

16. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ И ОЦЕНКЕ ПРОГНОЗОВ УСЛОВИЙ ПОГОДЫ

Российская Служба погоды берет свое начало от 1872 г. С тех пор прошло более 120 лет. Но и сейчас, после несравненно больших достижений в методах анализа и прогноза погоды, теория погоды не построена – изучение погоды, попытки более углубленного понимания процессов её формирования продолжают во всё возрастающих масштабах.

Еще в 1934 г. С.П. Хромовым было замечено, что «...синоптика не является сборником готовых рецептов. Предсказать погоду можно только изучая и понимая её, а не автоматически следуя готовым шаблонам».

Атмосфера хранит в себе множество тайн. И чем больше мы их познаем, тем более возникает новых вопросов, которые ещё несколько десятилетий назад и не могли быть заданы. И чем лучше синоптики предсказывают погоду, тем больше в практической деятельности ориентируются на прогнозы, тем конкретнее и строже становятся запросы со стороны практики.

Как известно, первые службы погоды появились во второй половине 19 в., основы практической синоптики были заложены в начале 20 века. Лучше ли синоптики стали прогнозировать погоду?

По оценкам настоящего времени удачность (оправдываемость) прогнозов погоды в 30-е годы 20 столетия составляла немногим более 55%. А считали ли синоптики тех времен, что половина их прогнозов неудачна?

Обратимся к официальным источникам. По данным за 1913 г. процент удачных прогнозов осадков в среднем для Европейской территории России составлял 74%, температуры воздуха – 85%, штормов – для Балтийского моря – 81%, для Белого моря – 94%, Чёрного и Азовского – 76%, Каспийского – 70%.

В 20-е годы 20-го столетия степень удачности прогнозов оценивалась в 80-85%. На таком же уровне оцениваются современные прогнозы погоды.

В чём же дело? Действительно ли служба погоды двигалась вперёд или основные задачи прогнозирования были решены в начале века, и последующее развитие синоптической науки было малоценным для практики прогнозирования?

В чём же можно заметить прогресс в прогнозировании погоды?

- Возросла детальность прогнозирования.

- Более корректными стали оценки прогнозов погоды.
- Возросли методические основы для конкретизации прогнозов.
- Большое развитие получили гидродинамические методы, на основе которых разработаны модели прогноза полей давления и геопотенциала на различные сроки.
- Возросло техническое оснащение гидрометеорологической службы.

В прогнозах прежних времен реально указывался лишь общий характер изменений погоды. Например, в начале века указывался лишь переход к ненастью при приближении циклона, опасность шторма при приближении глубокого циклона или сохранение устойчивой и хорошей погоды.

Всё это были, несомненно, полезные прогностические сведения, хотя и без деталей, которые устраивали ограниченный круг потребителей. Например, авиация на первых порах основывала свою работу на учащённой информации о фактической погоде, расстояния полетов были невелики.

Но вскоре требования к детальному прогнозированию для различных потребителей настолько возросли, что необходима была коренная перестройка службы погоды и методов прогнозирования.

Сейчас нельзя дать прогноз «ожидается усиление ветра» – необходимо указать пределы ожидаемого усиления, поскольку различным потребителям опасны различные скорости ветра.

Например, при усилении ветра до 12 м/с и более необходимо останавливать работу строительных кранов. При ветре 15 м/с прекращают работу суда типа СРТ, затруднена работа более крупных судов (типа БМРТ), особенно при сочетании с высоким волнением и отрицательными температурами воздуха. Но крупнотоннажные суда при таких ветрах могут осуществлять ограниченные производственные операции на море и выдержать усиления ветра до 25-30 м/с. При ветрах более 25 м/с возникает угроза безопасности для судов любого водоизмещения и должны приниматься меры для её предотвращения.

Например, практика гидрометеорологического обеспечения г. Москвы показывает, что при ожидающемся ветре 10 м/с и более передаются специальные предупреждения в 13 организаций, обслуживающих различные отрасли экономики, при ожидающемся ветре 15 м/с и более – в 32 организации, 20 м/с и более – 44 организации. При ветрах 25 м/с и более штормовые оповещения, для принятия подготовительных проти-

воаварийных мероприятий, идут более чем в 50 организаций, а также в два десятка административных областных органов, более чем на 20 метеорологических станций.

Это примеры лишь по одному метеорологическому элементу.

И конечно, ни 50, ни даже 30 лет назад ни таких детальных запросов, ни такого детального прогнозирования не было.

