1758
551.5
888

Проф. П. И. Броуновъ.

ОСНОВАНІЯ УЧЕНІЯ

О

ПОГОДѢ.

13013
ПЕРЕВІРКА

САНКТПЕТЕРБУРГЪ.
ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.
Вас. Остр., 9 лин., № 12.
1892.

УРСР—НИЗС
Бібліотека

+858

ОСНОВАНІЯ УЧЕНІЯ О ПОГОДѢ.

Подъ *погодою* подразумѣваютъ состояніе атмосферы въ данномъ мѣстѣ, въ данное время, т. е. температуру воздуха, упругость или давленіе его, влажность, направленіе и силу вѣтра, состояніе неба и проч. Каждый изъ насъ знаетъ, какова погода въ томъ мѣстѣ, гдѣ онъ находится, а чтобы узнать какова она въ другихъ мѣстахъ, надо взглянуть на *метеорологическую карту* даннаго дня. Такія карты издаются центральными метеорологическими учрежденіями (напримѣръ Главной Физической Обсерваторіей въ Петербургѣ [1]), а также печатаются въ нѣкоторыхъ газетахъ. Каждая метеорологическая карта показываетъ, какова погода въ разныхъ мѣстахъ болѣе или менѣе обширной области (напримѣръ Европы) въ данное время (обыкновенно карты составляются для 7 часовъ утра и 9 часовъ вечера). Метеорологическія карты служатъ основою при изученіи законовъ измѣненія погоды и потому съ самаго начала мы должны познакомиться съ составленіемъ ихъ.

На обыкновенную географическую карту, на которой небольшими кружками или квадратиками указаны положенія метеорологическихъ станцій, наносятся произведенныя на этихъ станціяхъ въ данный часъ, напримѣръ въ 7 час. утра, метеорологическія наблюденія. *Облачность* наносится по 4-хъ-бальной системѣ: если все небо покрыто облаками, то весь кружокъ или квадратикъ затушевывается, если $^3/_4$ неба, то затушевывается $^3/_4$ кружка и т. д. Кружокъ или квадратикъ не затушеванные обозначаютъ ясное небо. Дождь обозначается точкою, которую ставятъ при кружкѣ, снѣгъ—звѣздочкою, градъ—треугольникомъ и проч. [2]). *Направленіе вѣтра* обозначается стрѣлкою. Стрѣлка

1) Для примѣра редакція сочла полезнымъ приложить здѣсь метеорологическій Бюллетень Главной Физической Обсерваторіи.

2) Подробнѣе объ этихъ знакахъ см. Метеорологическій Бюллетень Главной Физической Обсерваторіи, или Лѣтописи Главн. Физ. Обсерваторіи.

показываетъ куда дуетъ вѣтеръ. *Сила вѣтра* обозначается по 6-ти-бальной, а иногда по 12-ти-бальной системѣ маленькими черточками, которыя ставятъ при концѣ стрѣлки. При кружкахъ наносятся *температуры* воздуха, обыкновенно выраженныя въ градусахъ Цельсія, причемъ иногда проводятъ линіи равныхъ температуръ или изотермы, а также наносятся показанія *барометровъ*, исправленныя постоянною поправкою прибора и приведенныя къ температурѣ 0.

При нанесеніи показанія барометра на карту, послѣдній *приводятъ къ уровню моря*. Привести барометръ къ уровню морю, значитъ, вычислить, сколько онъ показалъ бы, если бы станція опустилась по вертикальному направленію до уровня (продолженнаго) моря, гдѣ, конечно, давленіе воздуха было бы иное (т. е. больше), чѣмъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ она въ дѣйствительности находится. Это приведеніе дѣлается помощью особыхъ формулъ [1]).

Только послѣ приведенія барометровъ къ уровню моря показанія ихъ наносятъ на карту. Пункты съ равными показаніями барометровъ соединяютъ обыкновенно линіями, которыя называютъ *линіями равныхъ упругостей воздуха* или *изобарами*. Изобары проводятся обыкновенно черезъ пять миллиметровъ, напримѣръ изобара, соединяющая мѣста, въ которыхъ упругость воздуха 760 милл., изобара 755 мм., 750 мм. и проч. Промежуточныхъ изобаръ не проводятъ, чтобы не затемнить карты.

Нѣсколько дальше мы разсмотримъ нѣкоторыя метеорологическія карты, теперь же постараемся уяснить связь, существующую между распредѣленіемъ упругости воздуха по горизонтальному направленію и вѣтромъ, лежащую въ основѣ ученія о погодѣ и открытую, благодаря метеорологическимъ картамъ, вскорѣ послѣ того, какъ онѣ начали составляться [2]).

Представимъ себѣ у поверхности океана, или на одной высотѣ надъ нею, рядомъ, двѣ массы воздуха различныхъ упругостей. Въ покоѣ онѣ, очевидно, остаться не могутъ, такъ какъ онѣ давятъ другъ на друга съ различными силами: воздухъ будетъ двигаться отъ массы съ большею упругостью къ массѣ съ меньшей. Произойдетъ движеніе воздуха, называемое *вѣтромъ*. Если же массы будутъ одинаковыхъ

---

1) A. Sprung, Lehrbuch der Meteorologie, 1885, стр. 69 и 79. Также см. Rühlmann, Die barometrischen Höhenmessungen, 1870 и Р. Бергманъ и А. Барановскій, объясненіе и употребленіе гипсометрическихъ таблицъ. Таблицы для вычисленія метеорологическихъ наблюденій, приложеніе къ инструкціи для метеорологическихъ станцій г. Вильда.

2) Метеорологическія карты начали составляться въ астрономической обсерваторіи въ Парижѣ при Леверье въ 1855 году.

упругостей, то вѣтра не будетъ. Это явленіе сходно съ тѣмъ, которое происходитъ въ обыкновенныхъ мѣхахъ. Положимъ, что доски мѣховъ раздвинуты. Никакого движенія воздуха ни изнутри, ни внутрь не будетъ, такъ какъ упругости воздуха наружнаго и внутренняго одинаковы. Сожмемъ мѣхи—воздухъ внутри ихъ сожмется, отчего упругость его увеличится и сдѣлается больше упругости наружнаго воздуха, отчего произойдетъ движеніе воздуха изнутри. Раздвинемъ доски мѣховъ—воздухъ потечетъ внутрь, такъ какъ теперь тамъ упругость стала меньше, чѣмъ снаружи. Чѣмъ быстрѣе мы сдвигаемъ и раздвигаемъ мѣхи, тѣмъ разница въ упругостяхъ становится больше, тѣмъ быстрѣе дѣлается токъ воздуха. Итакъ, мы можемъ сказать, что *вѣтеръ происходитъ вслѣдствіе различныхъ упругостей двухъ сосѣднихъ массъ воздуха.*

Теперь, естественно, является вопросъ: что же служитъ причиною различныхъ упругостей воздуха въ атмосферѣ? Причинъ нѣсколько. Въ этомъ мѣстѣ мы разсмотримъ основную, нѣсколько дальше мы поговоримъ и о другихъ. Основная причина различныхъ упругостей воздуха заключается въ неодинаковой температурѣ ихъ. Постараемся выяснить это на слѣдующихъ примѣрахъ.

Представимъ себѣ островъ среди моря. Въ жаркое время года онъ нагрѣвается сильнѣе, чѣмъ окружающая его вода, такъ какъ теплоемкость суши значительно меньше теплоемкости воды. Воздухъ, надъ нимъ находящійся, расширяется, поэтому, сильнѣе, чѣмъ тотъ, который расположенъ вокругъ него. Расширеніе происходитъ главнымъ образомъ вверхъ, потому что наверху воздухъ менѣе плотенъ и поднять его нетрудно. Приподнятый воздухъ служитъ причиною накопленія на нѣкоторой высотѣ надъ островомъ воздуха въ нѣсколько большемъ количествѣ, чѣмъ на той же высотѣ надъ моремъ, т. е. на нѣкоторой высотѣ надъ островомъ воздухъ будетъ болѣе упругъ, чѣмъ надъ моремъ, почему здѣсь должно произойти движеніе по направленію къ морю. Но если наверху воздухъ будетъ уходить къ морю, то внизу надъ островомъ воздухъ будетъ менѣе сжатъ, чѣмъ внизу же надъ моремъ; значитъ понизу должно явиться движеніе отъ моря къ острову. Воздухъ, придя къ острову, нагрѣется, расширится вверхъ, отчего наверху снова произойдетъ движеніе воздуха въ стороны и т. д. [1]). Надъ островомъ будетъ происходить при этомъ медленное

1) Подобное объясненіе мы находимъ у Ханна. J. Hann, Ueber den aufsteigen den Luftstrom, Zeitschrift der Osterr. Ges. für Meteor. 1879, т. XIV, стр. 349, также Hann, Hochstetter und Pokorny, Allgemeine Erdkunde, 1881, стр. 89.

движеніе воздуха вверхъ, чему будетъ способствовать то обстоятельство, что воздухъ теплый, находясь среди холоднаго, слѣдовательно болѣе тяжелаго, стремится подняться.

Весьма хорошій примѣръ только что указанной связи между температурою, упругостью и вѣтромъ представляетъ Пиринейскій полуостровъ въ іюлѣ мѣсяцѣ [1]). На чертежѣ (1) представлены среднія іюль-

Черт. 1.

Черт. 2.

скія изотермы, а на чертежѣ (2) — среднія іюльскія изобары и господствующіе въ іюлѣ вѣтры. Изъ перваго чертежа видно, что въ іюлѣ мѣсяцѣ температура воздуха надъ полуостровомъ была выше, чѣмъ вокругъ него. Изъ втораго чертежа видно, что тутъ и упругость воздуха меньше, чѣмъ вокругъ. Неравенство упругостей сосѣднихъ другъ съ другомъ воздушныхъ массъ должно вызвать, какъ было пояснено, движеніе воздушныхъ массъ по направленію къ полуострову, что дѣйствительно стрѣлки и показываютъ. Только вѣтры, какъ видно изъ втораго чертежа, направлены не совсѣмъ туда, гдѣ упругость наименьшая (иначе сказать, гдѣ находится минимумъ давленія или барометрическій минимумъ), а уклоняются нѣсколько въ сторону. Если стать въ какомъ либо мѣстѣ Пиринейскаго полуострова въ сторонѣ отъ минимума и обратить лицо къ послѣднему, то отклоненіе вѣтра въ каждомъ мѣстѣ будетъ вправо. Такимъ образомъ воздухъ, стремясь къ тому мѣсту, гдѣ упругость наименьшая, вмѣстѣ съ тѣмъ вращается около него. Вращеніе, какъ видно на чертежѣ, происходитъ въ сторону, обратную движенію часовой стрѣлки.

Причина отклоненія воздуха вправо, а слѣдовательно и вращенія

---

1) Teisserenc de Bort, Etude de la circulation atmosphérique sur les continents; Péninsule Jbérique. Annales du Bureau Central météorologique de France. Année 1879. Также см. J. Hann, Handbuch der Klimatologie, 1883, стр. 111.

его около области съ наименьшимъ давленіемъ, происходитъ отъ вращенія земли и будетъ уяснена нѣсколько дальше.

Подобный же примѣръ представляютъ Британскіе острова [1]).

Зимою происходитъ обратное явленіе. Въ холодное время островъ охлаждается сильнѣе, чѣмъ море; воздухъ, надъ нимъ находящійся, тоже охлаждаясь, теряетъ часть своей упругости и, не будучи уже въ состояніи поддержать того столба воздуха, который поддерживалъ раньше, подъ его давленіемъ сжимается. Тоже, конечно, происходитъ и съ воздухомъ, расположеннымъ надъ моремъ, но въ меньшей степени, такъ какъ онъ охлаждается менѣе значительно. Вслѣдствіе сжатія воздуха, лежащаго непосредственно надъ островомъ, весь столбъ воздуха, надъ нимъ находящагося, осѣдаетъ, отчего, понятно, на нѣкоторой высотѣ надъ островомъ должно произойти разрѣженіе воздуха, къ которому стремится воздухъ съ боковъ. Отъ этого масса воздуха, находящагося надъ островомъ, дѣлается больше, чѣмъ прежде, масса же воздуха, находящагося вокругъ, уменьшается. Слѣдствіемъ этого является неравенство упругостей воздуха внизу: надъ островомъ она становится больше, чѣмъ надъ моремъ, что въ свою очередь должно вызвать движеніе воздуха внизу отъ острова къ морю и новое осѣданіе воздуха и т. д. Отклоненіе вслѣдствіе вращенія земли будетъ и въ этомъ случаѣ. При этомъ надъ островомъ происходитъ медленное нисходящее движеніе воздуха.

Въ примѣръ можно привести тоже Пиринейскій полуостровъ, который зимою холоднѣе окружающаго его моря, вслѣдствіе чего упругость воздуха на немъ больше и наблюдаются вѣтры, дующіе къ морю [2]). Также можно указать на полуостровъ Ютландіи. Въ январѣ 1880 года внутри послѣдняго температура была въ среднемъ выводѣ около —5°, а надъ моремъ, его окружающемъ, около —2°. Хотя разница и невелика, но тѣмъ не менѣе она послужила причиною того, что надъ Ютландіей воздухъ въ январѣ былъ нѣсколько болѣе упругъ, чѣмъ надъ моремъ, а это въ свою очередь повлекло за собою движеніе воздуха къ морю [3]).

Въ большихъ размѣрахъ явленія, подобныя указаннымъ, происходятъ надъ континентами въ теплое и холодное время года. Также объясняются пассаты и береговые вѣтры или бризы.

Теперь остановимся нѣсколько на вопросѣ, который у насъ остался

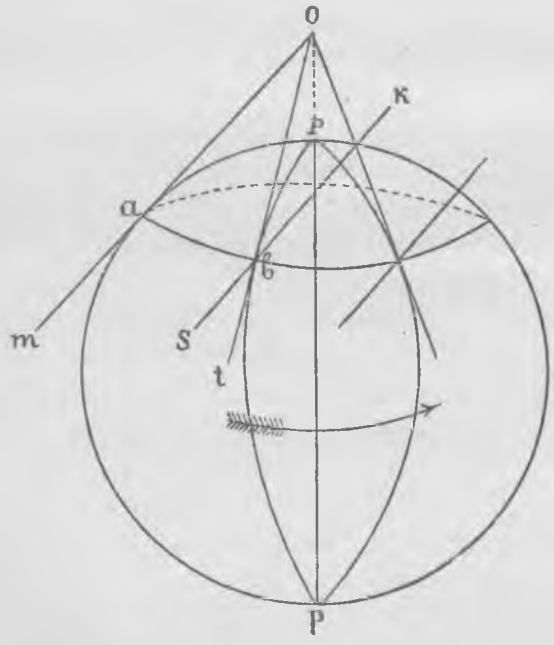
---

1) A. Buchan, Journal of the Scottish Meteor. Society. 1883.
2) Teisserenc de Bort, Etudes de la circulation atmosphérique. См. выше.
3) J. Hann, Handbuch der Klimatologie, 1883, стр. 113.

не выясненнымъ, именно, на томъ вліяніи, которое оказываетъ вращеніе земли на движущійся горизонтально воздухъ. Уже давно было извѣстно, что вліяніе это существуетъ, но полагали, что отклоненію подверженъ только воздухъ (или какое-либо другое тѣло), движущійся по направленію меридіанальному, т. е. съ юга на сѣверъ или наоборотъ, или же по направленію близкому къ меридіанальному, и только съ 50-хъ годовъ настоящаго столѣтія, послѣ знаменитаго опыта Фуко надъ отклоненіемъ направленія качанія маятника, пришли къ тому заключенію, что по какому бы направленію горизонтальное движеніе тѣла ни совершалось, отклоненіе всегда происходитъ, и что величина отклоненія отъ направленія движенія не зависитъ. Отклоненіе зависитъ лишь отъ географической широты той мѣстности, гдѣ движеніе происходитъ: на экваторѣ никакого отклоненія нѣтъ, а чѣмъ ближе къ полюсамъ, тѣмъ оно больше. Приэтомъ въ сѣверномъ полушаріи отклоненіе происходитъ вправо, а въ южномъ — влѣво.

Не трудно понять, отчего происходитъ отклоненіе. Представимъ себѣ, что земля есть твердый и совершенно гладкій сфероидъ. Пустимъ по поверхности ея катиться тоже совершенно гладкій шаръ и допустимъ, что вокругъ земли нѣтъ воздуха, который мѣшалъ бы движенію шара. Сначала дадимъ шару толчекъ по направленію къ сѣверу изъ точки *a* (черт. 3). Земля вращается отъ запада къ востоку, положимъ, по направленію стрѣлки. Черезъ нѣсколько часовъ мѣсто *a*, вслѣдствіе вращенія земли перейдетъ въ *b*. Въ этомъ мѣстѣ направленіе къ сѣверу будетъ уже не то, которое было раньше, а другое, *bo*, составляющее съ первымъ нѣкоторый уголъ ($<aob$), но шаръ, по закону инерціи стремится сохранить направленіе сообщеннаго ему движенія, т. е. стремится двигаться по направленію *bk* параллельному

Черт. 3.



ao. Слѣдовательно шаръ, раньше двигавшійся къ сѣверу, теперь уже движется на сѣверо-востокъ, т. е. отклонился вправо (надо вообразить себя смотрящимъ въ ту сторону, въ которую шаръ вначалѣ двигался). Такимъ образомъ, собственно говоря, не шаръ стремится отклониться въ сторону, но самое направленіе къ сѣверу мѣняется или, иначе сказать, самъ горизонтъ поворачивается, но мы этого не замѣчаемъ, какъ не замѣчаемъ вращенія земли и, видя, что шаръ, раньше двигавшійся къ сѣверу, теперь движется къ сѣверо-востоку, говоримъ, что шаръ отклонился вправо. Еще спустя нѣсколько часовъ шаръ сталъ бы двигаться къ востоку и т. д. все болѣе и болѣе отклонялся бы вправо.

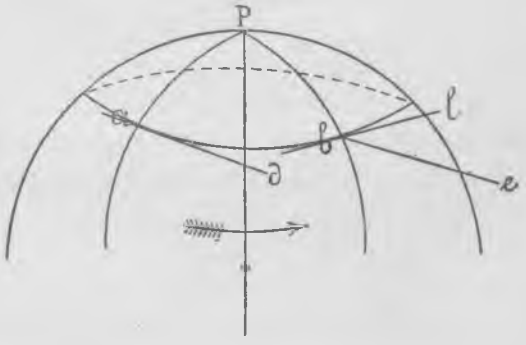
Представимъ себѣ теперь, что мы пустили шаръ изъ точки *a* къ югу, по линіи *am* (черт. 3). Когда мѣсто *a* перейдетъ въ *b*, шаръ будетъ стремиться двигаться по линіи *bs* параллельной *am*, между тѣмъ какъ направленіе на югъ будетъ *bt*, т. е. шаръ будетъ двигаться на юго-западъ. Слѣдовательно шаръ и въ этомъ случаѣ отклонился вправо (наблюдателя надо вообразить смотрящимъ къ югу).

Положимъ теперь, что мы заставили шаръ катиться къ востоку, т. е. по направленію касательной *ad* къ параллели (черт. 4). Когда мѣсто перейдетъ въ *b*, направленіе къ востоку будетъ *bl* (касательная къ параллели въ точкѣ *b*), а шаръ будетъ стремиться двигаться по направленію *be*, параллельному *ad*, слѣдовательно будетъ двигаться къ юго-востоку, т. е. отклонится опять-таки вправо.

Разсуждая такъ, какъ мы только-что это дѣлали, мы увидимъ, что по какому бы направленію мы ни заставили шаръ катиться, онъ всегда будетъ отклоняться вправо.

Сказанное относится къ сѣверному полушарію. Примѣняя тоже разсужденіе къ южному, мы увидимъ, что тутъ отклоненіе будетъ влѣво.

Черт. 4.



У самаго экватора, какъ уже было замѣчено, никакого отклоненія нѣтъ.

Въ сказанномъ всякій можетъ легко убѣдиться слѣдующимъ образомъ [1]). Возьмемъ глобусъ и шнурокъ, котораго длина въ нѣсколько разъ (въ 15, 20) больше длины діаметра глобуса. Одинъ конецъ

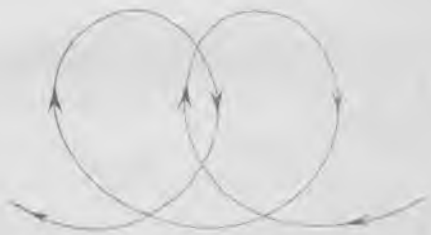
1) Предлагаемый способъ въ первый разъ приведенъ въ моей статьѣ: Европейскія бури и предсказаніе ихъ, Морской Сборникъ, 1884, стр. 10.

шнурка прикрѣпимъ къ какому нибудь неподвижному предмету, напримѣръ къ стѣнѣ, а другой, вытянувъ шнурокъ, къ поверхности глобуса въ какой нибудь точкѣ, напримѣръ въ точкѣ, лежащей между экваторомъ и полюсомъ. Такъ какъ длина шнурка весьма велика въ сравненіи съ размѣрами глобуса, то можно принять, что при вращеніи глобуса направленія шнурка будутъ параллельны между собою. Пусть шнурокъ представляетъ собою направленіе, по которому мы вначалѣ заставимъ шаръ двигаться и которое онъ затѣмъ при вращеніи земли стремится сохранить. Направимъ сначала шнурокъ по меридіану отъ точки прикрѣпленія его къ глобусу — къ сѣверу. Представимъ себѣ, что шару данъ толчекъ къ сѣверу. Шнурокъ укажетъ это направленіе. Вращаемъ глобусъ отъ запада къ востоку. При какомъ нибудь положеніи его, направленіе шнурка будетъ параллельно первоначальному — по этому направленію стремится по закону инерціи двигаться шаръ — но съ направленіемъ меридіана уже совпадать не будетъ, а составитъ съ нимъ нѣкоторый уголъ; отклоненіе шнурка будетъ происходить по мѣрѣ вращенія сначала на ССВ, потомъ на СВ, затѣмъ на В и проч. Такимъ образомъ мы убѣдимся въ существованіи отклоненія въ томъ случаѣ, когда шаръ пущенъ къ сѣверу. Также можемъ убѣдиться въ существованіи его и тогда, когда шаръ пущенъ къ югу, только надо направить шнурокъ по меридіану къ югу и вращать глобусъ. Но наибольшій интересъ представляетъ, какъ уже замѣчено, тотъ случай, когда шару данъ толчекъ по параллели. Направимъ шнурокъ по касательной къ параллели, напримѣръ, къ востоку отъ точки прикрѣпленія. Повертываемъ глобусъ на нѣкоторый уголъ: шнурокъ будетъ направленъ уже не къ востоку, а востоко-юго-востоку; повертываемъ еще: шнурокъ пойдетъ къ юго-востоку и проч. При этомъ шнурокъ немного отойдетъ отъ глобуса и надо будетъ прижать его къ нему на томъ основаніи, что шаръ вслѣдствіе тяжести отлетѣть отъ земли не можетъ, а будетъ всегда катиться по землѣ. Подобнымъ образомъ можно убѣдиться въ существованіи отклоненія, каково бы первоначальное направленіе движенія ни было, если только конецъ шнурка будетъ прикрѣпленъ не на экваторѣ, и въ отсутствіи отклоненія, если шнурокъ прикрѣпленъ на экваторѣ. Также легко будетъ видѣть, что отклоненіе увеличивается, если мѣсто прикрѣпленія приближается къ тому или другому полюсу. Короче сказать, помощью глобуса и длиннаго шнурка можно разсмотрѣть всѣ возможные случаи, относящіеся къ данному вопросу.

Къ сказанному о вліяніи вращенія земли на горизонтально движущіяся тѣла добавимъ еще нѣсколько словъ.

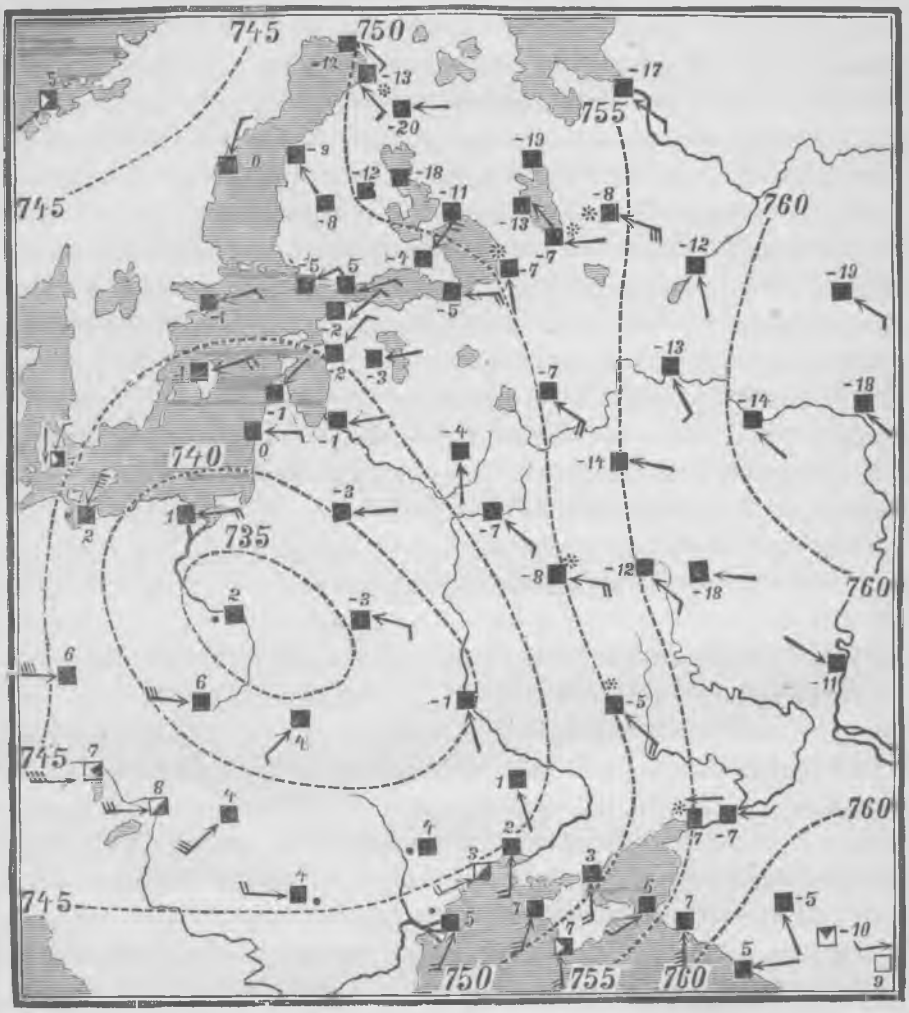
Представимъ себѣ снова гладкій шаръ на гладкой поверхности вращающагося около своей оси земнаго сфероида, участвующій въ вращеніи его и подверженный лишь дѣйствіямъ силы тяжести и центробѣжной силы (являющейся слѣдствіемъ вращенія земли) подъ вліяніемъ которыхъ шаръ безъ посторонняго толчка или посторонней силы не можетъ мѣнять своего мѣста на землѣ. Дадимъ ему толчекъ; онъ будетъ двигаться по землѣ, отклоняясь все время въ сторону, и опишетъ на поверхности земли нѣкоторую кривую линію. Приблизительное понятіе объ этой линіи которую въ Германіи называютъ Trägheitsbahn (путь движенія по инерціи) можно получить при помощи глобуса и длиннаго шнурка. Положимъ, что мы направили шнурокъ отъ какого нибудь мѣста глобуса по полуденной линіи этого мѣста къ сѣверу. Представимъ себѣ, что по шнурку движется точка, оставляющая слѣдъ на поверхности глобуса; вращая глобусъ мы увидимъ, что движущаяся точка опишетъ на поверхности его нѣкоторую кривую линію (надо, конечно, предположить, что мы слегка прижимаемъ шнурокъ къ глобусу, что замѣняетъ дѣйствіе силы тяжести). Впрочемъ такимъ образомъ можно получить понятіе лишь о весьма небольшой части кривой вслѣдствіе того, что въ этомъ опытѣ съ глобусомъ, такъ же какъ и во всѣхъ другихъ, мы можемъ поворачивать глобусъ лишь немного, всего на нѣсколько десятковъ градусовъ, иначе шнурокъ будетъ слишкомъ много отходить отъ земли. Полное и точное представленіе о разсматриваемой кривой можетъ дать лишь математическій анализъ, который показываетъ, что она имѣетъ видъ, представленный на черт. 5 (для сѣвернаго полушарія).

