Специализированный программный комплекс получения оценок параметров облачности и осадков по данным радиометра SEVIRI с геостационарного метеоспутника Meteosat-8 (41,5° в.д.) для европейской территории России и Западной Сибири

Е.В. Волкова, А.В. Кухарский

ФГБУ «НИЦ «Планета»

123242, Москва, Большой Предтеченский пер., д.7.

E-mail: quantocosa@bk.ru, kukharsky@planet.iitp.ru

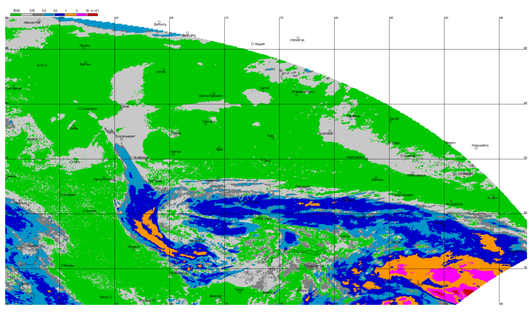

Рис. 5. Максимальная водность облачного слоя («Западная Сибирь»)

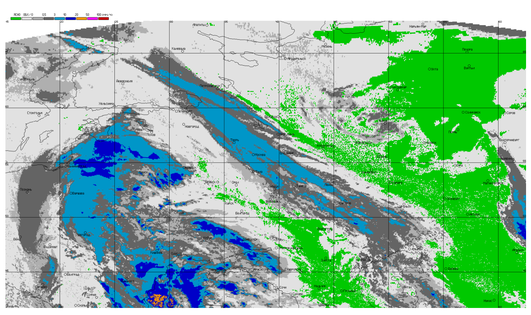

Рис. 6. Максимальная мгновенная интенсивность осадков («ЕТР»)

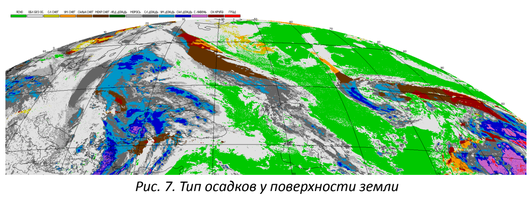

Рис. 7. Тип осадков у поверхности земли

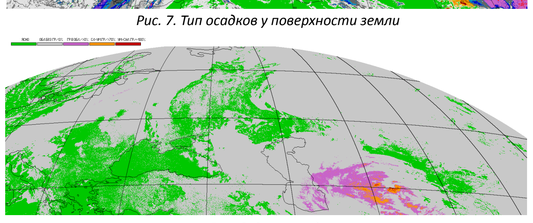

Рис. 8. Зоны града

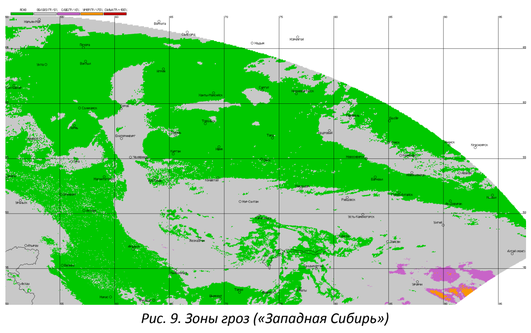

Рис. 9. Зоны гроз («Западная Сибирь»)

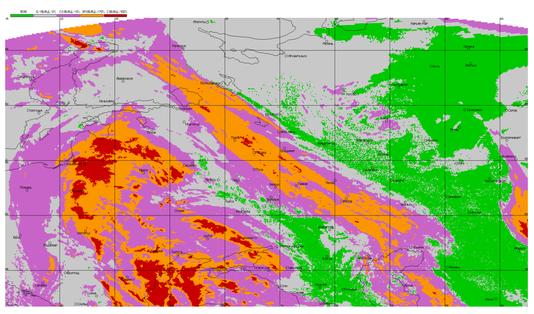

Рис. 10. Зоны обледенения («ЕТР»)

