

Барометры

Приборы, служащие для измерения давления атмосферы, носят название барометров. Первым подобием барометра является прибор Торичелли, при помощи которого он впервые измерил атмосферное давление. Современные хорошие барометры отличаются от прибора Торичелли только подробностями своего устройства, служащими для более точного измерения. В них точно так же стеклянная трубка, наполненная тщательно очищенной ртутью и запаянная с одной стороны, опускается открытым концом в чашку со ртутью. Рядом с этой трубкой помещается линейка с делениями, дающая возможность отсчитывать высоту столба ртути, находящегося в трубке. По высоте столба судят о давлении атмосферы, которое он уравнивает. Вот почему обычно давление атмосферы выражают в миллиметрах¹⁾, разумея при этом число миллиметров, которое имеет высоту барометрического ртутного столба, уравнивающего атмосферное давление.

Кроме ртутных барометров, употребляются еще металлические. Приборы эти состоят из коробочки, наглухо закрытой со всех сторон, так что внутри ее воздух не может проникать снаружи. Для того,

¹⁾ Миллиметр равен одной десятой доли сантиметра, сантиметр же равняется одной сотой метра.

чтобы сделать коробочку более упругой, тонкую жечь, из которой ее делают, изгибают в виде волнистых складок, так что малейшее изменение наружного давления легко прогибает ее крышку. К поверхности такой коробочки прикасается штифтик, скрепленный передачей из рычажков или зубчатых колес со стрелкой. Всякий прогиб крышки коробочки влечет за собой сейчас же перемещение штифтика, а вместе с ним и движение стрелки. Если на циферблате, установленном рядом со стрелкой, отметить положение ее, соответствующее разным атмосферным давлениям, что легко сделать, сравнивая показания этого прибора с показаниями ртутного барометра, то получается чувствительный и достаточно точный прибор для измерения давлений.

Чем поддерживается круговорот циклона

При помощи барометров определяют давление в целом ряде пунктов на так называемых метеорологических станциях, служащих для изучения атмосферы, которые имеются во всех культурных странах. В центре циклона давление падает до 720 миллиметров ртутного столба, а иногда и ниже (нормальное, среднее состояние атмосферы соответствует давлению в 760 миллиметров).

Размеры области, которую захватывает циклон, различны. Наиболее мощные циклоны охватывают

области размерами до 3000 верст; бывают циклоны и с значительно меньшим поперечником.

Раз установившееся циклоническое движение воздуха поддерживается само собой. Сила, необходимая для поддержания этого гигантского круговорота, черпается из скрытой теплоты испарения, заключенной в водяных парах, имеющих в атмосферном воздухе.

Происходит это так. Когда началось, благодаря, например, неравномерному нагреванию, движение воздуха, то вместе с тем увлекаются также и водяные пары. Достигнув области с низким давлением, они вместе с воздухом начинают подниматься кверху и попадают в более холодные и более разреженные слои атмосферы. Охлаждаясь от соприкосновения с холодным воздухом, они превращаются в водяные пузырьки—туман, и при этом, как мы уже знаем, выделяется скрытая теплота испарения, заключенная в водяных парах. Эта теплота передается окружающему воздуху и нагревает его; благодаря этому он опять расширяется и восходящий ток его еще больше усиливается. На место поднимающихся слоев поступают все новые и новые массы воздуха с новыми запасами водяных паров, которые, обращаясь в капли воды, выделившейся теплотой непрерывно поддерживают круговорот.

В крайних областях циклона происходит иное. Там воздух опускается из верхних, более, холодных слоев, вниз, где тепло. При том же он,

при своем подъеме, в центральной части циклона уже потерял избыток заключавшейся в нем влаги. Этот уже лишенный значительной части водяных паров воздух, при соприкосновении с нижними более теплыми слоями, нагревается, а благодаря этому остатки водяных паров, имеющиеся в нём, не могут обращаться в капли воды, так как теплый воздух может содержать значительно больше пара, чем холодный. Поэтому воздух в крайних областях циклона относительно сух.

Понятно, что выпадение дождя может происходить лишь в центральных частях циклона, где водяные пары превращаются в воду; понятно также, что такой циклон является постоянным источником притока все новых масс влаги к его центральным частям, а благодаря этому, в них из сгустившихся паров вначале образуются облака, состоящие из мельчайших капелек, а по истечении некоторого времени эти капельки все увеличиваются и увеличиваются в своем размере, благодаря все новым порциям влаги, оседающим на них; при этом, благодаря своему увеличившемуся весу, они начинают падать вниз все быстрее и быстрее и по дороге обращаются в крупные капли дождя.

Поступательное движение циклонов

Из своих наблюдений сеть мелких метеорологических станций по телеграфу ежедневно

сообщает центральной метеорологической обсерватории. Пользуясь этими данными, центральная обсерватория составляет карты, позволяющие разбираться в состоянии погоды в данной области, а также, как увидим дальше, и предсказывать погоду.

Наиболее существенную роль играет, конечно, распределение давлений. Для того, чтобы легче было разобраться в сложной картине распределения давлений, на карте данной области непрерывной линией соединяют места, где в данный момент господствуют одинаковые давления. Тогда одного взгляда на такую карту бывает достаточно, чтобы увидеть места с малым и большим давлением и сообразить, каково направление ветров в различных местах. На прилагаемом рисунке (2) приведена карта распределений давлений в один и тот же день в области, охваченной циклоном. Сплошными линиями на ней обозначено место с одинаковым давлением. В центральной части этого циклона господствует давление в 735 миллиметров. Как видно, линия, соединяющая место с одним и тем же малым давлением, образует небольшую вытянутую округленную фигуру. Следующая линия, соответствующая уже несколько большему давлению (740 миллиметров), охватывает первую; дальше идет следующая линия, соответствующая давлению 745 миллиметров, а дальше расположены линии еще больших давлений, имеющих форму,

только в некоторой их части напоминающую предыдущие. Эти линии на приведенной карте не являются замкнутыми, так как они уходят в область океана, а там не производятся определения барометрического давления и обсерватория не могла иметь данных для того, чтобы их нанести. На следующем рисунке (3) приведена карта, изображающая тот же циклон, что и раньше, на другой день. Очевидно, минимум его (область с наименьшим давлением) передвинулся на северо-восток; вместе с тем и все другие линии претерпели такие же перемещения.

Таким образом, кроме описанного выше движения циклона, в нем имеется еще одно движение. Именно, весь циклон, как целое, поступательно перемещается в определенном направлении. Скорость перемещения циклона весьма различна. Бывают случаи, что циклон стоит на месте несколько дней, а иногда скорость его перемещения достигает до 2000 верст в сутки. В среднем в Европейской России скорость поступательного перемещения циклонов равняется 40 верст в час.

Задача предсказания погоды в случае, когда циклон уже образовался, очевидно, сводится к задаче предсказать направление и скорость движения циклона, ибо распределение давления в циклоне, как ясно из предыдущего, вполне определяет, где в его области будут идти дожди и где будет ясная и сухая погода.

