

Боголюбова Е.В.
**История развития
теоретической метеорологии
от Аристотеля до Вильгельма
Бьеркнеса**

В статье приведены биографии великих ученых-физиков и метеорологов, которые внесли значительный вклад в создание и развитие теоретической метеорологии с позиции физической науки. Показано, как личности от Аристотеля до В.Бьеркнеса формировали современное лицо этой метеорологической науки. Начало, связанное с Аристотелем, было обусловлено тем, что Аристотеля можно считать основателем теоретической физической науки. Им впервые была написана книга об атмосферных явлениях под названием «Метеорология». В Академии Платона, где Аристотель провел некоторое время, ценилось умение логически мыслить и было развито искусство диалога. В статье приведены основополагающие концепции работ Леонардо да Винчи, Галилео Галилея, Эванджелиста Торичелли, Блеза Паскаля, Роберта Бойля, Михаила Ломоносова, Даниила Бернулли, Леонарда Эйлера, Жозефа Луи Лагранжа, Пьера Симона Лапласа, Гюстава Гаспара Кориолиса, Джорджа Стокса, М. Навье, У. Ферреля, Б.П.Э. Клайперона, Ф. Экснера и других ученых, которые рассматривали отдельные стороны теоретической метеорологии, но тем не менее развивали ее.

Ключевые слова: история развития науки, теоретическая метеорология, природа, атмосфера, гидростатика, атмосферное давление, аналитическая механика, уравнение движения.

Bogolyubov E.V.
**The History of the development
of the theoretikal meteorology
from Aristotle to Vilgelm
Bjerknes**

The article presents the biographies of great physicists and meteorologists who have made significant contributions to the creation and development of theoretical meteorology from positions of physical science. It is shown as a person from Aristotle to V.Bjerknes shaped the modern face of meteorological science. Getting associated with Aristotle, it was due to the fact that Aristotle can be considered the founder of theoretical physics. His first book was written about the atmospheric phenomenon called «Meteorology». In Plato's Academy, where Aristotle spent some time valued the ability to think logically, and was developed by the art of dialogue. The article presents the basic concepts of the works of Leonardo da Vinci, Galileo, Evangelista Torricelli, Blaise Pascal, Robert Boyle, Mikhail Lomonosov, Daniel Bernoulli, Leonhard Euler, Joseph Louis Lagrange, Pierre Simon Laplace, Gustave Gaspard Coriolis, George Stokes, M. Navier, William Ferrel, B.P.E. Clapeyron, F. Exner and other scientists who examined certain aspects of the theoretical meteorology, but nevertheless developed it.

Key words: history of science, theoretical meteorology, nature, the atmosphere, hydrostatic pressure, analytical mechanics, the equation of motion.

Боголюбова Е.В.
**Аристотельден Вильгельм
Бьеркнеске дейінгі теориялық
метеорологияның даму тарихы**

Мақалада теориялық метеорологияның физикалық ғылым көзқарасынан құрылуы мен дамуында айтарлықтай үлес қосқан ұлы физиктер мен метеоролог ғалымдарының өмірбаяны келтірілген. Аристотельден В. Бьеркнеске дейінгі ғалымдар метеорологиялық ғылымның қазіргі тұлғаларын қалыптастырғаны көрсетілген. Аристотельді теориялық және физикалық ғылымның негізін қалаушы деп санауға болады. Ол ағаш рет «Метеорология» деп аталатын атмосфералық құбылыстар туралы кітапты жазып шығарды. Аристотель азғантай уақыт өткізген Платон Академиясында логикалық ойлау дағдысы бағаланды және сөйлесу өнері дамыды. Мақалада теориялық метеорологияның жеке жақтарын қарастырған, бірақ оларды аз да болса дамытқан Леонардо да Винчи, Галилео Галилей, Эванджелист Торичелли, Блез Паскаль, Роберт Бойль, Михаил Ломоносов, Даниил Бернулли, Леонард Эйлер, Жозеф Луи Лагранж, Пьер Симон Лаплас, Гюстав Гаспар Кориолис, Джордж Стокс, М. Навье, У. Феррель, Б.П.Э. Клайперон, Ф. Экснер және тағы басқа ғалымдардың жұмыстарының негізін қалаушы концепциялары келтірілген.

Түйін сөздер: ғылымның даму тарихы, теориялық метеорология, табиғат, атмосфера, гидростатика, атмосфералық қысым, аналитикалық механика, қозғалыс теңдеуі.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ ОТ АРИСТОТЕЛЯ ДО ВИЛЬГЕЛЬМА БЬЕРКНЕСА

Введение

Теоретическая метеорология или, как её называют метеорологи, динамическая метеорология – это наука, изучающая теоретическими методами атмосферные движения, причём не сами по себе, а в тесной связи и взаимодействии с термодинамическими процессами в атмосфере. Несмотря на то, что это физическая наука, она не была удовлетворительно разработана никем из физиков. Великие физики рассматривали только отдельные стороны этой науки, но тем не менее развивали её.

