

Руководящие принципы по навыкам и знаниям в области использования спутниковых данных для оперативных метеорологов

Издание 2017 г.

ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

КП-12

Руководящие принципы по навыкам и знаниям в области использования спутниковых данных для оперативных метеорологов

Издание 2017 г.



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

РЕДАКТОРСКОЕ ПРИМЕЧАНИЕ

Терминологическая база данных ВМО «МЕТЕОТЕРМ» доступна по адресу: <http://public.wmo.int/ru/ресурсы/«метеотерм»>.

При копировании гиперссылок путем выделения их в тексте могут появиться дополнительные пробелы, непосредственно следующие за [http://](#), [https://](#), [ftp://](#), [mailto:](#), а также за наклонными чертами (/), дефисами (-) и неразрывными последовательностями символов (букв и цифр). Эти пробелы должны быть удалены из вставленного URL. Правильный URL отображается на экране, если навести курсор на ссылку или если нажать на ссылку и затем скопировать ее из браузера.

SP-12

© Всемирная метеорологическая организация, 2017

Право на опубликование в печатной, электронной или какой-либо иной форме на каком-либо языке сохраняется за ВМО. Небольшие выдержки из публикаций ВМО могут воспроизводиться без разрешения при условии четкого указания источника в полном объеме. Корреспонденцию редакционного характера и запросы в отношении частичного или полного опубликования, воспроизведения или перевода настоящей публикации следует направлять по адресу:

Chairperson, Publications Board
World Meteorological Organization (WMO)
7 bis, avenue de la Paix
P.O. Box 2300
CH-1211 Geneva 2, Switzerland

Тел.: +41 (0) 22 730 84 03
Факс: +41 (0) 22 730 81 17
Э-почта: publications@wmo.int

ПРИМЕЧАНИЕ

Обозначения, употребляемые в публикациях ВМО, а также изложение материала в настоящей публикации не означают выражения со стороны ВМО какого бы то ни было мнения в отношении правового статуса какой-либо страны, территории, города или района, или их властей, а также в отношении делимитации их границ.

Упоминание отдельных компаний или какой-либо продукции не означает, что они одобрены или рекомендованы ВМО и что им отдается предпочтение перед другими аналогичными, но не упомянутыми или не прорекламированными компаниями или продукцией.

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Резюме	5
Как пользоваться настоящим документом.....	5
Общие сведения	5
Общие условия.....	6
Оценка, отбор и отображение спутниковых данных и операции с ними	7
Характеристики и ограничения спутниковых данных и возможные ошибки в них . .	7
Навык 1: Определение характеристик поверхности	7
Описание	7
Компоненты работы.....	7
Навыки, методики и требования к знаниям	8
Навык 2: Определение типов облаков и их характеристик	8
Описание	8
Компоненты работы.....	8
Навыки, методики и требования к знаниям	9
Навык 3: Определение и интерпретация крупномасштабных, синоптических и мезомасштабных систем.	9
Описание	9
Компоненты работы.....	9
Навыки, методики и требования к знаниям	10
Навык 4: Определение и интерпретация атмосферных явлений.....	11
Описание	11
Компоненты работы.....	11
Навыки, методики и требования к знаниям	11
Навык 5: Интерпретация полученных полей и продукции.....	12
Описание	12
Компоненты работы.....	12
Навыки, методики и требования к знаниям	12
Навык 6: Определение и интерпретация характеристик океана и океанических систем.....	13
Описание	13
Компоненты работы.....	13
Навыки, методики и требования к знаниям	13
Выражение признательности	14

РЕЗЮМЕ

В настоящем документе описаны фундаментальные навыки, подкрепляющие компетенции ВМО, связанные с использованием спутниковых данных оперативными метеорологами. Этими навыками являются:

- a) определение характеристик поверхности;
- b) определение типов облаков и их характеристик;
- c) определение и интерпретация крупномасштабных, синоптических и мезомасштабных систем;
- d) определение и интерпретация атмосферных явлений;
- e) интерпретация полученных полей и продукции;
- f) определение и интерпретация характеристик океана и океанических систем.

Метеорологи в различных местах или выполняющие различные задачи будут иметь доступ к различным спутникам с их специфическими особенностями, а также к различным системам и средствам отображения и обработки данных и изображений. Они также будут иметь дело с большим диапазоном локальных метеорологических систем и явлений.

В настоящем документе основное внимание уделяется метеорологическому прогнозированию. Другие применения спутниковых данных, такие как научные исследования, океанография, гидрология, климатология и другие области специализации будут рассматриваться отдельно в других документах.