Движение циклонов довольно прихотливо, в особенности на материке Европы и Азии, где неправильный рельеф (выпуклости) местности

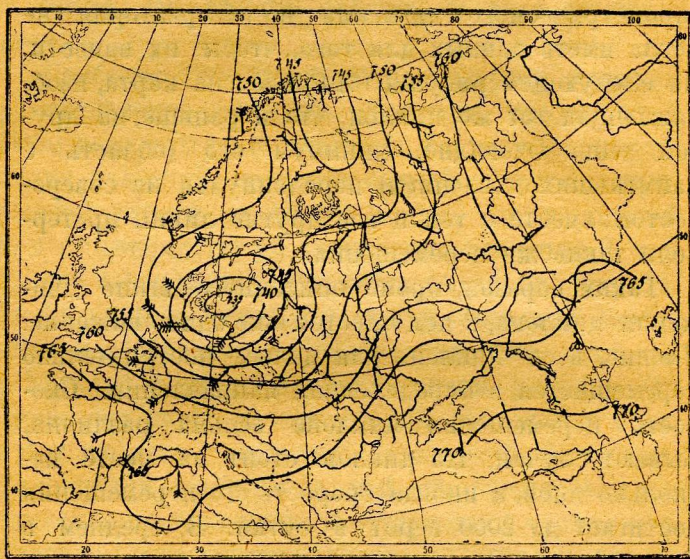


Рис. 2

вносит значительную долю случайности в движение циклонов. Движение циклонов связано с распределением облачности в них и выпадением влаги. Благодаря появлению облаков, которые связаны с круговращением воздуха в циклоне, а также благодаря выпадающим дождям, условия нагрее-

вания меняются, а вместе с тем меняется то место, в котором получается наименьшее давление. Благодаря этому и происходит постоянное перемещение циклонического вихря.

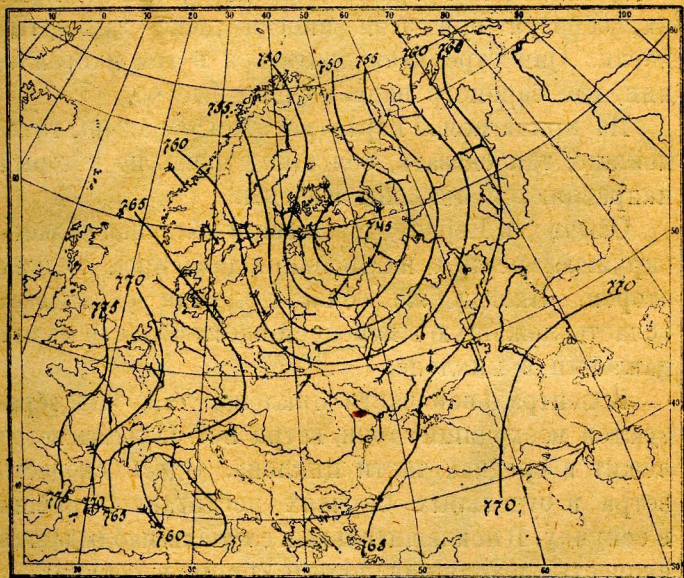


Рис. 3.

Многолетнее изучение путей, по которым движутся циклоны, привело к установлению некоторых закономерностей в их движении. Однако, эти закономерности очень общего характера. Зачастую циклон движется очень прихотливо, лишь в общих

чертах придерживаясь обычного направления движения циклонов.

В общем циклоны стремятся двигаться на восток. Однако, встречая на своем пути области с высоким атмосферным давлением, они огибают их, образуя при этом иногда даже замкнутые петли. Они стремятся двигаться в том направлении, где барометр падает очень быстро.

На прилагаемой карте (рис. 4) изображены главнейшие, так сказать, большие дороги, по которым направляются циклоны Европы.

Обычно, в Европе, дождевая и облачная область окружают место с наименьшим давлением со всех сторон. Иногда же область дождя охватывает область, лежащую в передней части области малых давлений в циклоне.

В центральной части циклона, там, где образуются восходящие токи, ветра нет. Область ветра лежит в средней части циклона. Здесь скорость ветра в отдельных случаях достигает 45 аршин в секунду. В исключительных случаях наблюдается скорость, доходящая до 130 аршин в секунду.

Антициклоны

Кроме циклонической циркуляции воздуха, наблюдается еще одна форма движения атмосферы, охватывающая также огромные области и обуславливающая в них состояние погоды. Эти формы

отличаются от циклонов тем, что в то время, как в циклоне, в центральной его части, господствует слабое, а по краям сильное давление, здесь на-

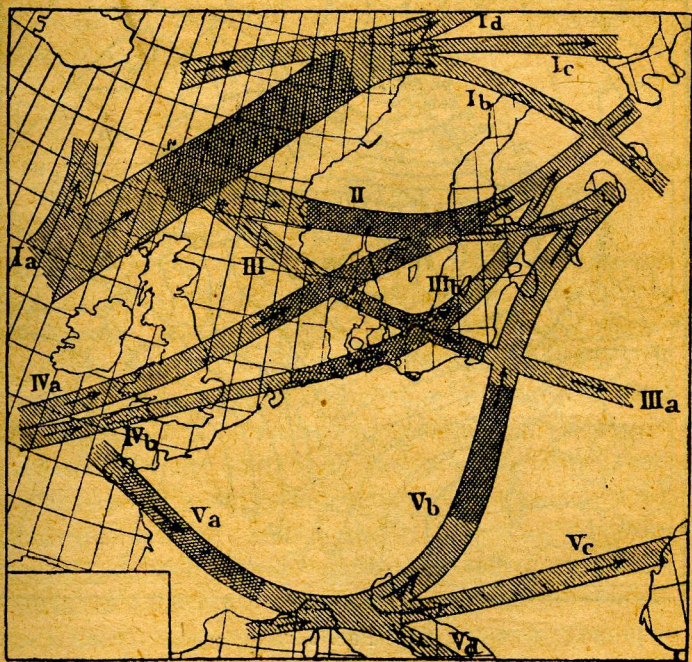


Рис. 4

блюдается картина как раз противоположная. Центральная область обладает высоким давлением; на краях же расположены местности с низким

давлением. Понятно, что в этом случае направление ветра будет не от краев к центру, как в циклоне, а от центра к краям. Рис. 5 представляет

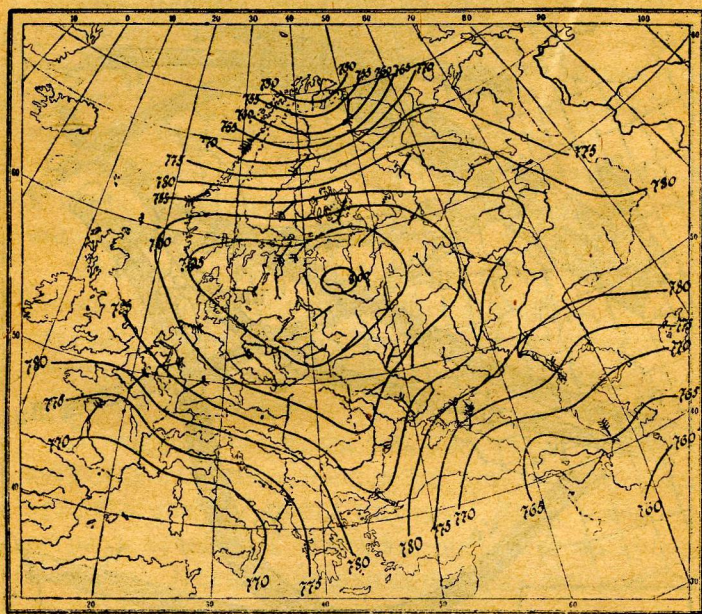


Рис. 5

собой карту распределения давлений, устанавливающихся при этом. Эта форма круговращения получила название антициклона.

Понятно, что и в антициклоне область дождя и облаков будет расположена там, где господствует

малое давление, а область сухой погоды будет лежать в центре.