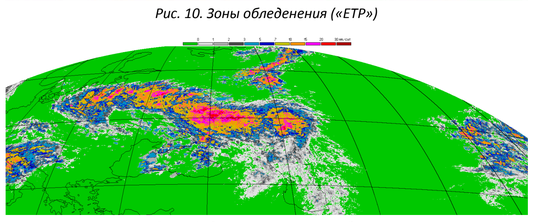

Рис. 11. Суточные суммы осадков

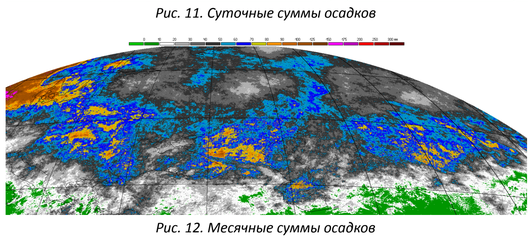

Рис. 12. Месячные суммы осадков

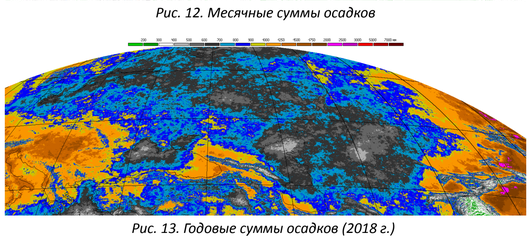

Рис. 13. Годовые суммы осадков (2018 г.)

В ФГБУ «НИЦ «Планета» создан Специализированный Программный Комплекс (СПК) «SEVIRI-Russia», позволяющий автоматически в круглосуточном режиме определять параметры облачного покрова, осадков и опасных явлений погоды (ОЯП) для Европы, европейской территории России (ЕТР) и Западной Сибири по данным радиометра SEVIRI с геостационарного метеоспутника Meteosat-8 (точка стояния 41,5° в.д.). СПК основан на разработанной Волковой Е.В. Комплексной пороговой методике (КПМ) автоматической классификации спутниковых данных [2] и СПК «SEVIRI-Europe» [1]. КПМ использует измерения SEVIRI/Meteosat-8 в каналах 1, 2, 4-10, а также их разности. Дополнительно к ним − прогностические поля (NCEP GFS, пространственное разрешение 0,5°, сроки 0, 6, 12 и 18 ч ВСВ, заблаговременность 0 и 6 ч) о вертикальном распределении температуры воздуха в атмосфере и атмосферном давлении на уровне моря, цифровую карту рельефа, а также параметры облачности и осадков, полученные на предыдущих этапах классификации. КПМ дешифрирует и классифицирует параметры облачности, осадков и ОЯП по косвенным признакам попиксельно пороговым методом. Пороговые значения предикторов рассчитываются для каждого пиксела спутникового изображения по эмпирически полученным функциям от высоты места над уровнем моря, высоты солнца, номера календарного дня, приземной температуры воздуха, угла спутникового визирования, географической широты и др. (см. табл. 1). В КПМ соблюдается строгий порядок выполнения этапов классификации, т.к. параметры облачности, осадков и ОЯП, полученные на ранних этапах классификации, используются в дальнейшем (см. рис. 1). Выделение классов/градаций происходит по нарастающей − от отсутствия явления к его максимальному значению.

Выходные продукты СПК по облачности, осадкам и ОЯП получаются в оперативном режиме для каждого срока спутникового наблюдения с исходным разрешением спутниковой информации для большого региона «Европа+Россия» и с высоким разрешением на регулярной сетке 0,025° (1,5') для регионов «ЕТР» (41,75-68,0° с.ш. и 15,0-62,5° в.д.) и «Западная Сибирь» (41,75-68,0° с.ш. и 50,0-97,5° в.д.): облачная маска (2 класса), типы облачности (13 классов), максимальные водность облачного слоя (г/м3, 7 градаций), водозапас облачного слоя (кг/м2, 9 градаций), температура верхней границы облачности (ВГО) (К или оС, 16 градаций или в точных значениях), высота ВГО над уровнем моря (м или км, 16 градаций или в точных значениях), барическая высота ВГО (гПа, 16 градаций или в точных значениях), высота нижней границы облачности (НГО) над поверхностью земли (км, 4 градации), фазовое состояние воды в облачных частицах в слое вблизи ВГО (4 класса), толщина облачного слоя (км, 13 градаций), оптическая плотность облачного слоя (11 градаций), оптическая толщина облачного слоя (14 градаций), эффективный радиус облачных частиц (мкм, 8 градаций), максимальная мгновенная интенсивность осадков (мм/ч, 7 градаций), тип осадков у поверхности земли (12 классов), суточные, месячные и годовые суммы осадков (мм, в точных значениях), зоны гроз, града и обледенения разной интенсивности (по 4 класса), а также высота верхней и нижней границ над уровнем моря слоя обледенения каждой интенсивности (км, по 10 градаций) (см. рис. 2-13). Значения детектируемых параметров облачности – средние для пиксела (кроме максимальной мгновенной интенсивности осадков), поэтому в его пределах возможны облачные участки как с более высокими, так и низкими значениями или с другими классами облачности и типа осадков.

