ соответствующимъ сводкамъ въ книгахъ *Fleming*'а и *Eccles*'а. Необходимые для практическаго пользованія формулами таблицы и графики не всегда приведены; вмѣсто этого слѣдуютъ ссылки на соответствующую журнальную литературу. Это обстоятельство въ значительной мѣрѣ лишаетъ книгу практической самостоятельности.

Довольно много страницъ посвящено чисто радиотелеграфнымъ измѣреніямъ и расчетамъ; имѣется, напр. рядъ замѣчательныхъ формулъ для расчета емкости радиотелеграфныхъ сѣтей, предложенныхъ въ послѣднее время *Нотте*. Въ послѣдней главѣ книги описываются различные эталоны и приборы, необходимые для точныхъ измѣреній: альтераторъ *Duddell*'а, „мехрохроматоръ“ переменнаго тока *Fleming*'а и *Duke*'а, гальванометры, электрометры, телефоны и т. д.

Есть нѣкоторые досадные пропуски, отсутствуетъ, напримѣръ, одна изъ наиболѣе общихъ и точныхъ формулъ для расчета самоиндукціи концентрической катушки *Raighley*'а.

Во всякомъ случаѣ, однако, книга закрываетъ существенный пробѣлъ въ рядѣ необходимыхъ справочниковъ каждой физической и электро-технической лабораторіи.

С. Вавиловъ.