Антициклоны, как и циклоны, не остаются на месте, а с большей или меньшей быстротой передвигаются; вообще скорость их перемещения гораздо меньше скорости циклонов.

Предсказание погоды

Задача предсказания погоды на долгий срок была бы окончательно решена, если бы удалось точно предсказать направление движения циклонов. Однако, такое предсказание могло бы иметь место лишь в том случае, если бы было точно известно распределение давлений, влажности и других характерных для атмосферы величин на всем земном шаре. К сожалению, до сих пор число метеорологических станций для этого недостаточно. В частности, в Европе громадная область СССР представляет из себя область с очень недостаточно развитой сетью наблюдательных пунктов. Однако, и в настоящее время можно довольно точно предсказать погоду на короткий промежуток времени, 2—4 дня, пользуясь тем обстоятельством, что циклоны и антициклоны меняют направление своего движения довольно медленно, а, следовательно, приблизительно можно предвидеть расположение областей с низким давлением, по крайней мере, в ближайшее время. На этом и основано

предсказание погоды метеорологическими обсерваториями.

Гораздо более точно погода может быть предсказана на короткий срок, например, в течение ближайших суток. Резкого изменения направления движения воздушных вихрей за такой короткий срок почти не бывает, а потому с достаточной точностью можно предсказать, куда за ближайший короткий срок переместится область высокого или низкого давления.

Такие предсказания на короткий срок и являются основанием для пользования на войне ядовитыми газами.

Свойство и действие боевых ядовитых средств

Ядовитые газы, применяющиеся на войне для газовой войны, представляют из себя вещества, которые могут быть сильным давлением обращены в жидкость при обычной температуре окружающего нас воздуха. Посредством мощных насосов такие газы нагнетаются в прочные толстостенные металлические баллоны, в которых они под влиянием давления и превращаются в жидкое состояние.

Таковыми газами, наиболее часто употребляющимися в военной технике, являются хлор, сернистый газ, фосген¹⁾ и другие. Они должны обладать следующими свойствами:

¹⁾ Подробное описание свойств этих веществ читатель найдет в выпуске № 7. Г. Е. Тимофеев — „Газовая война“.

1. Они должны, будучи примешаны к воздуху даже в малом количестве, вызывать вредные физиологические действия.

2. Должны быть тяжелее воздуха, иначе они сейчас же по выпуске из баллона станут подниматься кверху и не достигнут противника.

3. Понятно, что они не должны терять своих свойств под действием воздуха, влаги или снега.

4. Вещества эти должны быть легко добываемы в больших количествах.

Если два газа смешаны друг с другом, то концентрацией каждого из них в смеси называют дробь, получающуюся от деления объема или веса одного из газов на общий объем или вес обоих газов. Если концентрация рассчитана из объема, то она называется объемной; если же расчет ведется на вес газа, то и концентрация называется весовой. Для примера действия ядовитых газов на человеческий организм приведем следующие цифры, характеризующие действие вышеназванных газов.

Наибольшее содержание (концентрация) газа, необходимое для того, чтобы вывести человека из строя в течение нескольких минут: для хлора—одна десятитысячная, т. - е. на каждую единицу объема воздуха достаточно одной десятитысячной такого же объема хлора; для сернистого газа—две тысячных; для фосгена—две десятитысячных. Наибольшая концентрация, переносимая человеком в течение одного часа: для хлора—от половины до

одной стотысячной; для сернистого газа — от половины до двух десятитысячных долей.

Таким образом, достаточно ничтожных примесей к воздуху упомянутых газов, чтобы вызвать желательное физиологическое действие.

Из баллонов, в которых хранятся доставленные на фронт ядовитые газы, их выпускают через узкое отверстие, из которого они, как только закрывающий отверстие кран открыт, вырываются сильной струей, так как при обычном атмосферном давлении они мгновенно превращаются из жидкого состояния, в котором они находятся внутри баллона, в газообразное.

Струя газа, вырывающаяся из баллона, встречая сопротивление со стороны окружающего воздуха, мало - по - малу замедляет свое движение, завихряется в виде клубов и растекается в стороны, охватывая все больший и больший район. Если в местности, в которой выпускают газ, имеются восходящие воздушные токи, то они захватывают с собою выпущенный газ, и он на небольшом, сравнительно, расстоянии от места выпуска поднимается кверху и бесполезно пропадает в верхних слоях атмосферы.

Поэтому выпусканию газа должно предшествовать исследование температуры воздуха в районе, предназначенном для газовой атаки. Благоприятными условиями для газовой атаки будут только такие, когда налицо имеется то состояние нижних слоев атмосферы, которое называется инверсией.

температур. В нижних слоях, у поверхности земли, воздух должен быть холоднее, чем на расстоянии 3—5 аршин над землей. Уже упоминалось, что такое состояние в воздухе наблюдается иногда ночью или ранним утром, когда нижние слои воздуха, касаясь остывшей земли, оказываются более охлажденными, чем верхние.

Влияние движения ветра на концентрацию газа

Кроме измерения температуры воздуха, необходимого для того, чтобы установить наличность инверсии, для успеха газовой атаки необходимо еще измерение скорости и направления ветра. Если ветер совершенно отсутствует, то выпущенная газовая волна останется на месте и будет медленно рассеиваться в окружающем воздухе, подобно тому, как дым медленно расплывается в спокойном воздухе комнаты.

Наличие ветра необходимо для того, чтобы волна удушливого газа достигла противника. Но ветер этот не должен быть очень силен, так как при быстром ветре газовая волна перемещается с большим количеством воздуха и концентрация газового облака станет настолько мала, что не окажет никакого вредного действия.

При скорости ветра 6—8 метров в секунду рассеивание облака удушливых газов наступает настолько быстро, что его не имеет смысла выпу-

скать. Если же движение ветра слишком медленное, например около метра в секунду, то облако будет двигаться слишком медленно и станет задерживаться у препятствий (кустов, деревьев, высокой травы, рвов), не будучи в силах их преодолеть. Вместе с тем, слабый ветер очень постоянен по направлению и легко меняет свое движение на противоположное. Пределы ветра, в которых можно производить газовые атаки, заключены между скоростями в 2 и 5 метров в одну секунду.

Способы измерения скорости ветра

Наиболее простым способом определения направления ветра будет наблюдение за полетом пушинки в воздухе или за движением дыма папиросы. Можно, привязав к шесту нитку или ленточку длиною в 1 аршин, наблюдать, в какую сторону она отклоняется. Более совершенным и точным способом будет наблюдение за положением флюгера, подобного тому, какой ставят на крышах домов.

Флюгер состоит из легкой, тонкой пластинки, способной свободно двигаться вокруг вертикальной оси. Такая пластинка устанавливается даже при слабом ветре вдоль того направления, куда он дует.

Простейшим способом для определения скорости ветра является такой прием: на земле выбирают два пункта, расположенных по линии направления ветра, и отмечают их, например, двумя

шестами. На этой же линии со стороны ветра разводят костер, дающий много дыма. По часам определяют время, в течение которого искры или клубы дыма от костра переносятся ветром от одного шеста к другому. Деля расстояние, которое отделяет оба шеста, на замеченное по часам время, находят скорость ветра.

Гораздо удобнее для определения скорости ветра пользоваться специальными приборами, которые называются ветромерами или анемометрами. Простейший ветромер представляет из себя пластинку, подвешенную за верхний край. Под давлением ветра она отклоняется и при том тем больше, чем сильнее ветер. Рядом с пластинкой укрепляется дуга, на которую заранее нанесены метки с обозначением той силы ветра, при которой пластинка отклоняется до данного давления дуги. К прибору прилагается маталлическая и картонная пластинки. При скоростях ветра менее 5 метров в секунду пользуются легкой картонной пластинкой; при больших скоростях картонную пластинку снимают и заменяют ее металлической.