На примере архива синхронных спутниковых и наземных метеонаблюдений за 2018 г. была проведена валидация выходных продуктов СПК данными наземных наблюдений на метеостанциях, а также выполнено сопоставление с аналогичными оценками, полученными КПМ по данным SEVIRI/Meteosat-11 (точка стояния 0° в.д.) за 2018 г. [1], и с климатической информацией. Результаты сопоставления показывают хорошее качество получаемых выходных продуктов КПМ (см. табл. 2 и 3). Они не уступают по точности зарубежным аналогам, получаемым в рамках проектов SAF NWC и SAF CM EUMETSAT (http://www.cmsaf.eu), и, в основном, удовлетворяют предъявляемым к ним пользователями требованиям, поэтому могут быть рекомендованы к использованию в качестве равноценной замены наземным метеонаблюдениям для мезомасштабного мониторинга облачного покрова и его параметров как в оперативном режиме, так и для климатических исследований. Подавляющее большинство параметров облачности, осадков и ОЯП детектируется с точностью ±1 класс/градация в 70-95 % случаев и ±2 класса/градации в 80-100 % случаев (в зависимости от детектируемого параметра, сезона, региона, времени суток и др.). Грубых ошибок выявлено не было. Наиболее точно КПМ работает для территории России. Для некоторых южных территорий (особенно для Адриатического и Эгейского морей, а также юга Каспия) возможны ошибки оценок параметров облачности и осадков (обычно в сторону завышения на 1 (реже 2) градации).

Несмотря на то, что для многих детектируемых КПМ параметров облачности количественная валидация независимыми наблюдениями или инструментальными измерениями не проводилась, однако хорошая точность классификации подтверждается косвенно, т.к. эта информации используется при детектировании зон осадков, грозы и града разной интенсивности, точность которых может быть подтверждена данными наземных наблюдений.

В настоящий момент результаты работы СПК проходят апробацию в СЦ ФГБУ «НИЦ «Планета». Для обеспечения оперативного получения потребителями информационных продуктов создано программное обеспечение, позволяющее регулярно получать согласованный набор из нескольких наименований продуктов с разной периодичностью (минимально – 15 мин). Скаченные продукты представлены в виде растровых файлов, которые могут быть просмотрены в режиме слайдшоу непосредственно на мониторе дежурного синоптика. Время получения полного набора выходных продуктов, включая первичную обработку спутниковых данных и их передачу пользователю, не превышает 2-3 мин. Автоматическая обработка запускается сразу после поступления всех исходных данных в соответствующие базы данных.