Черт. 5.



Итакъ слѣдствіемъ вращенія земли является сила, дѣйствующая на каждое горизонтально движущееся тѣло въ сѣверномъ полушаріи вправо, въ южномъ — влѣво. Теорія показываетъ, что она прямо пропорціональна массѣ движущагося тѣла (или плотности) и скорости движенія его, причемъ увеличивается съ увеличеніемъ географической широты На экваторѣ она равна нулю, т. е. тѣло въ моментъ перехода черезъ экваторъ не испытываетъ никакого стремленія отклониться въ сторону. Наибольшую величину она имѣетъ у полюсовъ. Такая сила дѣйствуетъ на всякое движущееся по землѣ тѣло, слѣдовательно и на рѣки, морскія теченія, вѣтры, движущіеся поѣзда желѣзныхъ

дорогъ и проч. Эти тѣла, однако, не описываютъ путей подобныхъ пути, описываемому взятымъ нами шаромъ; причина этого заключается въ томъ, что на нихъ во все время движенія дѣйствуютъ постороннія силы, которыя, по нашему предположенію, на шаръ не дѣйствуютъ.



Метеорологическая карта 24-го января 1890 г. 7 ч. утра.

Теперь возвратимся къ метеорологическимъ картамъ. Разсмотримъ нѣсколько картъ, прилагаемыхъ къ метеорологическому Бюллетеню Главной Физической Обсерваторіи, или же тѣхъ, которыя печатаются въ нѣкоторыхъ изъ нашихъ газетъ, напр. прилагаемую здѣсь карту [1]),

1) Клише этой и слѣдующихъ двухъ картъ любезно одолжены г. предсѣдателемъ Постоянной Комиссіи Народныхъ Чтеній, состоящей при Минист. Народн. Просвѣщ.

представляющую погоду 24-го января (н. стиль) 1890 года въ 7 ч. утра.

Наименьшая упругость воздуха находится между Варшавою и Пинскомъ. Ближайшая къ этому мѣсту изобара, его окружающая, 735 мм.; за нею слѣдуетъ изобара 740 мм., затѣмъ изобара 745 мм. Послѣдняя идетъ чрезъ сѣверную часть Рижскаго залива, южную оконечность Швеціи, Вѣну, южную Австрію, по сѣверозападному берегу Чернаго моря, нѣсколько восточнѣе Кіева опять къ Рижскому заливу. Внутри первой изъ приведенныхъ изобаръ упругость воздуха, очевидно меньше 735 мм.: въ центрѣ она равна 732 мм. Мѣсто, гдѣ упругость воздуха наименьшая, называется *барометрическимъ минимумомъ*. Поэтому можно сказать, что утромъ 24-го января 1890 г. барометрическій минимумъ находился между Варшавою и Пинскомъ, близъ средняго теченія Вислы. Прослѣдимъ за другими изобарами, представленными на той же картѣ: изобара 750 мм. идетъ вокругъ этого минимума лишь въ южной, восточной и западной части, сѣверная же часть ея окружаетъ другой минимумъ, находящійся къ сѣверозападу отъ Норвегіи; тоже относится и къ изобарѣ 755 мм.; слѣдующая за нею изобара 760 мм. (въ восточныхъ губерніяхъ) окружаетъ область, въ которой упругость воздуха больше, чѣмъ вокругъ нея; эта изобара окружаетъ такъ называемый *барометрическій максимумъ*. О барометрическихъ максимумахъ мы будемъ говорить дальше, теперь же остановимся на барометрическихъ минимумахъ и ихъ свойствахъ.

Область, расположенную вокругъ мѣста съ наименьшею упругостью, назовемъ *областью барометрическаго минимума*, причемъ крайнимъ предѣломъ ея будемъ считать послѣднюю изобару изъ тѣхъ, которыя вогнутостью обращены къ минимуму. Въ нашемъ примѣрѣ она простирается приблизительно до городовъ: Копенгагена, Стокгольма, Петербурга, Брянска, Харькова, Севастополя. По другую сторону предѣлъ ея на нашей картѣ опредѣленъ быть не можетъ. Посмотримъ, что происходитъ съ воздухомъ въ этой области. Въ покоѣ онъ, очевидно, оставаться не можетъ, такъ какъ упругость воздуха здѣсь не одинакова. И дѣйствительно, разсматривая стрѣлки, находящіяся въ этой области, мы видимъ, что повсюду въ ней дуютъ вѣтры, мѣстами достигающіе значительной силы. При этомъ мы можемъ провѣрить справедливость закона, приведеннаго раньше, что вѣтеръ изъ мѣста, гдѣ упругость воздуха больше, направляется туда, гдѣ она меньше, отклоняясь вправо (сѣверное полушаріе); такъ напр. въ Пинскѣ дуетъ ESE: онъ направляется не прямо къ минимуму, а уклоняется нѣсколько вправо; въ Краковѣ дуетъ W: онъ также дуетъ не прямо къ минимуму, а укло-

няется вправо и т. д. Замѣтимъ, что отклоненіе не вездѣ одинаково, — отъ того, что движенію воздуха мѣшаетъ земная поверхность, которая въ разныхъ мѣстахъ имѣетъ различный видъ. Если явленіе происходитъ надъ океаномъ, имѣющимъ поверхность болѣе ровную, чѣмъ суша, то углы отклоненія меньше разнятся между собою. На сушѣ случается иногда наблюдать вѣтры, дующіе совсѣмъ не въ ту сторону, въ какую слѣдовало бы дуть по указанному закону; это обыкновенно бываетъ въ мѣстностяхъ, гдѣ неровности особенно значительны.

Итакъ, *воздухъ въ области барометрическаго минимума, направляясь къ этому послѣднему, нѣсколько отклоняется вправо.* Этотъ законъ можно выразить слѣдующимъ образомъ: *если стать въ какомъ нибудь мѣстѣ области барометрическаго минимума такъ, чтобы лицо было обращено туда, куда въ этомъ мѣстѣ дуетъ вѣтеръ, то барометрическій минимумъ будетъ находиться впереди, немного влѣво (это — въ сѣверномъ полушаріи, въ южномъ же — впереди, немного вправо).* Этотъ законъ часто называютъ *закономъ Бейсъ-Балло*[1]).

Разсматривая вѣтры, дующіе въ разныхъ частяхъ области барометрическаго минимума, а также вѣтры другихъ мѣстъ нашей карты, не трудно подмѣтить слѣдующую особенность: гдѣ изобары лежатъ ближе другъ къ другу, тамъ сила вѣтра больше, что и понятно, такъ какъ тутъ разница между упругостями воздуха въ двухъ сосѣднихъ мѣстахъ больше. Дѣйствительно, на нашей картѣ изобары къ востоку и юговостоку отъ минимума упругости ближе другъ къ другу и вѣтры сильнѣе, чѣмъ къ сѣверу отъ него. Этотъ законъ обыкновенно выражаютъ иначе, вводя особый терминъ: *барометрическій градіентъ*, значеніе котораго слѣдующее. Если идти по изобарѣ, то упругость воздуха на всемъ нашемъ пути будетъ одна и таже, если же пойдемъ по другому направленію, то она будетъ мѣняться и быстрѣе всего, если идти по направленію перпендикулярному къ изобарѣ. Разность въ показаніяхъ барометровъ въ двухъ мѣстахъ, лежащихъ по направленію перпендикулярному къ изобарѣ, на разстояніи какой нибудь единицы длины, называется *барометрическимъ градіентомъ*. Барометрическій градіентъ, слѣдовательно, указываетъ, какъ сильно

---

1) На связь между упругостью воздуха и вѣтромъ впервые указалъ Галлей (Philos. Trans. 1686, томъ XVI, стр. 453). Въ такомъ видѣ, въ какомъ этотъ законъ приведенъ у насъ, онъ впервые высказанъ былъ Редфильдомъ по отношенію къ тропическимъ циклонамъ; Коффинъ распространилъ его и на циклоны умѣренныхъ странъ; Бейсъ-Балло высказалъ его совершенно самостоятельно для европейскихъ циклоновъ (Comptes Rendus, 1857, XXV, стр. 765). О первенствѣ открытія этого закона интересныя свѣдѣнія можно найти въ Zeitschrift der Oesterr. Gesellsch. für Meteorologie 1885, стр. 94 и 187.

въ данной мѣстности нарушено равновѣсіе воздуха. Очевидно, что въ той мѣстности, гдѣ изобары лежатъ тѣснѣе, барометрическій градіентъ больше. Поэтому указанный законъ можно формулировать такъ: *гдѣ барометрическій градіентъ больше, тамъ вѣтеръ сильнѣе*[1]). Въ нашихъ странахъ величина барометрическаго градіента достигаетъ иногда 4 и болѣе миллиметровъ на 1 градусъ меридіана или на 111 километровъ. При градіентѣ 1,78 мм. можно ожидать уже довольно сильнаго вѣтра. Въ тропическихъ странахъ градіенты гораздо больше[2]).

Въ предъидущемъ законѣ предполагается, что видъ поверхности земли сравниваемыхъ мѣстностей одинаковъ, а также одинаковы температура и влажность воздуха въ нихъ. Въ самомъ дѣлѣ, видъ поверхности земли вліяетъ на силу вѣтра: она больше тамъ, гдѣ поверхность болѣе ровная, и меньше тамъ, гдѣ она неровная; поэтому при одномъ и томъ же барометрическомъ градіентѣ сила вѣтра должна быть больше тамъ, гдѣ поверхность болѣе ровная, напр. надъ моремъ. Температура и влажность тоже оказываютъ вліяніе: чѣмъ воздухъ теплѣе, и чѣмъ болѣе онъ содержитъ въ себѣ водяного пара, тѣмъ онъ легче, тѣмъ меньше треніе его о поверхность земли, тѣмъ вѣтеръ сильнѣе. Имѣя это въ виду, мы можемъ понять причину факта, который рѣзко бросается въ глаза при разсматриваніи метеорологическихъ картъ, а именно, что одному и тому же барометрическому градіенту соотвѣтствуютъ болѣе сильные морскіе вѣтры, чѣмъ континентальные, а также болѣе сильные вѣтры лѣтомъ, чѣмъ зимою.

Треніе о земную поверхность имѣетъ вліяніе не только на силу, но также и на направленіе вѣтра. Оказывается, что отклоненіе вѣтра отъ направленія къ барометрическому минимуму или, правильнѣе, отъ направленія нормали къ изобарѣ (эти два направленія не всегда совпадаютъ) больше тогда, когда треніе меньше. Къ такому выводу приводятъ какъ теорія, такъ и разсмотрѣніе метеорологическихъ картъ: на моряхъ направленіе вѣтра болѣе подходитъ къ направленію изобары, проведенной черезъ данное мѣсто, чѣмъ на сушѣ. Также наблюденія на аэростатахъ и надъ движеніемъ облаковъ показываютъ, что въ болѣе высокихъ слояхъ атмосферы, на которыя неровности земной поверхности оказываютъ меньшее вліяніе, направленіе вѣтра болѣе приближается къ направленію изобаръ. Чтобы уяснить себѣ причину этого

---

1) На это обстоятельство впервые обратилъ вниманіе Стефенсонъ (см. Journal of the Scottish Meteorol. Society, Januar 1868, стр. 132) и потому законъ о зависимости силы вѣтра отъ барометрическаго градіента называютъ иногда *закономъ Стефенсона*.

2) Подробности и указанія на литературу см. въ книгѣ проф. А. В. Клоссовскаго: Новѣйшіе успѣхи метеорологіи, 1882, стр. 150 и проч.

явленія, надо дать понятіе о видѣ пути, который проходитъ какая либо частица воздуха въ области барометрическаго минимума.

Всякая частица воздуха, находящаяся въ области барометрическаго минимума, стремится, какъ мы видѣли, къ этому послѣднему, но при этомъ постоянно отклоняется вслѣдствіе вращенія земли, отчего она, прежде чѣмъ дойдетъ до минимума, опишетъ кривую линію, которая, какъ показываетъ теорія, близка къ логариѳмической спирали[1]). Поэтому движеніе воздуха въ области барометрическаго минимума таково, какъ представлено на чертежѣ 6 (здѣсь имѣется въ виду сѣверное полушаріе). Изъ этого чертежа видно, что вокругъ барометрическаго минимума происходитъ вращательное движеніе воздуха; въ сѣверномъ полушаріи вращеніе направлено въ сторону обратную движенію часовой стрѣлки, а въ южномъ — по направленію движенія часовой стрѣлки. Замѣтимъ при этомъ, что пути воздушныхъ частицъ близки къ логариѳмическимъ спиралямъ лишь въ томъ случаѣ, когда барометрическій минимумъ не мѣняетъ своего мѣста. Но такъ какъ, вообще говоря, какъ мы увидимъ нѣсколько дальше, барометрическіе минимумы передвигаются, то, обыкновенно, пути, проходимые частицами воздуха, стремящагося къ барометрическому минимуму, сложнѣе.

Черт. 6.

Итакъ воздухъ вокругъ барометрическаго минимума движется по кривымъ линіямъ, обращеннымъ вогнутостью къ этому послѣднему. Но при всякомъ криволинейномъ движеніи развивается центробѣжная сила; эта сила является, значитъ, и здѣсь, причемъ дѣйствуетъ въ ту же сторону, какъ и отклоняющая сила вращенія земли, и стремится еще болѣе удалить воздухъ отъ барометрическаго минимума. Центробѣжная сила, такъ-же какъ и отклоняющая сила вращенія земли, зависитъ отъ скорости движенія воздуха: съ увеличеніемъ послѣдней она увеличивается.

Такимъ образомъ мы видимъ, что на частицу воздуха, движущуюся около барометрическаго минимума, дѣйствуютъ отклоняющая сила вращенія земли и центробѣжная сила, стремящіяся удалить частицу въ

---

1) C. Guldberg et H. Mohn, Etudes sur les mouvements de l'atmosphère, двѣ части 1876 и 1880, а также тѣхъ же авторовъ: Die Bewegung der Luft in den aufsteigenden Wirbeln. Zeitschr. für Met. 1877 стр. 257 и проч.

сторону и находящіяся въ тѣсной зависимости отъ скорости движенія. Гдѣ треніе меньше, тамъ, при томъ же градіентѣ, скорость вѣтра больше, а потому бо́льшую величину имѣютъ и силы, удаляющія воздухъ отъ барометрическаго минимума; тамъ, поэтому, направленіе вѣтра должно быть ближе къ направленію изобары.

Приведемъ нѣсколько чиселъ, относящихся къ величинѣ угла отклоненія. Бейсъ-Балло нашелъ, что уголъ между направленіемъ вѣтра въ данномъ мѣстѣ и направленіемъ нормали къ изобарѣ, проходящей черезъ это мѣсто, для Голландіи приблизительно равенъ 60°[1]), Клементъ Лей нашелъ его для Великобританіи равнымъ 69°[2]), І. Б. Шпиндлеръ для Балтійскаго моря получилъ 65°[3]).

Итакъ вокругъ барометрическаго минимума 24-го января происходитъ вихрь, діаметръ котораго болѣе 1500 километровъ. Это, впрочемъ, одинъ изъ небольшихъ вихрей: нерѣдко наблюдаются вихри значительно бо́льшихъ размѣровъ. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ вихря 24-го января вѣтры достигаютъ большой силы; въ весьма многихъ вихряхъ вѣтры бываютъ еще сильнѣе. Вихреобразное движеніе воздуха, происходящее вокругъ барометрическаго минимума, называютъ обыкновенно *циклономъ*. Въ сѣверномъ полушаріи въ циклонѣ воздухъ вращается по направленію обратному движенію часовой стрѣлки, а въ южномъ — по направленію движенія ея.

Послѣ того какъ мы подыскали метеорологическую карту, обнаруживающую присутствіе барометрическаго минимума (или циклона), замѣтимъ мѣсто, въ которомъ онъ находится, а затѣмъ разсмотримъ карту слѣдующаго дня. Можетъ случиться, что барометрическій минимумъ находится тамъ же, но это бываетъ довольно рѣдко, большею частью мы не находимъ барометрическаго минимума на прежнемъ мѣстѣ: онъ оказывается въ другомъ мѣстѣ. Вокругъ новаго положенія его бываютъ распредѣлены изобары и стрѣлки подобно тому, какъ и въ первый день. Значитъ вокругъ минимума и въ этотъ день, какъ и въ предъидущій, происходитъ вращательное движеніе воздуха въ сторону, обратную движенію часовой стрѣлки (въ нашемъ полушаріи). Чтобы было болѣе понятно только что сказанное, разсмотримъ карту 25-го января 1890 года 7 ч. утра.

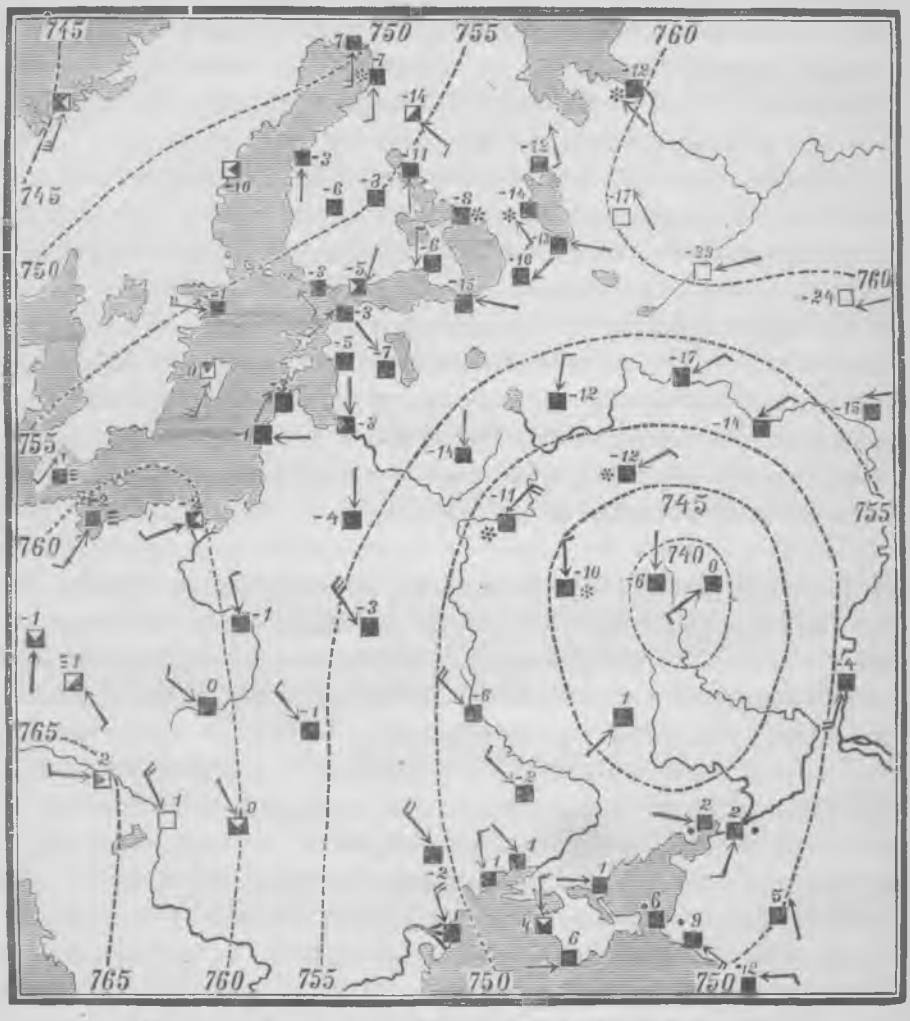
---

1) Buys-Ballot, das Aëroklinoscop, Zeitschrift der Oesterreichischen Gesellschaft für Meteorologie, 1868, стр. 403.

2) Journal of the Scottish Meteor. Society, July 1873, стр. 66.

3) Зависимость силы и направленія вѣтра отъ барометрическаго градіента на берегахъ Балтійскаго моря, Метеорологическій Сборникъ, издаваемый академикомъ г. Вильдомъ, 1880, т. VII, часть I, № 5, стр. 8.

Утромъ 24-го января, какъ мы видѣли, барометрическій минимумъ находился у средняго теченія Вислы. Утромъ 25-го января мы его въ этомъ мѣстѣ уже не видимъ. Здѣсь теперь проходитъ изобара 760 мм. А такъ какъ въ 7 часовъ утра наканунѣ тутъ упругость воздуха была 732 мм., значитъ въ этой мѣстности въ теченіи 24-хъ часовъ барометръ повысился на 28 мм. Барометрическій минимумъ



Метеорологическая карта 25-го января 1890 года 7 ч. утра.

теперь находится надъ верховьемъ Дона, гдѣ упругость воздуха около 736 мм. Наканунѣ здѣсь упругость была 756 мм., слѣдовательно барометръ въ этой мѣстности въ теченіи 24-хъ часовъ понизился на 20 мм.

Изобары 25-го января расположены слѣдующимъ образомъ: изобара, непосредственно окружающая минимумъ — 740 мм., затѣмъ идетъ изобара 745 мм., затѣмъ 750 мм., потомъ 755 мм. Прочія изобары, проведенныя на картѣ 25-го января, окружаютъ другія области низкихъ или высокихъ давленій, и мы на нихъ останавливаться не будемъ. И въ этомъ случаѣ, какъ всегда, по расположенію изобаръ мы можемъ судить о распредѣленіи вѣтровъ, помня извѣстное правило. И въ этотъ день, какъ и въ предъидущій, около минимума происходитъ вращеніе воздуха въ сторону обратную движенію часовой стрѣлки.

Итакъ, повидимому, барометрическій минимумъ отъ утра 24-го января до утра 25-го передвинулся. Впрочемъ тутъ можетъ явиться такого рода сомнѣніе: можетъ быть минимумъ, находящійся 25-го января надъ верховьемъ Дона въ этомъ же мѣстѣ и образовался, а тотъ, который былъ 24-го января надъ среднимъ теченіемъ Вислы тамъ и исчезъ, иначе сказать, быть можетъ, минимумъ 25-го января не тотъ, который былъ 24-го января, а новый! Для рѣшенія этого вопроса мы должны составить метеорологическія карты для промежуточныхъ моментовъ, именно для 1 часу пополудни и 9 час. вечера 24-го января (вечернія карты, впрочемъ, помѣщаются въ Метеорологическомъ Бюллетенѣ Главной Физической Обсерваторіи). Такія карты показываютъ, что въ промежуточные часы барометрическій минимумъ занималъ положенія промежуточныя между среднимъ теченіемъ Вислы и верховьемъ Дона, непрерывно двигаясь отъ первой мѣстности ко второй. Значитъ движеніе минимума было непрерывное.

Подобныя изслѣдованія приводятъ къ тому заключенію, что вообще барометрическіе минимумы передвигаются, притомъ большею частью, какъ и въ нашемъ случаѣ, въ восточную сторону. Явленіе передвиженія заключается въ уменьшеніи упругости воздуха, т. е. въ паденіи барометра съ одной стороны и въ увеличеніи ея, т. е. въ повышеніи барометра съ другой. Вмѣстѣ съ минимумомъ передвигается и вихрь. Не слѣдуетъ, однако, думать, что при этомъ передвигается весь воздухъ, окружающій минимумъ: передвигается лишь разрѣженіе, къ которому постоянно стремятся все новыя и новыя массы воздуха, иначе сказать, барометрическій минимумъ имѣетъ дѣло не съ одною какою нибудь массою воздуха во все время своего пути, а съ разными. Это показываютъ слѣдующія соображенія. Если бы воздухъ передвигался вмѣстѣ съ барометрическимъ минимумомъ, то въ центральной части области послѣдняго мы должны были бы наблюдать вѣтеръ, дующій по направленію передвиженія минимума и со скоростью равною

13013 №691

Бібліотека

скорости этого передвиженія, слѣдовательно очень большою, чего однако не замѣчаютъ — въ этой области дуютъ слабые, перемѣнные вѣтры, или же наблюдается полное затишье. Далѣе, воздухъ въ передней или восточной части циклона, увлекаемый не только къ минимуму, но и общимъ движеніемъ циклона, долженъ былъ бы дуть не внутрь области циклона, а изнутри, т. е. въ этой части циклона должны были бы дуть не Ю и ЮВ, а ЮЗ вѣтры, чего въ дѣйствительности нѣтъ. Наконецъ тогда не могло бы существовать такой рѣзкой разницы въ температурѣ, влажности и облачности, между переднею и заднею половиною циклона, какая, какъ мы увидимъ дальше, наблюдается въ дѣйствительности [1]).

Когда какую либо мѣстность охватываетъ область минимума, воздухъ этой мѣстности начинаетъ двигаться, описывая кривую линію около барометрическаго минимума и постепенно приближаясь къ нему. Но минимумъ самъ передвигается и вскорѣ уходитъ отъ данной мѣстности, масса же воздуха, выйдя изъ области минимума, останавливается и не двигается до тѣхъ поръ, пока ее не увлечетъ другой минимумъ, который можетъ идти вслѣдъ за первымъ, или же она продолжаетъ двигаться, что происходитъ тогда, когда за минимумомъ слѣдуетъ барометрическій максимумъ. Такимъ образомъ воздушныя массы совершаютъ весьма сложныя движенія, особенно если принять во вниманіе, что въ циклонѣ, какъ мы увидимъ дальше, существуетъ медленное восходящее движеніе воздуха. Подъ вліяніемъ одного минимума, однако, данная масса воздуха не можетъ отойти далеко отъ своего первоначальнаго положенія; для этого нужно, чтобы прошло подрядъ нѣсколько минимумовъ; подъ вліяніемъ ихъ данная масса воздуха можетъ передвинуться на большое разстояніе — на нѣсколько сотъ и тысячъ километровъ.

Барометрическіе минимумы постоянно образуются въ нашей атмосферѣ, существуютъ иногда очень короткое время, иногда же нѣсколько дней, затѣмъ пропадаютъ. Почти на каждой метеорологической картѣ Европы можно видѣть одинъ, а то и нѣсколько минимумовъ. Нѣкоторые изъ тѣхъ, которые мы наблюдаемъ въ Европѣ, надъ Европою и образуются, другіе же приходятъ къ намъ съ Атлантическаго океана. Нѣкоторые исчезаютъ недалеко отъ того мѣста, гдѣ образовались, другіе же до исчезновенія проходятъ громадныя разстоянія въ нѣсколько тысячъ километровъ. У насъ въ Европѣ, да и

---

1) См. H. Mohn, Grundzüge der Meteorologie 1879, стр. 250, а также A. Sprung, Lehrbuch der Meteorologie. 1885, стр. 244 и др.

вообще въ умѣренныхъ широтахъ всего сѣвернаго полушарія, барометрическіе минимумы въ большинствѣ случаевъ движутся къ ONO, NO и O, но бываютъ случаи, когда движеніе ихъ происходитъ и по направленію на N и на S; рѣже всего минимумы движутся на западъ, а если и движутся, то короткое время, послѣ чего или пропадаютъ, или же направляются въ другую сторону.