Основная часть

Начало истории развития динамической метеорологии как физической науки можно отнести к IV веку до нашей эры, ко времени жизни Аристотеля, крупнейшего мыслителя древнего мира. Аристотеля можно считать основателем теоретической науки [1, 2]. Им был составлен систематический свод научных знаний о природе своего времени. Родился Аристотель в Стагире во Фракии в семье придворного врача царя Македонии Аминта II в 384 г. до нашей эры. Восемнадцатилетним он прибыл в Афины в академию Платона. По преданию, над входом в Академию была надпись: «Пусть не входит никто, не знающий математики». Около двух лет Аристотель пробыл в Академии до встречи с ее основателем и около двадцати лет вместе с Платоном до самой смерти своего учителя. После смерти Платона по приглашению царя Македонии Филиппа прибыл в столицу Пелле, чтобы стать учителем и воспитателем Александра Македонского. В 335 году до н.э. Аристотель вернулся в Афины, где основал свой Лицей. Умер Аристотель в 322 г., пережив Александра Македонского на 1 год, в г. Халкиде, на острове Эвбее, куда он был изгнан после смерти своего ученика – знаменитого полководца древности.

С ранних лет Аристотель интересовался природой, признавал существование материального мира и его познаваемость и верил в существование богов. Он искал высшую цель Природы и был крестным отцом физической науки. Аристотелем впервые была написана книга об атмосферных явлениях под наз-

ванием «Метеорология», состоящая из четырех книг. Первая книга повествовала о явлениях, происходящих, по мнению автора, в верхних слоях атмосферы – о кометах, падающих звездах, гидрометеорах. Верхние слои, как полагал Аристотель, являлись сухими и горячими. Вторая книга была посвящена морю, ветрам, землетрясениям, молнии и грому. Третья описывала бури, вихри, световые явления, что прямо указывает на то, что древние греки были знакомы с метеорологическими явлениями. Четвертая книга называлась «Теория четырех стихий». Именно ему принадлежала идея о круговороте воды в природе. О связи ветра с погодой Аристотель писал, что «Апарткий, Траский и Аргест (северный, северо-северо-западный, западо-северо-западный), рассеивая плотные облака, приносят ясную погоду, когда они не слишком плотны. Их действие иное, если они не столь сильны, сколь холодны, ибо они вызывают сгущение паров раньше, чем они рассеют другие облака. Аргест и Эвр (востоко-юго-восточные) – сухие ветры, последний сух лишь в начале и влажен в конце. Мез (северо-северо-восточный) и более всех Апарткий приносят снег, ибо они самые холодные. Апарткий приносит град, так же, как Траский и Аргест, Нот (южный), Зефир (западный) и Эвр горячи. Кайкий (востоко-северо-восточный) покрывает небо мощными облаками, при Липсе (западо-юго-западном) облака не так мощны». Идея о ветрах, как о правителях погоды, была отражена в «Башне ветров», построенной в Афинах во втором веке до н.э. Андронником Киррестом. На башне железный флюгер с жезлом указывал на то направление, откуда дует ветер, а на скульптурной фризе восьмиугольной башни были изображены ветры в виде мифологических фигур с атрибутами, характеризующими присущую этим ветрам погоду.

Почему мы начали с Аристотеля? Дело в том, что в Академии Платона было развито искусство диалога, ценилось умение логически мыслить. Там был чрезвычайно высок интерес к строгим математическим доказательствам. Теоретические положения Аристотеля были приняты за истину в течение целого ряда столетий. В средневековых университетах естествознание излагалось по Аристотелю. Его даже называли предтечей Христа в истолковании Природы. Последователей Аристотеля называли перипатетиками от греческого слова «перипатос» – место для прогулок около Лицея. Аристотель путем рассуждений приходил к тому или иному выводу. Он ставил задачу, то есть делал предположе-

ния, усматривал в них логические противоречия и делал выводы из умозаключений. Метод эксперимента большей частью был Аристотелем отброшен в сторону.

В эпоху рабовладельческого строя высшими научными кругами, философами, искусством экспериментатора не пользовалось особым уважением. Они ценили тонкую игру мысли.

Аристотель предполагал, что 4 основные противоположности – сухость, влажность, тепло и холод – дают начало четырем основным элементам: холодная и сухая Земля, холодная и влажная вода, теплый и влажный воздух и теплый сухой огонь. Эти элементы переходят друг в друга, изменяя свои первичные качества путем перехода из одного агрегатного состояния в другое. Себя Аристотель считал прежде всего философом.