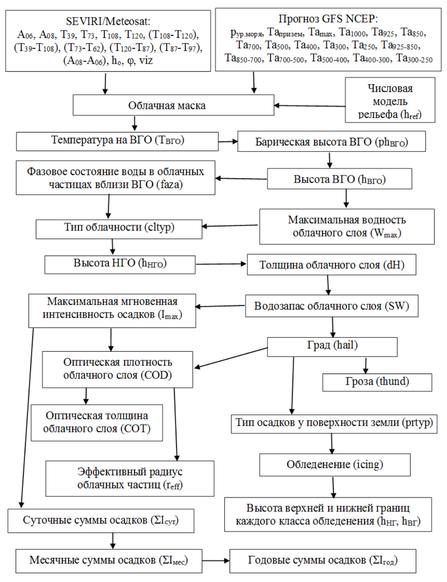

Рис. 1. Схема работы КПМ для данных SEVIRI/Meteosat в составе СПК

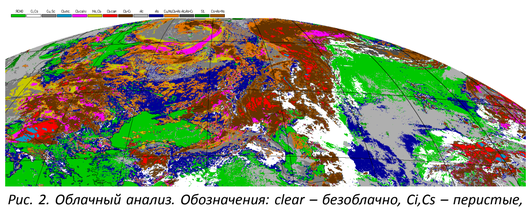

Рис. 2. Облачный анализ. Обозначения: clear – безоблачно, Ci,Cs – перистые, Cu,Sc – кучевые, Ac – высоко-кучевые, As – высоко-слоистые, St – слоистые,Cbinc – мощные кучево-дождевые волосатые, Cbcalv – кучево-дождевые лысые, Cbcap – мощные кучево-дождевые с перистыми, Ns,Cb – слоисто-дождевые и кучево-дождевые, Cb+Ci – облачность верхнего яруса над облаками большого вертикального развития, NsAsCs – многоярусная фронтальная облачность типа Ns-As-Cs, med+Ci – облачность верхнего яруса над Cu hum, Ac или As, low+As – облачность среднего яруса над нижней

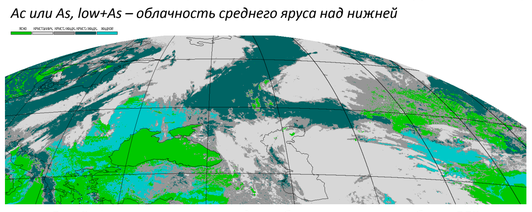

Рис. 3. Фазовое состояние воды в облачных частицах вблизи ВГО

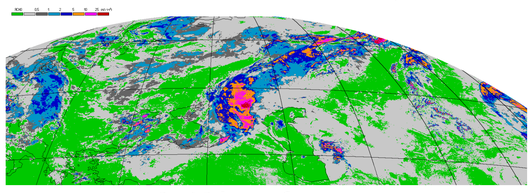

Рис. 4. Водозапас облачного слоя

Таблица 1. *Детектируемые КПМ по данным SEVIRI/Meteosat-8 параметры облачного покрова, осадков и ОЯП, их классы/градации и необходимые для классификации предикторные характеристики*