За передвиженіемъ циклоновъ всего легче слѣдить, если составить карты *путей* ихъ. Для этой цѣли на особую карту наносятъ положенія, которыя занимаетъ барометрическій минимумъ въ разные дни, и соединяютъ полученные пункты отъ руки линіею. Эта линія и есть путь циклона. Пути ихъ въ Европѣ представляютъ собою линіи разнообразнѣйшихъ формъ: иногда это прямыя, иногда кривыя, имѣющія одинъ или нѣсколько изгибовъ, иногда кривыя, имѣющія видъ петель и проч.

У насъ въ Европѣ большинство циклоновъ проходитъ по Атлантическому океану вдоль береговъ Ирландіи, Шотландіи и Норвегіи и исчезаетъ въ Ледовитомъ океанѣ. Они охватываютъ Европу правыми половинами своихъ областей.

Что касается скорости передвиженія или, иначе сказать, поступательнаго движенія циклоновъ, то она бываетъ весьма различна. Въ томъ примѣрѣ, который мы разсмотрѣли, барометрическій минимумъ прошелъ въ сутки разстояніе около 1000 километровъ, слѣдовательно въ часъ онъ проходилъ среднимъ числомъ около 42 километровъ, или около 40 верстъ. Это довольно большая скорость; обыкновенно барометрическіе минимумы движутся медленнѣе, но бываютъ случаи, когда передвиженіе ихъ бываетъ и быстрѣе и доходитъ до 1500 и даже нѣсколько болѣе километровъ въ сутки. Бываютъ, какъ уже было и раньше замѣчено, и такіе случаи, когда минимумъ нѣкоторое время, напр., нѣсколько дней, стоитъ на мѣстѣ. Въ Европѣ барометрическіе минимумы зимою движутся обыкновенно всего быстрѣе, лѣтомъ же— всего медленнѣе [1]).

---

1) О поступательномъ движеніи циклоновъ см.:

1) І. Б. Шпиндлеръ, Пути штормовъ въ Европѣ. Приложеніе къ Метеор. Бюллетеню Главной Физ. Обсерв. 1878.
2) E. Leyst, Пути циклоновъ въ Россіи.
3) Б. И. Срезневскій, Пути циклоновъ въ Россіи, Мет. Сб. 1885, т. X.
4) Б. А. Керсновскій, Пути циклоновъ въ Россіи. Мет. Сборн. 1889.
5) П. И. Броуновъ, Европейскія бури и предсказаніе ихъ, Морской Сборникъ 1884, № 11.
6) П. И. Броуновъ, Поступательное движеніе циклоновъ и антициклоновъ въ Европѣ, Записки Императорскаго Русскаго Географическаго Общества 1882, томъ XII.

Не слѣдуетъ думать, что высота барометра въ центрѣ циклона все время остается постоянной. Когда циклонъ образуется, барометръ въ центральной части его стоитъ не очень низко, сравнительно съ окружающими мѣстами, затѣмъ обыкновенно понижается, послѣ чего повышается и циклонъ исчезаетъ. Въ разныхъ циклонахъ высота барометра въ центрѣ бываетъ различна. Вообще въ Европѣ въ вполнѣ развившемся циклонѣ барометръ въ центрѣ рѣдко стоитъ выше 760 мм., обыкновенно онъ бываетъ ниже, но рѣдко ниже 710 мм. Послѣдняя высота и меньшія наблюдаются притомъ лишь въ сѣверозападной Европѣ, т. е. въ Шотландіи, на Ферерскихъ островахъ, а также въ Норвегіи. Самая малая упругость воздуха изъ наблюдавшихся до сихъ поръ въ центрѣ области барометрическаго минимума была —694,2 мм., въ Шотландіи, 26-го января 1884 года[1]). Но такія сильныя разрѣженія воздуха (здѣсь, понятно, рѣчь идетъ о высотахъ барометра, приведенныхъ къ уровню моря), являются крайне рѣдкими исключеніями.

Съ высотою барометра въ центрѣ тѣсно связана сила вѣтровъ, дующихъ въ циклонѣ: чѣмъ ниже барометръ, тѣмъ обыкновенно большее число изобаръ окружаетъ минимумъ, тѣмъ ближе онѣ лежатъ другъ къ другу, тѣмъ, значитъ, больше барометрическій градіентъ, а потому и сила вѣтра. Иногда у насъ проходятъ барометрическіе минимумы слабые, т. е. сопровождающіеся вѣтрами, сила которыхъ меньше 6 балловъ по 12-ти бальной системѣ (на морѣ), что соотвѣтствуетъ скорости вѣтра около 15 метровъ въ секунду. Но бываютъ и такіе, въ которыхъ сила вѣтра достигаетъ 10 балловъ (около 29 метр. въ секунду). Барометрическіе градіенты въ разныхъ частяхъ области барометрическаго минимума далеко не одинаковы. Обыкновенно они наибольшіе въ южной и юго-восточной части и наименьшіе — въ сѣверной части этой области[2]). Слѣдовательно наиболѣе сильные вѣтры дуютъ въ первой, а наиболѣе слабые — во второй части. Наибольшій градіентъ, а слѣдовательно и наиболѣе сильные вѣтры наблюдаются въ нѣкоторомъ разстояніи отъ центра, между послѣднимъ и периферіей циклона.

Что касается формы циклоновъ, проносящихся въ атмосферѣ на-

Подробнѣе съ литературой вопроса можно познакомиться изъ книги проф. Клоссовскаго: Новѣйшіе успѣхи метеорологіи 1882, стр. 197 и проч., а также изъ книги Н. Кравченко, Циклоны сѣв. умѣр. пояса, 1881. Кромѣ того см. E. Loomis, Mémoires de Météorologie Dynamique, traduit de l'anglais par Brocard. Paris, 1880.

1) Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie, herausgegeben von dem Hydrograph. Amt des Reichs-Marine-Amts. 1884, стр. 357.

2) Clement Ley, Zeitschrift für Met. 1875, стр. 264.

шихъ странъ, о которой мы можемъ судить по формѣ изобаръ, то она бываетъ весьма разнообразна. Иногда она очень неправильна, но большею частью изобары имѣютъ видъ овалovъ, большія оси которыхъ направлены отъ SW къ NE [1]), т. е. приблизительно по тому направленію, по которому всего чаще совершается передвиженіе циклоновъ.

Обратимъ теперь вниманіе на состояніе неба въ областяхъ циклоновъ. Разсматривая метеорологическія карты № 1 и № 2, нельзя не подмѣтить слѣдующаго весьма характернаго обстоятельства: кружки въ области минимума оказываются почти всѣ затушеванными, что показываетъ, что въ этой области небо почти повсюду покрыто облаками; при нѣкоторыхъ кружкахъ стоятъ точки или звѣздочки: тутъ идетъ дождь или снѣгъ (послѣдній въ томъ случаѣ, если температура воздуха ниже 0°). Пасмурное небо, густыя тучи, дождь и снѣгъ, это отличительная особенность циклоновъ. Облачность, однако, не во всѣхъ частяхъ циклона одинакова: она наибольшая въ восточной половинѣ, гдѣ дуютъ вѣтры южнаго происхожденія (см. черт. 6), слѣдовательно теплые и содержащіе въ себѣ большое количество водянаго пара, наименьшая же въ западной части, гдѣ дуютъ вѣтры сѣвернаго происхожденія, слѣдовательно холодные и сухіе. Въ этой послѣдней части небо по временамъ проясняется. Такъ на картѣ № 1 мы видимъ, что въ восточной и юго-восточной частяхъ циклона 24-го января вездѣ небо было пасмурно, причемъ въ Брянскѣ, Харьковѣ и Таганрогѣ шелъ снѣгъ, а въ Кишиневѣ, Сулинѣ и Германштадтѣ — дождь, въ западной же и югозападной мѣстами небо нѣсколько прояснилось, именно въ Копенгагенѣ, Вѣнѣ и Буда-Ештѣ. Что касается карты № 2, то на ней мы не видимъ такой разницы между восточною и западною половинами циклона: небо вездѣ одинаково пасмурно.

Причина большой облачности, сопровождающей циклоны, заключается въ восходящемъ движеніи воздуха, въ нихъ происходящемъ: воздухъ, протекая у земной поверхности, вбираетъ въ себя много водяного пара; поднимаясь, онъ расширяется, такъ какъ вступаетъ въ болѣе разрѣженные слои атмосферы, причемъ охлаждается, отчего приближается къ степени насыщенія, достигаетъ ея, послѣ чего, при дальнѣйшемъ поднятіи и охлажденіи, выдѣляетъ воду въ видѣ облаковъ, тучъ, дождя или снѣга. Причина восходящаго движенія воздуха заключается въ томъ, что въ области минимума воздухъ болѣе разрѣженъ, чѣмъ внѣ ея, слѣдовательно онъ болѣе легокъ, чѣмъ этотъ послѣдній, а легкій воздухъ, находясь среди болѣе тяжелаго, непре-

1) А. В. Клоссовскій, Новѣйшіе успѣхи метеорологіи 1882, стр. 144.

мѣнно долженъ стремиться подняться[1]). Восхожденію воздуха способствуютъ теплота, освобождающаяся при конденсаціи водянаго пара, происходящей при поднятіи: отъ этого воздухъ дѣлается легче, чѣмъ въ томъ случаѣ, если бы теплоты не выдѣлилось, и потому сильнѣе стремится кверху.

Въ доказательство существованія восходящаго движенія воздуха въ циклонахъ приводятъ обыкновенно слѣдующія два соображенія. Барометрическій минимумъ стоитъ иногда довольно долго на одномъ мѣстѣ, и все это время къ нему притекаетъ со всѣхъ сторонъ воздухъ, причемъ случается, что минимумъ не только не ослабѣваетъ, но даже усиливается! Куда же дѣвается громадная масса притекающаго воздуха? Ей некуда уйти, какъ только вверхъ. Далѣе, въ верхнихъ частяхъ циклона (циклоны простираются въ высоту до 2—3 верстъ, иногда и выше) облака (перистыя), какъ показываютъ наблюденія, вращаясь около центра циклона, удаляются отъ середины его, что, вѣроятно, происходитъ вслѣдствіе накопленія воздуха наверху, въ средней части вихря, а это накопленіе наверху можно объяснить лишь восходящимъ движеніемъ воздуха.

Съ недавняго времени стали наблюдать движенія, происходящія въ атмосферѣ по вертикальному направленію. Такъ на Эйфелевой башнѣ въ Парижѣ такія наблюденія производятся съ октября 1890 года[2]). Эти интересныя наблюденія подтверждаютъ предположеніе о существованіи восходящаго движенія воздуха въ циклонахъ и вмѣстѣ съ тѣмъ показываютъ, что это движеніе весьма медленное, скорость его менѣе 3 метровъ въ секунду.

Воздухъ поднимается не по прямому направленію, а продолжая двигаться около барометрическаго минимума, такъ что то движеніе вверхъ, которое наблюдаютъ, есть лишь вертикальная составляющая движенія, происходящаго въ дѣйствительности.

Посмотримъ теперь, какого рода измѣненія погоды происходятъ въ томъ мѣстѣ, черезъ которое проходитъ область барометрическаго минимума. Обратимся снова къ барометрическому минимуму 24—25 янв. 1890 года. Соединимъ прямою линіею среднее теченіе Вислы съ верховьемъ Дона. Около этой линіи (пути циклона) лежатъ метеорологическія станціи: Пинскъ, Брянскъ и Ефремовъ. Выпишемъ направленіе вѣтра въ нихъ 24-го янв. въ 7 ч. утра и 25-го янв. въ 7 ч.

---

1) Это явленіе подобно поднятію аэростата, болѣе легкаго, чѣмъ воздухъ, въ которомъ поднятіе совершается.

2) Метеор. Вѣстникъ, 1891 г. № 4, стр. 183.

утра, т. е. до прохожденія черезъ нихъ центра циклона и послѣ прохожденія его:

24 янв.	Пинскъ.. ВЮВ,	Брянскъ.. ВЮВ,	Ефремовъ.. ЮВ
25 »	Пинскъ.. СЗ,	Брянскъ.. С,	Ефремовъ.. С

Мы видимъ, что вѣтеръ въ нихъ принялъ направленіе почти противоположное. Это всегда бываетъ въ тѣхъ мѣстахъ, черезъ которыя проходитъ центръ циклона.

Представимъ себѣ теперь, что мы смотримъ отъ положенія минимума 24 янв. по направленію къ положенію его 25 янв. По правую сторону отъ насъ будутъ лежать: Кіевъ и Харьковъ, а по лѣвую — Великіе Луки и Смоленскъ. Выпишемъ направленія вѣтра въ нихъ 24 янв. въ 7 ч. у. и 9 ч. в. и 25 янв. въ 7 ч. у.

		7 ч. утра.	9 ч. веч.		7 ч. утра.
Кіевъ.....	24 янв.	ЮЮЗ	З	25 янв.	СЗ
Харьковъ....	24 »	ЮВ	ЮЗ	25 »	ЮЗ
Великіе Луки..	24 »	Ю	СВ	25 »	С
Смоленскъ....	24 »	ЮВ	ССВ	25 »	СВ.

Разсматривая эту таблицу, мы можемъ заключить, что въ мѣстахъ, черезъ которыя проходитъ правая часть циклона, направленіе вѣтра измѣняется по направленію движенія часовой стрѣлки, а въ мѣстахъ, черезъ которыя проходитъ лѣвая часть циклона, измѣненіе вѣтра происходитъ по направленію обратному движенію часовой стрѣлки. Это общій законъ.

Сообразно съ измѣненіемъ направленія вѣтра въ этихъ мѣстахъ должна мѣняться и температура воздуха въ нихъ, такъ же какъ и влажность и облачность, хотя въ общемъ, какъ только что передъ этимъ было указано, барометрическіе минимумы сопровождаются пасмурною и дождливою погодою.

Зная это, намъ не трудно заранѣе сказать, какъ будетъ мѣняться погода въ томъ мѣстѣ, черезъ которое проходитъ циклонъ, если мы знаемъ, какою частью своею онъ пройдетъ надъ этимъ мѣстомъ.

Теперь займемся вопросомъ объ образованіи и развитіи циклоновъ, а для этого скажемъ сначала нѣсколько словъ о такъ называемыхъ условіяхъ равновѣсія воздуха, играющихъ при образованіи циклоновъ важную роль.

Представимъ себѣ, что атмосфера спокойна и мысленно выдѣлимъ въ ней какую нибудь массу воздуха. Она будетъ тоже въ

покоѣ, или, какъ говорятъ, въ *равновѣсіи*. Положимъ, что эта масса подъ вліяніемъ какой либо силы выведена изъ своего положенія, именно поднята на нѣкоторую высоту и затѣмъ предоставлена самой себѣ. Можетъ случиться, что она опустится внизъ, или поднимется еще выше, или же останется въ новомъ положеніи. Въ первомъ случаѣ ея первоначальное равновѣсіе называютъ *устойчивымъ*, во второмъ *неустойчивымъ*, въ третьемъ *безразличнымъ*. Въ какомъ изъ этихъ трехъ родовъ равновѣсія находится масса воздуха, — это зависитъ главнымъ образомъ: 1) отъ количества водяного пара, заключеннаго въ ней и температуры ея и 2) отъ распредѣленія температуры въ окружающей спокойной атмосферѣ по вертикальному направленію.

Положимъ сначала, что взятая нами масса воздуха паровъ совершенно не содержитъ, и что температура ея такова же, какъ и окружающаго ее воздуха. Вычисленія показываютъ, что если такая масса воздуха станетъ подниматься, то температура ея будетъ понижаться приблизительно на 1° Ц. на каждые 100 метр. поднятія [1]). Если температура окружающаго ее спокойнаго воздуха на каждые 100 м. по вертикальному направленію уменьшается также на 1° Ц., то, слѣдовательно, на какую бы высоту данная масса ни поднялась, вездѣ температура ея будетъ равна температурѣ воздуха, окружающаго ее на той же высотѣ, а потому и плотности ихъ будутъ равны (упругости, очевидно, равны), вслѣдствіе чего масса воздуха останется въ томъ положеніи, въ какое будетъ приведена. Если температура окружающаго воздуха понижается быстрѣе, то поднятая на какую нибудь высоту масса воздуха не останется на мѣстѣ, но поднимется еще выше, такъ какъ температура ея на этой высотѣ будетъ выше температуры окружающаго воздуха, а слѣдовательно плотность ея меньше, т. е. она будетъ легче окружающаго воздуха. Напротивъ того, если въ окружающей атмосферѣ температура понижается медленнѣе, чѣмъ на 1° на 100 метр., то данная масса воздуха опустится, какъ болѣе плотная, т. е. болѣе тяжелая сравнительно съ окружающимъ ее воздухомъ. Въ первомъ случаѣ въ окружающемъ воздухѣ существуютъ, значитъ, условія, благодаря которымъ данная масса воздуха находится въ без-

---

1) Вопросомъ объ измѣненіи температуры поднимающейся массы воздуха, или такъ называемомъ *динамическомъ* измѣненіи температуры воздуха, занимались многіе извѣстные ученые, какъ напр. В. Томсонъ, Песлинъ, Рейе (см. Die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen, 1872, приложеніе), Менделѣевъ (Sur la température des couches élévées de l'atmosphère, Comptes Rendus, томъ LXXXI), Ханнъ (Die Gesetze der Temperatur-Aenderung in aufsteigenden Luftströmungen, Zeitschrift für Meteorologie, 1875, стр. 321), Шпрунгъ (Lehrbuch der Meteorologie, 1885, стр. 166) и другіе.

различномъ равновѣсіи, во второмъ — условія неустойчиваго и въ третьемъ — условія устойчиваго равновѣсія. Для дальнѣйшаго важно запомнить, что условіе неустойчиваго равновѣсія данной *сухой* массы воздуха заключается въ томъ, чтобы температура по вертикальному направленію въ окружающемъ воздухѣ понижалась быстрѣе, чѣмъ на 1° Ц. на каждые 100 метр. поднятія.

Если въ данной массѣ воздуха находятся водяные пары, ненасыщающіе его, то она поднимается немного легче, чѣмъ въ случаѣ сухого воздуха, такъ какъ теплоемкость водянаго пара нѣсколько больше теплоемкости сухого воздуха, вслѣдствіе чего охлажденіе поднимающагося влажнаго воздуха происходитъ нѣсколько медленнѣе, чѣмъ сухого. Разница впрочемъ незначительна, такъ что въ данномъ случаѣ можно принять тѣ же условія равновѣсія, что и въ предыдущемъ.

Въ томъ случаѣ, когда поднимающаяся масса влажнаго воздуха насыщена водянымъ паромъ, охлажденіе происходитъ значительно медленнѣе, чѣмъ въ двухъ предъидущихъ случаяхъ, вслѣдствіе выдѣленія теплоты при конденсаціи пара. Въ этомъ случаѣ однимъ числомъ градусовъ степень охлажденія при поднятіи на опредѣленную высоту, выразить нельзя, такъ какъ степень охлажденія насыщеннаго воздуха зависитъ отъ начальной упругости поднимающейся массы и начальной температуры ея. Охлажденіе происходитъ тѣмъ медленнѣе, чѣмъ меньше начальная упругость и чѣмъ выше начальная температура. Приведемъ два примѣра: 1) Начальная упругость 760 мм., начальная температура 0°; охлажденіе на каждые 100 метровъ поднятія равно 0°,6 Ц.; 2) Начальная упругость 760 мм., начальная температура 20°; охлажденіе равно 0°,4 Ц. Въ первомъ случаѣ для того, чтобы равновѣсіе было неустойчивое, надо, чтобы температура окружающаго воздуха понижалась быстрѣе, чѣмъ на 0°,6 на 100 м., а во второмъ быстрѣе, чѣмъ на 0°,4. Отсюда видно, что, при одинаковыхъ условіяхъ, воздухъ, насыщенный водянымъ паромъ, долженъ легче и быстрѣе подниматься, чѣмъ воздухъ, имъ ненасыщенный.

Но могутъ ли существовать въ спокойной атмосферѣ условія, необходимыя для неустойчиваго равновѣсія воздуха, т. е. необходимыя для того, чтобы масса воздуха, немного приподнятая, продолжала подниматься уже сама, безъ посторонней причины? Отвѣтъ на это даютъ наблюденія, производимыя на аэростатахъ и на высокихъ горахъ. И тѣ и другія показываютъ, что въ спокойной атмосферѣ часто температура понижается быстрѣе, чѣмъ на 1° (Ц.) на каждые 100 м., чего вполнѣ достаточно для поддержанія разъ начавшагося движенія

какого бы то ни было воздуха, въ особенности же воздуха, въ которомъ происходитъ конденсація водянаго пара.

Обратимся теперь къ разсмотрѣнію образованія циклоновъ.

Въ началѣ статьи мы видѣли, что неравномѣрность нагрѣванія земной поверхности должна произвести восходящее движеніе воздуха и образованіе барометрическаго минимума въ томъ мѣстѣ, гдѣ нагрѣваніе сильнѣе. Въ примѣръ былъ приведенъ Пиринейскій полуостровъ въ іюлѣ мѣсяцѣ. Но температура земной поверхности, а слѣдовательно и воздуха, къ ней прилежащаго, всегда распредѣлена неравномѣрно, какъ вслѣдствіе того, что эта поверхность состоитъ изъ суши и воды, расположенныхъ притомъ неправильно, такъ и вслѣдствіе существованія теплыхъ и холодныхъ теченій въ океанахъ и моряхъ, а также вслѣдствіе неравномѣрности распредѣленія облачности, осадковъ и проч. и проч. Также неравномѣрно распредѣлено и количество водянаго пара, котораго обыкновенно бываетъ больше тамъ, гдѣ температура выше. А если такъ, то въ атмосферѣ должно постоянно существовать стремленіе къ образованію восходящихъ и нисходящихъ теченій. Не всегда, однако, они въ дѣйствительности образуются, такъ какъ не всегда существуютъ условія для этого благопріятныя. Положимъ напр., что какая либо часть земной поверхности нагрѣлась сильнѣе, чѣмъ часть ее окружающая; воздухъ, надъ нею находящійся, какъ мы уже видѣли, нѣсколько приподнимется, но если при этомъ существуютъ условія устойчиваго равновѣсія, то онъ продолжать своего поднятія не можетъ и остановится, или даже опустится, и тогда никакого барометрическаго минимума не образуется. Если же существуютъ условія неустойчиваго равновѣсія, то воздухъ продолжаетъ подниматься, причемъ образуется минимумъ.

Вначалѣ барометрическій минимумъ очень слабъ, но тѣмъ не менѣе вокругъ него образуется движеніе воздуха, а разъ послѣднее образовалось, сейчасъ же являются силы, поддерживающія и усиливающія минимумъ. Ими только и можно объяснить ту большую разность въ упругостяхъ въ центрѣ циклона и вокругъ него, которая, какъ мы видѣли, обыкновенно наблюдается. Эти силы суть: отклоняющая сила вращенія земли и центробѣжная сила. Вліяніе ихъ на развитіе циклона, повидимому, весьма велико и на немъ стоитъ остановиться.

Постараемся выяснить вліяніе отклоняющей силы вращенія земли и центробѣжной силы на распредѣленіе упругости воздуха, движущагося горизонтально. Предположимъ, что въ сѣверномъ полушаріи существуетъ прямолинейный горизонтальный потокъ воздуха, шириною

въ нѣсколько сотъ километровъ, имѣющій какое угодно направленіе относительно горизонта, напр. отъ ЮЗ па СВ. На каждую частицу воздуха дѣйствуетъ вправо отклоняющая сила вращенія земли, которая оттянетъ нѣкоторое количество воздуха отъ лѣвой части потока, т. е. сѣверозападной и произведетъ накопленіе его въ правой, т. е. въ юговосточной, вслѣдствіе чего упругость воздуха по всей ширинѣ потока будетъ различна: она будетъ больше въ сѣверозападной части и меньше въ юговосточной. Интересно знать, какъ велика разница въ упругостяхъ, которая должна произойти вслѣдствіе этой причины. Съ этою цѣлью мы приведемъ результатъ вычисленія Ханна[1]). Ханнъ предполагаетъ, что существуетъ воздушный потокъ по прямому направленію отъ югозапада на сѣверовостокъ между сѣверной Шотландіей и Альпами, слѣдовательно шириною около 1100 километровъ, скорость котораго 30 метровъ въ секунду и вычисляетъ разность въ упругостяхъ воздуха, которая должна произойти въ этомъ потокѣ вслѣдствіе вращенія земли. Она оказывается равною 37,7 мм., т. е. барометръ въ сѣверной Шотландіи долженъ стоять на 37,7 мм. ниже, чѣмъ у подножія Альпъ. Эта разность очень значительна и соотвѣтствуетъ нашимъ самымъ сильнымъ бурямъ, т. е. наблюдается въ нашихъ самыхъ сильныхъ циклонахъ.

Вліяніе вращенія земли на распредѣленіе упругостей въ воздушныхъ потокахъ зависитъ отъ широты: оно увеличивается по мѣрѣ приближенія къ полюсамъ и уменьшается по мѣрѣ приближенія къ экватору, на которомъ его не существуетъ вовсе. Въ южномъ полушаріи меньшая упругость должна являться въ правой части потока, такъ какъ тамъ отклоненіе происходитъ влѣво.

Въ разсмотрѣнномъ нами случаѣ центробѣжная сила не дѣйствовала, такъ какъ потокъ предполагался прямолинейнымъ. Въ случаѣ криволинейнаго потока, кромѣ отклоняющей силы вращенія земли является еще центробѣжная сила. Предположимъ, что происходитъ вихревое движеніе воздуха въ какомъ нибудь мѣстѣ сѣвернаго полушарія въ сторону обратную движенію часовой стрѣлки (какъ въ циклонѣ), причемъ допустимъ, что каждая частица воздуха движется по окружности. На вращающійся воздухъ дѣйствуетъ во первыхъ отклоняющая сила вращенія земли, подъ вліяніемъ которой упругость воздуха въ центральной части вихря должна сдѣлаться меньше, чѣмъ на его периферіи, такъ какъ круговое движеніе воздуха можно разсматривать

1) I. Hann, Ueber die Beziehungen zwischen den Luftdruckdifferenzen und der Wind geschwindigkeit nach den Theorien von Ferrel und Colding, Zeitschrift für Meteorologie, 1875, т. X, стр. 81 и проч. и 97 и проч.

состоящимъ изъ многихъ прямолинейныхъ движеній, а при всякомъ такомъ движеніи, какъ мы видѣли, должна явиться разность въ упругостяхъ воздуха. Во вторыхъ дѣйствуетъ центробѣжная сила, которая стремится удалить воздухъ отъ центра, слѣдовательно дѣйствуетъ въ ту же сторону, какъ и отклоняющая сила вращенія земли, и потому способствуетъ образованію разности въ упругостяхъ. Такимъ образомъ является барометрическій градіентъ, величину котораго Ханнъ опредѣляетъ при помощи особой формулы [1]). Чтобы нагляднѣе было видно, какой градіентъ получается при этомъ, приведемъ примѣръ. Положимъ, что вихрь происходитъ въ средней Европѣ, что скорость вѣтра 31 метръ въ секунду и радіусъ вращенія 1630000 метр. (это разстояніе равно разстоянію отъ Вѣны до Петербурга). По формулѣ Ханна получается барометрическій градіентъ 3,7 мм. (разница въ упругостяхъ воздуха по направленію радіуса въ двухъ мѣстахъ, отстоящихъ другъ отъ друга на разстояніи 1 градуса меридіана или 111 километровъ), причемъ эта величина состоитъ изъ двухъ частей: та, которая является слѣдствіемъ вращенія земли, равна 3,2 мм., та, которая является слѣдствіемъ центробѣжной силы, равна 0,5 мм. Отсюда видно, что при данныхъ условіяхъ возникаетъ весьма значительная неравномѣрность въ распредѣленіи упругостей воздуха.