В 212 г. до нашей эры при взятии города Сиракузы римским солдатом был убит Архимед, выдающийся древнегреческий ученый, физик и математик [1, 2]. Он также внес значительный вклад в теоретическое естествознание. Он заложил основы гидростатики, занимался равновесием плавающих тел. Свой знаменитый закон он изложил в трактате «О плавающих телах». Но Архимед был не только теоретиком, но и одним из крупнейших инженеров своего времени, конструктором машин и технических аппаратов. Родился Архимед в 287 г. до н.э. на острове Сицилия в Сиракузах. Отец Архимеда – астроном Фидий – был приближенным правителя Сиракуз Гиерона и дал сыну хорошее образование. Приобретенные у отца знания Архимед расширил в Александрии, где он подружился с философом и геометром Эвклидом, астрономом Кононом, географом и директором знаменитой Александрийской библиотеки Эратосфеном. С его именем было связано создание целого ряда легенд. По одной из них Архимед совершил открытие своего закона, когда вошел в ванну и увидел, как выливается вытесненная его телом вода. Он выскочил из ванной и нагим побежал по улице с криком: «Эврика!». Ему также приписывают фразу: «Дайте мне точку опоры и я переверну земной шар». Архимеда называли «Великаном из Сиракуз». Именно он помог Эратосфену измерить угол наклона эклиптики и радиус Земли.

А кто первый объяснил радугу? – Поляк Эразм Витело, первый ученый, родившийся на польской земле между 1220 и 1230 годами около Вроцлава [2]. Он был сыном польки и выходца из Германии, поселившегося в Польше во времена Болеслава Стыдливого. Учился Витело в

иностранных университетах и занимался большей частью математикой. Во время пребывания в Риме он написал 2 книги, одна из которых – трактат по оптике в десяти книгах, где пришел к выводу, что радуга образуется от преломления лучей в отдельных каплях [2].

Оптикой также занимался выдающийся представитель науки и искусства эпохи Возрождения Леонардо да Винчи [2]. Он родился 15 апреля 1452 года в небольшом городке Винчи. В 1469 г. отец Леонардо переселился во Флоренцию, где юноша изучал живопись, скульптуру, черчение, анатомию, астрономию, физиологию, физику, ботанику, геологию, математику и механику, которую называл «раем» математических наук. В механике он был поклонником экспериментальных исследований и пытался определить сопротивление разных материалов, выяснить особенности падения тел и вычислить траектории полета снарядов. Среди сохранившихся эскизов Леонардо были обнаружены рисунки вертолета и парашютов.

Леонардо стремился экспериментальным путем определить силу света и ее зависимость от расстояния до источника света. Он был близок к пониманию волновой природы света и заметил общее между распространением волн по воде и звуковыми, световыми волнами. Его работы в области гидротехнических сооружений привели к описанию законов поведения жидкости в сообщающихся сосудах. Он также был близок к открытию закона, который сейчас называется законом Паскаля. Леонардо интересовался также историей Земли [1, 2].

15 февраля 1564г. в семье небогатого дворянина из Пизы (по другой версии в семье купца) в местечке Арчетри близ Флоренции родился Галилео Галилей [2]. Отец хотел, чтобы он стал врачом, и отправил его в Пизу. Галилей учился там в университете на медицинском и философском факультетах. Там он впервые познакомился с трудами греческих ученых. В 25 лет он был уже профессором математики в Пизе. После трех лет пребывания в Пизе он переселился в Падую. Галилей занимался исследованиями давления воздуха и определением его величины. Больше всего он интересовался исследованиями Архимеда, касающимися теории плавания тел и определения удельного веса. Он изучал законы падения тел и определил, что сброшенные с наклонной башни шары, чугунный и деревянный, одинакового размера, упали почти одновременно. Различие он объяснил скоростью сопротивления воздуха. Занимался он также изготовлением тер-

москопов, применяя в качестве расширяющихся жидкостей воду и спирт. В 1609 году Галилей построил подзорную трубу и наблюдал Луну и планеты. Он открыл 4 спутника Юпитера, пятна на Солнце и кольца Сатурна. Эти наблюдения заставили его принять теорию Коперника о строении вселенной. Инквизиция преследовала его. И ему пришлось отречься от учения Коперника и принести публичное покаяние в церкви. За те же взгляды Иоганн Кеплер был изгнан из обсерватории Тихо Браге в Праге в 1612 году, откуда он переселился в город Линц. Галилей своим формальным отречением от ереси спас от инквизиции для науки свое великое произведение «Беседы о двух новых науках» [1]. Систему Коперника он обсуждал как одну из научных гипотез. Ученики Галилея Торичелли и Вивани, которым принадлежит честь открытия атмосферного давления, стояли у гроба Галилея, символизируя несокрушимую силу науки. В 1637 году Галилей ослеп и умер 8 января 1642 года. Галилей в истории науки считается отцом экспериментальной физики. Верным он считал только то, что может быть доказано опытом.