Параметр (ед. измер.)	*обозначение*	*классы/градации*	*предикторы*	*пороговые значения*
Облачная маска	КОО	облачно, безоблачно	T_{108}, (T_{39}-T_{108}), (T_{120}-T_{87}), A_{06}, (A_{06}-A_{08}), $Ta_{приземн}$, h_{ref}	h_o, $Ta_{ур.моря}$, Ta_{500}, (Ta_{700}-Ta_{500}), Ta_{400}, viz, h_{ref}, Ta_{max}
Температура ВГО (К, °С)	$T_{ВГО}$	точные значения или градации	(T_{120}-T_{87}), (T_{108}-T_{120}), (T_{39}-T_{108}), T_{108}, T_{120}, Ta_{max},$Ta_{ур.моря}$, data	
Барическая высота ВГО (гПа)	$ph_{ВГО}$	точные значения или градации	$T_{ВГО}$, $p_{ур.моря}$, Ta_{max}, φ, h_{ref}	
Высота ВГО (м, км)	$h_{ВГО}$	точные значения или градации	$ph_{ВГО}$, $p_{ур.моря}$, $Ta_{приземн}$, φ, h_{ref}	
Фазовое состояние воды в облачных частицах на ВГО	faza	кристаллические, водяные, смешанные: жидк.>крист., жидк.<крист.	T_{39}, (T_{120}-T_{87}), (T_{108}-T_{120}), $h_{ВГО}$, $T_{ВГО}$	data, h_o, φ, $Ta_{ур.моря}$
Максимальная водность облачного слоя (г/м^2)	W_{max}	0, 0-0,15, 0,15-0,3 0,3-0,5, 0,5-1, 1-3, 3-10, >10	(T_{108}-T_{120}), (T_{39}-T_{108}), T_{108}, (T_{73}-T_{62}), $h_{ВГО}$	$Ta_{700-500}$, Ta_{500}, Ta_{400}, $Ta_{500-400}$, Ta_{300}, Ta_{250}, φ, $Ta_{ур.моря}$, Ta_{max}, $Ta_{приземн}$, h_{ref}, h_o, viz, data
Тип облачности	cltyp	CiCs, CuSc, Cbinc, Cbcalv, NsCb, Cbcap, low+Ci, AcCu, As, low+As, med+Ci, St, Cs+As+Ns	T_{108}, (T_{108}-T_{120}), (T_{73}-T_{62}), T_{73}, (T_{120}-T_{87}), (T_{87}-T_{97}), $h_{ВГО}$, W_{max}, faza	data, h_{ref}, $Ta_{ур.моря}$, Ta_{700}, $Ta_{700-500}$, Ta_{500}, Ta_{400}, Ta_{300}, φ, h_o
Высота НГО (км)	$h_{НГО}$	<1,5, 1,5-3, 3-5, >5	cltyp, W_{max}, T_{108}, (T_{108}-T_{120}), (T_{73}-T_{62}), (T_{120}-T_{87}), $h_{ВГО}$	φ, data, h_{ref}, W_{max}, $h_{ВГО}$, Ta_{500}, $Ta_{ур.моря}$
Толщина облачного слоя (км)	dH	<0,5, 0,5-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8, 8-9, 9-10, 10-11, 11-12, >12	$h_{НГО}$, $h_{ВГО}$, h_{ref}	
Водозапас (кг/м^2)	SW	<0,5, 0,5-1, 1-2, 2-5, 5-10, 10-25, >25	cltyp, W_{max}, $h_{НГО}$, dH	Ta_{max}, (T_{108}-T_{120}), W_{max}, data
Максимальная мгновенная интенсивность осадков (мм/ч)	I_{max}	0, <0,5, 0,5-3, 3-10, 10-20, 20-50, 50-100, >100	(T_{108}-T_{120}), (T_{120}-T_{87}), (T_{73}-T_{62}), T_{108}, $T_{ВГО}$, W_{max}, SW, faza, $Ta_{приземн}$, $h_{ВГО}$, $h_{НГО}$	data, h_o, h_{ref}, $Ta_{ур.моря}$, $Ta_{700-500}$, Ta_{500}, Ta_{400}, Ta_{300}
Град	hail	без града, град в облаках/ слабый, умеренный, сильный град	cltyp, W_{max}, SW, $T_{ВГО}$, T_{108}, (T_{73}-T_{62}), faza, $h_{ВГО}$	h_{ref}, $Ta_{ур.моря}$, data, h_o, Ta_{400}, Ta_{300}, Ta_{250}
Гроза	thund	без грозы, слабая, умеренная, сильная гроза	hail, cltyp, W_{max}, SW, $T_{ВГО}$, $h_{ВГО}$, (T_{73}-T_{62}), (T_{87}-T_{97}), T_{108}	h_o, h_{ref}, data, $Ta_{ур.моря}$, Ta_{300}, Ta_{250}
Тип осадков у поверхности земли	prtyp	без осадков, слабый, умеренный и сильный снег, мокрый снег/снег+дождь, ледяной дождь, морось, слабый, умеренный и сильный дождь, ливень, снежная крупа, град у земли	I_{max}, hail, W_{max}, Ta_{max}, $Ta_{приземн}$, $T_{ВГО}$, $h_{ВГО}$, h_{ref}, T_{108}, (T_{73}-T_{62}), Ta_{925}, $Ta_{925-850}$, Ta_{850}, $Ta_{850-700}$, Ta_{700}, $Ta_{700-500}$, Ta_{500}, $Ta_{500-400}$, Ta_{400}	h_{ref}, φ, $Ta_{ур.моря}$, I_{max}, hail, $Ta_{850-700}$
Оптическая плотность облачного слоя	COD	<5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, >70	cltyp, W_{max}, I_{max}, hail, $h_{НГО}$, faza	constant
Оптическая толщина облачного слоя	COT	<5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-75, 75-100, 100-150, 150-200, 200-250, 250-300, 300-400, >400	COD, dH, (T_{108}-T_{120}), $Ta_{ур.моря}$	
Эффективный радиус облачных частиц (мкм)	R_{eff}	<5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, >35	cltyp, I_{max}, faza, COD	constant
Обледенение	icing	без обледенения, слабое, умеренное, сильное обледенение	W_{max}, I_{max}, $h_{НГО}$, prtyp, $p_{ур.моря}$, $Ta_{ур.моря}$, $T_{ВГО}$, $Ta_{приземн}$, h_{ref}, φ	$ph_{ВГО}$
Высота верхней и нижней границ обледенения (км) каждой интенсивности	ВГ, НГ	<1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8, >8	$ph_{ВГО}$, $h_{НГО}$, $p_{ур.моря}$, $Ta_{ур.моря}$, h_{ref}, φ	constant
Суточные суммы осадков (мм)	$ΣI_{сут}$	точные значения или градации	I_{max}, data	
Месячные суммы осадков (мм)	$ΣI_{мес}$	точные значения или градации	$ΣI_{сут}$	
Годовые суммы осадков (мм)	$ΣI_{год}$	точные значения или градации	$ΣI_{год}$	