Определение навыков разработано Виртуальной лабораторией (ВЛаб) Координационной группы по метеорологическим спутникам (КГМС) ВМО по образованию и подготовке кадров в области спутниковой метеорологии для ускорения и облегчения разработки учебными центрами задач обучения, имеющих отношение к компетенциям ВМО.

КАК ПОЛЬЗОВАТЬСЯ НАСТОЯЩИМ ДОКУМЕНТОМ

В настоящем документе описаны навыки интерпретации спутниковых данных и изображений, которыми должен владеть метеоролог-прогнозист. В нем не конкретизируется, как или в каком порядке необходимо преподавать спутниковую метеорологию. Это будет зависеть от многих различных обстоятельств, включая цели конкретной работы, а именно будет ли она входить в состав краткого курса, полного начального курса или будет изучаться в независимом порядке, а также будет ли она являться отдельным предметом, интегрироваться с другими источниками данных и теорией как часть подхода к изучению метеорологических систем или сочетаться с преподаваемым изначально базовым курсом теории спутников, за которым следует комплексный системный подход.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Интерпретация спутниковых изображений — это не самоцель, а элемент инструментария компетентного прогнозиста.

ВЛаб КГМС ВМО представляет собой глобальную сеть специализированных учебных центров и операторов метеорологических спутников, работающих совместно над улучшением использования данных и продукции метеорологических и природоохранных

спутников. Компетенции ВМО для оперативных метеорологов и гидрологов, а также квалификации метеорологов и техников-метеорологов обеспечивают основу для подготовки кадров, проводимой ВЛаб и направленной на оперативных метеорологов.

Применение спутниковых данных, а также спутниковых навыков и знаний поддерживает компетенции ВМО в области оперативной метеорологии и гидрологии, согласно которым от компетентных метеорологов требуется «анализировать и осуществлять постоянный мониторинг развивающейся метеорологической и/или гидрологической ситуации», «прогнозировать метеорологические и гидрологические явления и параметры» и эффективно сообщать информацию пользователям (резолюция 4 (Кг-17) «Отчет внеочередной сессии (2014 г.) Комиссии по основным системам в части, касающейся правил Технического регламента, относящихся к компетенции в области метеорологического обслуживания населения»).

Все эти навыки поддерживают компетенции высокого уровня; в настоящем документе требования к интерпретации спутниковой информации определяются как способствующие или сопутствующие навыки, а не как отдельные компетенции.

Преподаватели, которые хотят привести свои курсы в соответствие с соответствующими квалификациями и компетенциями, могут использовать настоящий документ для более оперативной разработки соответствующих задач обучения применительно к элементам курсов, связанным со спутниками. Настоящий документ, безусловно, необходимо использовать совместно с определениями квалификаций и компетенций ВМО¹.

Оперативные метеорологи могут использовать этот документ для проверки широты и глубины базовых знаний и навыков по отношению к применению спутниковых данных.

Требования к производительности, подкрепляющие эти навыки и знания, будут основываться на особенностях деятельности каждой конкретной организации, ее требованиях к предоставлению обслуживания и имеющихся в ее распоряжении спутниковых данных. Настоящий документ охватывает весь диапазон возможных требований к знаниям и навыкам. Отдельным специалистам потребуется только ограниченный набор этих знаний и навыков в зависимости от требований, предъявляемых к их работе.

Помимо общих компетенций метеоролога-прогнозиста будут применяться приведенные ниже условия, базовые навыки и знания.

ОБЩИЕ УСЛОВИЯ

- a) Изображения включают статичные и анимированные (циклические) изображения с единичным каналом, множественными каналами или комбинацией каналов, включая отображение в режиме «красный-зеленый-синий» (КЗС), производную количественную продукцию (обработанные спутниковые данные в сочетании с данными численного прогнозирования погоды) и синтезированные спутниковые изображения, полученные в результате прогнозирования на основе численного моделирования;
- b) спутники включают геостационарные и полярно-орбитальные спутники с функцией пассивного и активного зондирования;
- c) интерпретация спутниковых изображений не производится отдельно, но осуществляется в контексте всех других наблюдений, руководящих указаний и оценки обстановки;

¹ См. *Руководство по применению стандартов образования и подготовки кадров в области метеорологии и гидрологии* (ВМО-№ 1083), том I — Метеорология, http://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_1083_ru.pdf, и <http://www.wmo.int/pages/prog/dra/etrp/competencies.php>, соответственно.

- d) представляющие интерес системы, характеристики и явления будут зависеть от поставленных прогностических задач и местоположения.