Въ только-что приведенномъ примѣрѣ вліяніе отклоняющей силы вращенія земли значительно больше вліянія центробѣжной силы. Въ дѣйствительности это всегда имѣетъ мѣсто въ умѣренныхъ и холодныхъ странахъ, такъ какъ здѣсь кривизна путей, описываемыхъ частицами воздуха, невелика (какъ въ нашемъ примѣрѣ, гдѣ взято $R = 1630000$ метр.), отчего величина центробѣжной силы незначительна, отклоняющая же сила вращенія земли напротивъ того велика. Замѣтимъ, что кривизна путей воздушныхъ частицъ въ циклонахъ умѣренныхъ и холодныхъ странъ незначительна, вслѣдствіе обширныхъ размѣровъ циклоновъ. Въ тропическихъ циклонахъ, размѣры которыхъ гораздо меньше, кривизна путей воздушныхъ частицъ гораздо значительнѣе, отчего центробѣжная сила велика, а отклоняющая сила вращенія земли мала, такъ какъ чѣмъ ближе къ экватору, тѣмъ вліяніе вращенія земли, какъ мы знаемъ, меньше. Возьмемъ примѣръ. Положимъ, что вихрь происходитъ въ широтѣ 28°, скорость вѣтра

---

1) $G = 1076{,}5 \left(0{,}0001458 \operatorname{Sin} \varphi . V + \frac{V^2}{R} \right)$, гдѣ G есть барометрическій градіентъ (разность барометровъ на разстояніи одного градуса меридіана или 111 килом.), V — скорость вращательнаго движенія воздуха (число метровъ въ секунду), R — радіусъ окружности, по которой совершается движеніе данной массы воздуха (въ метрахъ) и φ — географ. широта данной мѣстности.

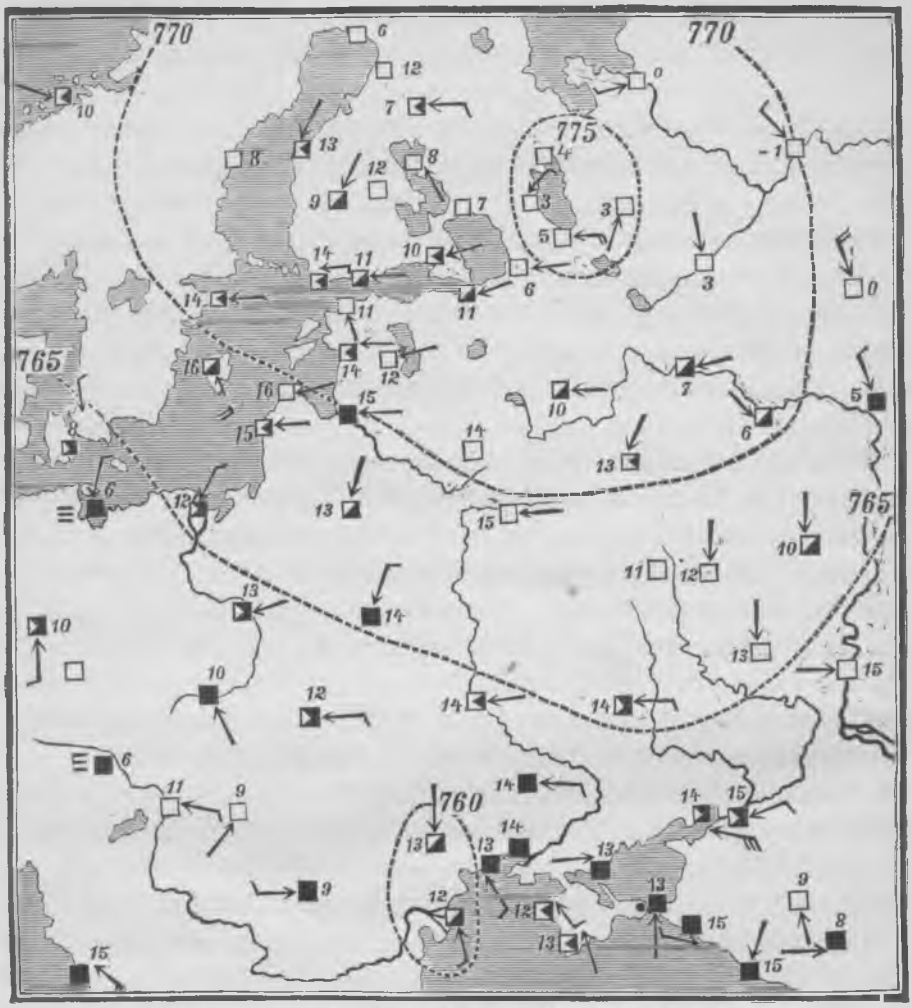
30 м., радіусъ кривизны 91700 метровъ. Вычисляя по той же формулѣ Ханна величину барометрическаго градіента, получаемъ: часть градіента, зависящая отъ вращенія земли, равна 1,5 мм., часть же, происходящая вслѣдствіе центробѣжной силы, равна 10,6 мм. Въ общемъ величина барометрическаго градіента получается равной 12,1 мм.

Въ томъ и другомъ примѣрѣ числовыя условія заимствованы изъ метеорологическихъ картъ, слѣдовательно взяты изъ дѣйствительности.

Въ циклонахъ, какъ мы знаемъ, движеніе воздуха вокругъ барометрическаго минимума совершается не по кругамъ, но если мы разсмотримъ небольшую часть области циклона, то можемъ сказать, что въ ней движеніе воздуха происходитъ по кривой, близкой къ дугѣ круга, слѣдовательно формула Ханна, можетъ быть примѣнена къ циклонамъ существующимъ въ дѣйствительности.

Послѣ этихъ замѣчаній возвратимся къ разсмотрѣнію образованія циклоновъ. Мы видѣли, что вслѣдствіе неравномѣрнаго распредѣленія температуры по земной поверхности, при существованіи условій неустойчиваго равновѣсія воздуха, можетъ образоваться барометрическій минимумъ. Но сильнаго разрѣженія воздуха при этомъ получиться не можетъ, даже въ томъ случаѣ, когда происходитъ сильная конденсація водянаго пара. Что это дѣйствительно такъ, въ этомъ убѣждаютъ насъ наблюденія въ тропическихъ странахъ. Вслѣдствіе высокой температуры воздуха въ штилевой полосѣ, надъ ней происходитъ восходящее движеніе воздуха, въ сильной степени поддерживаемое теплотою, выдѣляющеюся вслѣдствіе обильной конденсаціи водянаго пара (теплый воздухъ тропическихъ странъ, особенно богатъ водянымъ паромъ); но высота барометра въ штилевой полосѣ лишь очень немного меньше высоты барометра къ сѣверу и югу отъ нея. Это заставляетъ думать, что причина сильнаго разрѣженія, наблюдаемаго въ циклонахъ, другая. Мы видѣли уже, что отклоняющая сила вращенія земли и центробѣжная сила могутъ произвести неравномѣрное распредѣленіе упругости въ воздушномъ потокѣ. Благодаря неравномѣрному распредѣленію температуры и существованію условій неустойчиваго равновѣсія воздуха, возникаетъ слабый барометрическій минимумъ, сопровождаемый слабымъ движеніемъ воздуха вокругъ; но разъ явилось хотя и слабое движеніе воздуха, отклоняющая сила вращенія земли и центробѣжная сила увеличиваютъ разрѣженіе, вслѣдствіе чего, конечно, движеніе воздуха вокругъ ускоряется; увеличеніе скорости движенія воздуха въ свою очередь вызываетъ большее дѣйствіе указанныхъ двухъ силъ, что опять увеличиваетъ разрѣженіе и т. д. При увеличеніи разрѣженія

(или лучше сказать, барометрическаго градіента) должно усиливаться восходящее движеніе воздуха, а также конденсація водянаго пара,



Метеорологическая карта 1-го мая 1890 года 7 ч. утра.

слѣдовательно является рядъ факторовъ, поддерживающихъ и усиливающихъ другъ друга. Такимъ образомъ можетъ образоваться циклонъ весьма большой силы.

Циклоны, вообще говоря, значительно сильнѣе надъ океанами, чѣмъ надъ континентами. Причина этого заключается въ томъ, что на океанахъ условія болѣе благопріятны для ихъ существованія, чѣмъ на континентахъ, именно, съ одной стороны водянаго пара больше, съ другой— скорость движенія воздуха и также, слѣдовательно, вліяніе двухъ выше-

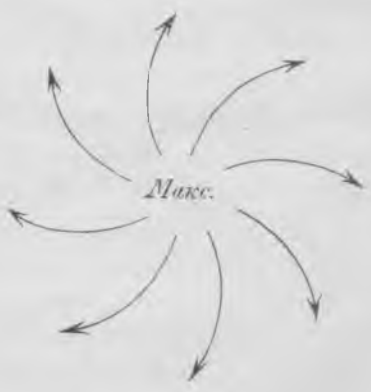
указанныхъ силъ значительнѣе. Этимъ объясняется то обстоятельство, что циклоны чаще образуются надъ океанами, чѣмъ надъ континентами. Вступая съ океана на континентъ, они обыкновенно ослабѣваютъ и вскорѣ исчезаютъ [1]).

Теперь снова обратимся къ метеорологическимъ картамъ. До сихъ поръ мы говорили объ обнаруживаемыхъ помощью ихъ областяхъ слабаго давленія или барометрическихъ минимумахъ; но онѣ же обнаруживаютъ и существованіе областей другого рода, именно *областей съ высокимъ давленіемъ или барометрическихъ максимумовъ*. Разсмотримъ напр. метеорологическую карту 1-го мая 1890 года, 7 ч. утра.

Мы видимъ вокругъ Онежскаго озера изобару 775 мм.; на нѣкоторомъ разстояніи отъ нея проходитъ изобара 770 мм., затѣмъ изобара 765 мм. Слѣдовательно въ этотъ день упругость воздуха надъ Онежскимъ озеромъ и нѣсколько восточнѣе его наибольшая и во всѣ стороны отсюда уменьшается. Мѣсто съ наибольшею упругостью воздуха, сравнительно съ окружающими мѣстами, называется *барометрическимъ максимумомъ*. Область, ограниченная послѣднею изъ изобаръ, вогнутость которыхъ обращена къ мѣсту съ наибольшею упругостью (въ данномъ случаѣ область, заключенная внутри изобары 765 мм., называется *областью барометрическаго максимума*.

Посмотримъ, что происходитъ съ воздухомъ, находящимся внутри области барометрическаго максимума. И здѣсь, какъ и вообще, онъ движется изъ мѣста съ большею упругостью въ мѣста съ меньшею, т. е. отъ барометрическаго максимума въ стороны, отклоняясь при этомъ вправо. Иначе сказать, около барометрическаго максимума происходитъ вращательное движеніе воздуха (черт. 7) по направленію движенія часовой стрѣлки (это въ нашемъ полушаріи, а въ южномъ—обратно). Вихрь, образуемый вращающимся около барометрическаго максимума воздухомъ называютъ обыкновенно *антициклономъ*.

Черт. 7.



На разсматриваемой нами картѣ нанесены направленіе и сила вѣтровъ. Не трудно видѣть, что они въ области антициклона очень

1) Проф. А. И. Воейковъ: Barometrische Amplituden und Sturmbahnen auf dem östlichen Continente, Zeitschr. der Oest. Ges. für Meteor. 1871, томъ VI, стр. 166.

слабы. Это одна изъ характерныхъ особенностей антициклоновъ, отличающая ихъ отъ циклоновъ, которые сопровождаются, напротивъ, сильными вѣтрами. Только близъ периферіи области антициклона, именно тамъ, гдѣ онъ граничитъ съ циклономъ, вѣтры могутъ достичь большой силы. Причина слабыхъ вѣтровъ въ антициклонѣ заключается въ незначительной величинѣ барометрическаго градіента, а этой послѣдней— въ томъ, что здѣсь отклоняющая сила вращенія земли и центробѣжная сила дѣйствуютъ въ разныя стороны и потому не могутъ произвести столь неравномѣрнаго распредѣленія упругости, какъ въ циклонахъ.

Небольшая сила вѣтровъ, дующихъ въ антициклонахъ, служитъ причиною болѣе частаго уклоненія вѣтровъ отъ закона Бюйсъ-Балло, въ этого рода областяхъ, сравнительно съ областями циклоновъ.

Антициклонъ, подобно циклону, мѣняетъ мѣсто, причемъ также передвигается лишь сгущеніе, а не самая масса воздуха. Пути центровъ антициклоновъ менѣе правильны, чѣмъ пути циклоновъ, и въ большинствѣ случаевъ направлены на ВЮВ. Рѣже всего антициклоны движутся на З. и СЗ. [1]).

Что касается скорости поступательнаго движенія барометрическихъ максимумовъ, то она, какъ и скорость движенія минимумовъ, весьма различна. Бываютъ случаи, когда максимумъ стоитъ на мѣстѣ нѣсколько дней, недѣлю, двѣ, но съ другой стороны бываютъ и такіе случаи, когда они движутся со скоростью 1500 килом. въ сутки и даже еще большею [2]).

Высота барометра въ центрѣ антициклона во время его существованія не остается постоянною. Особенно велика она въ зимнихъ максимумахъ. Въ Европѣ эта послѣдняя достигаетъ иногда 800 мм. [3]).

Относительно формы антициклоновъ замѣтимъ, что она наиболѣе правильна въ холодное время года, когда максимумъ бываетъ окруженъ тремя, четырьмя, даже пятью изобарами, наименѣе же правильна въ теплое время года, когда число изобаръ въ области максимума двѣ, рѣдко больше. Въ большинствѣ случаевъ изобары имѣютъ удлиненную форму, причемъ удлиненіе чаще всего бываетъ направлено отъ СЗ. къ ЮВ., т. е. направленіе наибольшей растянутости изобаръ приблизительно совпадаетъ съ направленіемъ наиболѣе частыхъ движеній

---

1) П. И. Броуновъ. Временные барометрическіе максимумы въ Европѣ. Прил. къ Зап. Акад. Наукъ, т. LIII, 1886.

2) Тамъ же.

3) Тамъ же.

максимумовъ [1]). Подобное замѣчательное явленіе наблюдается, какъ мы видѣли, и въ циклонахъ.

Теперь обратимъ вниманіе на состояніе неба въ области барометрическаго максимума, которое тоже обозначено на картѣ, нами разсматриваемой. Въ области максимума почти всѣ кружки не затушеваны, т. е. небо въ большей части мѣстъ ясное, и только на границѣ этой области, особенно тамъ, гдѣ къ области максимума прилегаетъ область минимума, небо пасмурно. Ясное небо и отсутствіе осадковъ, это явленіе весьма характерное для максимумовъ, рѣзко отличающее ихъ отъ минимумовъ, которые сопровождаются тучами, дождемъ, снѣгомъ, а иногда и градомъ.

Причина яснаго неба въ антициклонахъ заключается въ медленномъ нисходящемъ движеніи воздуха, въ нихъ происходящемъ. Въ самомъ дѣлѣ, допустимъ, что такое движеніе дѣйствительно происходитъ. Воздухъ, переходя изъ верхнихъ, болѣе разрѣженныхъ слоевъ атмосферы, въ нижніе, болѣе сгущенные, долженъ сжиматься, при чемъ температура его повышается, отчего онъ удаляется отъ степени насыщенія, а если въ немъ и была вода въ видѣ облаковъ и проч., то она испаряется. Что въ антициклонѣ происходитъ нисходящее движеніе воздуха, видно изъ слѣдующаго. Воздухъ въ немъ у земной поверхности, какъ показываютъ метеорологическія карты, растекается отъ центральной части въ стороны; отъ этого воздухъ, находящійся надъ нимъ, теряя опору, долженъ опускаться, осѣдать [2]). Такъ какъ растеканіе воздуха въ стороны внизу происходитъ во все время существованія максимума, значитъ во все время въ немъ происходитъ нисходящее движеніе. Но если это такъ, то въ высшихъ слояхъ атмосферы надъ областью барометрическаго максимума должно существовать движеніе воздуха къ центральной части. Это въ дѣйствительности и оказывается, какъ показываютъ наблюденія надъ движеніемъ перистыхъ облаковъ, которыя иногда можно бываетъ видѣть близъ окраинъ максимумовъ, особенно тамъ, гдѣ область максимума переходитъ въ область минимума. По отношенію къ нисходящему движенію воздуха въ антициклонахъ, какъ и къ восходящему въ циклонахъ, чрезвычайно интересны наблюденія на Эйфелевой башнѣ, о которыхъ мы уже упо-

1) Тамъ же.

2) Это явленіе можно уподобить слѣдующему. Представимъ себѣ, что на столѣ одна на другой лежитъ нѣсколько книгъ; быстро выдернемъ нижнюю: остальныя упадутъ на столъ, т. е. опустятся. Подобное же явленіе должно происходить и въ антициклонахъ. Нѣкоторые сомнѣваются въ существованіи нисходящаго движенія въ антициклонахъ, но простое разсужденіе, здѣсь приводимое, едва ли оставляетъ хоть сколько нибудь сомнѣнія.

минали. Къ сожалѣнію, мы не имѣемъ свѣдѣній о нихъ съ декабря 1890 года, а въ теченіе октября и ноября очень мало было случаевъ, когда Парижъ находился въ области антициклона. Однако и имѣющіяся уже данныя подтверждаютъ предположеніе о существованіи нисходящаго движенія въ разсматриваемыхъ областяхъ.

Что касается образованія максимумовъ, то оно происходитъ въ нашихъ странахъ такъ же, какъ и образованіе минимумовъ, вслѣдствіе неравномѣрнаго распредѣленія температуры по горизонтальному направленію. Минимумы образуются тамъ, гдѣ воздухъ болѣе нагрѣтъ, а максимумы—тамъ, гдѣ онъ болѣе холоденъ. Образованіе максимума происходитъ подобно тому, какъ было объяснено въ самомъ началѣ статьи.

На основаніи сказаннаго у насъ является слѣдующее представленіе о явленіяхъ циклона и антициклона въ ихъ цѣломъ. Каждый циклонъ можно раздѣлить на двѣ части — нижнюю и верхнюю; нижняя представляетъ собою минимумъ упругости, къ которому, вращаясь и медленно поднимаясь, стремится воздухъ; верхняя же, судя по тому, что туда снизу приходитъ воздухъ, а также и по тому, что тамъ облака расходятся въ стороны, т. е. вѣтры удаляются отъ центра, представляетъ, повидимому, нѣкоторое накопленіе воздуха, иначе сказать максимумъ упругости. Тоже относится и къ антициклону, только съ тою разницею, что въ немъ внизу находится максимумъ упругости, а на верху—минимумъ. Можно еще выдѣлить третью часть—промежуточную, въ которой происходитъ переходъ отъ явленій, сопровождающихъ минимумъ, къ явленіямъ, сопровождающимъ максимумъ. Въ этой части вѣтры, очевидно, должны дуть параллельно изобарамъ. Понятіе о высотѣ, на которой находится промежуточная часть, даетъ изслѣдованіе 40 полетовъ, совершенныхъ изъ Петербурга на аэростатахъ, произведенное М. М. Поморцевымъ [1]), показавшее, что высота, на которой вѣтры дуютъ параллельно изобарамъ, или высота разсматриваемой промежуточной области равна: для циклоновъ 1100 метр., для антициклоновъ 1400 метр.

Впрочемъ, что касается распредѣленія упругости и вѣтровъ въ верхнихъ частяхъ циклоновъ и антициклоновъ, то тутъ еще много загадочнаго. Только наблюденія надъ облаками, а также на аэростатахъ и горныхъ станціяхъ могутъ дать отвѣты на весьма интересные вопросы, сюда относящіеся, такъ же какъ и на многіе другіе вопросы

---

1) М. М. Поморцевъ, Сообщеніе въ Императорскомъ Русскомъ Географическомъ Обществѣ въ Январѣ 1891 года.

метеорологіи, почему развитіе этихъ наблюденій въ возможно широкихъ размѣрахъ въ высшей степени желательно.

Разсмотримъ теперь тепловыя свойства циклоновъ и антициклоновъ.

Въ разныхъ частяхъ циклона и антициклона дуютъ различные вѣтры, отчего температура воздуха въ разныхъ частяхъ ихъ различна. Въ этомъ отношеніи циклонъ можно раздѣлить на двѣ половины, наиболѣе рѣзко отличающіяся между собою; для этого надо провести черезъ центръ циклона линію отъ SSW къ NNE. Въ восточной половинѣ дуютъ вѣтры SW, S, SE, E т. е. вѣтры западнаго югозападнаго и южнаго происхожденія, слѣдовательно теплые, въ западной — вѣтры NE, N, NW, W, т. е. восточнаго, сѣверовосточнаго и сѣвернаго происхожденія, слѣдовательно холодные[1]). Нѣчто подобное относится и къ антициклонамъ.

Хотя въ циклонѣ вѣтры тѣ же, какъ и въ антициклонѣ (только, конечно, не въ соотвѣтствующихъ мѣстахъ), то можно было бы думать, что въ общемъ тепловыя условія, зависящія отъ этихъ вѣтровъ, одинаковы. Однако это не такъ. Барометрическіе минимумы и максимумы сопровождаются, какъ мы видѣли, совершенно различною степенью облачности: первые пасмурною погодою, дождемъ, снѣгомъ и проч., вторые большею частью яснымъ небомъ; степень облачности оказываетъ весьма большое вліяніе на температуру той мѣстности, надъ которою проходитъ тотъ или другой вихрь, причемъ это вліяніе въ высокой степени зависитъ отъ времени года: когда надъ нами проходитъ циклонъ, температура у насъ, вообще говоря, бываетъ: лѣтомъ ниже нормальной, т. е. многолѣтней средней, зимою же, наоборотъ— выше нормальной; если же проходитъ антициклонъ, то лѣтомъ температура бываетъ выше, зимою же ниже нормальной. Иначе сказать, циклоны несутъ холодъ лѣтомъ и тепло зимою, а антициклоны — тепло лѣтомъ и холодъ зимою. Причина этого слѣдующая. Если въ теплое время года небо ясно, то въ длинные дни этого времени года солнце сильно нагрѣваетъ землю, въ короткія же ночи земля не успѣваетъ отдать всей полученной ею теплоты окружающему ее міровому пространству, отчего она все болѣе и болѣе нагрѣвается и, если ясная погода продолжается порядочно долго, то земля нагрѣвается значительно, наступаютъ жары. Такъ какъ антициклоны сопровождаются яснымъ небомъ, то они лѣтомъ должны нести тепло, жару, что въ дѣйствительности и наблюдается. Если же, наоборотъ, небо въ это время года покрыто облаками, то лучи солнца въ значи-

1) Mohn, Grundzüge der Meteorologie, 1879, стр. 254.

тельной степени задерживаются ими, почему, какъ показали изслѣдованія М. А. Рыкачева[1]), не только не происходитъ нагрѣванія, но, напротивъ, температура воздуха у земли понижается; понижению температуры способствуетъ дождь, падающій изъ болѣе высокихъ, слѣдовательно болѣе холодныхъ слоевъ атмосферы. Отсюда слѣдуетъ, что лѣтніе циклоны должны сопровождаться охлажденіемъ воздуха. У насъ въ Европѣ охлаждению значительно способствуетъ то обстоятельство, что Европа съ трехъ сторонъ окружена моремъ и потому въ европейскихъ циклонахъ преобладающее значеніе имѣютъ морскіе вѣтры, но вода въ теплое время года холоднѣе суши, почему морскіе вѣтры въ это время года производятъ охлажденіе.

Въ холодное время года ясное небо производитъ охлажденіе земли, вслѣдствіе того, что солнце свѣтитъ въ это время слабо и короткое время, а въ теченіе длинныхъ ночей земля отдаетъ міровому пространству много тепла. Вотъ почему зимніе антициклоны сопровождаются холодами, иногда достигающими весьма значительной степени. Охлажденіе земной поверхности въ области антициклона въ холодное время бываетъ особенно сильно ко времени восхода солнца. Около этого времени въ области антициклона нерѣдко образуется вслѣдствіе этого охлажденія туманъ. Въ примѣръ можно привести сильный туманъ, наблюдавшійся въ Петербургѣ и въ нѣкоторыхъ другихъ мѣстахъ сѣверозападной Россіи 15 (27) февраля 1891 года; надъ этою мѣстностью была расположена область антициклона. Туманъ къ полудню обыкновенно пропадаетъ, а ночью появляется снова, и это продолжается иногда нѣсколько дней. Облака въ это время года производятъ обратное дѣйствіе, такъ какъ уменьшаютъ лучеиспусканіе земли въ длинныя ночи. Поэтому зимніе циклоны должны нести тепло. Этому способствуетъ то обстоятельство, что морскіе вѣтры въ это время года теплѣе континентальныхъ.

Слѣдующая таблица, представляющая собою отклоненіе температуры отъ нормальной въ среднемъ выводѣ въ области европейскаго циклона въ разные мѣсяцы, подтверждаетъ, что циклоны лѣтомъ несутъ холодъ, а зимою тепло[2]):

Январь	+3°,7 C.	Май	0°,0 C.	Сентябрь	−0°,1 C.
Февраль	+2°,2	Іюнь	−0°,7	Октябрь	+0°,2
Мартъ	+1°,2	Іюль	−0°,8	Ноябрь	+0°,9
Апрѣль	+0°,2	Августъ	−0°,4	Декабрь	+1°,4

1) М. А. Рыкачевъ: О суточномъ ходѣ температуры въ С.-Петербургѣ въ ясные и пасмурные дни. Метеорологическій Сборникъ, издаваемый Академіей Наукъ, т. III, № 6, стр. 9.

2) П. Броуновъ. Годовой ходъ отклоненія температуры отъ нормальной въ

Изъ сказаннаго видно, что даннаго направленія вѣтеръ, дующій въ какомъ-либо мѣстѣ въ какое-либо время года долженъ обладать различными тепловыми свойствами, смотря по тому, дуетъ ли онъ въ области циклона, или же въ области антициклона. Влажность и облачность его должны быть, конечно, тоже различны: онъ долженъ быть влаженъ и сопровождаться большею облачностью, если дуетъ въ циклонѣ, и сухъ, и сопровождаться ясною погодою, если дуетъ въ антициклонѣ. Это вполнѣ подтверждается весьма интересною таблицею, составленною В. П. Кеппеномъ для Петербурга на основаніи наблюденій 1872 и 1873 годовъ [1]):

1. Холодное время года (октябрь — мартъ).

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
				a) Циклонъ.				
Температура	+ 0,6	+ 2,0	+ 2,6	+ 4,0	+ 5,6	+ 5,5	+ 3,7	— 1,9
Влажность	92,4	87,8	94,2	93,3	92,0	90,4	88,8	87,9
Облачность	9,4	10,0	10,0	10,0	9,3	8,5	7,3	7,5
				b) Антициклонъ.				
Температура	— 6,5	— 3,0	— 7,1	— 2,2	— 1,9	+ 3,6	+ 5,8	— 0,1
Влажность	84,2	84,0	87,7	89,6	92,2	91,8	90,7	91,1
Облачность	6,7	8,8	4,9	8,0	8,0	8,7	7,2	7,2

2. Теплое время года (апрѣль — сентябрь).