Имеются также ветромеры гораздо более совершенных конструкций, дающих возможность весьма точно определять скорость движения ветра.

Только что рассмотренные способы определения скорости и направления ветра недостаточны для полного знакомства с движением воздушных масс в данном месте. Они дают направление

и скорость ветра только для данной точки; для газовой же атаки важно знать распределение ветра в довольно значительном районе.

Представление об общем состоянии движения воздуха в целом районе достигается тем, что к воздуху примешивают дым. Для получения такого дыма служат шашки, предназначенные для получения дымовых завес. Шашки эти представляют собой небольшие коробочки, величиною в ладонь руки, наполненные особым составом, дающим при сгорании много дыма. Зажигание шашки производится выдергиванием конца бичевки, соединенной с особым запалом, который при этом загорается от трения. Следя за движением образовавшегося от сгорания шашек дыма, можно определить скорость и направление ветра в различных местах местности, являющейся ареной ближайшей газовой атаки. Такой же цели достигают зажженные костры, сложенные из мокрого хвороста, листьев и трав. Под кучу такого сырого материала подкладывают сухой и сильно горючий материал. Такие костры дают много холодного дыма, который расстилается по земле.

Влияние характера местности на движение ветра

На разных высотах над землей ветер имеет различные скорости движения. У самой поверхности земли скорость движения воздуха наимень-

шая. Причиной является задерживание ветра благодаря трению о поверхность земли, а также неровностями почвы, кустарниками, травой. Сила ветра у земли быстро растет с высотой, иногда на $1\frac{1}{2}$ —2 метра в секунду на каждый метр высоты. На высоте 3-х метров увеличение скорости ветра с высотой идет уже гораздо медленнее.

Эти обстоятельства сильно нарушают правильность течения облака выпущенного удушливого газа, сильно способствуя его распылению в атмосфере.

Если изображать движение ветра линиями, представляющими как бы отдельные струйки воздуха, из которых состоит ветер, то можно наглядно представить характер движения воздуха, а вместе с ним и газового облака в случае различных препятствий. На рисунке 6 представлено обтекание ветром заслона (забора, дома и т. п.). Если по пути газового облака встречаются

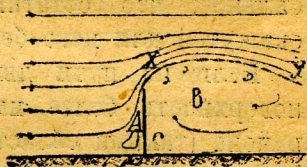


Рис. 6

углубления почвы, овраги или рвы, то здесь происходят значительные изменения направления и характер его движения. Скорость движения газового облака замедляется в овраге тем больше, чем больше его глубина по сравнению с шириной.

Холмы вызывают увеличение скорости движения ветра по направлению к вершине холма;

за холмом движение ветра замедляется. У опушки леса происходят такие изменения характера движения ветра. Он замедляется благодаря препятствию, встречаемому в ветвях и листьях деревьев, и кроме того, наблюдается завихрение потоков воздуха, распространяющееся не далее 50 - ти шагов от опушки.

Все эти обстоятельства должны быть строго учтены при выпускании газового облака в расчетах о возможном достижении облаком противника, а также при определении того количества газа, который должен быть выброшен, для того, чтобы концентрация его в воздухе была достаточна. Если облако будет двигаться медленно, если по пути оно будет завихряться, то рассеивание газа в окружающем воздухе произойдет настолько сильное, что остатки, достигшие противника, окажутся для него безвредными.

Если по пути движения облака встречается поверхность более нагретая, чем другие области района (такими областями являются, например, по утрам поверхности рек ¹⁾), то газовое облако, достигнув этого места, поднимется с восходящими струями воздуха и исчезнет в верхних слоях атмосферы. Иногда, если местные восходящие токи слабы, газовое облако только несколько поднимается над более нагретым районом, переваливает через него и опускается опять к земле по другую его сторону.

¹⁾ Вода остывает медленнее, чем земля, а поэтому к утру обычно вода реки оказывается более теплой, чем земля.

Некоторые из удушливых газов сильнее растворимы в воде (например, хлор): приходя в соприкосновение с поверхностью вод, поглощаются ими. Это поглощение мало меняет концентрацию хлора в облаке, так как при слабом и правильном ветре воды касаются только нижние слои облака, из которых и поглощается газ; концентрация же верхних при этом почти не меняется. Но если ветер дует неправильно или слишком силен, то происходит завихрение, в соприкосновении с водой, постепенно проходит разные слои облака, и оно сильно беднеет, теряя образующий его газ.

Выбор времени для атаки

Все указанные выше расчеты и измерения могут оказаться совершенно недействительными, если нет уверенности в том, что состояние погоды не изменится в самом ближайшем будущем. Может измениться скорость, характер и даже направление ветра и атака будет иметь совершенно не те результаты, на которые была рассчитана. Уверенность в том, что этого не произойдет, может дать только общее изучение состояния атмосферы, изучение, связанное с распределением циклонов и антициклонов, охватывающих широкую местность. Предсказание погоды, теория которого была изложена выше, является, таким образом, основной базой для применения ядовитых газов на войне.

Кроме этих общих условий, необходимых для возможности атаки, необходимы еще широкие наблюдения в области фронта, дающие более полную картину распределения давлений, влажности и температуры в ближайших к месту атаки районах. Эти наблюдения необходимы для того, чтобы гарантировать себя от каких-либо случайностей, обусловленных влиянием тех или иных местных причин.

Этими наблюдениями устанавливается, что ветер достаточно устойчив, что он в достаточно широкой части местности имеет одну и ту же не выходящую за пределы 2—5 метров в секунду скорость.

Особенно благоприятны для газовых атак тихие летние ночи с их устойчивыми воздушными течениями и частыми образованиями областей инверсии температур.

Когда атаки нельзя производить?

Когда условия состояния атмосферы неблагоприятны, например, направление или скорость ветра не подходящие или распределение температуры над землей таково, что нельзя рассчитывать на то, что облако достигнет противника, то, понятно, атаку не производят. Но иногда на первый взгляд условия, благоприятствующие атаке, налицо, однако, за время движения облака до окопов противника условия резко меняются, и атака приводит к совершенно неожиданным результатам.

Это может произойти в том случае, когда атмосфера в данной местности находится в неустойчивом состоянии и ничтожных причин достаточно для того, чтобы резко изменить картину, наблюдающуюся в ней.

Бывает это неустойчивое состояние при следующих обстоятельствах. Температура воздуха в довольно широкой области достаточно высока. Она близка к той, которая нужна для того, чтобы образовались восходящие токи воздуха, а с ними циклон, охватывающий более или менее значительную область. Нужен небольшой толчок, небольшое нагревание воздуха — и появятся восходящие токи, которые, как мы уже знаем, обладают способностью за счет скрытой теплоты паров, заключенных в них, сами себя поддерживать. В этих случаях можно искусственно вызвать дождь, для этого достаточно образовать небольшой, местный восходящий ток, стреляя, например, вертикально вверх из пушки. Благодаря толчку от выстрела, образуется струя восходящего воздуха, а с ней вместе поднимаются и водяные пары, заключенные в ней. Эти пары при поднятии кверху обращаются в туман, выделяют скрытую теплоту испарения, которая нагревает соседние слои воздуха; они также начинают подниматься и, в свою очередь, выделяют влагу и нагревают соседние слои и, таким образом, мало-по-малу восходящий ток воздуха начинает захватывать все большую и большую

область, становится все более и более мощным и, наконец, образуется местный циклон, влекущий за собой резкое изменение скорости движения ветра и выделение осадков.