ОЦЕНКА, ОТБОР И ОТОБРАЖЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И ОПЕРАЦИИ С НИМИ

Прогнозист сможет:

- a) оценивать данные с геостационарных и полярно-орбитальных спутников;
- b) отбирать наиболее подходящие для поставленной задачи каналы, комбинации каналов и продукцию;
- c) отображать изображения с единичным или множественными каналами, как отдельные, так и анимированные, а также производить операции с такими изображениями;
- d) улучшать качество изображений;
- e) иметь доступ к полученным данным и отображать их.

ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОГРАНИЧЕНИЯ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И ВОЗМОЖНЫЕ ОШИБКИ В НИХ

Прогнозист будет учитывать факторы, влияющие на качество и характеристики данных, в том числе:

- a) разрешение спутниковых данных (временное, горизонтальное, вертикальное) и канал;
- b) положение подспутниковой точки — разрешение, ошибки параллакса;
- c) время сканирования для различных частей снимка и задержка выхода;
- d) чувствительность, точность, достоверность и характеристики длин волн спутниковой аппаратуры;
- e) изменения, обусловленные углом вектора на Солнце.

Навык 1: Определение характеристик поверхности

Описание

Определение географических особенностей, поверхностных характеристик и условий.

Компоненты работы

- a) Определение географических особенностей и особенностей местности:
 - i) различение поверхности суши и воды (океаны, моря, озера, реки, заливы);
 - ii) выявление горных и низменных районов;

- iii) проведение различия между естественными районами и районами, подвергшимися воздействию человека;
- b) определение поверхностных характеристик и условий, включая сухие и влажные условия, различные типы растительного покрова и свободные от растительности районы, песок и пустыню:
 - i) выявление районов, свободных от растительного покрова, и типов растительного покрова; определение различных типов поверхности суши в пустыне, таких как песок и пустынная корка;
 - ii) выявление районов, недавно подвергшихся воздействию пожаров;
 - iii) выявление «горячих точек» (например, пожаров или вулканической активности);
 - iv) выявление районов, покрытых свежей вулканической пылью;
 - v) выявление районов затопления;
- c) выявление снежного и ледового покрова и анализ его протяженности:
 - i) различие облачности и снежного покрова;
 - ii) выявление замерзших рек и озер.

Навыки, методики и требования к знаниям

- a) Инфракрасные и видимые каналы;
- b) многоканальная продукция КЗС (КЗС естественных цветов, КЗС дневной микрофизики, КЗС микрофизики, КЗС снега, КЗС пыли)²;
- c) получаемая продукция (например, из Центра спутниковых применений по анализу поверхности суши).

Навык 2: Определение типов облаков и их характеристик

Описание

Определение типов облаков и их характеристик, включая высоту и температуру верхней границы, толщину и микрофизику.

Компоненты работы

- a) Выявление регионов слоистообразных, кучевообразных и перистообразных облаков и типов отдельных облаков, а также их характеристик;
- b) выявление кучево-дождевых облаков, их интенсивности, структуры и стадии развития;
- c) выявление туманов и различение тумана и низкой облачности;
- d) выявление инверсионных следов и следов морских судов;

² Рекомендованные стандарты ВМО для продукции КЗС представлены в: http://www.wmo.int/pages/prog/sat/documents/RGB-WS-2012_FinalReport.pdf.

- e) определение высоты верхней границы облаков по данным яркостной температуры, приземным наблюдениям и данным зондирования (наблюдаемым, полученным со спутников и по численным моделям);
- f) выявление облаков, состоящих из водяных капель, ледяных частиц или их смеси;
- g) различение облаков, состоящих из малых и крупных облачных частиц.

Навыки, методики и требования к знаниям

- a) Типы и характеристики облаков (мощные, тонкие, многослойные, развивающиеся, разрушающиеся) на основе текстуры, яркости, яркостной температуры и синоптических и мезомасштабных условий;
- b) яркостная температура, ухудшение за счет влияния верхних слоев;
- c) продукция КЗС тумана и ночной микрофизики, тени на изображениях в видимой части спектра и анимации для выявления долинных туманов, а также метеорологическая ситуационная осведомленность и приземные и самолетные наблюдения;
- d) продукция КЗС и/или микрофизические параметры для выявления облаков, состоящих из различных фаз, и облаков, состоящих из малых или больших облачных частиц;
- e) изображения в инфракрасном диапазоне, в диапазоне водяного пара и в видимом диапазоне (включая видимый канал высокого разрешения).