Раньше у синоптика были две приземные карты погоды в сутки. Физическая экстраполяция носила лишь качественный характер. Сейчас арсенал материалов, имеющихся в распоряжении синоптика, значительно возрос. Увеличилось число приземных и высотных карт погоды.

С развитием гидродинамических методов появились карты прогноза синоптического положения и элементов погоды на сутки-трое и более. Развиваются новые концепции прогнозов погоды (MOS, REMOS), позволяющие оптимально использовать прогностическую способность конкретной гидродинамической модели.

На помощь прогнозистам пришли радиолокационные наблюдения и спутниковая информация, которая является глобальной и непрерывной и освещает данными районы, где отсутствуют регулярные метеорологические наблюдения (моря, океаны, труднодоступные районы Земной поверхности). Сейчас синоптик может составить прогноз общего характера погоды в любом, самом труднодоступном районе, даже не имея ни аэрологических ни приземных карт погоды – только на основе использования спутниковой информации, с помощью которой перестали быть неожиданностью многие опасные явления (например, связанные с тайфунной деятельностью).

Произошли кардинальные изменения в техническом оснащении службы погоды. Если время расчёта первых прогнозов по гидродинамическим моделям было столь значительным, что они запаздывали так, что не представляли интереса для практики, то в настоящее время мощная компьютерная техника позволяет реализовать самые сложные модели с небольшими затратами времени.

Кроме того, значительно уменьшился промежуток времени между наблюдениями на метеорологических станциях и их поступлением в прогностические центры.

Конечно, и в настоящее время бывают периоды столь сложной синоптической обстановки и быстрых изменений погоды, когда прогнозы отстают от этих изменений – в такие периоды синоптикам приходится выслушивать те же нелицеприятные характеристики, что и 30, и 50 лет назад.

Несмотря на современную вооруженность службы погоды, ошибки в прогнозах существуют и поныне.

Нельзя забывать, что прогностическая метеорология находится на особом положении. Синоптики в категорической форме оповещают широкие круги общественности и потребителей метеорологической информации по конкретным отраслям экономики о предстоящих изменениях погоды, которые произойдут через сутки, двое, трое, через месяц, сезон.

Люди интересуются прогнозами на период будущего отпуска, предстоящих выходных, спортивных состязаний, круизов, деловых встреч. Раздражённые капитаны морских судов требуют сообщить точное время окончания шторма, поскольку каждый час простоя приносит ощутимые экономические потери. Ежедневно сотни экипажей воздушных судов и пассажиры ждут, когда авиационный синоптик определит время окончания тумана в аэропорту, повышения нижней границы облаков, смены направления сильного бокового ветра на взлетной полосе и даст добро на взлет. Примерно 10% рейсов задерживаются из-за плохой погоды, из них 1% связан с ошибочными прогнозами, а это 150-200 полетов.

И синоптики выполняют свою сложную работу, ежедневно составляя прогнозы погоды, штормовые оповещения, предоставляя информацию всем заинтересованным лицам и организациям. И если прогноз не оправдывается, то это сразу становится предметом широкого обсуждения, и никакого внимания не обращается на то, что в среднем из 100 прогнозов оправдывается 85-90. Но... ошибки более заметны, и с этим ничего нельзя поделать – такова психология человека.

Нам надо услышать, что в выходные будет «Переменная облачность, прекращение дождя, ветер слабый до умеренного, температура воздуха 23-25 °С». И если на следующий день это не оправдается – шквал негодования обрушивается на головы синоптика, потому что мы строили на завтра планы позагорать, а нам приходится смотреть из окна на струи дождя, который совсем не думает прекращаться, а сильный ветер гудит за окном, совсем не желая переходить в градацию «слабый до умеренного».

Не раз возникали предложения перехода от категорической к вероятностной форме прогноза. Некоторые службы погоды, например, в США, Японии и др. целиком перешли на вероятностные прогнозы. Но неспециализированному потребителю вероятностная форма прогнозов кажется расплывчатой. Например, «дождь с вероятностью 30%» – если дождя не было, слишком винить синоптика не представляется возможным

– ведь вероятность дождя была всего 30 %. Если дождь выпал – то чему удивляться, ведь он был предусмотрен в прогнозе.