Эванджелист Торичелли – ученик великого Галилея – также был поклонником опыта. Родился Торичелли в 1608 году и в двадцатилетнем возрасте начал обучение в Риме у ученика Галилея – Кастелли. Умер он в 1647 году, пережив Галилея всего на 5 лет [1, 2].

Торичелли впервые указал на существование атмосферного давления и доказал, что может существовать «торичеллева пустота». Исходя из того, что мы живём на дне воздушного океана, оказывающего на нас давление, он предложил Вивани измерить это давление с помощью запаянной с одной стороны трубки, заполненной ртутью. При опрокидывании трубки в сосуд с ртутью ртуть выливалась не полностью, а останавливалась на некоторой высоте так, что в трубке образовывалось пустое пространство. Торичелли сделал два предположения: во-первых пространство над ртутью пустое, во-вторых, ртуть не выливается полностью потому, что этому препятствует воздух, давящий на поверхность ртути в чашке. Торичелли определил высоту ртути и доказал, что эта высота составляет 1/14 высоты водяного столба. Причем высота столба ртути не оставалась постоянной, а колебалась изо дня в день в зависимости от изменения давления. Так в 1664 году был сконструирован первый ртутный барометр – прибор для измерения атмосферного давления. Эванджелист Торичелли впервые опубликовал свою работу по гид-

родинамике, которую можно считать началом теоретической метеорологии.

Знаменитый французский физик, математик и философ Блез Паскаль (1623-1662 гг.) в 1647 году теоретически и экспериментально подтвердил предположение Торичелли о том, что давление воздуха на вершинах гор меньше, чем у их подножия [1, 2]. Предположение он проверил. Это открытие имело огромное значение для метеорологии. Родился Паскаль 19 июня 1623 г. в городе Клермон – Ферране. Паскаль уже в детстве отличался необыкновенными способностями. Его отец был математиком и, чтобы облегчить сыну учение, он переехал в Париж. Будучи еще двенадцатилетним мальчиком Паскаль стал автором многих теорем евклидовой геометрии. В 16 лет он изобрел «суммирующую машину» – предтечу арифмометра – для выполнения четырех действий арифметики, написал ряд работ по теории чисел и алгебре, нашел способ вычисления биномиальных коэффициентов.

Он открыл закон, о том, что давление на поверхности жидкости передается равномерно внутри жидкости во всех направлениях. В своих философских мыслях Паскаль писал: «Все наше достоинство заключено в мысли. Не пространство и не время, которых мы не можем заполнить, возвышают нас, а именно она, наша мысль. Будем же учиться хорошо мыслить: вот основной принцип морали.»

Работами Торичелли и Паскаля живо интересовался один из основателей Лондонского Королевского общества Роберт Бойль (1627-1691 гг.). Он был химиком и физиком, кроме того состоятельным человеком, и мог посвятить себя науке, не думая о заработках [1, 2, 5]. Бойль исследовал упругость воздуха. Взяв U-образную трубку, запаянный конец которой был короче открытого, он установил, что ртутный столб уравнивает избыточную упругость сжатого воздуха. Бойль проверил, что произойдет с воздухом, замкнутым над ртутью, если его постоянно сжимать. Когда заметил, что его объем постоянно уменьшается, он произвел более точные измерения объема воздуха и давления, вызывающего его изменения. А его ученик Тоунли подметил обратную пропорциональность между избыточной высотой ртутного столба и объемом воздуха в закрытом колене. Свои выводы Роберт Бойль опубликовал в работе «Защита докторины, относящейся к упругости и весу воздуха» в 1662 году. Когда речь идет о газовых законах, наряду с Бойлем упоминают фамилию французского аббата Мариотта. Независимо от Бой-

ля в своем сочинении «Опыт о природе воздуха» он описал аналогичные опыты, которые привели его к такому же выводу. Закон Бойля-Мариотта говорит о том, что при постоянной температуре объем данной массы газа обратно пропорционален давлению. С таким же успехом его можно назвать законом Бойля – Тоунли.