Навык 3: Определение и интерпретация крупномасштабных, синоптических и мезомасштабных систем

Описание

Выявление, определение местоположения и интерпретация крупномасштабных, синоптических и мезомасштабных атмосферных систем, их характеристик, протяженности и стадии развития и выведение атмосферных динамических и термодинамических свойств.

Компоненты работы

Для каждой системы выбор и применение концептуальных моделей для определения местоположения и определения типа системы, ее ориентации, протяженности и стадии развития, включая признаки, предшествующие ее образованию, с учетом отклонений от климатологических или идеализированных моделей (категории не являются исчерпывающими, а некоторые характеристики относятся более чем к одной категории).

Следует отметить, что полный анализ или предсказание включает все имеющиеся данные и руководящие материалы и является компетенцией более высокого уровня. Таким образом, задача интерпретации спутниковых изображений не является самоцелью, но в сочетании с другими данными способствует решению этой задачи более высокого уровня.

- a) Крупномасштабные системы и их характеристики:
 - i) внутритропические зоны конвергенции, муссонные и пассатные режимы;
 - ii) режимы западных ветров с сопутствующими циклонами и антициклонами;

- iii) полярные восточные ветры и системы;
 - iv) крупномасштабные волны;
 - v) зональные, меридиональные потоки, мобильные и блокирующие системы;
 - vi) циркуляция на нижнем и верхнем уровне;
- b) системы синоптического масштаба и их характеристики:
- i) антициклоны;
 - ii) циклоны, тропические циклоны и области низкого давления, области низкого давления в субтропических, средних и полярных широтах, на верхних и нижних уровнях;
 - iii) струйные течения, зоны конвергенции и фронтальные зоны, «конвейерные пояса» и сухие районы;
 - iv) ложбины, гребни и седловины, оси деформации, волны;
 - v) облачные регионы — слоистообразные, слоисто-кучевые, кучевые (вторжения холодных фронтов, пассатные кучевые облака), облачные полосы и облачные щиты;
 - vi) области холодного воздуха и сдвиг температур;
- c) мезомасштабные системы и их характеристики:
- i) локальные термические и топографические циркуляции, в том числе береговые и морские бризы, кататические и анабатические ветры, фены, горные волны, облачные флаги, влияние островов и полуостровов (включая вихревую дорожку Кармана и V-образные волновые облака), термические депрессии и ложбины;
 - ii) конвективные ячейки и облачные системы (включая импульсную конвекцию, мультячейки, сверхячейки, линии шквалов, мезомасштабные конвективные комплексы и системы) и соответствующие мезомасштабные характеристики, в том числе границы выноса и характеристики вершины шторма;
 - iii) линии конвергенции (мезомасштабные границы и взаимодействия, сухие линии, облачные гряды);
 - iv) струйные течения в нижних слоях атмосферы;
 - v) гравитационные волны и боры.

Навыки, методики и требования к знаниям

- a) Подробные концептуальные модели каждой атмосферной системы;
- b) определение усиления интенсивности тропического циклона по методу Дворака и методика определения интенсивности тропических циклонов;
- c) продукция КЗС (например, КЗС воздушной массы, КЗС микрофизики);
- d) изображения в инфракрасном диапазоне, в диапазоне водяного пара и в видимом диапазоне (включая видимый канал высокого разрешения).

Навык 4: Определение и интерпретация атмосферных явлений

Описание

Определение и интерпретация атмосферных явлений, их характеристик, протяженности и стадии развития.

Компоненты работы

Для каждого явления определение его местоположения и типа, а также его интенсивности, характеристик и при необходимости стадии развития.

Следует отметить, что полный анализ или предсказание включает все имеющиеся данные и руководящие материалы и является компетенцией более высокого уровня. Таким образом, задача интерпретации спутниковых изображений не является самоцелью, но в сочетании с другими данными способствует решению этой задачи более высокого уровня.

К явлениям относятся:

- a) пыльные и песчаные бури, выбросы и запыленные регионы;
- b) пожары и дым;
- c) типы и количество осадков;
- d) частицы вулканической пыли и химические выбросы;
- e) загрязнение аэрозолями и мелкими частицами;
- f) признаки, указывающие на регионы турбулентности ясного неба.