Если мы на основе прогноза вырабатываем какую-то стратегию экономического плана, то вероятностная форма прогноза оказывается разумной. Например, если в зоне произрастания цитрусовых вероятность заморозка, угрожающего урожаю составляет 20% (т.е. один раз в 5 лет урожай может погибнуть), то экономист должен решить, что выгоднее – совсем не заниматься разведением цитрусовых, или 4 раза получить прибыль, а один раз ущерб? И если, согласно вероятностному прогнозу, июнь во Владивостоке только 1 раз в 10 лет (вероятность 10 %) будет солнечным и тёплым, то нет смысла в течение этих 10 лет идти в отпуск и ждать хорошей погоды, потому что только один раз Вы будете иметь удовлетворение от отдыха на побережье.

В целом современные прогнозы погоды имеют огромное социально-экономическое значение для современного общества и приносят ему большую пользу, поскольку способствуют уменьшению ущерба от опасных погодно-климатических условий и более эффективному использованию благоприятной погоды.

Укажем, что только в США, например, наряду с национальными службами, имеется целый ряд частных компаний по метеорологическому обслуживанию различных потребителей. Эти компании за плату предлагают метеорологическую информацию, прогнозы погоды, климатические данные. Сам факт существования таких компаний говорит о рентабельности гидрометеорологического производства в современном обществе.

16.1. О прогнозе погоды в США и Японии

Прогнозу погоды в США¹ и Японии уделяется исключительное внимание. Телевидение передает информацию о погоде и её прогноз несколько раз в каждом выпуске новостей, радио – каждые 10-15 мин. Практически в каждой газете публикуется карта прогноза погоды и различная информация о погоде.

Основные причины пристального внимания к погоде следующие:

- Большая повторяемость опасных явлений погоды, таких как, тайфуны, ураганные ветры, ливни и др. (например, в США – торнадо бывают в среднем 1000 раз в год, десятки тайфунов ежегодно выходят на Японию).

- Огромный поток автомашин на дорогах и большая частота полетов самолетов. Например, в Чикагском международном аэропорту более 2300 вылетов в сутки, одновременно работает 7 ВПП, самолеты садятся и взлетают с интервалом 15-20 сек, нередко на пересекающихся курсах.

Метеорологов США объединяет *Американское метеорологическое общество* (AMS). Оно проводит многочисленные конференции и семинары, публикует монографии и труды научных симпозиумов, издает 7 научных метеорологических и океанологических журналов. AMS существует на членские взносы и доходы от публикаций.

В Японии существует *Японское метеорологическое общество* (Meteorological Society of Japan – MSJ), организованное в 1882 г, которое объединяет метеорологов Японии и других стран, проводит огромную исследовательскую работу с регулярным обменом метеорологической информацией на конференциях и заседаниях членов общества, выпускает журнал. Общество существует также на членские взносы и доходы от издательской деятельности.

16.1.1. Служба погоды в США

Государственной организацией, ответственной за сбор и обработку данных наблюдений об окружающей среде и за предупреждения об особых явлениях погоды (ОЯП), в США является NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). NOAA включает несколько управлений, одним из которых является Национальная служба погоды (<http://www.nws.noaa.gov/>).

Она состоит из 3-х метеорологических центров:

- Национальный метеорологический центр (Вашингтон);
- Национальный центр по прогнозу сильных штормов (Канзас-Сити);
- Национальный центр по прогнозу тропических циклонов (Майами).

Основная прогностическая работа сосредоточена в 50 штатных Weather Service Forecasts Office (WSFO), примерно соответствующим рангу бюро погоды.

Для руководства WSFO и наблюдательной сети имеются 4 региональных центра: центральный, западный, восточный и южный. Каждый WSFO имеет свою зону ответственности – территорию штата, которая разбита на 15-20 небольших районов, для каждого составляется свой прогноз.

В каждом WSFO имеются 15-20 терминалов, ЭВМ, 8-10 ПК, несколько факсимильных и копировальных машин и печатающих устройств.

На одном из терминалов можно просматривать в реальном режиме времени данные радиозондирования любой станции США, определять многочисленные индексы неустойчивости атмосферы и, меняя данные стратификации, получать прогностические параметры. Расчёты вручную практически не проводятся – максимальная автоматизация.

Прогнозы погоды даются 2 раза в сутки – по данным наблюдений в 00 и 12 Гр. для более чем 200 пунктов США. Такова же стратегия прогноза погоды для авиации.

Вторая по величине авиакомпания США (United Airlines) организовала через спутник сбор данных наблюдений о ветре, температуре, болтанке воздушных судов с рейсовых самолетов своей и других авиакомпаний, летающих во всём мире. Информация поступает на спутник автоматически через каждые 7 минут. Оттуда обработанные данные передаются в эфир, и каждый самолет может принимать их.