Вопросами атмосферного электричества активно занимался выдающийся американский политический деятель, журналист и ученый Бенджамин Франклин [1, 2]. Он родился 17 января 1706 года в семье бедного ремесленника, плавильщика свечей и мыла. Франклин разработал общую теорию электрических явлений и ввел общепринятое в настоящее время обозначение противоположенных электрических состояний заряженных тел с помощью знаков «+» и «-». Свои взгляды об электрическом характере молнии в 1750 году он представил Лондонскому Королевскому обществу. Английские ученые сочли это сообщение несерьезным и не опубликовали его. Не ограничиваясь доказательством существования атмосферного электричества, Франклин предложил эффективное средство защиты от грозового разряда с помощью проводника, который заряды атмосферного электричества сводил бы в землю. Б. Франклина считают автором идеи громоотвода, хотя первым сконструировал громоотвод Жан Далибар в 1752 г.

На 200 лет опережали своё время научные взгляды М.В. Ломоносова [1]. Современниками его они были непонятны. Сын крестьянина-помора северной окраины России он ходил с отцом за рыбой на судах в Северный Ледовитый океан. Рано научился грамоте, а в 14 лет самоучкой изучил арифметику и грамматику. В 1730 г. пешком ушел в Москву учиться. В 1731 г. поступил в Славяно-греко-латинскую академию, по окончании которой был отправлен сначала в Петербургский университет, а потом – в Марбургский университет в Германию. Во Фрайбурге он изучал химию и горное дело. Он писал учебники, поэмы, создавал школы, строил стекольные заводы, кожевенные предприятия, шахты и плавильные печи. Ломоносов был первым русским профессором химии, работавшим во многих областях естествознания. Как теоретик он абсолютно верно сформулировал в 1748 году закон сохранения вещества и движения, на основе которого базируются уравнения гидротермодинамики атмосферы.

Ломоносов оставил для потомков ряд работ по кинетической теории газов, теории теплоты

и физике атмосферы. Совместно с академиком Г. Рихманом он проводил опыты по атмосферному электричеству. По его инициативе и проекту был открыт Московский университет [1, 2].

Знаменитому английскому ученому XVIII века Генри Кавендишу принадлежит открытие состава воздуха и воды, выделения водорода и углекислого газа, а также определения средней плотности Земли [2]. Был он человеком весьма обеспеченным, унаследовал после смерти отца немалое состояние, но деньги его мало интересовали. Жил он очень скромно и деньги тратил на научные книги и пособия, на аппаратуру и химические препараты. Он также одним из первых занялся исследованиями действия электричества на воздух. В результате этой работы он открыл образование окиси азота при воздействии на воздух электрической искры. Спустя двести лет по такому же принципу начали производство азотной кислоты. При жизни он не публиковал свои открытия. Этим занялись английские учёные лишь через много лет после его смерти.

В Петербургской Академии наук в XVIII веке работали крупные учёные-теоретики и экспериментаторы. Среди них были Даниил Бернулли и Леонард Эйлер [1]. В это же время в физику проникают методы дифференциального и интегрального исчисления. Автором ряда открытий в этой области математики был Иоганн Бернулли, отец Даниила. Вместе с братом Якобом он был основоположником вариационного исчисления. Когда мы говорим «лемниската Бернулли», «число Бернулли», «полиномы Бернулли», «теорема Бернулли», то мы имеем в виду Иоганна Бернулли. Он был учеником немецкого математика Лейбница, фламандцем, живущим в Швейцарии, профессором Гронингенского университета (Голландия), а также почетным членом Петербургской Академии Наук, в изданиях которой опубликовал 9 работ. Именно он является создателем первого систематического изложения дифференциального и интегрального исчисления. Как физик он дал четкое определение работы и исследовал движение тел в сопротивляющейся среде. Когда мы упоминаем уравнение Бернулли или вывод закона Бойля-Мариотта на основе кинетической теории газа, то здесь речь идет о Данииле Бернулли. Именно Даниил Бернулли был автором знаменитого труда «Гидродинамика», вышедшего в свет в 1738 году, и сыном Иоганна Бернулли. Он разработал кинетическую теорию газов и сформировал уравнение Бернулли для протекающей жидкости. Интересовался Д.Бер-

нулли вопросами теплоты, в частности он уделял внимание вопросу зависимости плотности воздуха от температуры.