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
				a) Циклонъ.				
Температура	— 5,0	— 1,0	+ 0,5	+ 1,0	+ 1,9	+ 1,7	— 2,3	— 0,7
Влажность	82,0	92,6	86,3	84,5	87,3	85,6	88,2	84,0
Облачность	7,1	8,5	7,6	7,7	7,9	6,2	7,1	4,6
				b) Антициклонъ.				
Температура	— 0,1	+ 0,6	+ 1,1	+ 1,4	+ 1,0	+ 3,5	+ 1,4	+ 0,3
Влажность	77,1	72,2	77,5	75,5	83,0	79,9	88,8	81,1
Облачность	4,1	3,6	5,3	4,5	5,0	3,0	4,8	2,2

Здѣсь подъ температурою подразумѣвается отклоненіе температуры отъ нормальной, влажность дана въ процентахъ, облачность — по 10-бальной системѣ.

Различныя климатическія свойства даннаго вѣтра, зависящія отъ того, въ какой области, циклона или антициклона, онъ дуетъ, происходятъ также отъ того, что его происхожденіе въ этихъ случаяхъ различно. Такъ напримѣръ SE вѣтеръ происхожденія южнаго и даже

европейскихъ циклонахъ. Метеорологическій Сборникъ, издаваемый Акад. Наукъ, т. IX, № 2, стр. 15.

1) В. Кеппенъ. Зависимость климатическаго характера вѣтровъ отъ ихъ происхожденія. Метеорологическій Сборникъ, изд. Акад. Наукъ, т. IV, № 4, стр. 8 и 9.

западнаго, если онъ дуетъ подъ вліяніемъ циклона, и тотъ же SE вѣтеръ — происхожденія восточнаго и сѣвернаго, если дуетъ подъ вліяніемъ антициклона. Поэтому зимою онъ въ первомъ случаѣ очень тепелъ, во второмъ же — холоденъ. Лѣтомъ въ первомъ случаѣ онъ препятствуетъ охлажденію, а во второмъ — сильному нагрѣванію.

Наиболѣе теплою частью циклона является юговосточная, наиболѣе холодною — сѣверозападная. Слѣдующая таблица представляетъ собою отклоненія температуры отъ нормальной въ среднемъ выводѣ въ этихъ двухъ частяхъ циклона въ разныя времена года [1]).

	Юго-Вост. часть.	Юго-Зап. ч.
Зима.....	5°7	—2°3
Весна.....	2°9	—1°6
Лѣто.....	1°5	—2°1
Осень.....	2°6	—1°2

Нѣчто подобное должно, конечно, наблюдаться и въ антициклонахъ.

Изъ сказаннаго видно, что барометрическіе минимумы и максимумы оказываютъ громадное вліяніе на погоду нашихъ странъ. Преобладаніе тѣхъ или другихъ можетъ обусловливать характеръ цѣлаго времени года. Такъ напр. случается иногда, что центры циклоновъ проходятъ на СВ по берегу Норвегіи подъ рядъ одинъ за другимъ въ теченіе продолжительнаго періода; это обусловливаетъ дождливый или снѣжный характеръ погоды въ сѣверо-западной Россіи съ господствомъ ЮЗ и З вѣтровъ, теплый, съ оттепелями, если это происходитъ зимою. Въ примѣръ можно привести необычайно высокую температуру въ Европѣ въ ноябрѣ и декабрѣ 1877 года; особенно замѣчательна была въ этомъ отношеніи сѣверная Россія, въ которой средняя температура ноября напр. была выше нормальной больше, чѣмъ на 5° С. (въ Архангельскѣ даже на 9°); причиною этой замѣчательной аномаліи было большое число циклоновъ, центры которыхъ одинъ за другимъ проходили на СВ вдоль по западному берегу Норвегіи [2]). Подобной же зимней аномаліей замѣчателенъ былъ и 1878 годъ въ Россіи и отчасти въ Европѣ [3]). Случается, что какая либо область дѣлается на продолжительный періодъ мѣстопребываніемъ одного или нѣсколькихъ, слѣдующихъ одинъ за другимъ антициклоновъ. Это обусловливаетъ сухую погоду въ теченіи этого періода, холодную зимою и теплую лѣтомъ. Примѣромъ первой можетъ служить Декабрь

1) П. Броуновъ, Годовой ходъ отклоненія температуры отъ нормальной, стр. 17.
2) П. Броуновъ, Zeitschrift für Meteorologie, 1878, стр. 71.
3) П. Броуновъ, Zeitschrift für Meteorologie, 1880, стр. 90.

1879 года въ Зап. Европѣ, въ которой въ теченіи почти всего этого мѣсяца господствовали необычайные холода. Въ Парижѣ напр. температура доходила до—25°6, чего здѣсь не было ни разу съ тѣхъ поръ, какъ ведутся наблюденія. 28-го числа антициклонъ смѣнился циклономъ, температура повысилась [1]). Примѣромъ второй можетъ служить іюнь 1885 года въ Россіи, отличавшійся большими жарами [2]). Случается иногда, что надъ Россіей устанавливается на продолжительное время одна или нѣсколько областей слабаго давленія, обусловливающія большіе осадки и вѣтренную погоду, теплую зимою и холодную лѣтомъ. Послѣднее было напр. въ іюлѣ 1878 года [3]). Бываетъ и такъ, что надъ данною мѣстностью проходятъ то минимумы, то максимумы поочередно; отъ этого погода получаетъ характеръ перемѣнный и т. д. Во всѣхъ этихъ случаяхъ, какъ и вообще, весьма важную роль играетъ — какая часть циклона или антициклона охватываетъ данную мѣстность.

Только что было упомянуто о температурѣ іюля 1878 года въ Россіи. Этотъ мѣсяцъ представляетъ аномалію въ температурѣ столь замѣчательную, что на ней стоитъ нѣсколько остановиться. Въ этомъ мѣсяцѣ отклоненіе температуры отъ нормальной въ сѣверо-западной Россіи достигало въ отдѣльные дни — 11° С! Въ среднемъ выводѣ за цѣлый мѣсяцъ область отрицательныхъ аномалій занимаетъ всю Европейскую Россію и отчасти остальную Европу. Наибольшая средняя аномалія (—5°) находится въ Финляндіи. Слабое давленіе надъ Россіей, большая облачность и почти ежедневные дожди дополняютъ характеристику погоды въ этотъ мѣсяцъ. Съ 1-го до 26-го іюля нѣтъ ни одного дня, въ который бы въ Евр. Россіи не было барометрическаго минимума, сопровождаемаго дождемъ и по крайней мѣрѣ свѣжими вѣтрами. 1-го числа минимумъ находится надъ среднею частью Балтійскаго моря; 2-го и 3-го онъ движется къ Бѣлому морю, гдѣ утромъ 4-го исчезаетъ. Вѣтры между З и С, дующіе въ теченіе этого времени въ сѣверо-западной Россіи, производятъ тамъ небольшое охлажденіе. 4-го іюля появляется минимумъ въ юго-западныхъ губершіяхъ; 5-го, 6-го, 7-го и 8-го онъ направляется весьма медленно къ Бѣлому морю, котораго 8-го числа и достигаетъ. Этотъ минимумъ вызываетъ надъ всею Россіею теченіе воздуха съ моря, дождь и производитъ сильное охлажденіе. Утромъ 9-го этотъ минимумъ еще на-

1) А. В. Клоссовскій, Новѣйшіе успѣхи метеорологіи 1882, стр. 271. (Въ этой книгѣ можно найти много другихъ интересныхъ примѣровъ вліянія циклоновъ и антициклоновъ на погоду нашихъ странъ).

2) П. Броуновъ, Временные барометрическіе максимумы въ Европѣ, Прилож. къ Запискамъ Академіи Наукъ, 1886, стр. 161.

3) П. Броуновъ, Zeitschrift für Meteorologie 1880, стр. 90.

ходится къ востоку отъ Архангельска, затѣмъ поворачиваетъ назадъ, вечеромъ приближается къ Петрозаводску, а утромъ уже находится у Петербурга. Появленіе здѣсь минимума значительно усиливаетъ С и СЗ вѣтры на Балтійскомъ побережьѣ и производитъ сильное пониженіе температуры. Послѣ этого минимумъ ослабѣваетъ и отодвигается къ сѣверу. 11-го іюля на Финскомъ заливѣ появляется новый минимумъ, пришедшій съ запада; онъ затѣмъ направляется къ юго-востоку и образуетъ съ находившимся уже раньше этого (впрочемъ не очень сильнымъ) минимумомъ въ Зап. Сибири большую область слабаго давленія, которая тянется отъ Финскаго залива до Барнаула. Изъ этой области къ 15-му формируется близь Казани довольно сильный минимумъ. До 25-го іюля онъ остается въ восточныхъ губерніяхъ, изрѣдка отступая въ среднія. Между тѣмъ 22-го утромъ на сѣверѣ Скандинавскаго полуострова появляется новый минимумъ. Сопровождаемый сильными вѣтрами, онъ направляется на ЮВ и 25-го находится у Вологды, а 26-го въ восточныхъ губерніяхъ, гдѣ и исчезаетъ. Карта средняго распредѣленія атмосфернаго давленія въ Россіи за іюль 1878 г. представляетъ замѣчательную особенность. Въ то время какъ нормальное атмосферное давленіе въ Евр. Россіи въ іюлѣ довольно правильно уменьшается на востокъ [1]), въ іюлѣ 1878 года въ среднемъ выводѣ надъ Евр. Россіей находится весьма рѣзко очерченный циклонъ съ давленіемъ около 745 мм. близь Вятки и съ давленіемъ 757 у периферіи (Одесса и Керчь).

Вслѣдствіе весьма большого вліянія циклоновъ и антициклоновъ на ходъ метеорологическихъ элементовъ въ нашихъ странахъ въ тѣхъ мѣстахъ, надъ которыми они проходятъ, при сужденіи о предстоящей погодѣ весьма важно знать, въ какую сторону направится барометрическій минимумъ или максимумъ, а для этого, между прочимъ, должны быть извѣстны причины передвиженія ихъ. Не смотря, однако, на то, что было сдѣлано довольно много изслѣдованій съ цѣлью рѣшить этотъ вопросъ, онъ до сихъ поръ еще не рѣшенъ окончательно. Еще слишкомъ мало метеорологическихъ станцій, слишкомъ мало наблюденій надъ высшими слоями атмосферы. Въ настоящее время можно высказать по поводу его лишь нѣкоторыя предположенія, что мы и намѣрены сдѣлать, имѣя въ виду скорѣе указать путь, по которому, вѣроятно, пойдутъ дальнѣйшія изслѣдованія, чѣмъ сказать что-либо вполнѣ законченное.

Предварительно скажемъ нѣсколько словъ о существовавшихъ

1) А. А. Тилло, Атласъ распредѣленія атмосфернаго давленія на пространствѣ Россійск. Имперіи, 1890 г. Прилож. къ XXI тому записокъ Географ. Общества.

прежде воззрѣніяхъ на движеніе атмосферы вообще и циклоновъ и антициклоновъ въ частности. Давно уже думали, что въ атмосферѣ существуютъ обширныя воздушныя теченія, гораздо болѣе обширныя, чѣмъ теченія въ океанахъ и моряхъ. Такъ уже Галлей въ 1686 году и Гадлей въ 1735 г. принимали существованіе NO и SO пассатовъ и SW и NW антипассатовъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и восходящаго движенія у экватора и нисходящаго у тропиковъ. Еще раньше Теофрастъ въ 1605 г. и Бако въ 1665 г. упоминали о господствующихъ воздушныхъ теченіяхъ отъ SW и NO въ умѣренныхъ широтахъ сѣвернаго полушарія. Особенно подробно старался развить взгляды названныхъ ученыхъ Дове [1]) въ 1837 г., который между прочимъ указалъ на климатическія свойства этихъ теченій. Дове полагалъ, что въ земной атмосферѣ существуетъ два главныхъ обширныхъ теченія — экваторіальное, стремящееся отъ экватора къ полюсамъ и полярное, направляющееся отъ полюсовъ къ экватору, оба съ соотвѣтствующими отклоненіями вслѣдствіе вращенія земли около оси. Первое, по его мнѣнію, идетъ спачала поверху, потомъ, начиная приблизительно отъ тропиковъ, понизу, второе же только понизу. Борьбою этихъ теченій онъ объяснялъ всѣ перемѣны въ погодѣ среднихъ и высшихъ широтъ. Вихревыя движенія считались въ то время явленіями весьма рѣдкими, исключительными, образующимися на границѣ обоихъ теченій и ими увлекаемыми. Если къ этому прибавить довольно распространенный гипотетичный взглядъ Мори [2]) на совершаемый воздушною частицею путь, то мы получимъ приблизительное понятіе о взглядахъ на движенія воздуха, существовавшихъ около средины настоящаго столѣтія. По Мори воздушная частица у экватора поднимается, направляется къ сѣверному полюсу, у тропика Рака опускается и идетъ понизу до полюса, здѣсь поднимается, переходя по другую сторону полюса, идетъ тамъ поверху до тропика Рака, гдѣ опускается и идетъ понизу до экватора, здѣсь восходитъ, переходитъ въ другое полушаріе, опускается у тропика Козерога, идетъ къ полюсу и т. д.

Съ появленіемъ метеорологическихъ картъ взгляды измѣнились. Оказалось, что въ атмосферѣ существуетъ всегда большое число областей съ вихреобразнымъ движеніемъ воздуха, которыя названы были общимъ именемъ циклоновъ и антициклоновъ, и обнаружилось, что вихри, названные циклонами, явленіе вовсе не исключительное, и что больнія прямолинейныя воздушныя теченія у земной поверхности,

1) H. W. Dove, Meteorologische Untersuchungen, 1837.

2) M. T. Maury, The physical Geography of the Sea, 1854 г. Нѣм. изд. 1856 г., стр. 65.

суть не болѣе, какъ части криволинейныхъ теченій являющихся слѣдствіемъ циклоновъ и антициклоновъ. Такимъ образомъ явился взглядъ совершенно обратный предыдущему. Метеорологическія карты, давшія совершенно неожиданно возможность изучать крайне интересныя явленія циклоновъ и антициклоновъ, доставили метеорологамъ богатый матерьялъ для изслѣдованій. Не мудрено, что ученые увлеклись новыми изслѣдованіями и теорія полярныхъ и экваторіальныхъ теченій, если и не была совсѣмъ забыта, то во всякомъ случаѣ отступила на задній планъ. Не видя на метеорологическихъ картахъ этихъ теченій метеорологи стали искать причину движенія вихрей въ нихъ самихъ.

Въ послѣдніе 10—15 лѣтъ, однако, воззрѣнія на движенія атмосферы снова измѣнились и немного приблизились къ прежнимъ. Обнаружилось, что для изученія вихрей изслѣдованій въ низшемъ слоѣ атмосферы недостаточно, и вотъ обратились къ изученію высшихъ слоевъ, которое показало, что уже на высотѣ одного километра надъ земною поверхностью направленіе вѣтровъ болѣе постоянно, и что въ высшихъ слояхъ воздуха существуютъ обширныя теченія, до нѣкоторой степени подобныя тѣмъ, которыя предполагались и раньше. Стали изслѣдовать ихъ и отыскивать связь между ними и циклонами и антициклонами.

Посмотримъ же каковы новѣйшія воззрѣнія на обширныя теченія, происходящія въ атмосферѣ и поищемъ зависимости между ними и поступательнымъ движеніемъ циклоновъ и антициклоновъ. A priori можно думать, что такая зависимость существуетъ.

При изученіи общаго круговорота атмосферы въ высшей степени полезны были бы ежедневныя метеорологическія карты всей земной поверхности, но таковыхъ, вслѣдствіе недостатка наблюденій, пока нѣтъ. Поэтому обратимся къ картамъ, представляющимъ среднее распредѣленіе атмосфернаго давленія и вѣтровъ на землѣ. Хотя эти карты даютъ представленіе лишь о нѣкоторомъ состояніи равновѣсія нижняго слоя атмосферы, но уклоненія дѣйствительнаго состоянія ея отъ средняго, вообще говоря, незначительны, а для насъ важно имѣть лишь общее представленіе о движеніи воздуха, и потому мы вполнѣ можемъ воспользоваться ими для нашихъ цѣлей. Послѣдующій обзоръ сдѣланъ на основаніи картъ Ханна, помѣщенныхъ въ новомъ изданіи атласа по физической географіи Бергауза [1]).

---

1) Berghaus, Physikalisches Atlas, Abtheilung III, Atlas der Meteorologie von J. Hann, 1887. Когда эта статья была уже написана, мнѣ удалось познакомиться съ недавно вышедшею книгою Бекана—Report on atmospheric circulation, Report on the scientific results of the voyage of Challenger during the years 1873—1876. Voll. II,

Въ среднемъ выводѣ за годъ въ самыхъ общихъ чертахъ распредѣленіе атмосфернаго давленія слѣдующее. У экватора, или, лучше сказать, по обѣ стороны его, но больше въ сѣверномъ полушаріи тянется полоса съ сравнительно слабымъ давленіемъ (около 758 мм.). Это — экваторіальный минимумъ; въ немъ наименьшее давленіе замѣчается надъ западнымъ полуостровомъ Остъ-Индіи (нѣсколько ниже 756 мм.). Къ сѣверу и югу отъ экваторіальнаго минимума давленіе въ большинствѣ случаевъ выше. Наиболѣе просто распредѣлено давленіе въ южномъ полушаріи, благодаря болѣе однообразной поверхности его: приблизительно между параллелями 15° и 42° вокругъ всей земли тянется въ видѣ кольца барометрическій максимумъ (тропическій максимумъ) въ которомъ наиболѣе высокое давленіе — къ западу отъ южной Африки (нѣсколько больше 764 мм.) и къ западу отъ южной Америки (нѣсколько больше 762 мм.); далѣе къ югу давленіе повсюду быстро убываетъ. Послѣдняя изобара, проведенная на картѣ Ханна — изобара 746 мм. въ широтѣ приблизительно 52°. Въ сѣверномъ полушаріи тоже видѣнъ тропическій максимумъ, но только онъ не имѣетъ столь простой и правильной формы, какъ въ южномъ: онъ состоитъ изъ трехъ весьма отчетливыхъ максимумовъ: 1) въ восточной Азіи (выше 768 мм.), 2) на Атлантическомъ океанѣ къ юго-западу отъ Азорскихъ острововъ (выше 766 мм.) и 3) въ Тихомъ океанѣ къ сѣверо-западу отъ Калифорніи (выше 760 мм.), соединенныхъ между собою областями высокаго давленія. Къ сѣверу отъ этой полосы высокаго давленія упругость воздуха, убываетъ, но далеко не такъ равномѣрно и быстро, какъ въ южномъ полушаріи. Здѣсь видны два минимума: одинъ въ Атлантическомъ океанѣ къ юго-западу отъ острова Исландіи (ниже 754 мм.), другой въ сѣверной части Тихаго (ниже 754 мм.). Надъ сѣвернымъ полюсомъ находится барометрическій максимумъ, повидимому, немного выше 760 мм.

Таково распредѣленіе давленія въ среднемъ выводѣ за годъ. Посмотримъ, каково оно въ отдѣльные мѣсяцы, причемъ выберемъ два мѣсяца, которые представляютъ въ разсматриваемомъ отношеніи наибольшее уклоненіе отъ года, именно январь и іюль.

Январьскіе изобары въ общемъ имѣютъ такой же характеръ, какъ и изобары года, но только болѣе рѣзкій. Экваторіальная полоса слабаго давленія большею частью находится въ южномъ полушаріи. Въ ней остъ-индскаго минимума нѣтъ, но за то есть три рѣзко очерченные

---

part V, 1889, содержащею въ себѣ между прочимъ и карты средняго распредѣленія атмосфернаго давленія. Такъ какъ, однако, въ общемъ онѣ мало отличаются отъ картъ Ханна, то послѣдующій обзоръ оставленъ безъ перемѣны.

минимума въ южномъ полушаріи: 1) надъ южною Америкою (ниже 756 мм.), 2) надъ южной Африкой (ниже 756 мм.) и 3) надъ сѣверной частью Австраліи (ниже 752 мм.). Южнѣе этой полосы слабаго давленія охватываетъ землю кольцомъ полоса высокаго давленія съ тремя рѣзко очерченными максимумами: 1) надъ Индійскимъ океаномъ (нѣсколько выше 766 мм.), 2) надъ Атлантическимъ океаномъ (нѣсколько выше 766 мм.) и 3) надъ Тихимъ океаномъ (нѣсколько выше 766 мм.). Далѣе на югъ давленіе быстро убываетъ, повидимому, до самаго полюса. Послѣдняя изобара, проведенная на картѣ Ханна — изобара 742 мм. приблизительно въ широтѣ 52°. Въ сѣверномъ полушаріи видны тѣ же три максимума, какъ и въ среднемъ за годъ: 1) въ восточной Азіи (нѣсколько выше 778 мм.; область высокаго давленія охватываетъ почти всю Азію и Европу), 2) къ юго-западу отъ Азорскихъ острововъ (немного выше 768 мм.) и 3) къ сѣверо-западу отъ Калифорніи (немного выше 766 мм.). Кромѣ того, надъ Соединенными Штатами находится еще четвертый максимумъ (нѣсколько выше 768 мм). Надъ океанами слѣды тропическаго максимума видны и здѣсь, но надъ континентами Азіи и Сѣв. Америки область высокаго давленія очень далеко подвинулась къ сѣверу. Далѣе къ сѣверу давленіе убываетъ; минимумы находятся: къ юго-западу отъ о. Исландіи (ниже 746 мм.) и въ сѣверной части Тихаго океана (ниже 752 мм.). Надъ сѣвернымъ полюсомъ небольшой максимумъ (повидимому выше 760 мм.).

Въ среднемъ выводѣ за іюль экваторіальный минимумъ представляетъ большею частью узкую полосу, расположенную въ сѣверномъ полушаріи. Въ южномъ полушаріи попрежнему землю опоясываетъ кольцеобразный максимумъ, но области съ наивысшимъ давленіемъ, бывшія въ немъ въ январѣ на океанахъ, теперь находятся на континентахъ (въ Австраліи 770 мм.), на океанахъ же давленіе нѣсколько ослабѣло. Отъ тропическаго максимума къ югу давленіе попрежнему быстро убываетъ. Въ сѣверномъ полушаріи океаническіе максимумы остались почти тамъ же, гдѣ были и въ январѣ, только значительно расширились, максимумъ же въ Азіи исчезъ и на мѣсто его явился минимумъ (въ Персіи нѣсколько ниже 748 мм.); область его простирается и на сѣверную Африку. Въ сѣверной Америкѣ давленіе также сильно ослабѣло; по западному берегу Мексики тянется узкая полоса слабаго давленія (минимумъ около 757 мм.). Такимъ образомъ тропическій максимумъ здѣсь выраженъ значительно хуже, чѣмъ въ южномъ полушаріи: онъ прерванъ въ двухъ мѣстахъ: въ Старомъ и Новомъ Свѣтѣ. Далѣе къ сѣверу давленіе убываетъ. Исключеніе представ-

ляетъ сѣверъ Азіи, гдѣ оно возрастаетъ. Минимумы у Исландіи (757 мм.) и въ сѣверной части Тихаго океана (757 мм.) значительно ослабѣли. Надъ сѣвернымъ полюсомъ давленіе довольно высокое (около 760 мм.).

Помня правило Бейсъ-Балло, по которому вѣтеръ дуетъ отъ бо́льшаго давленія къ меньшему, отклоняясь въ сѣверномъ полушаріи вправо, а въ южномъ влѣво, и имѣя въ виду сказанное объ атмосферномъ давленіи, не трудно составить и общее представленіе о среднемъ распредѣленіи вѣтровъ или, лучше сказать, о господствующихъ вѣтрахъ. Не будемъ поэтому останавливаться на распредѣленіи воздушныхъ теченій въ нижнемъ слоѣ атмосферы и упомянемъ лишь о двухъ наиболѣе замѣчательныхъ родахъ вѣтровъ — пассатахъ и муссонахъ.

Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ въ теченіи всего года направленіе барометрическаго градіента остается неизмѣннымъ, или мало измѣняющимся, и вѣтры носятъ характеръ постоянства. Такіе вѣтры называются *пассатами*. Пассаты дуютъ, какъ видно изъ предыдущаго, между экваторіальнымъ минимумомъ и тропическими максимумами, конечно тамъ, гдѣ положеніе тѣхъ и другихъ цѣлый годъ мало мѣняется. Правильнѣе всего пассаты развиты въ Атлантическомъ и Тихомъ океанахъ и южной части Индійскаго. Въ восточныхъ частяхъ океановъ они дуютъ отъ NO въ сѣверномъ полушаріи и SO въ южномъ, въ среднихъ же и западныхъ отъ О. Такъ какъ на нѣкоторой высотѣ надъ барометрическимъ максимумомъ находится минимумъ и наоборотъ, то надъ пассатами должны дуть вѣтры противоположнаго направленія, которые, дѣйствительно, и наблюдаются. Это такъ называемые *антипассаты*. Въ большинствѣ случаевъ, антипассаты дуютъ отъ SW въ сѣверномъ и NW въ южномъ полушаріи.

Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ барометрическій градіентъ около полугода одного направленія, а другіе полгода противоположнаго, дуютъ вѣтры, мѣняющіе свое направленіе дважды въ годъ. Сюда относятся *муссоны* Индійскаго океана, восточной Азіи, Гвинейскаго залива, Новой Голландіи и проч.

Сравнивая распредѣленіе давленія въ январѣ и іюлѣ, не трудно подмѣтить слѣдующую особенность. По мѣрѣ приближенія къ зимѣ (подразумѣвается зима сѣвернаго полушарія) въ сѣверномъ полушаріи давленіе надъ континентами возрастаетъ, а надъ океанами убываетъ, въ южномъ — на оборотъ, надъ континентами убываетъ, надъ океанами возрастаетъ. Это показываетъ, что воздухъ переливается съ океановъ на континенты въ первомъ и съ континентовъ на океаны во второмъ. По мѣрѣ приближенія къ лѣту происходитъ обратное явле-

ніе. И такъ, въ каждомъ полушаріи при наступленіи холоднаго для него времени года воздухъ переливается съ океана на сушу, а въ теплое — съ суши на океанъ. Причина этого заключается въ неодинаковыхъ тепловыхъ свойствахъ суши и воды. При наступленіи холоднаго времени года суша охлаждается сильнѣе, чѣмъ вода, отчего сильнѣе охлаждается и воздухъ, непосредственно надъ нею находящійся; вслѣдствіе этого онъ теряетъ часть упругости и, не будучи въ состояніи поддержать той массы воздуха, которую поддерживалъ раньше, сжимается подъ тяжестью ея, отчего осѣдаетъ и находящійся надъ нимъ воздухъ. Отъ одного этого процесса, однако, упругость воздуха внизу, у земной поверхности, а слѣдовательно и высота барометра здѣсь измѣниться не могутъ, такъ какъ масса воздуха надъ сушею останется та же самая. Она начнетъ измѣнятся вслѣдъ за тѣмъ потому, что на нѣкоторой высотѣ отъ осѣданія воздуха образуется разрѣженіе, къ которому со всѣхъ сторонъ стремится воздухъ, увеличивая массу воздуха надъ сушею. Такимъ образомъ внизу надъ сушею барометръ повышается, и мало по малу образуется высокое давленіе (полугодовой максимумъ). Надъ океанами должно происходить обратное явленіе: на нѣкоторой высотѣ воздухъ растекается въ стороны по направленію къ сушѣ, отчего слои, непосредственно надъ поверхностью океановъ находящіеся, сдавливаемые теперь слабѣе, чѣмъ прежде, расширяются вверхъ, приподнимая высшіе слои, и, слѣдовательно, способствуя ихъ передвиженію къ сушѣ; барометръ при этомъ внизу надъ водою долженъ понижаться. Такимъ образомъ надъ водою давленіе должно ослабѣвать. При наступленіи тенлаго времени года суша нагрѣвается сильнѣе, чѣмъ вода, воздухъ, непосредственно надъ нею находящійся, дѣлается болѣе упругимъ, приподнимаетъ слои воздуха, лежащіе выше, и эти послѣдніе стекаютъ по направленію къ океанамъ, увеличивая массу воздуха надъ послѣдними. Вслѣдствіе этого надъ сушею устанавливается слабое давленіе (полугодовой минимумъ), надъ океанами же барометръ повышается.