Вся информация о текущей погоде с метеорологических и аэрологических станций и результаты анализов и прогнозов численных моделей в реальном режиме времени поступают в Национальный банк данных наблюдений и прогнозов. Данные банка доступны всем, кто с ним связан, из него получают информацию частные метеорологические компании, университеты, радио и телевидение.

На телевидении имеется специальный канал, который круглосуточно передает информацию о погоде. В штате этого канала 50 синоптиков, а вообще на ТВ и Радио работают около 1000 синоптиков.

Прогнозы погоды на один и тот же день на разных каналах радио, ТВ и в газетах могут значительно различаться. На вопрос, почему это происходит, следует ответ: “Вы можете выбрать канал и газету, которым больше доверяете!”

ТВ использует последние достижения в области видеографики, и зритель становится соучастником погодного шоу. Имеется несколько крупных компаний, которые разрабатывают пакеты программ, позволяющие наилучшим образом представить жизнь атмосферы в трёх- и четырехмерном пространстве.

В середине и конце месяца синоптики сообщают долгосрочные прогнозы погоды. Кроме того, дается прогноз погоды для ряда зарубежных городов, в том числе, для Москвы, Санкт-Петербурга, Киева. Долгосрочные прогнозы погоды публикуются в газетах и сельскохозяйственных журналах.

16.1.2. Служба погоды в Японии

Метеорологическая служба в Японии берет своё начало с 1875, когда в Токио была открыта Метеорологическая Обсерватория (ТМО – Tokyo Meteorological Observatory) при Министерстве внутренних дел. В 1887 г. Токийская Метеорологическая Обсерватория переведена в ведомство Министерства просвещения и переименована в Центральную Метеорологическую Обсерваторию (СМО – Central Meteorological Observatory), а в 1956 СМО переименована в Японское Метеорологическое Агентство (Japan Meteorological Agency – JMA) при Министерстве транспорта (с 2001 г. – Ministry of Land, Infrastructure and Transport).

На JMA возложена ответственность за улучшение общественного благосостояния, путём предотвращения стихийных бедствий, обеспечения информацией относительно землетрясений, цунами, вулканической деятельности, обеспечения безопасности работы транспорта, сельского хозяйства, социальной сферы и др. отраслей промышленности, а также развития международного сотрудничества в области гидрометеорологии и охраны окружающей среды и др.