Еще лучше можно достигнуть указанной цели, если при выстреле вместе с пороховыми газами поднимется клуб мелких песчинок или пыли. Оседание паров происходит на пылинках гораздо легче, чем в чистом воздухе. Этим обстоятельством и пользуются, вызывая дождь выстрелами.

Конечно, такие выстрелы могут быть полезны только при одном условии, если состояние атмосферы само по себе благоприятно, так что сравнительно небольшое повышение температуры, вызванное оседанием пара в восходящем токе, происходящем при выстреле, достаточно для того, чтобы началось образование более широких токов. В противном случае выстрелы не приведут к желаемой цели.

Если в данной местности налицо такое неустойчивое состояние атмосферы, то газовую атаку производить опасно, так как ежеминутно можно ждать резкого изменения всех условий. Убеждение в том, что состояние атмосферы устойчиво, может дать только общее изучение состояния воздуха в широкой области, основанное на данных, доставляющихся метеорологических станциями, лежащими далеко за пределами фронта.

Снаряды, начиненные газами

Кроме облаков газа, ползущих на противника с попутным ветром по земле, употребляют удушливые газы, начиняя ими снаряды, выбрасываемые из минометов, бомбометов и даже тяжелых полевых гаубиц, а также сбрасываемых на голову противника с аэропланов. При применении таких снарядов сила ветра должна быть возможно меньше для того, чтобы газ из разорвавшегося снаряда не был немедленно унесен и рассеян. Направление ветра довольно безразлично, однако, более выгодно направление его в сторону противника.

Обычно снаряды наполняются жидкостями, которые медленно испаряются. Зачастую эти снаряды применяют в тех случаях, когда желательно на данном участке позиции помешать на долгое время пребыванию противника. Ядовитая жидкость, медленно испаряясь в течение долгого времени, отравляет воздух.

Влияние дождя

Влияние выпадения дождя во время газовой атаки, если он происходит при отсутствии ветра, ничтожно. Конечно, водяные капли поглощают некоторое количество удушливых газов. Количество газа, поглощенного одной единицей объема воды, очень сильно колеблется в зависимости от

рода выпускаемого газа: одни из газов поглощаются больше, другие меньше, но даже в тех случаях, когда газовое облако состоит из сравнительно хорошо поглощаемого газа, как, например, хлора, для того, чтобы значительно разредить облако удушливого газа и сделать его безвредным, необходимо, чтобы количество воды, выпавшей в виде дождевых капель, образовало на поверхности земли слой в десять раз более тонкий, чем газовые облака. Понятно, что за время пока облако движется до окопов противника количество выпавшей воды не может быть столь значительно, а поэтому дождь, как средство, поглощающее вредные газы, почти не играет роли.

Но если во время газовой атаки идет дождь, образованный из крупных капель воды, движущихся с большой скоростью, то эти капли, пролетая через облако, перемешивают своим движением газовое облако, с соседними слоями атмосферы и, таким образом, способствуют увеличению толщины облака, а вместе с тем концентрация вредного газа уменьшается. Такое чисто механическое действие дождя является причиной, благодаря которой газовая атака может не удался. Кроме того, растительность может поглощать из газового облака некоторые из его составных частей, в особенности, если листья растений смочены дождем или росой. Поэтому при движении облака по поверхности земли, в случае, когда ему приходится

проникать сквозь растительный покров, некоторые части удушливого облака могут вымываться листовой и можно наблюдать, что по мере движения оно изменяет свой состав.

Удушливые газы и аэроплан

В последний период мировой войны все чаще и чаще стали применять снаряды с удушливым газом, сбрасываемые с аэроплана.

По мере развития авиационной техники, когда количество летательных аппаратов у воюющих сторон достигает громадной цифры, этот способ борьбы приобретает особенно большое значение. Аэроплан, благодаря своей подвижности, очень мало уязвим для выстрелов противника; большая скорость движения позволяет флотилиями летчиков нападать там, где неприятель совершенно не ожидает нападения, например, в тылу. Сбрасывая бомбы с медленно испаряющейся удушливой жидкостью, флотилия аэропланов может не только причинить вред войскам, находящимся в районе ее действия в данный момент, но и сделать атакуемую местность непроходимой на довольно долгий срок.

Первые летательные аппараты более тяжелые, чем воздух.

Завоевать воздух, свободно, подобно птице, передвигаться в нем — было давнишней мечтой

человечества. У самых различных народов сохранились предания, корнящиеся в глубочайшей древности, о героях, которым удалось решить эту задачу. На заре культуры человек наделяет своих богов способностью летать и зачастую боги изображаются с крыльями. Это показывает нам, как заманчива, прекрасна казалась всегда людям мысль научиться летать.

Мысль эта казалась тем более осуществимой, что перед глазами людей был живой пример птиц и летающих насекомых, которые с необыкновенной легкостью передвигаются в воздухе и чувствуют себя в нем ничуть не менее устойчиво, чем на земле.

Совершенно естественно, что первые попытки летать были подражанием полету птиц. Изобретатели, занимавшиеся устройством летательных приборов, делали крылья на подобие крыльев птиц, только гораздо больших размеров, и пытались с их помощью подняться в воздух. Все эти попытки оказались неудачными. Крыло—настолько сложное и тонкое приспособление, что до настоящего времени наши техники не в состоянии осуществить нечто ему подобное.

Крыло птицы

Сущность действия крыла заключается в том, что при его движении получается удар о воздух. Воздух под ударом крыла сжимается, так как не

успевает уйти из-под него, и, благодаря этому, в свою очередь, производит давление на крыло; этим давлением и поддерживается тяжесть летящей птицы. Такое сжатие воздуха должно происходить не только тогда, когда крыло птицы опускается вниз, но и тогда, когда оно поднимается для нового взмаха. Это, конечно, должно вызвать обратный толчок вниз и должно сделать полет невозможным. Поэтому крылья птиц имеют особое приспособление, уничтожающее силу этого обратного толчка и делающее ее сверху несравненно меньшей, чем сила толчков, получающихся при движении крыльев вниз. Представьте себе лист бумаги, который вы опускаете, держа его за края плашмя. Воздух, находящийся под листом, не успевая уйти из-под него, сжимается и, благодаря этому, производит обратное давление на движущийся лист; лист при этом изгибается и сила этого давления настолько значительна, что тот, кто двигает лист, без труда ощущает его.

Если тот же лист двигать не плашмя, а краем вперед, то тонкий его край без сколько-нибудь значительных усилий рассекает воздух и свободно и легко движется вперед.

Понятно, как следует поступать в том случае, когда желательно, чтобы бумага испытывала сопротивление лишь при движении в одну сторону, например, сверху вниз. Нужно опускать ее плашмя, а поднимать, поворачивая острым краем вверх.

Точно так действуют и перья крыльев. При опускании крыльев вниз они плотно складываются друг с дружкой, образуя сплошную поверхность, почти непроницаемую для воздуха и, благодаря этому, получают сильный толчок кверху от сжимающегося под ними воздуха. Когда же крыло поднимается кверху, то перышки поворачиваются, между ними образуются просветы, через которые воздух свободно проходит, не сжимаясь перед крылом и не оказывая на него давления. Такими взмахами крыльев птица и поддерживает себя в воздухе.