В превращении «Механики» в «Аналитическую механику» важнейшую роль сыграли петербургский академик Леонард Эйлер и парижский академик Жозеф Луи Лагранж [1, 3]. И Эйлер, и Лагранж в разное время работали в Берлинской Академии наук, куда Лагранж был избран в 1759 году по представлению Эйлера, а с 1766 по 1787 гг. заменял его на посту президента физико-математического класса Берлинской Академии. Эйлер был академиком Берлинской и Парижской Академий наук и членом Лондонского Королевского общества. Родился Эйлер 4(15) апреля 1707 г. в Базеле в Швейцарии. Его отец был сельским пастором. В молодости он успешно изучал математику под руководством Якоба Бернулли, старшего брата Иоганна. Первые уроки Леонард получил от отца. Последние классы гимназии он проходил в Базеле и одновременно посещал лекции в университете, где преподавал И.Бернулли. В 1723 г. Леонард получил степень магистра искусств. В университете он изучал также богословие и медицину. В рамках занятий физиологией Эйлер занимался гидродинамическими проблемами кровообращения. Эйлер выдвинул предположение о том, что действия сил одинаковы, если силы пропорциональны массам. В своей «Механике» он записал уравнение динамики для прямолинейного движения в виде:

$$dv = \frac{npdt}{A}, \quad (1)$$

где dv – дифференциал скорости, dt – времени, n – коэффициент пропорциональности, p – сила, A – масса.

В «Теории движения твёрдых тел» Эйлер записывает уравнения движения, разлагая движения на 3 прямолинейные составляющие по осям x , y , и z :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{\lambda p}{A}, \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{\lambda q}{A}, \frac{d^2z}{dt^2} = \frac{\lambda r}{A}, \quad (2)$$

где p , q , r – компоненты действующей силы по осям координат, A – масса, λ – коэффициент пропорциональности, определяемый выбором единиц [1,4].

В 1755 году Эйлер вывел уравнение движения невязкой несжимаемой жидкости в координатах

натах Эйлера. Он придал основным понятиям ньютоновской механики ясный вид и выдвинул на первое место второй закон Ньютона, сделав его стержнем всей механики и придав ему аналитическую форму. Уравнение неразрывности, которое используется в теоретической метеорологии, – это уравнение, предложенное Эйлером. Написанные им уравнения до сего времени используются в современных курсах и учебниках механики и гидродинамики [5]. Иногда приходится слышать от современных студентов, что сейчас трудно учиться. Но на самом деле не очень многие из них знают, что представляет собой настоящий научный труд. Леонард Эйлер оставил в наследство 850 научных работ. Он ослеп задолго до смерти, наизусть диктовал свои теории родным, причем диктовал сложнейшие математические выкладки. Слепым взялся за составление таблиц для вычислений, но когда ему дали работу на 3 месяца, он сделал ее за 3 дня. В каких трудных условиях ему приходилось работать? Когда он вернулся из России в Пруссию, дочь императора встретила его ласково, но на вопрос «Как поживаете?» он промолчал, а когда его спросили «Что с вами, господин Эйлер?» он ответил: «Я приехал от Анны Иоанновны. Там, если скажешь слово, повесят!» А Урбен Жан Жозеф Леверье был настолько больным, что во время приступов рака он выбегал во двор Парижской обсерватории и стонал и корчился от боли. Но как только боль утихала, он опять брался за свои расчеты и кончиком пера нашел новую планету. Сегодня в Санкт-Петербурге имеется Математический институт имени Л.Эйлера.

В 1769 году Ж.Л. Лагранж записал те же уравнения, только в координатах Лагранжа [1, 3]. Он построил законченную систему аналитической механики, как теоретической науки. «Аналитическая механика» Лагранжа состоит из двух разделов: статики и динамики. Статику он определяет как науку о равновесии сил, а динамику – как науку об ускоряющих и замедляющих силах и переменных движениях, которые она должна вызвать. Он аналитически вывел формулу, выражающую закон сохранения энергии и получил дифференциальные уравнения движения. Лагранж создал мощный метод теоретической физики, позволяющий решать большой круг задач, в том числе и в теоретической метеорологии. Лагранж утверждал, что если отделить ту часть сил, которая не направлена на движение, то эти силы удовлетворяют условию равновесия. Исходя из этого он получил из основного урав-

нения статики основное уравнение для динамики. Лагранж не только разработал аналитические методы классической механики, но и явился первым историком механики. Родился Лагранж в январе 1736 г. в Турине, в 19 лет стал профессором артиллерийской школы там же. Накануне Великой французской революции в 1788 г. он переехал в Париж, где был председателем Комиссии по установлению метрической системы мер, вел активную педагогическую работу в Политехнической школе, которая была ведущим научным центром математических наук. В годы империи Наполеона Лагранж становится графом, сенатором, кавалером ордена Почетного Легиона. Умер Лагранж 10 апреля 1813 года. Маркиз Пьер Симон Лаплас [1, 2, 3] участвовал в реорганизации системы высшего образования после Великой французской революции – в создании Нормальной и Политехнической школ. Родился он 23 марта 1749 г. в местечке Бомон в Нормандии в семье крестьянина, учился в школе монашеского ордена бенедиктинцев, в 1770 г. с рекомендательным письмом к Даламберу он прибыл в Париж. При помощи Даламбера Лаплас устроился преподавателем военной школы, а затем экзаменатором в королевском корпусе артиллеристов, где учился молодой Бонапарт. В 1790 г. Лаплас был избран председателем Палаты мер и весов, где работали Лагранж и Лавуазье, а в 1795 г., – руководителем Бюро Долгот, которое занималось измерением длины Земного меридиана.