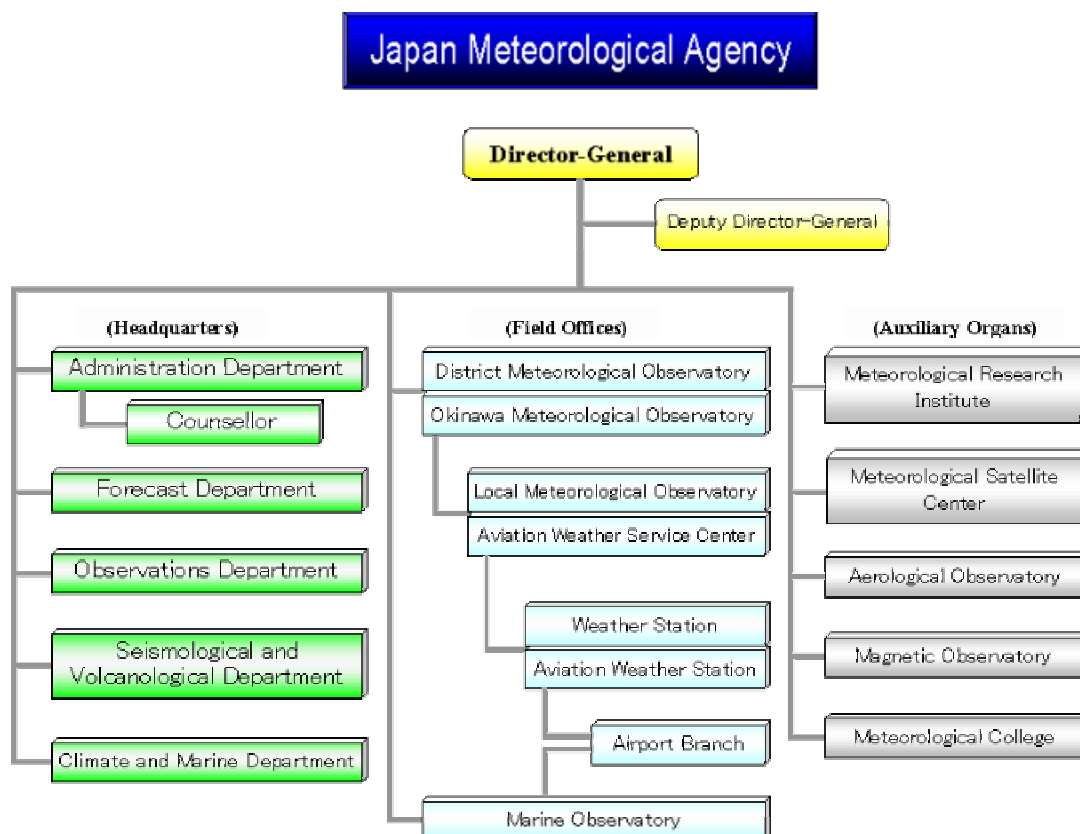


Рис. 16. Структура Японского метеорологического агентства (http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/indexe.html)

ЖМА проводит атмосферные и океанографические наблюдения, для чего имеется широкая сеть метеорологических и аэрологических и судовых станций и обсерваторий, буйковых станций; радаров, метеорологических спутников.

ЖМА регулярно выпускает прогнозы погоды, в том числе, морские и авиационные метеорологические прогнозы и предупреждения, с различной заблаговременностью: краткосрочные прогнозы погоды, двухдневные прогнозы, семидневные прогнозы, долгосрочные прогнозы (одно- и трёхмесячные, а также сезонные с указанием общей тенденции погоды. Для долгосрочных прогнозов широко используются статистические методы, краткосрочные и среднесрочные прогнозы используют отечественные и зарубежные гидродинамические модели. Для обработки метеорологической и океанографической информации и для прогностических расчетов используется суперкомпьютер.

ЖМА осуществляет контроль и предсказание El Niño and La Niña на основе использования Системы Ассимиляции океанических данных (the Ocean Data Assimilation System).

Прогнозы тайфунной деятельности осуществляет один из пяти Региональных Специализированных Метеорологических Центров (Regional Specialised Meteorological Centres – RSMCs) – Токийский тайфунный центр (RSMC Tokyo-Typhoon Center). При выходе тайфуна обязательно передаётся информация о его траектории, погодных параметрах, глубине, скорости перемещения и приводится прогноз траектории на ближайшие 2 суток. В случае опасности для населения информация о тайфуне находится на экране телевизора постоянно, занимая часть экрана. Если тайфун выходит на Японские острова, его прохождение по пунктам и прогноз перемещения контролируется точно по минутам.

Морскими прогнозами обеспечивается акватория около Японии и северо-западная часть Тихого океана. ЖМА также выпускает прогнозы и информацию о состоянии ледовой обстановки в Охотском море зимой. ЖМА несёт ответственность за подготовку и распространение метеорологических прогнозов и предупреждений судам в северо-западной части Тихого океана через Международный Морской Спутник – International Marine Satellite (INMARSAT)

ЖМА как один из региональных метеорологических центров в системе Всемирной службы погоды ВМО, связан с мировыми метеорологическими центрами (Вашингтон и Мельбурн), а также с региональными и национальными центрами в других стра-

нах (Америке, Китае, Австралии, Индии, России (Хабаровск), Южной Корее и др., а также с мировыми МЦ в Вашингтоне и Мельбурне.

Обязательными средствами передачи информации о погоде всех заинтересованных лиц, а также широких слоёв населения являются телевидение, радио, газеты, телефон и Интернет (<http://tenki.jp/>, <http://ddb.kishou.go.jp/grads.html> и др.). Население несколько раз в сутки оповещается об ожидаемых ОЯ и ООЯ: штормах, метелях, сильных дождя и снега, штормовых волнах, наводнениях, туманах, грозах, лавинах в горах, низкой влажности, низких и высоких температурах воздуха, информируется о чрезвычайных ситуациях, например, связанных с переносом вредных выбросов при авариях на предприятиях, атомных станциях, извержениях вулканов и др. Сообщается о выбросах вулканического пепла, цунами.

Более 80 авиационных бюро погоды обеспечивают гидрометеорологическое обслуживание авиации, в том числе и международной. Допплеровские радары имеются в международных аэропортах Новом Токио (Narita), Токио (Haneda), Kansai и Sapporo.