Для правильного действия крыла необходима целая сеть мускулов, управляющих движением каждого перышка; кроме того, эта сложная система не должна обладать слишком большим весом, иначе сила воздушных толчков окажется недостаточна, чтобы поддерживать птицу в воздухе. Преодолеть это обстоятельство, построить достаточно легкий, и, вместе с тем, чрезвычайно сложный аппарат и представляет главное техническое затруднение по пути к достижению возможности полетов посредством крыльев, устроенных на подобие птичьих.

Воздушный змей

К счастью, существует еще другой способ использовать давление сжатого воздуха для подема летательных аппаратов. Способ этот тот же, каким пользуются дети при устройстве воздушных змеев.

Представьте себе лист бумаги, который держат за края так, чтобы поверхность листа стояла прямо против струи дующего ветра. Понятно, что ветер, налетая на бумагу, будет давить на нее и стремиться двигать в том направлении, куда сам движется. Налетающие струи воздуха ударяются о поверхность листа, сообщают им толчок, который усиливается еще тем, что задние струи продолжают двигаться и сжимают те, которые, достигнув листа, обтекают его, замедлив свое движение.

Давление воздуха будет направлено в рассматриваемом случае прямо в том направлении, куда дует ветер. Но если лист бумаги наклонить под некоторым не очень большим углом к направлению движения ветра, то происходит следующее. Ударяющиеся о поверхность листа струи набегающего воздуха будут обтекать его поверхность, скользя по ней почти исключительно в одном направлении, а именно к тому краю листа, который, благодаря наклону, оказался сдвинутым дальше по направлению движения ветра, так как обтекание по направлению к противоположному краю будет встречать препятствие со стороны вновь налетающих струй ветра, против движения которых оно окажется направленным.

В то время, как эти достигшие листа слои воздуха выходят из-под него, скользя вдоль его поверхности, новые слои приносятся с ветром и так как на пути своего движения встречают

препятствия со стороны задержанных уже листом и обтекающих его струй, то они своим напором сжимают их, и под листом образуется нечто в роде уплотненной, сжатой воздушной подушечки, из которой по краям листа воздух постоянно вытекает и, захватываемый движением ветра, уносится дальше, а на место его поступает приносимый ветром к листу воздух, который также уплотняется ударами вновь приносимых струй.

Этот воздушный слой, воздушная подушечка под листом бумаги, будучи сжатой, стремится расширится, встречая сопротивление со стороны листа, давит на него. Давление это по направлению не будет совпадать с направлением движения самого ветра, а будет несколько наклонено к этому направлению. Сжатый воздух будет стремиться отодвинуть лист по направлению, перпендикулярному¹⁾ к его поверхности. Так как лист наклонен по отношению к дующему ветру, то это направление давления воздуха на лист окажется также не совпадающим с ним. Если, например, верхний край листа сдвинуть в напра-

1) Понятие о направлении перпендикулярном к поверхность листа читатель составит себе, представляя гладкую поверхность воды и направление нити, на которой подвешен груз. Направление этой отвесной нити и поверхность воды будут перпендикулярны. Также перпендикулярна линия, по которой встречаются две соседние стены, к поверхности пола.

влении прямо противоположном тому, в каком дует ветер, а нижний в направлении, куда он дует, то давление на лист будет отклонено от направления движения ветра несколько вверх.

Для того, чтобы осуществить воздушный змей, делают по размерам листа бумаги остов из легких палочек, который прикрепляют к листу. Этот остов не позволяет бумаге изгибаться под давлением ветра. К нижнему концу змея прикрепляют полосу материи, „хвост“ змея, для того, чтобы ветер не мог его опрокинуть; змея привязывают к веревке за верхний край и середину так, чтобы верхний край был сдвинут больше на встречу ветру по сравнению с нижним.

Набегающий ветер действует на него так, как это рассмотрено выше на примере с листом бумаги. Образующееся под ним давление поднимает его кверху, но для этого необходимо, чтобы веревка, к которой он привязан, удерживала его, не давая двигаться по направлению ветра. Как только веревку выпускают из рук, он начинает падать, так как ветер увлекает его за собой со скоростью равной скорости своего движения, а поэтому никакого уплотнения воздуха под бумагой не происходит и отсутствует сила, которая могла бы его поддерживать.

Воздушный змей поддерживается движущимся мимо него ветром, сам же остается в покое. Но можно достигнуть тех же результатов, если воздух

покоится, а змей достаточно быстро движется в нем. И здесь при движении змея под ним будет получаться слой уплотненного воздуха, который будет поднимать его вверх и поддерживать на некоторой высоте. С этим обстоятельством знакомы уже и дети, когда в безветренную погоду, желая заставить свой змей лететь, бегут вперед, держа конец веревки привязанной к змею. При этом змей поднимается в воздух и, покамест существует достаточно быстрое движение, держится в нем.

На чем основано устройство аэроплана

На таком же принципе, как воздушный змей, построены современные летательные аппараты, которые, в отличие от аэростатов, носят название „аппаратов тяжелее воздуха“. Название это станет понятным, если вспомнить принцип устройства аэростатов. Происхождение подъемной силы воздушных шаров лежит в том, что вес их меньше веса воздуха; их поддерживает в воздухе сила равная разности их веса и веса такого объема воздуха, какой они сами занимают. Аэропланы же, будучи сами по себе значительно тяжелее воздуха, поддерживаются в нем упругостью воздуха, сжатого под их крыльями. Крылья аэроплана имеют простую конструкцию. Они во время движения аппарата должны оставаться в покое; их задача —

образовать плоскую поверхность, наклоненную к встречным струям так, чтобы давление скопившегося под ним воздуха имело направление вверх и назад, как у воздушного змея. Понятно, что конструкция таких крыльев неизмеримо проще конструкции крыльев, устроенных по типу птичьих; это и дало возможность воспользоваться ими для устройства летательных аппаратов.

Однако, необходимым условием для подъема такой системы является движение аппарата вперед, иначе никакого уплотнения под крыльями не получится, а так как аппарат сам по себе тяжелее воздуха, то он и не сможет держаться в нем.

Первые изобретатели аэропланов устраивали так, что бросались вниз с холма на своем аппарате, поставленном на легких колесах. Когда аппарат получал достаточный разбег и воздух под его крыльями достаточно уплотнялся, он отделялся от земли и дальше продолжал двигаться к подножию холма и еще некоторое время над ровной поверхностью земли по воздуху. Так впервые была доказана возможность полетов в воздухе, пользуясь крыльями. Однако, на этом трудном пути завоевания воздуха много мужественных изобретателей погибло, так как порыв ветра легко опрокидывал первоначальные недостаточно устойчивой конструкции аэропланы, и изобретатель разбивался, падая на землю.

Роль винта

Вторым шагом в направлении победы над воздухом был переход от полета с холма, при котором необходимое движение достигалось падением вдоль его склона, к полетам свободным, где движение вперед достигалось за счет машины. Трудность задачи состояла не в принципе, а в том, чтобы сконструировать двигатель, имеющий достаточно малый вес, а вместе с тем, имеющий достаточную мощность для того, чтобы заставить аэроплан быстро двигаться вперед. Только развитию техники в области конструкции двигателей мы обязаны тем, что в настоящее время идея полета окончательно решена.

Принцип применения двигателей к полетам аэропланов тот же, что и принцип движения морских судов. Представьте себе несколько лопастей укрепленных на оси так, как укрепляются крылья ветряной мельницы. Если ось, на которой лопасти укреплены, привести во вращение, то, благодаря тому, что они имеют наклон к направлению вращения оси, воздух перед ними сжимается, а следовательно, происходит то же, что и при движении листа бумаги, наклоненного к встречным струям воздуха: давление воздуха на лопасти перпендикулярно их поверхности, т.-е. будет стремиться оттолкнуть их в ту или иную сторону — вперед или назад — смотря по их наклону. Наклон лопастей и направление движения их выбираются

так, чтобы получился толчок вперед по направлению движения летательного аппарата. Такая система лопастей носит название винта, потому что при вращении их и движении вперед аппарата они как бы ввинчиваются в окружающий воздух.