Навыки, методики и требования к знаниям

- a) Пылевые и песчаные бури:
 - i) условия — выявление пыли над сушей и водой в ночное и дневное время;
 - ii) различие пыли, облака, дыма и поверхности пустыни;
 - iii) продукция КЗС пыли;
- b) пожары и дым:

определение местоположения пожаров и их перемещения;
- c) загрязнение:

к загрязнителям относятся SO_2 , NO_2 и т. д.;
- d) вулканический пепел — определение и анализ, в частности:
 - i) вулканических выбросов, включая пепел, SO_2 ;
 - ii) определение пространственной протяженности пылевого облака, его высоты и временной эволюции;
 - iii) КЗС вулканического пепла;

е) атмосферные осадки:

тип осадков (конвективные, из слоистообразных облаков, тонкий или высокий слой осадков) с использованием спутниковых каналов, включая данные микроволнового канала;

ф) другие аэрозоли:

использование продукции КЗС воздушной массы для определения регионов, богатых озоном, в средних и верхних слоях атмосферы;

г) турбулентность ясного неба:

выявление признаков турбулентности ясного неба с использованием каналов водяного пара и синтезированных спутниковых снимков.

Навык 5: Интерпретация полученных полей и продукции

Описание

Интерпретация полей и параметров, сравнение их с информацией по другим данным наблюдений и противопоставление их такой информации.

Компоненты работы

Интерпретация полей и параметров, с тем чтобы интегрировать их с другими данными, наблюдениями и руководящими материалами в качестве вклада в анализ и диагностику.

К полученным полям относятся:

- a) приземные температуры;
- b) вертикальные профили температуры и влажности;
- c) атмосферный ветер;
- d) тип облака и температура поверхности облака;
- e) общее количество воды и количество воды в жидком состоянии, выпадающей в виде осадков;
- f) индексы растительного покрова и опасности пожара, влажность почвы.

Навыки, методики и требования к знаниям

- a) Сильные и слабые стороны продукции/полей, полученных на основании спутниковых данных;
- b) интерпретация изображений как одноканальных, так и продукции КЗС и полученной продукции;
- c) спутниковые данные в сочетании с полученной продукцией;
- d) знание других источников данных наблюдений, таких как приземные наблюдения, радиозондовые данные и радиолокационная продукция.

Навык 6: Определение и интерпретация характеристик океана и океанических систем

Описание

Определение и интерпретация характеристик океана и океанических систем, имеющих отношение к метеорологическому прогнозированию. (Следует отметить, что океанографам требуются более обширные навыки, не охваченные в настоящем документе).

Компоненты работы

- a) Интерпретация полей температуры поверхности моря и их характерных крупномасштабных, синоптических и мезомасштабных режимов;
- b) интерпретация данных о приземном ветре;
- c) определение и интерпретация данных о состоянии моря и соотнесение их с данными о высоте волны и зыби;
- d) выявление и интерпретация нефтяных пятен и их эволюции;
- e) выявление и интерпретация областей солнечных бликов и зон затемнения;
- f) выявление и интерпретация морского льда, его протяженности, движения и характеристик (молодой и старый морской лед, морской лед, находящийся в процессе абляции и содержащий талые пруды);
- g) выявление и интерпретация океанических течений и вихрей и регионов океанического апвеллинга.

Навыки, методики и требования к знаниям

- a) Ограничения измерения температур поверхности моря, включая облачный покров, температуру верхнего слоя и температуры на глубинах;
- b) определение ветра у поверхности моря (скаттерометр), включая неоднозначные данные о направлении ветра, неточные значения скорости ветра и влияние дождя;
- c) ограничения и ошибки измерений параметров состояния моря на основании активных микроволновых датчиков и радиолокаторов с апертурой. Методы определения морского льда с использованием микроволновых датчиков, радиолокаторов с синтезированной апертурой и мультиспектральных радиометров. Алгоритм определения морского льда MODIS;
- d) взаимосвязь между солнечными бликами, зонами затемнения и состоянием поверхности океана;
- e) солнечные блики и характеристики высокой облачности;
- f) морской лед и характеристики облачности.

ВЫРАЖЕНИЕ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ

Эти основные навыки были инициированы Группой управления ВЛаб КГМС ВМО и разработаны Яном Беллом, Роджером Дезландезом, Бодо Зесчке из Австралийского бюро метеорологии, Яном Миллзом и Марком Хиггинсом из ЕВМЕТСАТ и Лусиане Век в консультации с показательным центром ВЛаб КГМС ВМО и членами сообщества КАЛМет. Авторы сердечно благодарят всех, кто уделил время предоставлению отзывов о проектах.

За дополнительной информацией просьба обращаться:

World Meteorological Organization

7 bis, avenue de la Paix – P.O. Box 2300 – CH 1211 Geneva 2 – Switzerland

Communication and Public Affairs Office

Тел.: +41 (0) 22 730 83 14/15 – Факс: +41 (0) 22 730 80 27

Э-почта: сра@wmo.int

public.wmo.int