Япония часто страдает от вулканической деятельности² и землетрясений³. Японские острова относятся к одному из 2-х главных и наиболее активных сейсмических поясов – Тихоокеанскому, охватывающему кольцом берега Тихого океана. В Японии сейсмографы фиксируют приблизительно от 1000 до 2000 землетрясений в год, которые чувствуют люди. Наиболее мощные землетрясения повторяются с периодичностью от 10 до 30 лет.

Землетрясения часто сопровождаются цунами, которые иногда носят угрожающий для жизни людей характер. 3 марта 1933 г. волны цунами высотой 30 метров привели к гибели более 3000 японцев на побережье залива Сэндай, разрушили сотни сооружений

ЈМА осуществляет контроль за этими опасными явлениями природы.

Наблюдательная сеть при ЈМА обсерваториях («Earthquake Phenomena Observation System» – EPOS) контролирует 20 действующих вулканов Японии. Кроме этого существует система наблюдений за землетрясениями и цунами при районных метеорологических обсерваториях («Earthquake and Tsunami Observation System» – ETOS). Общая система наблюдений составлена из приблизительно 3000-ми измерителей сейсмической активности, в том числе, 180-тью сейсмографами для непрерывного контроля землетрясений, а также используются видеонаблюдения, полевые съёмки. Железные

дороги для скоростных поездов – шинкансенов снабжены датчиками через каждые 20 км пути. При малейших подвижках срабатывает автоматическая остановка поездов.

Наблюдения передаются в штаб JMA и штабы при районных метеорологических обсерваториях. Практически сразу после того, как произошло землетрясение, EPOS/ETOS обрабатывает поступившие данные, чтобы определить эпицентр и силу² землетрясения, и передает данные через средства массовой информации.

Когда происходит землетрясение около Японского архипелага, через три минуты после его возникновения JMA выпускает прогноз цунами, о котором широко оповещается население (вплоть до оповещений полицией по громкоговорителям из машин). Центр цунами при JMA работает в сотрудничестве с Тихоокеанским Центром Предупреждения Цунами (PTWC) на Гавайях.

При JMA имеется Метеорологический Научно-исследовательский институт в г. Цукубе (Tsukuba), где проводятся научные и научно-прикладные геофизические и метеорологические исследования. В сфере интересов Института – разработка прогнозов погоды, исследования климата, его изменений и прогноз будущего состояния климатической системы, нарушение озонового слоя, тайфунная деятельность, физическая, прикладная, спутниковая метеорология, системы наблюдения, сейсмология и вулканология, океанография, и геохимия и др.

Метеорологический колледж в г. Кашива (Kashiwa), имеет четырехлетний аспирантский курс и курсы обучения для сотрудников JMA. 60 студентов изучают геофизику, включая метеорологию.

Многие вузы Японии также готовят специалистов-метеорологов для работы в различных областях науки и производства.

JMA участвует во многих международных программах, осуществляет международное сотрудничество через ЮНЕСКО, ООН, ВМО и др. по проблемам изменения климата, охраны окружающей среды, морской метеорологии и океанографии, прогноза тайфунов, вулканической деятельности и контроля землетрясений. Большая работа проводится в области создания, обработки и использования банков данных, совершенствования телекоммуникационных систем и др. Кроме того, JMA осуществляет помощь развивающимся странам, не только посылая своих экспертов по поручениям международных организаций, но и принимая непосредственное участие в подготовке специалистов развивающихся стран в области гидрометеорологии и охраны окружающей среды.

В Японии, наряду с государственной гидрометеорологической службой JMA существует несколько десятков частных компаний, обеспечивающих метеорологическое обслуживание различных пользователей. Частные компании обязаны заключать договоры о сотрудничестве с JMA, которая предоставляет им необходимые данные для осуществления их деятельности.

Климатическая продукция JMA широко представлена, например, на сайте <http://ddb.kishou.go.jp/DDBclimate.html>.

Здесь публикуются ежемесячные отчёты по различным параметрам климатической системы за прошедшие 12 месяцев и сезоны в целом по всему миру (обзоры, карты и таблицы распределения экстремальных метеорологических величин, аномалий температуры осадков) и по Японии, в частности: аномалии климатических параметров (карты, графики), десятидневные аномалии среднего давления на уровне моря, H_{500} , аномалии H_{500} , (карты). Кроме того, представлены ежемесячные данные за последние 12 месяцев по параметрам внетропической циркуляции северного полушария: пентадные поля H_{500} , аномалии H_{500} , H_{300} , среднемесячные поля давления на уровне моря, поля H_{500} , поля H_{100} , поля H_{30} , и их аномалии, среднемесячные температуры на AT_{850} и аномалии температуры; для южного полушария: среднемесячные поля давления на у.м., поля H_{500} , поля H_{30} и их аномалии; для северного полушария: среднемесячные поля средней скорости, вектора скорости, зонального ветра для AT_{200} ; энергетические параметры атмосферы и др.