Когда двигатель аэроплана приведен в движение и винт аппарата вращается, аэроплан получает поступательное движение вперед, скорость его движения все увеличивается и увеличивается и, наконец, при определенной скорости упругость воздуха под его крыльями оказывается достаточной, чтобы поднять его; он отделяется от земли и дальше плывет в воздухе, все время подгоняемый движением своего винта, совершенно так же, как поднимается детский змей в безветренную погоду, когда его увлекают вперед за привязанную веревку.

Роль винта, приводимого в движение мотором аэроплана, сводится исключительно лишь к тому, чтобы сообщить аппарату поступательное движение. Если бы аэроплан заставить двигаться вперед не помощью винта, а, например, привязав его за веревку к паровозу, быстро идущему по рельсам, то он так же поднялся бы вверх, как и змей.

Управление аэропланом

Винт аэроплана сообщает ему поступательное движение, а крылья поддерживают в воздухе. Для того, чтобы управлять аэропланом, заставляя его

поворачиваться в ту или иную сторону или лететь выше, или ниже над землей, устраиваются особые приспособления, по своему действию совершенно подобные рулю пароходов. У пароходов имеется только один руль, так как здесь нужно изменять направление движения судна только вправо или влево; для аэроплана же необходимо, кроме того, изменять направление вверх или вниз для того, чтобы достигнуть полета более высоко над землей, или более низко, или заставить его опуститься.

Поэтому у аэропланов имеется два руля. Один из них представляет собой плоскую лопасть, поставленную вертикально, как и у руля пароходов, другой же состоит из подобной же лопасти, но только она расположена горизонтально.

Помощью рукояток, расположенных перед летчиком, он может сообщать любой наклон той или другой лопасти и, таким образом, изменять направление полета. Если, например, повернуть в какую-либо сторону горизонтальную лопасть, то встречный воздух начинает ударять о боковую ее поверхность, благодаря чему она начинает отклоняться в сторону, увлекая за собой и ту часть (заднюю или переднюю) аэроплана, к которой руль прикреплен. Благодаря этому весь аэроплан поворачивается и изменяется направление его движения.

Если нужно, чтобы аэроплан поднимался кверху или опускался вниз, то летчик поворачивает горизонтальную лопасть, носящую название руля

глубины. Если, например, руль глубины укреплен в передней части аэроплана и нужно, чтобы аэроплан поднимался вверх, то наклоняют эту лопасть так, чтобы передний ее край оказывался выше заднего, тогда встречные струи, ударяя о лопасть, наклонят переднюю его часть вверх и нос его окажется выше задней части, и полет получает направление вверх. Если желают опуститься, то лопасти придают такое положение, при котором встречные струи наклоняют аэроплан носовой частью вниз.

Кроме этих приспособлений, имеются еще и другие, цель которых сделать аэроплан более устойчивым и предупредить слишком большой наклон его в одну сторону. Это также рули, прикрепляющиеся к каждому из крыльев аэроплана, наклонном которых можно заставить то или другое крыло подняться выше другого и, таким образом, наклонить аппарат в ту или другую сторону.

Современная техника воздухоплавания.

Когда научились управлять аэропланами и достигли того, что полеты на них сделались безопасными, возник вопрос о том, чтобы строить аэропланы большой грузоподъемной силы. Препятствием на этом пути является то обстоятельство, что для увеличения грузоподъемности нужно увеличивать поверхность крыльев, поддерживающих

его в воздухе, а это влечет за собой необходимость делать их гораздо более прочными, а следовательно и тяжелыми. Здесь техники нашли несколько выходов. Прежде всего, вместо одной пары крыльев стали употреблять несколько и, таким образом, общая площадь опоры увеличилась. Кроме того, германская техника пошла по пути соединения аэростата и аэроплана. Германский изобретатель Цепеллин построил аэростат, имеющий вид сигары, для того, чтобы он легче рассекал воздух при своем движении вперед. К такому сигарообразному аэростату были присоединены еще крылья, винт и руль, как у обычного аэроплана. Это сделало аэростат управляемым, дало возможность двигаться на нем по произволу, а не по воле ветра. Такие управляемые аэростаты по имени изобретателя получили название цеппелинов. Они обладают громадной грузоподъемной силой, позволяющей им поднимать целую команду с достаточно большим количеством снарядов. Но наряду с преимуществами, эти аппараты обладают и большим недостатком. Благодаря своему большому об'ему, они с трудом могут держаться при значительном ветре, который их легко сносит. Кроме того, большой об'ем влечет за собой значительную силу трения, а потому эти аппараты не так подвижны, как аэропланы обычного типа.

Повидимому, техника будущего на стороне аэропланов, в которых используются исключи-

тельно силы давления воздуха на крылья. В настоящее время такие аэропланы начинают входить уже в обиход будничной жизни. На них совершаются правильные рейсы между крупными культурными центрами для доставки корреспонденции и перевозки пассажиров и багажа. Большим преимуществом аэропланов перед другими способами передвижения является несравненно большая скорость их движения. Путь, который проходит поезд в течение целых суток, аэроплан покрывает в течение четырех - шести часов. Несомненно, недалеко то время, когда аэроплан сделается всеобщим средством передвижения.

Воздушные течения и аэроплан

Для того, чтобы аэроплан держался в воздухе, необходимо, чтобы он двигался с определенной скоростью по отношению к нему. Как только этого нет, исчезает сила, поддерживающая его, и он беспомощно падает. Когда аэроплан получил достаточную скорость движения вперед, то он может держаться в воздухе без работы винта, так как, продолжая еще некоторое время двигаться вперед, он станет медленно и плавно опускаться и даже безопасно опустится на землю. Понятно, что это возможно лишь потому, что налицо имеется еще достаточно большая скорость поступательного движения.