Пьер Симон Лаплас в 1779-1784 годах совместно с Лавуазье занимался теорией плавления тел, а в 1788 г. он опубликовал труд по динамической теории приливов, хотя окончательно задача была решена в 1799 г. В 1809-1816 годах Лаплас вывел формулу скорости распространения звука и барометрическую формулу определения плотности воздуха в зависимости от высоты над уровнем моря. Его деятельность привела к значительному развитию экспериментальной науки. Результаты деятельности Лапласа были подытожены в его «Аналитической теории вероятностей», а для широкой публики – в книге «Опыт философии теории вероятностей». Он считал, что вероятностные рассуждения нужны только там, где часть информации неизвестна. Наполеон присвоил ему титул графа, а в период реставрации Лаплас получил от Бурбонов титул маркиза и звание пэра Франции. По мнению современных ученых, Лаплас был первым, кто обратил внимание на возможность существования «черных дыр».

Соратник Ломоносова Г.В. Рихман написал и логически обосновал совершенно правильную калориметрическую формулу и заложил основы калориметрии, хотя сам еще не подошел к понятию количества тепла [1]. Дело Рихмана продолжили шведский академик Иоганн Вильке (1732-1799 гг.) и шотландский химик Джозеф Блэк (1728-1799 гг.) Вильке, исследуя в 1772 г. теплоту смеси воды и снега, обнаружил, что часть теплоты исчезает и отсюда он пришел к понятию скрытой теплоты таяния снега, т.е., к понятию теплоемкости. К такому же выводу пришел и Блэк. Однако он первым четко разграничил понятия количества тепла и температуры и первым ввел термин теплоемкость. Он обратил внимание на тот факт, что термометр остается при одной и той же температуре до тех пор, пока весь лед не растает. Отсюда Блэк пришел к понятию скрытой теплоты плавления и позже – к понятию скрытой теплоты испарения.

В 1822 году М. Навье [1, 5] вывел уравнения движения для вязкой несжимаемой жидкости. Его система уравнений включала в себя 3 уравнения с 10 неизвестными и являлась незамкнутой. Но она была определена.

В 1829 году французский физик и инженер Гюстав Гаспар Кориолис [1, 5] доказал, что при сложном движении точки (вращательном) возникает дополнительное ускорение, которое вызывается силой инерции, обусловленной влиянием вращения движущейся системы на относительное движение точки. Его работы сыграли большую роль в создании теории динамики машин, он независимо от Ж. Понселе в 1826 г. ввел понятие «работа». Существенный вклад в развитие термодинамики атмосферы внес С. Пуассон. В 1823 году он предложил уравнение адиабаты, а в 1836 году он установил отклоняющее влияние силы Кориолиса на движение в атмосфере. Однако незначительная величина ее дала повод долгое время считать ускорение Кориолиса второстепенным фактором. Сначала метеорологи не обратили внимания на выводы Кориолиса и Пуассона, но в 1856 году У. Феррель вторично открыл наличие отклоняющей силы вращения Земли. К слову сказать, Кориолис был настолько беден, что, просыпаясь утром, каждый раз думал: «Как бы прожить хотя бы один день?».

В начале XIX века среди метеорологов усиленно распространяется убеждение в том, что все атмосферные явления могут быть описаны с помощью системы математических уравнений. Эта мысль высказывалась французским мате-

матиком Жан Батистом Фурье (1768-1830 гг.) и подробно изучалась немецким физиком, физиологом, философом, а по образованию врачом, Германом Людвигом Фердинандом Гельмгольцем [2]. В знаменитой работе «О сохранении силы» в 1847 г. Гельмгольц впервые дал математическую трактовку закона сохранения энергии и указал на общность его характера. Он создал теорию вихревого движения идеальных жидкостей, а в последние годы серьезно занимался вопросами термодинамики. Он построил первую теоретическую модель стационарной зональной циркуляции, доказав при этом существование поверхностей разрыва между воздушными массами различного происхождения. Понятие вихря именно у него заимствовал Л.Марки и ввел его в динамическую метеорологию. Работа Фурье «Аналитическая теория тепла» содержала математическую теорию теплопроводности, которая позволила ему вывести дифференциальное уравнение теплопроводности. Он разработал методы его интегрирования при заданных краевых условиях для некоторых частных случаев [4].