Для тропической зоны представлены сведения по среднемесячной уходящей длинноволновой радиации и её аномалиях в западной части Тихого океана, и для всей тропической зоны северного полушария, ежемесячные величины H_{200} , вектор ветра на поверхности 200 hPa, среднемесячные и пятидневные параметры циркуляции и температуры на уровне моря, H_{850} , и их аномалии, а также энергетические показатели атмосферы – потенциальная скорость, дивергенция вектора ветра на уровнях 200 hPa и 850 hPa и др.

Представлены индексы Эль-Ниньо/Южное Колебание (El Niño / Southern Oscillation Monitoring Indices) в графическом и табличном виде.

Океанографические данные: средняя месячная температура поверхности моря и её аномалии по акваториям северного и южного полушарий, перемещение дрейфующих буёв (movements of Drifting Buoys), температура морской поверхности и её аномалии по Северо-Западной акватории Тихого океана (за исключением некоторых морей,

например, Охотского), температурные показатели для экваториальной зоны, характеристики снега и ледовых условий по внетропической зоне северного полушария и др.

По большинству приведённых выше характеристик приводятся также сезонные и дополнительные (характеристики тайфунов, характеристики EOF-анализа для N_{500})

Примечание 1

В данном разделе частично использованы материалы А.И Снитковского.

Примечание 2

Значительная часть горных вершин Японии – вулканы, их здесь насчитывается около 200, из них 86 активных, что составляет 10 % от активных вулканов в мире. Уникальный вулкан по количеству извержений (более 70-ти) с самым большим кратером в мире – Асо на остров Кюшу. К спящим относится молодой по геологическим меркам вулкан Фудзияма. Последнее извержение вулкана Фуджи-Сан было зафиксировано в 1707 г., но сейсмологи имеют основание считать, что он остаётся активным. Для оценки вулканической активности используется специальная шкала (табл. 16.1.1)

Таблица 16.1.1

Шкала вулканической активности

| Уровень | Описание | Высота выброса пепла | Количество пепла |
|---------|-------------------|----------------------|----------------------------------|
| 0 | Невзрывное | Ниже 100 м | Тысячи м ³ |
| 1 | Легкое | 100-1000 м | Десятки тысяч м ³ |
| 2 | Взрывное | 1-5 км | Миллионы м ³ |
| 3 | Сильное | 3-15 км | Десятки миллионов м ³ |
| 4 | Катастрофическое | 10-25 км | Сотни миллионов м ³ |
| 5 | Пароксизмальное | Выше 25 км | Один км ³ |
| 6 | Колоссальное | Выше 25 км | Десятки км ³ |
| 7 | Сверхколоссальное | Выше 25 км | Сотни км ³ |
| 8 | Мегаколоссальное | Выше 25 км | Тысячи км ³ |

Примечание 3

Сила землетрясения определяется двумя параметрами – интенсивностью или магнитудой. Интенсивность – это мера разрушений, вызванных землетрясением (эффект его воздействия на поверхности).

Магнитуда – мера высвобожденной при толчке энергии сейсмических волн. Магнитуда – безразмерная величина.

Для оценки интенсивности землетрясения на поверхности Земли используется сейсмическая шкала. Максимальное число градаций сотрясения в современных шкалах интенсивностей – двенадцать (их называют баллами).

Наиболее распространены модифицированная шкала Меркалли (ММ, табл. 16.1.2) и международная шкала MSK (Медведев-Спонец-Карник). В Российской Федерации используются 12-балльная сейсмическая шкала MSK-64 (табл. 16.1.3).