Примечание. href – высота места над уровнем моря, φ – географическая широта, ho – высота солнца, viz – угол спутникового визирования, data – параметр, зависящий от номера календарного дня, pур.моря – давление на уровне моря, Таур.моря – температура воздуха на уровне моря, Тапризем – приземная температура воздуха, Тамах – температура воздуха, максимальная в атмосферном столбе, Тапnn – температура воздуха на уровне nnn гПа, Тапnn1-nnn2 – температура воздуха между уровнями nnn1 и nnn2 гПа, A06 и A08 – альбедо λ=0,6 и 0,8 мкм (каналы 1 и 2),T39, T62, T73, T87, T97, T108, T120 – радиационная температура λ=3,9, 6,2, 7,3, 8,7, 9,7, 10,8 и 12,0 мкм (каналы 4-10)

Таблица 2. *Валидация спутниковых оценок КПМ в составе СПК «SEVIRI-Russia» по данным SEVIRI/Meteosat-8 (41,5° в.д.) результатами наземных наблюдений на метеостанциях (2018 г.)*

валидируемый параметр	*критерий качества*	*класс параметра*	*точность КПМ**			*примечание*
			«Европа+Россия»	*«ЕТР»*	*«Западная Сибирь»*	
Облачная маска	**dev, окт.**	**9 классов/градаций**	**-1,7- -0,8**	**-1,5- -0,3**	**-2,3- -1,0**	**в зависимости от сезона и времени суток**
	|dev|, окт.		**1,9-3,1**	**1,7-3,1**	**1,8-3,5**	
	СКО, окт.		**2,9-4,4**	**2,7-4,4**	**2,8-4,8**	
	Err_1, %		**46-61**	**47-66**	**41-54**	
	Err_2, %		**54-73**	**55-77**	**49-75**	
	Err_3, %		**61-81**	**62-84**	**56-84**	
	POD, %	«ясно» (0-1 окт.)	31-70	26-70	24-62	
		«разорв. обл.» (2-6 окт.)	21-59	18-64	23-64)	
		«сплош. обл.» (7-8 окт.)	49-63	50-68	15-56	
	FAR, %	«ясно» (0-1 окт.)	40-81	35-79	46-93	
		«разорв. обл.» (2-6 окт.)	79-88	79-88	81-93	
		«сплош. обл.» (7-8 окт.)	1-33	2-46	1-26	
	HR, %	3 класса	47-62	48-67	42-56	
	POD,%	**«ясно»**	**23-75**	**29-80**	**8-69**	
		«облачно»	**83-99,8**	**79-99,8**	**89-99,8**	
	FAR, %	**«ясно»**	**1,6-64**	**1,7-70**	**4-70**	
		«облачно»	**15-29**	**11-25**	**10-40**	
	HR,%	**2 класса**	**64-89**	**66-92**	**57-91**	
	KSS		**0,05-0,72**	**0,16-0,79**	**-0,03-0,67**	
Высота НГО	POD,%	$h_{НГО}$≤1,5 км	80-95	76-91	85-98	в зависимости от сезона и времени суток
		$h_{НГО}$>1,5 км	49-81	47-81	57-86	
	FAR, %	$h_{НГО}$≤1,5 км	11-33	10-36	13-24	
		$h_{НГО}$>1,5 км	12-49	13-53	4-39	
	HR, %	2 класса	69-89	67-90	77-90	
Зоны осадков разной интенсивности	**POD, %**	**осадки**	**81-98**	**80-98**	**82-98**	**в зависимости от сезона, времени суток и способа валидации**
		без осадков	**57-81**	**58-82**	**55-81**	
	POO, %	**осадки**	**84-99**	**49-92**	**52-96**	
	FAR, %	**осадки**	**8-50**	**8-51**	**5-48**	
	HR, %	**2 класса**	**71-86**	**72-86**	**71-88**	
	POD, %	**слабые осадки**	**62-87**	**62-87**	**62-87**	
		умеренные осадки	**67-89**	**66-87**	**66-92**	
		сильные осадки	**27-73**	**23-71**	**28-69**	
Тип осадков	POD, %	дождь	59-62	57-61	52-56	в зависимости от способа валидации (среднее по выборке)
	POO, %		61-80	61-78	59-90	
	POD, %	снег	51-67	54-70	70-76	
	POO, %		55-71	55-74	64-72	
	POD, %	остальное	16-19	14-17	16-19	
	POO, %		64-94	63-94	70-97	
Град	**POD, %**	**град в облаках**	**7-84**	**5-86**	**3-80**	**в зависимости от способа валидации и времени суток (тёплое время года)**
	POO, %		**<74**	**<75**	**<84**	
	POD, %	**выпадение града**	**1,5-2,5**	**1,5-2,5**	**1,5**	
	POO, %		**77-95**	**79-96**	**75-99**	
Гроза	POD, %	слабая гроза	30-74	29-76	34-73	в зависимости от способа валидации и времени суток (тёплое время года)
		умеренная гроза	16-57	16-60	29-57	
		сильная гроза	2-20	2-23	1-12	
	POO, %	слабая гроза	19-37	21-41	18-34	
		умеренная гроза	37-55	38-58	16-42	
		сильная гроза	68-74	69-76	71-83	
Суточные суммы осадков	**dev, мм**	-	**-1- 0,8**	**-0,7- 1,1**	**-1,1- 0,8**	**средние за месяц, в зависимости от сезона**
	|dev|, мм		**1,1-2,0**	**1,0-1,8**	**0,9-1,8**	
	СКО, мм		**3,0-5,1**	**2,8-5,5**	**1,8-3,9**	
	HR (<1мм),%		**58-83**	**62-84**	**64-80,5**	
	HR (<2,5мм),%		**79-91**	**83-92,5**	**80-92**	
	HR (<5мм),%		**92-96,5**	**90-97**	**91-98**	
	dev, мм		-0,2	0,0	-0,3	среднее за год
	|dev|, мм		1,4	1,3	1,3	
	СКО, мм		4,0	3,8	3,1	
	HR(<1мм),%		72	73	69	
	HR (<2,5мм),%		86	87	86	
	HR(<5мм),%		94	94	94	