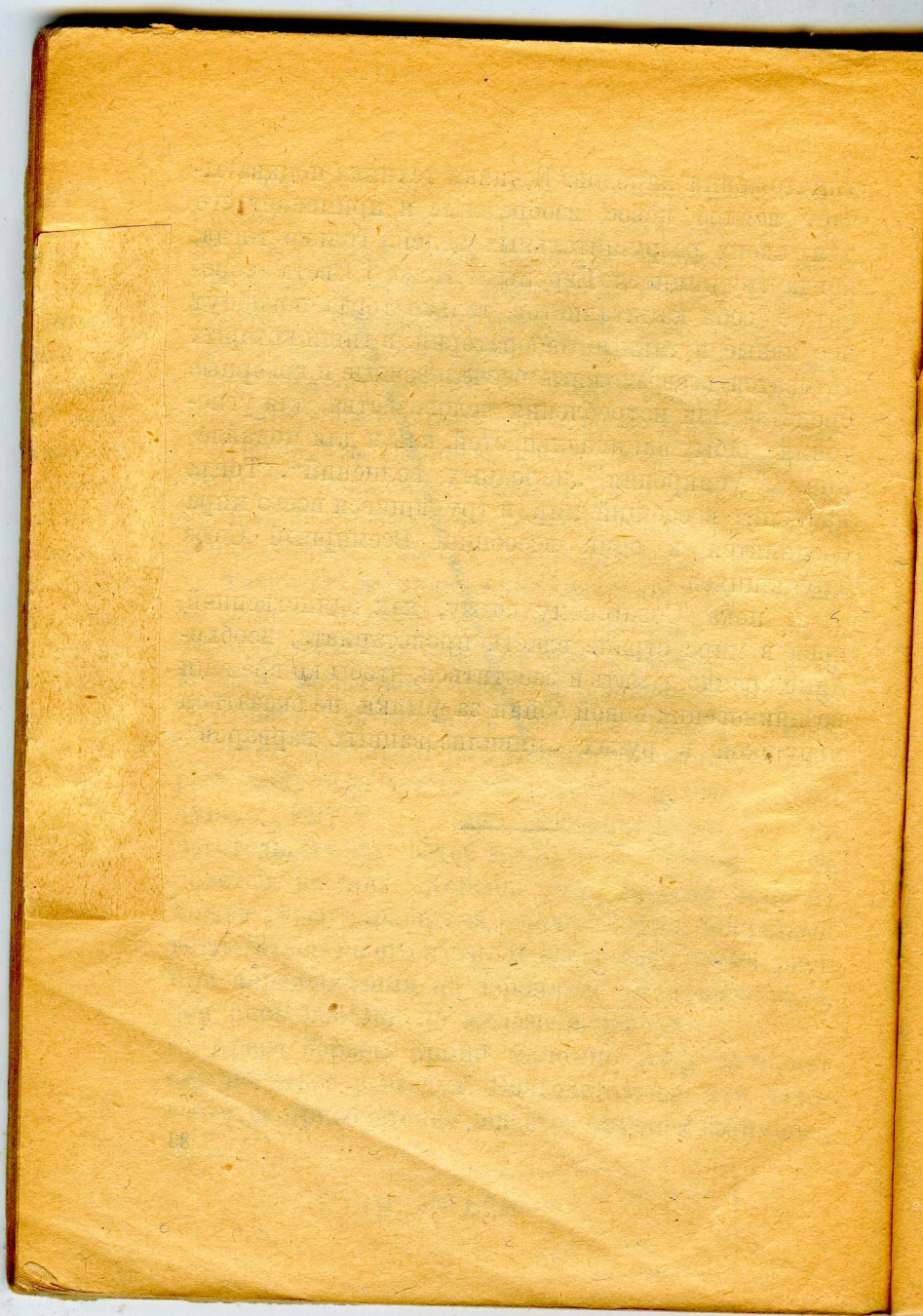
Иное получается, если аэроплан настигается порывом ветра, имеющим скорость движения такую же, как и сам аэроплан. В этом случае и аэроплан и воздух двигаются в одну и ту же сторону с одинаковой скоростью, а, следовательно, друг относительно друга оказываются в покое. Слой сжатого воздуха не может поддерживаться под крыльями аэроплана, и он начинает стремительно падать. Единственное спасение — увеличить скорость движения, чтобы начать опережать попутный ветер и, таким образом, снова достигнуть необходимого сжатия под крыльями прибора.

Точно так же опасны для аэропланов быстро нисходящие потоки воздуха. Попадая в такие области, аэроплан теряет опору и начинает падать. И здесь увеличение скорости движения является спасением для летчиков. Летчики хорошо знакомы с этими опасными воздушными течениями, которые получили у них даже особое название „воздушных ям“. С усовершенствованием конструкции летательных аппаратов все уменьшается опасность полетов на них. Хорошо управляемый аппарат может легко справиться с опасностями, могущими встретиться на его пути. В настоящее время риск при передвижении на аэроплане не многим более, чем риск поездки по железной дороге.

Арена борьбы армий мало-по-малу начинает переноситься в воздух. Благодетельное для человечества приобретение делается орудием взаимного

уничтожения народов. Военная техника подхватывает всякое новое изобретение и применяет его для своих разрушительных целей. Только тогда, когда трудящиеся Европы и Нового Света сбросят с себя капиталистов, только тогда погибнут все явные и тайные лаборатории, в тиши которых готовятся всевозможные словечные и коварные средства для истребления человечества, для угнетения слабых национальностей, как и для подавления и умирения „народных волнений“. Тогда наступит всеобщий мир, и трудящиеся всего мира соединятся в один всеобщий Всемирный Союз Трудящихся.

А для Советскому союзу, как единственной пока стране власти пролетариата, необходимо думать и заботиться, чтобы ко времени возникновения новой бойни за рынки не оказаться игрой в руках „цивилизованных варваров“.



ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
Предисловие	3
Чтобы пользоваться атмосферой нужно ее изучить . . .	6
Газы имеют вес	6
Водяной насос	7
Давление атмосферы	10
Как можно взвесить воздух	11
Первые полеты	17
Теплый воздух легче холодного	19
Как далеко простирается атмосфера земли	21
Отчего происходят ветры?	24
Чем выше над землей, тем воздух холоднее. Почему? .	26
Влияние водяных паров на воздушные течения	30
Влияние ветров на атмосферные осадки	32
Циклоны	36
Барометры	40
Чем поддерживается круговорот циклона	41
Поступательное движение циклонов	43
Антициклоны	48
Предсказание погоды	51
Свойство и действие боевых ядовитых средств	52

	стр.
Влияние движения ветра на концентрацию газа	55
Способы измерения скорости ветра	56
Влияние характера местности на движение ветра	58
Выбор времени для атаки	61
Когда атаки нельзя производить	62
Снаряды, начиненные газами	65
Влияние дождя	65
Удушливые газы и аэроплан	67
Первые летательные аппараты более тяжелые, чем воздух	67
Крыло птицы	68
Воздушный змей	70
На чем основано устройство аэроплана	74
Роль винта	76
Управление аэропланом	77
Современная техника воздухоплавания	79
Воздушные течения и аэроплан	81



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО УКРАИНЫ

ХАРЬКОВ, ПЛОЩАДЬ ТЕВЕЛЕВА, 4. Тел. 8-35, 16-38

БИБЛИОТЕКА
„ХИМИЯ И ВОЙНА“

Под редак. проф. Хотинского
(на украинском и русском языках)

Мировой капитал, несмотря на уроки империалистической войны 1914 — 18 г.г., продолжает вооружаться, неся миру новые потрясения. Лучшие буржуазные представители науки мобилизованы мировыми банкирами и их приверженцами для изыскания новых усовершенствованных способов массового истребления человечества. В центре наук, которым суждено будет в будущих войнах сыграть разрушительную и решающую роль, стала химия. Наша Советская Республика перед лицом всеобщего вооружения, не преследуя никаких завоевательных целей, тем не менее не может оставаться безучастным зрителем. „На газ ответим газом“, — вот лозунг, который встает перед каждым трудящимся Советских Республик. Выпускаемая библиотека в совершенно доступной для самого неподготовленного читателя форме излагает как формы возможной химической войны будущего, так и способы применения и приспособления химических веществ к условиям мирной обстановки.

ОТПЕЧАТАНЫ И ПРОДАЮТСЯ:

Хотинский. Сущность химических явлений.
Асси и Молдавский. Фосфор на войне и в земледелии.
Беркман. О мирной работе и боевых подвигах одного
удушливого газа (химия хлора).
Андриасов. Взрывчатые вещества.
Желеховский. Газовая война и атмосфера.
Козакевич. Металл в орудиях войны и мира.
Нагорный. Действия отравляющих газов на организм
человека.
Тимофеев. Газовая война.
„ Воздух — союзник меча и плуга.

ЦЕНТРАЛЬНА НАУКОВА
БІБЛІОТЕКА