Японская шкала интенсивности землетрясений является приложением к шкале Рихтера (табл. 16.1.4)

Таблица 16.1.2

Шкала интенсивности землетрясений Меркалли

| Балл | Результат |
|------|---|
| 1 | Не ощущается |
| 2 | Ощущается немногими людьми |
| 3 | Заметно обычно внутри зданий; где качаются висячие предметы |
| 4 | Ощущается многими; в зданиях открываются двери и окна |
| 5 | Ощущается почти всеми; небольшие предметы падают |
| 6 | Ощущается всеми; вылетают окна, качаются деревья |
| 7 | Трудно устоять на месте; небольшие повреждения зданий |
| 8 | Трудно вести автомобиль; падают деревья и дымовые трубы |
| 9 | Трещины в земле; ломаются подземные трубы |
| 10 | Здания рушатся; реки выходят из берегов |
| 11 | Повреждается большинство зданий; рушатся мосты |
| 12 | Почти полное разрушены; огромные трещины и оползни |

Таблица 16.1.3

Шкала интенсивности землетрясения MSK

| Баллы | Результат |
|-------|--|
| 1 | Ощущается немногими особо чувствительными людьми в особенно благоприятных для этого обстоятельствах. |
| 3 | Ощущается людьми как вибрация от проезжающего грузовика. |
| 4 | Дребезжат посуда и оконные стекла, скрипят двери и стены. |
| 5 | Ощущается почти всеми; многие спящие просыпаются. Незакрепленные предметы падают. |
| 6 | Ощущается всеми. Небольшие повреждения. |

| | |
|----|---|
| 8 | Падают дымовые трубы, памятники, рушатся стены. Меняется уровень воды в колодцах. Сильно повреждаются капитальные здания. |
| 10 | Разрушаются кирпичные постройки и каркасные сооружения. Деформируются рельсы, возникают оползни. |
| 12 | Полное разрушение. На земной поверхности видны волны. |

Таблица 16.1.4

Японская шкала интенсивности землетрясений (приложение к шкале Рихтера)

| Баллы | Результат |
|-----------|--|
| 1.0 - 1.9 | Некоторые чувствуют дрожание. |
| 2.0 - 2.9 | Многие чувствуют дрожание. Качаются подвесные фонари. |
| 3.0 - 3.9 | У некоторых возникает страх. Слышится дребезжание посуды. |
| 4.0 - 4.9 | Спящие просыпаются. Некоторые предметы падают с полок. |
| 5.0 - 5.4 | Некоторые ищут укрытие. Бьется посуда, падают книги. |
| 5.5 - 5.9 | Многие напуганы. Некоторые предметы опрокидываются. |
| 6.0 - 6.4 | Невозможно стоять. Бьются окна. |
| 6.5 - 6.9 | Можно только ползти. Рушатся некоторые кирпичные стены, открываются двери. |
| 7.0 - 7.9 | Люди и мебель отбрасываются |
| 8.0 - 8.9 | Сейсмостойкие здания разрушаются. |
| 9.0 - 9.9 | Полное разрушение. |

Первая шкала магнитуд землетрясений была изобретена в 1935 году американским профессором Чарлзом Фрэнсисом Рихтером (1900-1985) и носит его имя (*табл. 16.1.5*). В настоящее время используется несколько магнитудных шкал.

В шкале Рихтера использован логарифмический масштаб, так что каждое целое значение в масштабе указывает на землетрясение в десять раз большее по мощности, чем предыдущее. Еще не было зарегистрировано землетрясение с магнитудой больше 8,9.

Таблица 16.1.5

Шкала Рихтера

| Магнитуда | Землетрясение |
|---------------|------------------|
| От 0 до 4,3 | Легкое |
| От 4,4 до 4,8 | Умеренное |
| От 4,9 до 6,2 | Среднее |
| От 6,3 до 7,3 | Сильное |
| От 7,4 до 8,9 | Катастрофическое |

Энергии самых сильных толчков при землетрясении (с магнитудой около 9) хватило бы для обеспечения электроэнергией небольшого города в течение более 500 лет.

Наиболее разрушительными землетрясениями прошлого века в Японии были Великое землетрясение Канто 1-2 сентября 1923 года в центральной части о. Хоншу (56 тыс. кв. км), в зоне которого оказались Токио и Йокогама. Оно имело интенсивность $M=8.3$ по шкале Рихтера. Были разрушены 8 крупных городов, 11 сильно пострадали. Наблюдалось 356 подземных толчков, в результате которых число пострадавших составило почти 4 миллиона, из них погибли 174 тысячи, пропало без вести 542 тысячи. Материальные убытки от землетрясения составляли два годовых бюджета Японии того времени.

Во время землетрясения силой 7,2 балла в городе Кобе 17 января 1995 года погибло 6300 человек, пострадало 200 тыс. зданий, разрушено множество дорог. Ущерб составил около 100 млрд. долларов.