Такимъ образомъ различныя тепловыя свойства суши и воды служатъ причиною различнаго распредѣленія давленія надъ континентами и океанами зимою и лѣтомъ. Распредѣленія эти до извѣстной степени противоположны, и потому въ среднемъ выводѣ различіе, до нѣкоторой степени по крайней мѣрѣ, должно пропадать. Въ средне-годовомъ выводѣ это и замѣчается, однако вліяніе зимы оказывается преобладающимъ, потому что, какъ мы видѣли, въ среднемъ за годъ распредѣленіе упругости въ нижнемъ слоѣ атмосферы, въ общихъ чертахъ такое же, какъ и въ январѣ, только не столь рѣзкое.

Продолжая начатое нами сравненіе состоянія нижняго слоя воздуха въ январѣ и іюлѣ, мы должны обратить вниманіе на слѣдующее въ высшей степени замѣчательное обстоятельство. Въ распредѣленіи давленія въ нижнемъ слоѣ атмосферы существуютъ особенности, свойственныя какъ январю, такъ и іюлю, а именно: экваторіальный минимумъ, идущій по всей землѣ, тропическіе максимумы, въ видѣ колецъ охватывающіе землю, пониженіе давленія отъ послѣднихъ по направленію къ полюсамъ и максимумъ на сѣверномъ полюсѣ; относительно южнаго полюса пока ничего опредѣленнаго сказать нельзя; карты изобаръ показываютъ, что тамъ находится весьма сильный минимумъ. Однако вѣтры въ области, заключенной между меридіанами 170° и 180° къ востоку отъ Гринвича и параллелями 70° и 75° южной широты, какъ показываютъ наблюденія экспедиціи Челленджеръ[1]), направлены отъ юга и юговостока, что повидимому, указываетъ на увеличеніе давленія отсюда къ полюсу. Впрочемъ быть можетъ въ этомъ сказывается вліяніе неровностей земной поверхности, такъ какъ къ западу отъ этой области находится берегъ южнополярнаго материка. Такимъ образомъ относительно распредѣленія давленія надъ южнополярными пространствами мы находимся въ полной неизвѣстности.

Прочіе мѣсяцы указываютъ существованіе тѣхъ же самыхъ характерныхъ особенностей. Послѣднія, конечно, должны сказаться и въ среднемъ выводѣ, что, дѣйствительно, годовые изобары и показываютъ. Времена года оказываютъ вліяніе на эти особенности въ распредѣленіи давленія главнымъ образомъ въ томъ отношеніи, что нѣсколько перемѣщаютъ экваторіальный минимумъ и тропическіе максимумы по меридіальному направленію, причемъ перемѣщеніе происходитъ въ томъ же смыслѣ, какъ и годовое перемѣщеніе солнца. Не будемъ обращать вниманія на эти перемѣщенія и постараемся уяснить себѣ основную причину вышеуказанныхъ особенностей давленія атмосферы. Тогда и перемѣщенія станутъ для насъ понятны.

Для рѣшенія нашей задачи мы предположимъ, что измѣненія давленія и температуры по параллелямъ не существуютъ и обратимъ лишь вниманіе на измѣненія этихъ элементовъ по меридіанальному направленію. Съ этою цѣлью разсмотримъ среднія высоты барометровъ параллелей, воспользовавшись таблицею, составленною Феррелемъ[2]).

---

1) A. Buchan, Report on atmospheric Circulation. Карта 27.
2) W. Ferrel, Recent Advances in Meteorology 1886, стр. 212.

БИБЛІОТЕКА

Атмосферное давленіе на уровнѣ океана въ среднемъ выводѣ за годъ въ мм.

СѢВЕРНОЕ ПОЛУШАРІЕ.

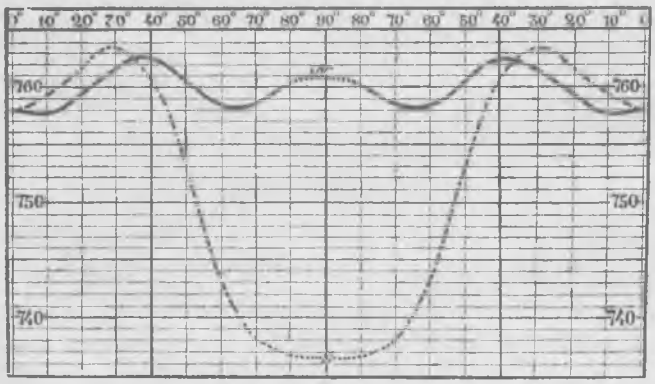
80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	35°	30°	25°	20°	15°	10°	5°	0°
760,5	60,0	58,6	**58,2**	58,7	59,7	60,7	61,5	62,0	**62,4**	61,7	60,4	59,2	58,3	**57,9**	58,0	58,0

ЮЖНОЕ ПОЛУШАРІЕ.

0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°
758,0	58,3	59,1	60,2	61,7	63,2	**63,5**	62,4	60,5	57,3	53,2	48,7	43,4	39,7	38,0

Какъ видно, экваторіальный минимумъ въ среднемъ выводѣ находится въ сѣверномъ полушаріи приблизительно между параллелями 5° и 10°. Для бо́льшей наглядности представимъ данныя этой таблицы графически, какъ это дѣлаетъ Ширунгъ въ своемъ учебникѣ метеорологіи[1]). На слѣдующемъ чертежѣ (черт. 8) по оси абсциссъ отложены географическія широты, а по оси ординатъ соотвѣтствующія высоты барометровъ. Для удобства чертежъ сдѣланъ такъ, что средняя ордината соотвѣтствуетъ полюсу, а крайнія — экватору. Такимъ образомъ кривыя, находящіяся на чертежѣ показываютъ распредѣленіе давленія по меридіану отъ экватора черезъ полюсъ къ противоположной сторонѣ экватора. Такое изображеніе имѣетъ то преимущество, что легко можно дополнить графическимъ интерполированіемъ недостающія данныя для полярныхъ странъ, что и сдѣлано на чертежѣ пунктиромъ.

Кривая, обозначенная буквою *N*, изображаетъ распредѣленіе давленія въ сѣверномъ полушаріи, кривая же *S* соотвѣтствуетъ южному. Вышеуказанныя особенности въ распредѣленіи давленія выступаютъ при такомъ изображеніи необыкновенно ясно: въ сѣверномъ полушаріи въ широтѣ 5° давленіе наименьшее, отсюда къ сѣверу и югу возрастаетъ и наибольшей величины достигаетъ въ широтѣ 30—40° въ томъ и другомъ полушаріи; дальше



Черт. 8-й.

1) A. Sprung, Lehrbuch der Meteorologie, 1885, стр. 194.

давленіе убываетъ; въ сѣверномъ полушаріи оно достигаетъ минимума въ широтѣ 65°, послѣ чего возрастаетъ, въ южномъ же минимумъ, повидимому, находится на полюсѣ. Быстрое и сильное пониженіе барометра по мѣрѣ приближенія къ полюсу въ южномъ полушаріи заставляетъ сильно сомнѣваться въ существованіи южно-полярнаго максимума.

По распредѣленію давленія, какъ выше было указано, можно судить о господствующихъ вѣтрахъ. По чертежу это сдѣлать еще удобнѣе: въ котловинахъ и на возвышенностяхъ кривой долженъ быть штиль, такъ какъ въ этихъ мѣстахъ барометрическій градіентъ равенъ нулю, гдѣ же находится скатъ, тамъ дуютъ вѣтры, направляющіеся по скату внизъ. Такъ какъ на направленіе вѣтра оказываетъ вліяніе вращеніе земли, то, собственно говоря, по чертежу мы можемъ судить лишь о меридіональной составляющей движенія воздуха въ нижнемъ слоѣ атмосферы въ среднемъ выводѣ, принимая же во вниманіе отклоненіе, мы видимъ, что, въ сѣверномъ полушаріи между тропическимъ максимумомъ и экваторіальнымъ минимумомъ должны господствовать NE вѣтры, между тропическимъ максимумомъ и минимумомъ широты 65° — SW, сѣвернѣе — NE вѣтры; въ южномъ полушаріи между тропическимъ максимумомъ и экваторіальнымъ минимумомъ господствуютъ SE вѣтры; послѣдніе, въ случаѣ перехода черезъ экваторъ въ сѣверное полушаріе превращаются въ SW; отъ широты 30°, повидимому, до самаго южнаго полюса господствуютъ NW и W вѣтры.

Особенно замѣчательно южное полушаріе своимъ весьма сильнымъ минимумомъ, который, какъ мы видѣли раньше, замѣчается всегда. Вмѣстѣ съ вѣтрами отъ NW и W онъ представляетъ собою какъ бы громадныхъ размѣровъ циклонъ, въ которомъ воздухъ вращается по направленію часовой стрѣлки, что и замѣчается вообще въ циклонахъ южнаго полушарія.

Причина существованія экваторіальнаго минимума весьма понятна и давно уже была извѣстна. Она заключается въ слѣдующемъ. Между температурами экватора и полярныхъ странъ постоянно существуетъ значительная разница (термическій градіентъ), какъ, между прочимъ, видно изъ слѣдующей таблицы Ферреля.

Средніе температуры.

СѢВЕРНОЕ ПОЛУШАРІЕ.

90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°
—17,0	—15,8	—10,2	—2,2	6,5	14,4	20,4	24,3	26,4	26,8

ЮЖНОЕ ПОЛУШАРІЕ.

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
26,0	23,8	20,2	14,9	8,2	0,9	—5,8	—10,6	—12,4

Данныя этой таблицы получены по формулѣ, составленной Ферелемъ; впрочемъ онѣ очень близки къ тѣмъ, которыя даютъ наблюденія [1]). Вслѣдствіе этой разности температуръ атмосфера въ покоѣ быть не можетъ: у экватора воздухъ долженъ медленно восходить, течь поверху къ полюсамъ, въ полярныхъ странахъ опускаться и затѣмъ понизу течь обратно къ экватору. Вмѣстѣ съ тѣмъ и упругость воздуха въ нижнемъ слоѣ не можетъ оставаться одинаковою: она должна быть наименьшая у экватора и увеличиваться къ сѣверу и югу отъ него. Поясъ наиболѣе высокой температуры, какъ видно изъ таблицы, находится въ сѣверномъ полушаріи между параллелями 0° и 10°, что соотвѣтствуетъ положенію экваторіальнаго минимума. Такимъ образомъ существованіе экваторіальнаго минимума весьма просто объясняется разницею температуръ параллелей.

Стремленію воздуха къ поднятію надъ экваторіальнымъ минимумомъ способствуетъ водяной паръ: притекающій сюда съ сѣвера и юга воздухъ по мѣрѣ приближенія къ экваторіальному минимому нагрѣвается и вбираетъ въ себя все бо̀льшее и бо̀льшее количество водянаго пара, который при поднятіи переходитъ въ воду, отчего выдѣляется теплота, уменьшающая охлажденіе восходящаго воздуха. Этимъ между прочимъ объясняется то обстоятельство, что, какъ пассаты, такъ и экваторіальный минимумъ (штилевая полоса) наиболѣе правильно развиты надъ океанами, такъ какъ здѣсь происходитъ наиболѣе сильная конденсація водяного пара восходящаго воздуха.

Труднѣе объяснить существованіе максимумовъ давленія въ широтѣ 30°—40° и уменьшеніе давленія отъ нихъ по направленію къ полюсамъ, особенно же быстрое уменьшеніе давленія въ южномъ полушаріи. Обратимся къ таблицѣ Шпрунга, представляющей среднее распредѣленіе упругости воздуха въ болѣе высокихъ слояхъ атмосферы, именно на высотѣ 2000 м. и 4000 м. въ разныхъ широтахъ.

Среднее распредѣленіе атмосфернаго давленія [2]).

СѢВЕРНОЕ ПОЛУШАРІЕ.

Широта.	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°
На высотѣ 2000 м...	582,0	583,6	587,6	513,0	598,0	600,9	600,9	600,9	601,1
На высотѣ 4000 м...	445,2	446,6	451,9	457,0	463,6	468,3	469,9	470,7	471,0

ЮЖНОЕ ПОЛУШАРІЕ.

Широта.	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
На высотѣ 2000 м...	601,1	601,6	602,7	602,2	597,1	588,0	577,0	569,9	—
На высотѣ 4000 м...	471,0	471,1	471,1	469,3	463,1	453,7	443,9	437,2	—

1) A. Sprung, Lehrbuch der Meteorologie, 1885 г., стр. 193.

2) Числа таблицы вычислены Шпрунгомъ по формулѣ

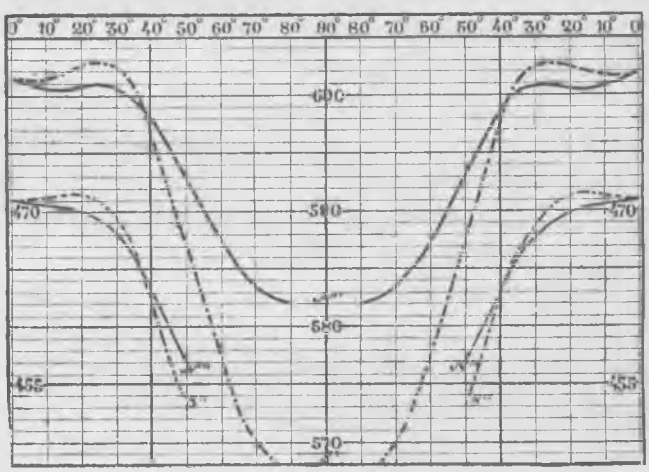
$$\lg p = \lg P - \frac{N}{18432 + 70\,t}$$

Разности между упругостями на столько велики, что никакъ не могутъ быть объяснены нѣкоторою неточностью, которая является при вычисленіи.

Для бо̀льшей наглядности результаты вычисленія представлены Шпрунгомъ графически подобно тому, какъ это сдѣлано для нижняго слоя атмосферы, и въ томъ же масштабѣ. (Черт. 9-й).

Кривая N′ представляетъ распредѣленіе упругости воздуха въ разныхъ широтахъ на высотѣ 2000 м. въ сѣверномъ полушаріи, кривая S′ — тоже въ южномъ, кривыя N″ и S″ представляютъ тоже самое для высоты 4000 м.

Кривыя чертежа указываютъ на слѣдующее поразительное обстоятельство: чѣмъ выше, тѣмъ распредѣленіе давленія проще. Такъ, на высотѣ 2000 м. (кривая N′) надъ сѣвернымъ полюсомъ совсѣмъ не видно барометрическаго минимума, причемъ распредѣленіе давленія въ обоихъ полушаріяхъ (кривыя N′ и S′) очень похожи на распредѣленіе его въ нижнемъ слоѣ южнаго полушарія: небольшой минимумъ у экватора, максимумы въ широтѣ 20—30° и сильные минимумы надъ полярными странами. На высотѣ 4000 м. тоже самое, только полярные минимумы значительно сильнѣе, чѣмъ на высотѣ 2000 м., экваторіальный же минимумъ едва замѣтенъ, а тропическіе максимумы очень близки къ экватору. Такимъ образомъ заключаемъ: что на высотѣ бо̀льшей 4000 м. распредѣленіе давленія слѣдующее, у экватора находится область высокаго давленія, охватывающая землю кольцомъ; къ сѣверу и югу отъ нея давленіе быстро уменьшается до самыхъ полюсовъ, надъ которыми находятся весьма сильные баро-



Черт. 9-й.

гдѣ p и P — среднія давленія воздуха на высотѣ и на уровнѣ океана, N — высота, t — средняя температура вертикальнаго столба воздуха отъ уровня океана до дан-

метрическіе минимумы. Слѣдовательно, полярный максимумъ есть принадлежность нижняго слоя атмосферы; на высотѣ 2000 м. его нѣтъ и слѣда. Экваторіальный минимумъ свойственъ тоже болѣе низкому слою, хотя впрочемъ на высотѣ 2000 м. онъ еще замѣчается; слѣды его и на высотѣ 4000 м. еще не совсѣмъ исчезли.

Изъ сказаннаго о распредѣленіи давленія видно, что въ высшихъ слояхъ атмосферы, начиная приблизительно съ высоты 4000 метр. меридіональная составляющая воздушныхъ теченій направлена: въ сѣверномъ полушаріи къ сѣверу, въ южномъ — къ югу, а самыя теченія идутъ въ восточную сторону горизонта.

Въ 1885 году въ Annales du Bureau Central Météorologique de France появились карты изобаръ, составленныя Тейсеранъ-де-Боромъ, изъ которыхъ особенно интересны карты для высоты 1467 м. (высота Пюи-де-Домъ, а также высота кучевыхъ облаковъ зимою), для высоты 2859 м. (высота Пикъ-дю-Миди, а также лѣтнихъ кучевыхъ облаковъ) и для высоты 4000 м. (altocumuli). Атмосферное давленіе для этихъ высотъ вычислено по гипсометрической формулѣ на основаніи распредѣленія давленія на уровнѣ океана, причемъ измѣненіе температуры съ высотою принято повсюду для января 1° Ц. на 200 м., для іюля 1° на 160 метр. поднятія. Хотя точныхъ результатовъ такое вычисленіе и не даетъ, тѣмъ не менѣе карты Тейсеранъ-де-Бора позволяютъ приблизительно судить о распредѣленіи давленія, а слѣдовательно и о воздушныхъ теченіяхъ въ высшихъ слояхъ атмосферы.

На картѣ января на высотѣ 1467 м. мы уже не видимъ высокаго давленія надъ Азіей, которое, слѣдовательно, есть принадлежность нижняго слоя атмосферы. Также отсутствуютъ и максимумы Европы и Америки. Зато весьма отчетливо видна полоса высокаго давленія близъ тропика Рака. Отъ нея къ сѣверу давленіе уменьшается до самаго полюса, гдѣ находится сильный минимумъ, а также, хотя и незначительно, по направленію къ экватору, гдѣ находится полоса сравнительно слабаго давленія. Тоже самое замѣчается и въ южномъ полушаріи. На высотѣ 2859 м. и 4000 м. распредѣленіе давленія

наго пункта. Приэтомъ приняты слѣдующія величины пониженія температуры въ градусахъ Цельсія при поднятіи на 100 м.

СѢВЕРНОЕ ПОЛУШАРІЕ.

80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°
0,19	0,25	0,40	0,57	0,65	0,67	0,68	0,69	0,70

ЮЖНОЕ ПОЛУШАРІЕ.

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
0,69	0,68	0,67	0,65	0,59	0,46	0,32

такое же, только барометрическій градіентъ по направленію къ полюсамъ отъ тропическихъ максимумовъ сильнѣе, а эти послѣдніе представляются въ видѣ полосъ высокаго давленія съ нѣсколькими пунктами, гдѣ упругость воздуха наибольшая; экваторіальный минимумъ слабо замѣтенъ, особенно на высотѣ 4000 м.

На іюльской картѣ изобары на высотѣ 1467 м. представляютъ меньше извилинъ, чѣмъ на уровнѣ океана, однако слѣды континентальныхъ максимумовъ еще и на этой высотѣ хорошо видны; тропическіе максимумы и экваторіальный минимумъ ясно видны. Тоже самое относится и къ высотамъ 2859 м. и 4000 м., только чѣмъ вышетѣмъ болѣе изобары подходятъ къ прямымъ, направленнымъ по параллелямъ, и тѣмъ больше градіентъ въ высшихъ широтахъ. На высотѣ 4000 м. ясно видны тропическіе максимумы, приблизившіеся къ экватору, слабый экваторіальный минимумъ и сильные минимумы надъ полюсами.

Такимъ образомъ результаты, полученные Тейсеранъ-де-Боромъ въ общемъ подтверждаютъ сказанное выше о распредѣленіи давленія и вѣтровъ въ болѣе высокихъ слояхъ. Нѣтъ сомнѣнія въ томъ, что въ высшихъ слояхъ атмосферы существуютъ сильныя теченія, направленныя въ восточную сторону горизонта. Какой уголъ образуютъ они съ меридіанами — должны дать наблюденія надъ облаками.

Для объясненія полученныхъ результатовъ представимъ себѣ, что земная поверхность совершенно однородна, и что на пространствѣ между экваторомъ и полюсами существуетъ постоянный термическій градіентъ, такой, какой былъ приведенъ выше, вызывающій, какъ мы видѣли, движеніе поверху отъ экватора къ полюсамъ съ отклоненіемъ къ востоку и понизу отъ полюсовъ къ экватору съ отклоненіемъ къ западу. Извѣстно, что во всякомъ горизонтальномъ воздушномъ потокѣ упругость воздуха не можетъ быть распредѣлена равномѣрно: въ сѣверномъ полушаріи она должна быть больше въ правой части потока, въ южномъ — въ лѣвой. Вслѣдствіе этого въ верхнемъ теченіи, направленномъ въ восточную сторону горизонта, упругость воздуха должна быть больше въ той части его, которая обращена къ экватору и меньше въ той, которая обращена къ полюсамъ. На основаніи этого распредѣленіе упругости въ высшихъ слояхъ должно быть слѣдующее: воздухъ будетъ скопленъ, т. е. будетъ имѣть наибольшую упругость надъ экваторомъ и разрѣженъ, т. е. будетъ имѣть наименьшую упругость надъ полюсами. Такъ какъ подъ вліяніемъ барометрическаго градіента, направленнаго къ полюсамъ, и отклоненія къ во-

стоку движеніе воздуха происходитъ по кривымъ линіямъ, обращеннымъ вогнутостью къ полюсамъ, то является центробѣжная сила, дѣйствующая въ ту же сторону, какъ и отклоняющая сила вращенія земли и способствующая только что указанному распредѣленію упругости. Въ нижнемъ слоѣ должно происходить обратное явленіе. Здѣсь воздухъ долженъ двигаться къ экватору съ отклоненіемъ въ западную сторону горизонта, вслѣдствіе чего упругость воздуха будетъ наибольшая въ полярныхъ странахъ и наименьшая въ экваторіальныхъ. Но дѣйствіе верхнихъ теченій болѣе значительно, чѣмъ дѣйствіе нижнихъ во первыхъ вслѣдствіе того, что меридіаны по мѣрѣ приближенія къ полюсамъ сближаются, слѣдовательно, верхнія теченія идутъ, такъ сказать, въ руслѣ постепенно съуживающемся, а нижнія — въ руслѣ постепенно расширяющемся, отчего первыя сильнѣе послѣднихъ, а во вторыхъ вслѣдствіе того, что движенію нижнихъ большое сопротивленіе представляетъ земная поверхность: въ значительной степени уменьшающая ихъ силу, движеніе же верхнихъ гораздо свободнѣе. Весьма рѣзкое распредѣленіе упругости въ высшихъ слояхъ атмосферы не можетъ не отразиться и на нижнемъ. Этимъ объясняется, почему въ послѣднемъ барометрическій градіентъ, начиная отъ нѣкоторой широты, направленъ къ полюсамъ.

Еще въ 1856 г. извѣстнымъ американскимъ метеорологомъ Феррелемъ была предложена теорія круговорота атмосферы [1]). По этой теоріи атмосфера каждаго полушарія представляетъ собою ничто иное, какъ громадныхъ размѣровъ циклонъ, центръ котораго на полюсѣ, а периферія у экватора. Изъ вышеприведеннаго разсужденія этотъ выводъ теоріи Ферреля вытекаетъ, какъ простое слѣдствіе. Въ каждомъ изъ этихъ двухъ циклоновъ болѣе быстрое движеніе происходитъ въ высшихъ слояхъ, гдѣ оно болѣе свободнѣе; слой, находящійся у самой земли, почти не принимаетъ въ немъ участія. Онъ находится подъ непосредственнымъ вліяніемъ неравномѣрнаго распредѣленія температуры по земной поверхности вообще и по параллелямъ въ частности, почему въ немъ являются обыкновенные минимумы и максимумы сопровождающіеся свойственными имъ вихреобразными теченіями. Восходящее движеніе воздуха у экватора производитъ растеканіе воздуха въ стороны, отчего барометръ внизу стоитъ нѣсколько ниже, чѣмъ къ сѣверу и югу отъ него. Отъ этого образуется экваторіальный минимумъ. Причина тропическихъ максимумовъ, наи-

1) Она изложена и въ послѣдующихъ сочиненіяхъ Ферреля, напр. въ Recent Advances to Meteorologie, 1886.

болѣе удаленныхъ одинъ отъ другого внизу, и все болѣе и болѣе сближающихся съ увеличеніемъ высоты, тоже становится понятною. Въ полярныхъ странахъ вслѣдствіе низкой температуры возможно образованіе максимумовъ упругости.

Посмотримъ теперь, что даютъ наблюденія относительно высшихъ слоевъ атмосферы.

Слѣдующая таблица, приводимая Гильдебрандсономъ [1]), представляетъ среднее направленіе движенія перистыхъ облаковъ для нѣкоторыхъ пунктовъ Европы.

	Зима.	Весна.	Лѣто.	Осень.
Лапландія.....	N 47°0 W	N 44°0 W	W 38°0 N	N 43°9 W
Упсала	W 31°7 N	W 15°5 N	W 6°4 S	W 15°3 N
Англія.....	W 10°2 N	W 1°9 N	W 0°8 S	W 6°1 N
Парижъ.....	W 12°3 N	W 0°2 S	W 15°7 S	W 1°3 S
Австро-Венгрія...	W 4°5 N	W 14°2 S	W 5°2 S	W 0°1 N
Пола и Лезина....	W 28°3 N	W 19°7 N	W 21°8 N	W 12°7 N
Перпиньянъ.....	W 35°9 N	W 25°0 N	W 14°0 N	W 20°2 N
Лиссабонъ.....	W 12°3 S	W 11°1 S	W 13°3 S	W 13°9 S

Изъ таблицы видно, что въ Европѣ въ среднемъ выводѣ перистыя облака движутся отъ странъ горизонта, заключенныхъ между SW и NW, причемъ зимою направленіе ихъ нѣсколько болѣе уклоняется къ югу, а лѣтомъ — къ сѣверу.

Въ другихъ странахъ, въ которыхъ производились наблюденія надъ облаками, замѣчается тоже самое. Такъ обработка наблюденій, производящихся въ Обсерваторіи Ци-ка-вей, сдѣланная директоромъ этой обсерваторіи Дешевреномъ [2]), въ среднемъ выводѣ за 8 лѣтъ дала слѣдующія направленія движенія перистыхъ облаковъ (въ процентахъ):

SE	S	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E
0,3	0,6	0,5	1,8	1,7	8,8	12,2	59,4	4,9	3,2	0,6	2,1	0,6	1,4	0,6	0,8

Слѣдовательно въ Ци-ка-вей замѣчается весьма значительное преобладаніе движенія перистыхъ облаковъ отъ W. Затѣмъ сравнительно часто оно происходитъ отъ WSW и SW.

Къ подобнымъ же результатамъ приходитъ и Десюрмонъ на основаніи трехлѣтнихъ наблюденій на метеорологической станціи Чангъ-кіа-чуангъ, расположенной къ югу отъ Пекина. Среднее направленіе перистыхъ облаковъ здѣсь

W 2° 47′ N.

---

1) H. Hildebrandsson. Die mittlere Bewegung der oberen Luftströmungen, Met. Zeitschr. 1886, стр. 21.