Английский физик и математик, член Лондонского Королевского общества, профессор Кембриджского университета Джордж Г. Стокс в 1845 г. разработал теорию вязких жидкостей [1]. Он высказал гипотезу о связи между силами вязких напряжений и производными от скоростей деформации объема и разработал математическую теорию движения вязкой жидкости. Стокс определил систему уравнений, где представил вязкие напряжения с помощью закона «двух третей», которыми и по сей день пользуются метеорологи. Она носит название системы уравнений гидротермодинамики Навье – Стокса.

В 1858-1860 гг. американский ученый У. Феррель [2] осуществил попытку построения математической теории общей циркуляции и изложил конвективную теорию циклонов. Именно эти работы Ферреля ознаменовали возникновение новой области метеорологической науки – динамической метеорологии. В 1887 г. он опубликовал труд «Новейшие успехи метеорологии». А сочинение французского ученого и военного инженера Сади Карно, старшего сына знаменитого «организатора победы» французской революции Лазаря Карно, «Размышления о движущей силе огня» (1924 г.) явилось началом термодинамики. Карно ввел в эту науку метод циклов. В современных учебниках цикл Карно сопровождается диаграммой процесса и расчетами для идеального газа, которые были даны в 1834 г. Клайпероном.

Бенуа Поль Эмиль Клайперон [2], французский академик и инженер, был в 1820-1830 гг. профессором Петербургского института путей сообщения. Он вывел объединенное уравнение газового состояния и ему принадлежит вывод зависимости точки плавления от температуры, т.е. уравнение Клайперона – Клаузиуса. Немецкий ученый Р. Клаузиус ввел понятие энтропии, которое развивает и облекает в математическую форму второе начало термодинамики. Он пришел в результате этого к теории тепловой смерти Вселенной [5]. Однако, как доказали другие ученые (Л. Больцман, Н.Н. Пирогов), понятие энтропии, полученное на основании изучения конечных систем, нельзя распространять на бесконечную во времени и пространстве Вселенную. Согласно Больцману (1872 г.), энтропия – это термодинамическая вероятность состояния системы, т.е. число микросостояний, посредством которого реализуется макросостояние.

Австрийский геофизик Маргулес (1856-1920 гг.) сформулировал условия динамической устойчивости поверхностей разрыва, дал вывод формулы изменения градиентного ветра в зависимости от горизонтального градиента темпера-

туры, исследовал образование инверсий оседания и равновесие воздушных слоев с различным содержанием водяного пара [5].

Заключение

Первый этап в развитии динамической метеорологии можно считать закончившимся в период первой мировой войны 1914-1918 гг. Итогом его можно считать учебник австрийского ученого Франца Экснера «Динамическая метеорология», изданный в 1917 г., в котором впервые были отражены проблемы турбулентности и поверхностей раздела.

Новый этап начался в первой половине XX века работами норвежского ученого В.Бьеркнеса и его учеников, а также выдающегося советского математика А.А. Фридмана и оригинального английского метеоролога, экономиста и статистика Л.Ф. Ричардсона [4, 5]. Динамическая метеорология окончательно оформилась в самостоятельную науку, которая впоследствии дала толчок для создания новой науки, подробно изучающей принципы решения системы гидродинамических уравнений численными методами для целей предсказания погоды.

Литература

- 1 Кудрявцев П.С. Курс истории физики. – М.: Просвещение, 1974. – 312 с.
- 2 Собесак Ришард. Шеренга великих физиков. – Варшава: Наша Ксенгарня, 1969. – 175 с.
- 3 Гиндикин С.Г. Рассказы о физиках и математиках. – М.: Терра, 2013. – 500 с.
- 4 Храмов Ю.А. Физики. Биографический справочник. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 299 с.
- 5 Куликов Г.И. Динамическая метеорология. – Пермь: Пермский государственный университет им. А.М. Горького / учебное пособие. – Ч.1. – 1966. – 273 с.

References

- 1 Kudrjavcev P.S. Kurs istorii fiziki. – M.: Prosveshhenie, 1974. – 312 s.
- 2 Sobesjak Rishard. SHERenga velikih fizikov. – Varshhava: Nasha Ksengarnja, 1969. – 175 s.
- 3 Gindikin S.G. Rasskazy o fizikah i matematikah. – M.: Terra, 2013. – 500 s.
- 4 Hramov JU.A. Fiziki. Biograficheskij spravochnik. – M.: Nauka, Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury, 1983. – 299 s.
- 5 Kulikov G.I. Dinamicheskaja meteorologija. – Perm': Permskij gosudarstvennyj universitet im. A.M. Gor'kogo / uchebnoe posobie. – CH.1. – 1966. – 273 s.