2) M. Dechevrens, Mouvements des couches élevées de l'atmosphère à Zi-ka-wei, 1885.

Къ немногимъ приведеннымъ выше даннымъ относительно движенія перистыхъ облаковъ прибавимъ интересныя наблюденія Эберкромби вблизи экватора [1]).

Въ 1885 году во время своего путешествія изъ Адена въ Австралію онъ замѣтилъ, что перистыя облака надъ экваторомъ движутся съ востока. Заинтересованный сдѣланнымъ наблюденіемъ, онъ еще разъ предпринялъ путешествіе въ тропическіе страны для наблюденія надъ облаками и имѣлъ случай наблюдать движеніе облаковъ надъ экваторомъ отъ востока и въ Тихомъ океанѣ.

Изъ этого мы должны заключить, что пассаты, дующіе въ восточныхъ частяхъ океановъ отъ NE и SE, а въ среднихъ отъ E, на нѣкоторой высотѣ сходятся надъ экваторомъ, образуя теченіе воздуха съ востока.

Изъ сказаннаго видно, что наблюденія надъ облаками не противорѣчатъ теоріи Ферреля, напротивъ того, подтверждаютъ ее.

Одно обстоятельство остается пока не совсѣмъ выясненнымъ. Въ высшихъ широтахъ на всѣхъ высотахъ, за нѣкоторыми лишь исключеніями барометрическій градіентъ направленъ къ полюсамъ и движеніе воздуха хотя и происходитъ въ восточную сторону горизонта, но имѣетъ нѣкоторую составляющую въ сторону полюсовъ. Теорія Ферреля даетъ тоже самое. Но если теченія имѣютъ хотя небольшую составляющую, направленную къ полюсамъ, то въ тотъ большой промежутокъ времени, въ продолженіи котораго они существуютъ, въ полярныхъ странахъ воздухъ долженъ былъ бы скопиться, а между тѣмъ тамъ онъ почти на всѣхъ высотахъ сильно разрѣженъ. Феррель старается объяснить это тѣмъ предположеніемъ, что обратную составляющую имѣютъ воздушныя теченія на нѣкоторой средней высотѣ, иначе сказать, по Феррелю въ высшихъ широтахъ на весьма большихъ высотахъ движеніе воздуха происходитъ въ сѣверномъ полушаріи отъ WSW, въ южномъ — отъ WNW, а на нѣкоторой средней высотѣ въ сѣверномъ полушаріи отъ WNW, въ южномъ — отъ WSW. Хотя наблюденій надъ облаками еще очень мало, тѣмъ не менѣе они повидимому, подтверждаютъ предположеніе Ферреля. Въ этомъ отношеніи особенно любопытно наблюденія Веттина въ Берлинѣ [2]). Веттинъ производилъ наблюденія надъ облаками, проносящимися надъ Берлиномъ, въ теченіи трехъ лѣтъ, причемъ опредѣлялъ

---

1) R. Abercromby, The Upper Wind Currents in the South Indian Ocean, Nature 1886 г., мартъ.

2) F. Vettin, Die Luftströmungen über Berlin in den vier Jahreszeiten, Met. Zeitschr., 1886 г., стр. 336.

не только направленіе, но и высоту ихъ. Облака онъ дѣлилъ на пять группъ, указанныхъ въ слѣдующей таблицѣ, представляющей полученныя имъ направленія движенія на разныхъ высотахъ:

	Зима.	Весна.	Лѣто.	Осень.	Годъ.
Верхнія перистыя облака (7200 м.).	96°	101°	79°	83°	88°
Нижнія перистыя облака (4020 м.).	117	104	91	81	94
Облака съ нѣжн. очертан. (2260 м.).	109	108	79	83	91
Облака съ рѣзк. очертан. (1173 м.).	104	119	83	93	97
Нижнія облака (490 м.).....	113	126	107	98	110
Вѣтеръ въ Берлинѣ.....	51	139	68	47	57

Направленіе выражено здѣсь азимутомъ, который отсчитывался отъ юга черезъ западъ; такъ напр. 96° вѣтеръ между W и WNW. Изъ таблицы видно, что на высотѣ 7200 м. преобладаетъ движеніе воздуха отъ W съ небольшой составляющей къ сѣверу; въ болѣе низкихъ слояхъ — движеніе отъ W съ небольшой составляющей къ югу. Внизу господствуютъ вѣтры отъ SW.

Дальнѣйшія наблюденія надъ облаками должны дать болѣе опредѣленное представленіе о движеніи высшихъ слоевъ атмосферы. Быть можетъ окажется, что на большихъ высотахъ въ среднемъ выводѣ для каждой высоты меридіональная составляющая равна нулю. Въ такомъ случаѣ, вышеуказанный вопросъ исчезнетъ самъ собою.

Упомянемъ еще о скорости движенія воздуха на разныхъ высотахъ. Къ сожалѣнію въ этомъ отношеніи имѣется мало данныхъ. Веттинъ на основаніи своихъ наблюденій надъ облаками получилъ слѣдующія среднія скорости:

	Зима.	Весна.	Лѣто.	Осень.	Годъ.
7200 м.	19,9	18,9	17,5	19,1	18,7
4020 м.	17,9	15,8	14,7	17,8	16,2
2260 м.	13,7	10,5	9,5	12,0	11,0
1173 м.	12,1	9,4	7,5	10,9	9,5
490 м.	13,7	11,6	9,0	12,1	11,7
Вѣтеръ внизу . . .	6,5	6,8	6,3	5,4	6,2

Скорости даны въ метрахъ въ секунду. Таблица показываетъ, что съ увеличеніемъ высоты происходитъ увеличеніе скорости вѣтра, притомъ довольно правильное.

Къ подобнымъ же результатамъ пришли и Экгольмъ и Гагстремъ изъ наблюденій въ Упсалѣ [1]).

Итакъ, чѣмъ выше, тѣмъ быстрѣе происходитъ движеніе атмосферы. Самый нижній слой, вслѣдствіе большаго сопротивленія, представляемаго земною поверхностью, движется всего медленнѣе. Въ общемъ движеніи атмосферы онъ участія почти не принимаетъ.

1) Met. Zeitschr., 1886 г., стр. 189.

Слѣдующій чертежъ (черт. 10-й) даетъ понятіе объ общемъ движеніи атмосферы по теоріи Ферреля. Стрѣлки означаютъ направленіе движенія воздуха: сплошныя — въ нижнихъ слояхъ, стрѣлки, состоящія изъ черточекъ, — въ среднихъ и пунктирныя — въ верхнихъ. Относительная величина стрѣлокъ указываетъ на относительную скорость теченій.

Въ 1886 году Вернеръ Сименсъ предложилъ свою теорію общаго круговорота атмосферы[1]). Онъ разсматриваетъ этотъ вопросъ съ точки зрѣнія сохраненія энергіи. Идея Сименса заключается въ слѣдующемъ. Если-бы температура земной поверхности была повсюду одинакова, то атмосфера находилась бы повсюду относительно земли въ покоѣ, т. е. каждая частица воздуха двигалась-бы съ угловою скоростью равною угловой скорости вращенія земли; тогда на землѣ не было бы вѣтровъ. Но земля подвержена дѣйствію лучей солнца, подъ вліяніемъ которыхъ температура ея понижается отъ экватора къ полюсамъ. Вслѣдствіе этого въ атмосферѣ должны произойти теченія: поверху — отъ экватора къ полюсамъ и понизу отъ полюсовъ къ экватору съ соотвѣтствующими отклоненіями къ востоку и западу. Первыя болѣе свободны, чѣмъ вторыя, которымъ препятствуетъ треніе, кромѣ того первыя идутъ въ съуживающихся руслахъ, вторыя въ расширяющихся. Отъ этого кинетическая энергія первыхъ больше, чѣмъ вторыхъ, причемъ разница увеличивается съ широтою. Верхнія теченія въ высшихъ широтахъ опускаются и, какъ болѣе сильныя, увлекаютъ къ востоку и вторыя. Нижнія въ низшихъ широтахъ поднимаются. Энергія видимаго движенія ихъ превращается приэтомъ въ энергію движенія частицъ или тепловую, что ускоряетъ поднятіе. Они увлекаютъ съ собою въ западную сторону и верхнія теченія. Отсюда слѣдуетъ, что въ высшихъ широтахъ должны господствовать западныя теченія, въ низшихъ-же — восточныя. А слѣдствіемъ этого является то, что въ нѣкоторой широтѣ, промежуточной между экваторомъ и полюсами въ томъ и другомъ полушаріи долженъ идти вокругъ земли поясъ, въ которомъ воздухъ не движется ни къ востоку ни къ западу, т. е. находится относительно земли въ покоѣ. Сименсъ опредѣляетъ эту широту въ 35°.

Черт. 10-й.

1) W. Siemens, Ueber die Erhaltung der Kraft im Luftmeere der Erde, Sitzungsberichte de K. Preuss.-Academie der Wissensch., 1886 г., стр. 261.

Такимъ образомъ, по теоріи Сименса, между паралелями 35° сѣвѣрной и 35° южной широты до верхняго предѣла атмосферы общее движеніе воздуха происходитъ къ западу; вблизи экватора, гдѣ встрѣчаются NE и SE пассаты, у земной поверхности образуется поясъ тишины. Вдоль по параллелямъ 35° въ томъ и другомъ полушаріяхъ тянутся до самаго верху также полосы затишья. Въ высшихъ широтахъ, къ сѣверу и югу отъ параллелей 35° общее движеніе воздуха направлено къ E.

Разсужденія Ферреля и Сименса и выводы ихъ мало отличаются между собою. Есть только разница въ деталяхъ. Такъ по теоріи Сименса въ широтѣ 35° до самаго верхняго предѣла атмосферы воздухъ долженъ быть въ покоѣ, по теоріи же Ферреля здѣсь въ болѣе высокихъ слояхъ господствуютъ теченія съ западной стороны съ нѣкоторымъ отклоненіемъ къ полюсамъ, что карты Тейсеранъ-де-Бора, а также наблюденія надъ облаками и подтверждаютъ. Затѣмъ, по теоріи Сименса между паралелями 35° с. и ю. ш. господствуютъ лишь теченія въ западную сторону, а между тѣмъ по Феррелю на нѣкоторой высотѣ должны господствовать вѣтры, направляющіеся на NE. Антипассаты, существованіе которыхъ доказано непосредственными наблюденіями, подтверждаютъ это. По теоріи Сименса антипассатовъ не существуетъ вовсе.

Черт. 11-й.

Такимъ образомъ теорія Ферреля, повидимому, ближе къ дѣйствительности, чѣмъ теорія Сименса. Для насъ впрочемъ важно только то, что по той и другой теоріи въ высшихъ широтахъ господ-

ствуютъ теченія съ запада, а въ тропическихъ — съ востока (до значительной высоты), и что это подтверждается наблюденіями.

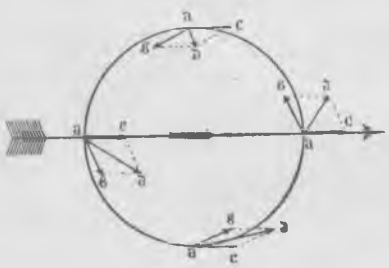
Послѣ сказаннаго объ общемъ круговоротѣ атмосферы обратимся къ причинѣ передвиженія циклоновъ и антициклоновъ.

Въ одномъ изъ сочиненій американскаго метеоролога Лумиза находится чертежъ, представляющій пути циклоновъ сѣвернаго полушарія. Хотя онъ и не вполнѣ точенъ и въ настоящее время можно было бы сдѣлать его гораздо полнѣе, тѣмъ не менѣе онъ даетъ представленіе объ общемъ движеніи циклоновъ, и потому мы его прилагаемъ (черт. 11). Изъ него видно, что общее направленіе движенія циклоновъ высшихъ широтъ къ востоку, причемъ пути ихъ представляютъ собою какъ бы громадныхъ размѣровъ вихрь, центръ котораго находится на полюсѣ; циклоны низшихъ широтъ, напротивъ того, имѣютъ стремленіе двигаться къ западу.

При сравненіи чертежей 10 и 11 невольно является мысль, что циклоны какъ умѣренныхъ, такъ и тропическихъ странъ уносятся общимъ движеніемъ атмосферы.

Посмотримъ, насколько такое предположеніе соотвѣтствуетъ дѣйствительности.

Положимъ, что прямая *acac* есть направленіе поступательнаго движенія циклона (черт. 12), окружность *aaaa* — одна изъ изобаръ послѣдняго. Пусть стрѣлка *ab*, составляющая съ радіусомъ (который въ данномъ случаѣ совпадаетъ съ направленіемъ барометрическаго градіента) уголъ въ 65°, означаетъ скорость, которую имѣла бы частица воздуха, находящаяся въ циклонѣ, если бы послѣдній былъ въ покоѣ.



Черт. 12-й.

Но циклонъ мы предполагаемъ движущимся поступательно. Допустимъ, что циклонъ уносится воздушнымъ потокомъ, среди котораго онъ находится, иначе сказать, что вся масса воздуха циклона движется по направленію стрѣлки *acac*. Тогда каждая частица воздуха должна будетъ обладать еще другою скоростью — по направленію движенія циклона, которая на чертежѣ обозначена стрѣлкою *ac*. Соотношеніе между стрѣлками *ab* и *ac* взято соотвѣтствующимъ дѣйствительности. Слагая эти двѣ скорости, мы получаемъ скорость *ad*, которою должна обладать частица воздуха въ движущемся циклонѣ. Продѣлывая это въ разныхъ частяхъ вихря, мы приходимъ къ слѣдующему результату: въ передней части циклона воздухъ долженъ вытекать изъ него,

а въ задней — быстро втекать; въ лѣвой получается движеніе направленное почти на радіусу, а въ правой — почти по изобарѣ. Наблюденія, однако, такихъ вѣтровъ въ циклонѣ не даютъ. Такъ Гильдебрандсонъ[1]) изъ наблюденій, производившихся въ Упсалѣ, выводитъ, что отклоненіе вѣтра въ циклонахъ отъ направленія барометрическаго градіента въ передней части равно 61°, въ задней 77°, въ лѣвой 66°, въ правой 64°. Клементъ Лей[2]) изъ наблюденій западной Европы получилъ для передней части отклоненіе 53°, для задней 81°, для лѣвой и правой 63°. Эти результаты, согласные между собою, противорѣчатъ выводу, полученному нами изъ предположенія, что вся масса воздуха циклона участвуетъ въ движеніи послѣдняго: въ передней части движеніе оказывается происходящимъ во внутрь циклона, а не изъ него, притомъ же оно отклонено болѣе къ центру, чѣмъ въ задней половинѣ, въ лѣвой и правой частяхъ отклоненія отъ направленія градіента почти одинаковы.

Кромѣ того, если вся масса воздуха циклона уносится вмѣстѣ съ послѣднимъ, то въ центральной части долженъ наблюдаться вѣтеръ, дующій по направленію движенія циклона со скоростью, равною скорости послѣдняго. Такого вѣтра, однако, метеорологическія карты не показываютъ, напротивъ того, въ центральной части наблюдается тишина, или же слабые перемѣнные вѣтры.

И такъ воздухъ въ поступательномъ движеніи циклона не участвуетъ, переносится, значитъ, лишь разрѣженіе, имѣющее дѣло все съ новыми и новыми массами воздуха, что мы видѣли уже и раньше.

Но метеорологическія карты даютъ намъ свѣдѣнія лишь о томъ, что происходитъ въ самомъ нижнемъ слоѣ воздуха. Циклоны, имѣющіе высоту въ нѣсколько верстъ, только нижнею, сравнительно не большою частью своею находятся въ томъ тонкомъ слоѣ, который въ общемъ движеніи атмосферы не участвуетъ, болѣе же значительною толщею своею они находятся въ тѣхъ слояхъ, которыя въ нашихъ странахъ постоянно несутся къ востоку. Быть можетъ верхняя часть циклона переносится общимъ движеніемъ атмосферы, а нижнему только передается разрѣженіе? Къ сожалѣнію наблюденія въ высшихъ слояхъ атмосферы очень скудны и потому повѣрить это предположеніе возможно лишь до нѣкоторой степени.

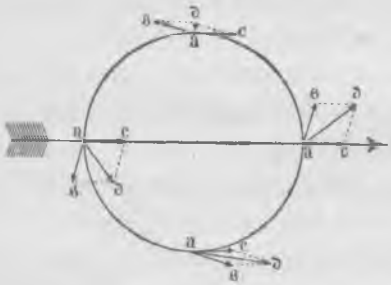
Клементомъ Леемъ и Гильдебрандсономъ произведены изслѣдованія движенія перистыхъ облаковъ въ областяхъ циклоновъ. Такъ

1) H. Hildebrandsson, Sur la distribution des élements météorologiques autour des minima et des maxima barométriques (Nova Acta Reg. Soc. Sc. Ups. Ser. III, 1883).

2) Journal of the Scottisch Met. Soc., July 1872.

какъ оба изслѣдователя приходятъ почти къ тождественнымъ результатамъ, то мы воспользуемся лишь выводами втораго. Чтобы сравненіе было болѣе правильно, измѣнимъ нѣсколько чертежъ 12, какъ это дѣлаетъ Шпрунгъ [1]), сообразно съ условіями верхнихъ частей циклоновъ, а именно, примемъ, вмѣсто угла отклоненія равнаго 65°, уголъ равный 100°, т. е. вмѣсто втеканія слабое вытеканіе изъ области циклона, а также допустимъ, что скорость поступательнаго движенія циклона нѣсколько меньше скорости вѣтра. Мы получимъ чертежъ 13, въ которомъ въ передней, лѣвой и правой частяхъ происходитъ вытеканіе, а въ задней — втеканіе. На чертежѣ 14 представлено распредѣленіе вѣтровъ въ верхнихъ частяхъ циклоновъ на основаніи изслѣдованій Гильдебрандсона. Сравнивая послѣдніе два чертежа, нельзя не видѣть большаго сходства между ними. Сходство, какъ замѣчаетъ Шпрунгъ, дѣлается еще больше, если скорость *ab* нѣсколько увеличить, а скорость поступательнаго движенія циклона немного уменьшить, что будетъ болѣе соотвѣтствовать дѣйствительности.

Слѣдовало бы еще провѣрить существованіе вѣтра въ центральной части, дующаго по направленію движенія циклона, однако этого



Черт. 13-й.

Черт. 14-й.

сдѣлать пока нельзя за недостаткомъ наблюденій надъ перистыми облаками въ средней части циклона, въ которой небо большею частью бываетъ закрыто нижними густыми облаками [2]).

Мы упоминали уже объ изслѣдованіяхъ Веттина въ Берлинѣ. На основаніи своихъ наблюденій онъ составилъ шесть чертежей движенія воздуха въ циклонѣ на разныхъ высотахъ [3]). Эти чертежи ясно

1) A. Sprung, Lehrbuch der Meteorologie, стр. 251.

2) Провѣрка существованія центральнаго вѣтра въ тропическихъ циклонахъ болѣе возможна, такъ какъ въ нихъ около центра небо обыкновенно ясно. Къ сожалѣнію нѣтъ соотвѣтствующихъ наблюденій.

3) Vettin, Die Einwirkung der barom.-Minima und Maxima auf die Richtung des Windes und Wolkenzuges, Met. Zeitschr. 1886 г., стр. 392.

показываютъ, что во всѣхъ слояхъ циклона, за исключеніемъ нижняго, замѣтно отклоненіе вѣтровъ къ востоку, причемъ чѣмъ выше, тѣмъ это отклоненіе сильнѣе. Иначе сказать, на всѣхъ высотахъ въ циклонѣ, за исключеніемъ самого нижняго слоя, замѣтно присутствіе силы, направленной съ запада, уносящей циклонъ. Эта сила, повидимому, заключается въ движеніи съ запада воздушнаго потока, въ которомъ зародился циклонъ.

Такимъ образомъ, не смотря на неполноту повѣрки нашего предположенія, для высшихъ слоевъ оно очень вѣроятно. Что касается нижняго слоя, то нельзя было и ожидать получить положительный результатъ, такъ какъ онъ въ общемъ движеніи атмосферы участія почти не принимаетъ.

На основаніи сказаннаго у насъ является слѣдующее представленіе о причинѣ передвиженія циклоновъ. Вслѣдствіе неравномѣрнаго распредѣленія температуры по земной поверхности, при существованіи условій неустойчиваго равновѣсія и при участіи отклоняющей силы вращенія земли и центробѣжной силы, образуется и развивается циклонъ. Постепенно увеличиваясь въ высоту, онъ верхними частями своими входитъ въ тѣ слои, которые участвуютъ въ общемъ движеніи атмосферы — въ высшихъ широтахъ къ востоку, въ низшихъ къ западу. Разрѣженіе переносится поверху все впередъ и впередъ, причемъ сейчасъ же передается нижнему неподвижному слою, въ которомъ воздухъ приходитъ въ циклональное движеніе, что увеличиваетъ барометрическій градіента внизу, образовавшійся вслѣдствіе передачи разрѣженія сверху внизъ. Наверху разрѣженіе имѣетъ дѣло съ одною массою воздуха, внизу же все съ разными.

Сообразно съ этимъ скорость движенія циклона должна зависѣть отъ скорости движенія высшихъ слоевъ атмосферы и отъ высоты циклона. При одной и той же высотѣ циклона движеніе его должно быть тѣмъ быстрѣе, чѣмъ скорость движенія высшихъ слоевъ больше и при постоянной скорости послѣднихъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ онъ выше. При небольшой высотѣ циклона и медленномъ движеніи высшихъ слоевъ вѣроятно, происходитъ медленное движеніе циклоновъ и даже остановка ихъ.

Движеніе циклоновъ въ Европѣ въ холодное время года нѣсколько болѣе на югъ, а въ теплое съ уклоненіемъ къ сѣверу, объясняется уклоненіемъ въ ту же сторону и движенія высшихъ слоевъ.

Понятно дѣлается и то явленіе, что наибольшая растянутость изобаръ циклоновъ въ большинствѣ случаевъ совпадаетъ съ направленіемъ движенія ихъ. Въ самомъ дѣлѣ, при перенесеніи разрѣженія

высшими слоями оно передается нижнему слою, но прежнее разрѣженіе внизу не сразу исчезаетъ, а нѣкоторое время остается, отчего и является удлиненіе изобаръ по направленію движенія циклона[1]). Наконецъ объясняется и движеніе тропическихъ циклоновъ къ западу.

Короче сказать, приведенная гипотеза объясняетъ весьма многое въ движеніи циклоновъ. Въ высшей степени желательно, чтобы дальнѣйшія наблюденія дали возможность сдѣлать обстоятельную провѣрку ея.

Что касается движущихся, или такъ называемыхъ временныхъ антициклоновъ, то общее движеніе атмосферы, по всей вѣроятности, оказываетъ вліяніе и на нихъ. Чтобы въ этомъ убѣдится, взгляпемъ на одинъ изъ чертежей Веттина. Веттинъ на основаніи своихъ изслѣдованій, о которыхъ уже не разъ упоминалось, составилъ шесть чертежей для антициклоновъ. Эти чертежи показываютъ, такъ же какъ и для циклоновъ, что вѣтры въ болѣе высокихъ слояхъ антициклона уклоняются къ востоку, и что чѣмъ выше, тѣмъ это уклоненіе сильнѣе. Изъ чертежей Веттина приводимъ одинъ, соотвѣтствующій высотѣ 4020 м. (черт. 15).

Черт. 15-й.

Только что разсмотрѣнная нами причина передвиженія циклоновъ и антициклоновъ, повидимому, главная, но, вѣроятно, есть еще и другія. Въ этомъ насъ убѣждаетъ слѣдующее. Если бы циклоны и антициклоны двигались только подъ вліяніемъ общаго движенія атмосферы, то въ среднемъ выводѣ направленія движенія тѣхъ и другихъ были бы одинаковы, а между тѣмъ этого нѣтъ: среднее направленіе движенія первыхъ — на ONO, а вторыхъ — на OSO; разница составляетъ уголъ въ 45°. Кромѣ того, въ скорости поступательнаго движенія циклоновъ замѣчается весьма отчетливо выраженный годовой ходъ, у антициклоновъ же годоваго хода не замѣчается. Если причина одна и та же, то отчего могла бы произойти такая разница? Затѣмъ, антициклоны движутся гораздо менѣе правильно, чѣмъ циклоны. Этого тоже не могло бы быть, если бы причина того и другаго движенія заключалась только въ общемъ движеніи атмосферы. Наконецъ, какъ объяснить нерѣдко наблюдаемыя уклоненія циклоновъ и антициклоновъ отъ движенія къ востоку, петлеобразныя пути ихъ и проч.; допустить, что въ высшихъ слояхъ происходятъ столь неправильныя движенія, невозможно. Очевидно, существуютъ еще другія причины.

---

1) Могутъ быть, впрочемъ, еще и другія причины этого явленія (см. W. Köppen. Met. Zeitschr. 1888 г., стр. 479.

Изъ другихъ гипотезъ, объясняющихъ движеніе циклоновъ, обращаетъ на себя вниманіе гипотеза В. П. Кеппена, предложенная имъ въ 1882 году[1]) и заключающаяся въ томъ, что поступательное движеніе циклона происходитъ въ ту сторону, въ которую направлена энергія преобладающаго внутри циклона воздушнаго теченія. Въ каждый моментъ направленіе и скорость вѣтровъ въ циклонѣ различны и можно представить себѣ нѣкоторое равнодѣйствующее движеніе, по направленію котораго, по мнѣнію Кеппена, и долженъ переноситься циклонъ. Такъ какъ движенія воздуха на различныхъ высотахъ въ циклонѣ различны, то поступательное движеніе вихря не обусловливается движеніемъ въ одномъ какомъ либо горизонтальномъ слоѣ, напр. въ нижнемъ, но совокупностью движеній всѣхъ слоевъ; послѣднюю, впрочемъ, можно замѣнить движеніемъ нѣкотораго промежуточнаго слоя, высота котораго въ разныхъ случаяхъ различна.

Представимъ себѣ теперь, что рядомъ съ циклономъ находится область высокаго давленія. Въ области, заключенной между ними, барометрическій градіентъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и сила вѣтра, наибольшіе, и не въ одномъ только нижнемъ слоѣ, а въ значительной толщѣ атмосферы; дѣйствіе вѣтровъ, дующихъ въ этой промежуточной области будетъ, значитъ, преобладающимъ, почему по направленію ихъ и долженъ двигаться циклонъ. Такъ какъ въ нашемъ полушаріи въ области барометрическаго максимума воздухъ движется по часовой стрѣлкѣ, а въ циклонѣ по направленію обратному, то въ промежуточной области вѣтры должны имѣть одно направленіе. Въ результатѣ получается движеніе циклона около антициклона по направленію часовой стрѣлки.

Гипотезою Кеппена объясняются различныя явленія движенія циклоновъ. Укажемъ главнѣйшія.

Въ странахъ, лежащихъ между тропическими максимумами и полюсами барометрическій градіентъ въ циклонахъ на различныхъ высотахъ, очевидно, долженъ быть больше въ той сторонѣ, которая обращена къ максимумамъ, т. е. къ экватору, значитъ, здѣсь во всѣхъ слояхъ дуютъ наиболѣе сильные вѣтры; а такъ какъ они направлены въ восточную сторону горизонта, то въ эту же сторону должны двигаться и циклоны. Въ тропическихъ странахъ наибольшій градіентъ, а слѣдовательно и наибольшая сила вѣтровъ находятся въ той сторонѣ, которая обращена къ полюсамъ; вѣтры здѣсь дуютъ къ западу, почему и движеніе тропическихъ циклоновъ должно быть направлено въ эту

1) W. Köppen, Ueber den Einfluss der Temperatur-Vertheilung auf die oberen Luftströmungen und auf die Fortpflanzung der Barometr. minima, Annalen der Hydrogr. Heft 41, стр. 161.

сторону. Такимъ образомъ объясняется движеніе циклоновъ низшихъ широтъ къ западу, а высшихъ — къ востоку.

Давно уже метеорологическія карты дали слѣдующее эмпирическое правило: циклоны стремятся двигаться вокругъ областей высокаго давленія, причемъ въ нашемъ полушаріи они огибаютъ ихъ по направленію движенія часовой стрѣлки, т. е. потому направленію, по которому движется воздухъ въ области антициклона. По гипотезѣ Кеппена это дѣлается понятнымъ, какъ выше и объяснено. Однако, если мы на основаніи этого правила захотимъ судить о предстоящемъ пути циклона, то легко можемъ ошибиться. Дѣло въ томъ, что метеорологическія карты указываютъ лишь на состояніе атмосферы въ самомъ низу, и можетъ случиться, что въ среднемъ выводѣ для всѣхъ слоевъ циклона барометрическій градіентъ наибольшій не въ той сторонѣ, какъ показываютъ метеорологическія карты, а въ другой. Вотъ почему В. П. Кеппенъ при сужденіи о предстоящемъ пути циклона предлагаетъ не довольствоваться распредѣленіемъ давленія внизу, но каждый разъ составлять понятіе и о распредѣленіи его въ высшихъ слояхъ атмосферы. Для этой цѣли надо обращать вниманіе на распредѣленіе температуры по горизонтальному направленію. Упругость въ тепломъ воздухѣ уменьшается съ высотою медленнѣе, чѣмъ въ холодномъ, поэтому, если температура внизу распредѣлена совершенно равномѣрно, т. е. если она во всѣхъ частяхъ циклопа одинакова, то въ болѣе высокихъ слояхъ циклона распредѣленіе давленія должно быть таково же, какъ и внизу, слѣдовательно направленіе господствующаго вѣтра внизу представитъ собою и направленіе теченія, господствующаго въ циклонѣ. Если температура внизу распредѣлена неравномѣрно, притомъ такъ, что она наибольшая тамъ, гдѣ барометрическій градіентъ наибольшій, то распредѣленіе давленія въ высшихъ слояхъ должно быть таково же, какъ и внизу, только барометрическій градіентъ долженъ быть сильнѣе; результатъ будетъ тотъ же, какъ и въ предъидущемъ случаѣ. Если температура распредѣлена обратно, то наверху распредѣленіе давленія можетъ быть обратнымъ тому, которое внизу, и наибольшій градіентъ въ среднемъ выводѣ можетъ быть не въ той сторонѣ, въ какой онъ находится внизу, а въ противоположной. Тутъ, очевидно, можетъ быть множество различныхъ случаевъ.

Извѣстно, что движеніе тропическихъ циклоновъ гораздо болѣе медленно, чѣмъ движеніе циклоновъ умѣренныхъ широтъ. Это легко объясняется совокупнымъ вліяніемъ давленія и температуры: въ умѣренныхъ широтахъ они въ большинствѣ случаевъ распредѣлены со-

гласно, т. е. наиболѣе высокая температура тамъ, гдѣ наибольшій барометрическій градіентъ, въ тропическихъ же странахъ распредѣленіе ихъ обратное.

Различныя неправильности и особенности движенія циклоновъ также объясняются этою гипотезою. Случается, напр. что барометрическій градіентъ у насъ въ сѣверной части циклона наибольшій и температура здѣсь наиболѣе высокая; тогда циклонъ движется къ западу. Но это бываетъ рѣдко.

Вліяніе распредѣленія температуры на движеніе циклоновъ было замѣчено еще Клементомъ Леемъ и подтверждено мною[1]). Помимо только что приведеннаго весьма вѣроятнаго объясненія этого вліянія, даннаго В. П. Кеппеномъ, повидимому, можно дать еще и другое. Представимъ себѣ, что изотермы въ циклонѣ идутъ отъ запада къ востоку, причемъ температура понижается отъ юга къ сѣверу. Распредѣленіе абсолютной влажности почти всегда таково-же, какъ и температуры. Вслѣдствіе этого плотность воздуха въ разныхъ мѣстахъ одной и той же изобары различна: она меньше въ южной и больше въ сѣверной. Въ восточной половинѣ циклона вѣтры, вообще говоря, дуютъ съ юга, слѣдовательно здѣсь воздухъ менѣе плотный переходитъ въ тѣ мѣста, гдѣ передъ этимъ былъ воздухъ болѣе плотный, почему здѣсь должно происходить паденіе барометра. Въ западной части происходитъ обратное явленіе. Отъ этого барометрическій минимумъ стремится двигаться къ востоку. Движеніе циклона должно, конечно, обусловливаться распредѣленіемъ температуры во всѣхъ слояхъ циклона, которое можетъ и не быть одинаково.

Движенію циклоновъ, вѣроятно, способствуетъ конденсація водянаго пара, болѣе обильная въ той части, въ которую притекаютъ теплые и влажные вѣтры, въ большинствѣ случаевъ, въ восточной.

Подобно циклонамъ и на движеніе антициклоновъ могутъ оказывать вліяніе, кромѣ общаго движенія атмосферы, еще и другіе факторы. Одинъ изъ нихъ, повидимому, заключается въ слѣдующемъ.

Мы видѣли, что наблюдаемые въ нашихъ странахъ антициклоны образуются вслѣдствіе охлажденія части земной поверхности, или же меньшаго нагрѣванія ея сравнительно съ сосѣдними мѣстами. Первая причина весьма обыкновенна въ холодное время года, вторая — въ теплое. Эти же причины по всей вѣроятности обусловливаютъ и движеніе ихъ. Дѣло въ томъ, что метеорологическія свойства вѣтровъ,

1) П. Броуновъ, Поступательное движеніе циклоновъ и антициклоновъ въ Европѣ, Записки Имп. Русскаго Географич. Общ. 1882 г. Также: Европейскія бури, Морской Сборникъ 1884 г.

дующихъ въ антициклонѣ, различны. Наибольшею сухостью и наименьшею облачностью и температурою отличаются вѣтры, дующіе въ восточной части ихъ. Съ одной стороны эти вѣтры сами по себѣ, по своей большой плотности, служатъ причиною повышенія барометра въ этой части антициклона, съ другой стороны, они увеличиваютъ упругость воздуха здѣсь косвеннымъ образомъ. Въ холодное время года, когда вообще нагрѣваніе солнцемъ земной поверхности въ короткіе дни мало, а лучеиспусканіе земли въ длинныя ночи велико, эти вѣтры способствуютъ охлажденію земли въ восточной половинѣ антициклона. Воздухъ здѣсь, непосредственно прилегающій къ землѣ, охлаждается, теряетъ упругость и осѣдаетъ, отчего наверху къ этому мѣсту притекаетъ воздухъ съ боковъ, что ведетъ за собою увеличеніе упругости внизу. Такимъ образомъ въ восточной части антициклона образуются постоянно все новыя и новыя сгущенія, отчего въ эту сторону и движется максимумъ давленія. Такъ какъ температура, влажность и облачность не всегда, а только въ большинствѣ случаевъ бываютъ распредѣлены такъ, какъ указано, то движеніе въ восточную сторону является лишь преобладающимъ надъ движеніями въ другія стороны. При другомъ распредѣленіи ихъ возможно и движеніе въ другую сторону [1]).

Въ теплое время года барометрическіе максимумы надъ сушею образуются гораздо рѣже и притомъ они гораздо слабѣе, чѣмъ зимою. Это происходитъ отъ сильнаго нагрѣванія суши, слѣдствіемъ чего является стремленіе воздуха къ восхожденію. Максимумы этого времени года или образуются на сушѣ вслѣдствіе меньшаго нагрѣванія части суши сравнительно съ сосѣдними мѣстами, или же приходятъ съ океана или съ моря, которые для образованія ихъ представляютъ условія болѣе благопріятныя. Возникнувъ надъ континентомъ, или, придя сюда съ океана, максимумъ обыкновенно стремиться исчезнуть, вслѣдствіе того, что ясное небо въ области его способствуетъ нагрѣванію земли въ длинныя лѣтнія дни. Но нагрѣваніе это неравномѣрно: наименѣе нагрѣвается земля въ восточной части области барометрическаго максимума, въ западной-же нагрѣваніе сильнѣе; въ этой части воздухъ, значитъ, поднимается и наверху переливается въ восточную часть, отчего здѣсь внизу барометръ повышается, въ западной-же падаетъ. Такимъ образомъ максимумъ можетъ нѣкоторое время держаться и долженъ двигаться къ востоку. Но это, конечно, лишь при нормальномъ распре-

---

1) П. Броуновъ, Временные барометрическіе максимумы въ Европѣ, Записки Императорской Академіи Наукъ 1886 г.

дѣленіи температуры и влажности воздуха. При ненормальномъ должно происходить и ненормальное движеніе максимума.

Болѣе сѣверное движеніе максимумовъ въ Европѣ лѣтомъ и болѣе южное зимою объясняются тѣмъ, что лѣтомъ въ Европѣ изотермы направляются отъ WSW на ONO, а зимою отъ WNW на OSO, вслѣдствіе чего лѣтомъ наибольшее охлажденіе должно происходить въ болѣе сѣверной части восточной половины антициклона, а зимою — въ болѣе южной.

Нами перечислены различные факторы, вліяющіе на передвиженіе циклоновъ и антициклоновъ. Очень возможно, даже вѣроятно, что они дѣйствуютъ совмѣстно, дѣлая такимъ образомъ это явленіе весьма сложнымъ.

Въ заключеніе скажемъ нѣсколько словъ о томъ, какимъ образомъ можно судить о предстоящей въ какой либо мѣстности погодѣ на основаніи метеорологическихъ картъ. Если атмосферное давленіе въ данной мѣстности довольно равномѣрно и по сосѣдству съ нею метеорологическая карта не обнаруживаетъ ни барометрическаго минимума, ни барометрическаго максимума, то можно ожидать на слѣдующій день или на нѣсколько слѣдующихъ (два, три) продолженія той погоды, какая стоитъ въ данное время. Если же по сосѣдству находится минимумъ или максимумъ, то слѣдуетъ рѣшить, куда они направятся, охватятъ-ли они своею областью данную мѣстность, или нѣтъ и, если окажется, что охватятъ, то слѣдуетъ ожидать перемѣны въ погодѣ, которая вообще имъ свойственна. Такъ, при приближеніи минимума можно ожидать сильнаго вѣтра, бури, пасмурной погоды, а также дождя и пониженія температуры въ теплое время года ровно какъ и снѣга, и повышенія температуры — въ холодное. Перемѣны въ температурѣ, влажности и облачности, впрочемъ, въ большой степени зависятъ отъ того, какая часть области минимума пройдетъ надъ данною мѣстностью, иначе сказать отъ направленія вѣтровъ и отъ того, какая погода въ той мѣстности, изъ которой они будутъ дуть. При приближеніи максимума слѣдуетъ ожидать сначала свѣжаго, довольно продолжительнаго вѣтра (окраина области максимума), потомъ тихой и ясной погоды, теплой лѣтомъ и холодной зимою, послѣ того снова довольно продолжительныхъ свѣжихъ вѣтровъ (другая окраина); весною и осенью при приближеніи максимума можно ожидать теплыхъ дней и холодныхъ ночей. Перемѣны въ погодѣ и при приближеніи максимума въ большой степени зависятъ отъ того, какою частью своей области онъ охватитъ данную мѣстность, и какова погода тамъ, откуда вѣтры будутъ дуть.

Область минимума проходитъ надъ даннымъ пунктомъ въ теченіи различнаго времени; это зависитъ отъ скорости движенія, отъ размѣровъ минимума, отъ того, какою частью своей области проходитъ онъ надъ даннымъ пунктомъ. Обыкновенно это происходитъ 2, 3 дня. Область максимума проходитъ значительно дольше вслѣдствіе того, что максимумы описываютъ пути гораздо болѣе искривленные, движеніе ихъ часто походитъ на колебательное. Отъ того погода, которую, такъ сказать приносятъ максимумы, отличается постоянствомъ.

Большой барометрическій градіентъ, а слѣдовательно и буря могутъ произойти не только подъ вліяніемъ минимумовъ, но также и отъ максимумовъ. Въ этомъ отношеніи замѣчательны бури Чернаго моря. По изслѣдованіямъ Б. И. Срезневскаго[1]) 34% бурь Чернаго моря происходятъ подъ вліяніемъ антициклоновъ и 23% подъ совмѣстнымъ вліяніемъ циклоновъ и антициклоновъ.

При сужденіи о томъ усилится, или ослабѣетъ вѣтеръ въ данной мѣстности, вообще, важно, на основаніи распредѣленія давленія и измѣненія его въ данной мѣстности и вокругъ нея, рѣшить, какъ долженъ измѣниться барометрическій градіентъ въ этой мѣстности — увеличится онъ, или же ослабѣетъ.

Изъ сказаннаго видно, что при сужденіи о предстоящей погодѣ весьма важно знать, куда направится барометрическій минимумъ или максимумъ, если тотъ или другой находятся по близости. Особенно важно это по отношенію къ минимумамъ, такъ какъ они сопровождаются гораздо болѣе рѣзкими перемѣнами погоды, часто бурею, производящею иногда весьма опустошительныя дѣствія. Выше были указаны нѣкоторые факторы, вліяющіе на движеніе циклоновъ и антициклоновъ. На основаніи ихъ можно дать нѣкоторыя правила, которыми полезно руководствоваться. Наиболѣе раціональный способъ, повидимому, долженъ заключаться въ опредѣленіи направленія господствующихъ въ высшихъ слояхъ атмосферы теченій. Но для этого должны быть организованы правильныя наблюденія надъ облаками въ возможно большемъ числѣ пунктовъ, съ опредѣленіемъ не только направленія, но и скорости движенія и высоты ихъ. Пока такихъ наблюденій нѣтъ, или лучше сказать, очень мало, такъ что пока этотъ способъ на практикѣ примѣненъ быть не можетъ.

Другія правила, которыми полезно руководствоваться при сужденіи о предстоящей погодѣ въ Европѣ вообще и въ Россіи въ частности, слѣдующія:

---

1) О буряхъ на Черномъ и Азовскомъ моряхъ. Записки по Гидрографіи 1888 г.

А. Для циклоновъ.

1) Слѣдуетъ имѣть въ виду, что циклоны у насъ въ большинствѣ случаевъ движутся на О, или, точнѣе, на ONO, притомъ лѣтомъ немного болѣе къ сѣверу, зимою же, нѣсколько отклоняясь къ югу.

2) Слѣдуетъ соединить прямой линіей центръ циклона съ тѣмъ мѣстомъ, гдѣ барометрическій градіентъ наибольшій. Циклонъ стремится двигаться перпендикулярно къ этому направленію, притомъ такъ, чтобы мѣстность съ наибольшимъ градіентомъ оставалась справа.

3) Слѣдуетъ провести на метеорологической картѣ изотермы. Циклонъ стремится двигаться по направленію ихъ, притомъ такъ, что болѣе высокая температура остается справа.

Послѣднія два правила даютъ наиболѣе надежный результатъ въ въ томъ случаѣ, если направленія, помощью ихъ получаемыя, совпадаютъ, образуя уголъ, равный 0°, наименѣе же надежный, если они совпадаютъ, образуя уголъ, равный 180°; если направленія образуютъ другіе углы, то наиболѣе вѣроятно движеніе циклона по линіи дѣлящей уголъ пополамъ.

Кромѣ того полезно имѣть въ виду указанія метеоролога Гамбургской Морской Обсерваторіи Ванъ-Беббера относительно путей, которымъ циклоны наиболѣе часто слѣдуютъ. Ванъ-Бебберъ на основаніи изученія метеорологическихъ картъ за много лѣтъ составилъ карту путей, какъ бы наиболѣе излюбленныхъ циклонами[1]). Карта Ванъ-Беббера составлена главнымъ образомъ для западной, сѣверозападной и южной Европы, но отчасти она захватываетъ и Россію. Такъ какъ при этомъ барометрическіе минимумы приходятъ въ Россію преимущественно изъ западной, сѣверозападной и южной Европы, то сю можно пользоваться и для Россіи. Въ настоящее время М. А. Рыкачевъ занятъ работою въ этомъ же направленіи, распространяя свои изслѣдованія и на Европейскую Россію.

Пути, указываемые Ванъ-Беббером, слѣдующіе.

1) Путь, по которому баромегрическіе минимумы наиболѣе часто слѣдуютъ, начинается къ сѣверозападу отъ Шотландіи, идетъ на сѣверовостокъ, затѣмъ на нѣкоторомъ протяженіи вдоль берега Норвегіи, потомъ дѣлится на три вѣтви, изъ которыхъ одна продолжаетъ идти на сѣверовостокъ и уходитъ въ Ледовитый океанъ, другая направляется на востокъ къ Бѣлому морю, третья идетъ на юговостокъ

1) Van Bebber, Die Wettervorhersage, 1891 г., стр. 33. Къ статьѣ того же автора: Die Zugstrassen der barometrischen Minima, помѣщенной въ Meteorolog. Zeitschrift 1891, Heft 10, стр. 361, приложены такія карты для каждаго мѣсяца отдѣльно.

чрезъ Ладожское озеро къ среднимъ губерніямъ Россіи. По этому пути и его вѣтвямъ минимумы движутся чаще всего зимою и осенью, всего же рѣже весною.

2) Другой путь, излюбленный минимумами, начинается между Фарерскими островами и Шотландіей и идетъ на востокъ приблизительно чрезъ Христіанію и Стокгольмъ. На Балтійскомъ морѣ онъ развѣтвляется на двѣ части: одна идетъ на сѣверовостокъ къ Бѣлому морю, другая же, продолжая идти на востокъ, проходитъ черезъ Финскій заливъ и Ладожское озеро. Этихъ путей циклоны держатся особенно въ холодное время года.

3) Третій путь, также свойственный преимущественно холодному времени года, идетъ отъ Шотландскихъ острововъ къ юговостоку чрезъ Каттегатъ, Скагерракъ и югъ Швеціи. Здѣсь онъ дѣлится на двѣ вѣтви, изъ которыхъ одна идетъ къ сѣверовостоку, другая продолжаетъ идти на юговостокъ въ югозападныя и южныя губерніи Россіи.

4) Этотъ путь, начинаясь къ югозападу отъ Великобританіи, идетъ на востоко-сѣверовостокъ черезъ Англію, Нѣмецкое море, южную Швецію, Балтійское море и Финляндію къ Бѣлому морю. По этому пути циклоны движутся преимущественно лѣтомъ, а также осенью.

5) Пятый путь начинается къ западу отъ Франціи и идетъ на юговостокъ къ сѣверной Италіи. Здѣсь онъ дѣлится на три вѣтви: одна направляется на юговостокъ черезъ Грецію, другая — на востокъ по сѣверному побережью Чернаго моря, третья — на сѣверовостокъ къ Финскому заливу, Ладожскому и Онежскому озерамъ. Изъ этихъ трехъ вѣтвей первая свойственна холодному времени года, лѣтомъ же по ней минимумы почти никогда не движутся, третья наиболѣе свойственна осеннимъ и весеннимъ минимумамъ.

Изъ всѣхъ этихъ путей минимумы наиболѣе часто выбираютъ первый, затѣмъ третью вѣтвь пятаго.

Хотя движеніе барометрическихъ минимумовъ чрезвычайно разнообразно, и далеко не всѣ они слѣдуютъ этимъ путямъ, тѣмъ не менѣе группировка Ванъ-Беббера можетъ служить подспорьемъ при сужденіи о предстоящемъ пути минимума. Для этого надо, какъ только на западной окраинѣ Европы показался барометрическій минимумъ, нѣкоторое время прослѣдить за нимъ, чтобы опредѣлить, къ какой группѣ онъ принадлежитъ. Тогда мы въ состояніи будемъ судить о вѣроятномъ дальнѣйшемъ пути его.

Подобными же изслѣдованіями, но только по отношенію къ Рос-

сіи занимался и Б. И. Срезневскій[1]). Типичные пути циклоновъ, полученные Б. И. Срезневскимъ въ общемъ тѣже, что и у Беббера, но нѣкоторые добавлены, напр. путь, проходящій черезъ западную Европу по параллели 50°, въ Россіи же уклоняющійся на ONO. Къ сожалѣнію типичные пути Б. И. Срезневскаго составлены лишь на основаніи пятилѣтнихъ наблюденій.

В. Для антициклоновъ.

Судить о предстоящемъ пути антициклона труднѣе, такъ какъ движеніе ихъ болѣе неправильно. Въ этомъ отношеніи полезно имѣть въ виду, что антициклонъ стремится двигаться въ ту сторону, въ которой произойдетъ наибольшее пониженіе температуры (въ холодное время года), или наименьшее повышеніе ея (въ теплое), о чемъ можно до нѣкоторой степени судить по распредѣленіи температуры и вѣтровъ. Если температура распредѣлена равномѣрно или почти равномѣрно, то значительнаго перемѣщенія ожидать нельзя. Такого рода сужденія чаще всего оправдываются зимою.

При сужденіи о предстоящей погодѣ весьма важную роль играютъ мѣстныя наблюденія, особенно наблюденія надъ барометромъ. Если барометрическій минимумъ находится по сосѣдству съ данною мѣстностью и барометръ въ ней быстро падаетъ (примѣрно на 0,5 мм. и болѣе въ часъ), то это признакъ того, что минимумъ приближается, если же высота его не мѣняется, или же онъ повышается, то это служитъ указаніемъ, что минимумъ стоитъ на мѣстѣ, или уходитъ въ сторону, или, наконецъ, ослабѣваетъ. Случается иногда, что барометръ быстро падаетъ, хотя барометрическаго минимума вблизи метеорологическая карта и не показываетъ. Это указываетъ, что послѣдній въ это время надъ данною мѣстностью образуется.

Полезныя указанія могутъ дать и наблюденія надъ вѣтромъ, особенно когда надо знать, какою частью своей области минимумъ охватитъ данную мѣстность. Если направленіе вѣтра мѣняется по направленію движенія часовой стрѣлки, то центръ циклона пройдетъ такъ, что данное мѣсто будетъ находиться въ правой половинѣ области его, если же на оборотъ, то въ лѣвой. Если направленіе вѣтра не мѣняется, а онъ только усиливается, то, это означаетъ что, черезъ данное мѣсто пройдетъ центральная часть циклона. Сказанное о вѣтрѣ относится только къ тому случаю, когда область циклона уже коснулась даннаго мѣста.

Появленіе перистыхъ облаковъ послѣ продолжительной ясной погоды служитъ почти безошибочнымъ признакомъ приближенія баро-

1) О буряхъ на Черномъ и Азовскомъ моряхъ, Записки по Гидрографіи 1888.

метрическаго минимума и соединеннаго съ нимъ ненастья. Перистыя облака обыкновенно сопровождаютъ циклоны, причемъ область распространенія ихъ по горизонтальному направленію значительно больше области, занимаемой циклономъ внизу, о которой мы можемъ судить по изобарамъ. Вслѣдствіе этого перистыя облака появляются обыкновенно гораздо раньше, чѣмъ въ данной мѣстности начинаетъ падать барометръ. Они появляются и послѣ прохожденія циклона, но если нѣкоторое время (нѣсколько часовъ) внимательно прослѣдить за ними, то можно обнаружить, какая окраина области циклона проходитъ надъ нами — передняя, или задняя: если они постепенно густѣютъ, значитъ передняя, если дѣлаются все блѣднѣе и блѣднѣе и исчезаютъ, то — задняя.

Имѣя барометръ (ртутный или анероидъ) и слѣдя внимательно за небомъ, можно до нѣкоторой степени и безъ метеорологическихъ картъ судить о погодѣ. Такъ, если при ясной погодѣ высота барометра не мѣняется, то можно ожидать продолженія хорошей погоды. Тоже самое, если барометръ повышается. При приближеніи циклона послѣ ясной погоды на горизонтѣ появляются полоски перистыхъ облаковъ. Мало по малу они увеличиваются и покрываютъ все небо такъ, что въ нихъ характерныя черты этого рода облаковъ пропадаютъ, и небо дѣлается покрытымъ ровнымъ бѣловатымъ слоемъ, служащимъ причиною появленія колецъ, столбовъ, полосъ и дугъ около солнца и луны, а также побочныхъ солнцъ и лунъ. При дальнѣйшемъ приближеніи циклона перистыя облака дѣлаются все ниже и наконецъ появляются нижнія облака. Около этого времени барометръ начинаетъ падать. Облака дѣлаются все гуще и гуще, выпадаютъ осадки, вѣтеръ дѣлается сильнѣе и сильнѣе. Послѣ этого барометръ начинаетъ повышаться, вѣтеръ дуетъ съ перерывами, то выпадаютъ осадки, то свѣтитъ солнце, появляются перистыя облака, которыя понемногу расплываются, исчезаютъ и небо дѣлается яснымъ, вѣтеръ по немногу стихаетъ. При прохожденіи надъ нами центральной части циклона вѣтеръ обыкновенно слабѣетъ и дѣлается перемѣннымъ; въ тропическихъ циклонахъ при этомъ небо проясняется (глазъ бури). По направленію вѣтра, какъ выше было указано, можно заранѣе знать, пройдетъ надъ нами центральная часть циклона или нѣтъ, и сообразно съ этомъ составить болѣе детальное сужденіе о предстоящихъ измѣненіяхъ погоды.

По сторонѣ горизонта, въ которой впервые появляются перистыя облака, возможно бываетъ судить о томъ, съ которой стороны къ намъ подходитъ циклонъ.

При сужденіи о томъ будетъ дождь или снѣгъ, недурно также дѣлать наблюденія по психрометру или волосному гигрометру, опредѣляя увеличивается, или уменьшается влажность воздуха.

По метеорологическомъ картамъ, особенно если производить мѣстныя наблюденія, можно съ значительной вѣроятностью судить о погодѣ за день, за два и за три; судить же за болѣе продолжительное время, напр. дня за четыре, за пять, можно лишь въ рѣдкихъ случаяхъ, напр. при медленномъ приближеніи барометрическаго максимума большихъ размѣровъ. Въ настоящее время это наибольшій промежутокъ, для котораго можно предсказать погоду. Судить о погодѣ за продолжительное время, равно какъ и предсказывать метеорологическій характеръ предстоящаго времени года пока невозможно. Для этого число метеорологическихъ станцій на земной поверхности должно быть значительно увеличено, при чемъ онѣ должны быть распредѣлены гораздо равномѣрнѣе. Между прочимъ желательно было бы соединить телеграфомъ съ Европою, Фарёрскіе острова, Исландію, Азорскіе и Бермудскіе острова и южную Гренландію, чтобы ежедневно можно было получать съ нихъ метеорологическія депеши. Подобный проэктъ былъ предложенъ еще Гофмейеромъ въ 1880 г.[1]), На международномъ метеорологическомъ конгрессѣ въ Мюнхенѣ въ 1891 г. этотъ вопросъ былъ снова поднятъ Неймайеромъ. Наконецъ въ высшей степени желательна организація правильныхъ наблюденій надъ высшими слоями атмосферы, особенно надъ облаками, притомъ въ возможно болѣе широкихъ размѣрахъ.

1) Hoffmeyer, Etude sur les tempêtes de l'Atlantique septentrional, 1880.

Отдѣльный оттискъ изъ Метеорологическаго Вѣстника, 1892 г.

Печатано по распоряженію Императорскаго Русскаго Географическаго Общества.

С.-Петербургъ. Типографія Императорской Академіи Наукъ (В. О., 9 л., № 12.)