*Примечание. * - указаны средние для подпериодов выборки значения*

Таблица 3. *Средние, минимальные и максимальные для трёх регионов значения параметров облачного покрова, осадков и ОЯП, полученные для всей облачности (2018 г., SEVIRI/Meteosat-8 (41,5° в.д.))*

параметр облачности	*«Европа+Россия»*			*«ЕТР»*			*«Западная Сибирь»*		
	среднее за 2018 г.	*диапазон средних[1]*	*абс. мин. и макс[2]*	*среднее за 2018 г.*	*диапазон средних[1]*	*абс. мин. и макс.[2]*	*среднее за 2018 г.*	*диапазон средних[1]*	*абс. мин. и макс.[2]*
CFC, %	**71**	57-88	9-100	**70**	57-89	23-100	**78**	61-94	23-100
Ci,Cs[3], %	**2,1**	~0,0-7,6	-	**2,0**	~0,0-7,2	-	**2,2**	~0,0-7,5	-
Cu,Sc[3], %	**9,4**	5,5-15,5	-	**10,2**	4,4-19,5	-	**9,1**	6,0-11,6	-
Cb inc.[3], %	**1,2**	0,8-1,6	-	**0,9**	0,4-1,6	-	**1,0**	0,7-1,2	-
Cb calv.[3], %	**1,4**	0,4-3,0	-	**1,4**	0,3-3,0	-	**1,4**	0,2-3,1	-
Ns,Cb[3], %	**4,2**	2,3-6,9	-	**4,6**	2,1-8,3	-	**4,1**	2,2-6,1	-
Cb cap.[3], %	**2,4**	1,4-3,4	-	**1,8**	0,9-3,1	-	**1,9**	0,6-3,5	-
Cb+Ci[3], %	**20,0**	18,1-21,1	-	**17,8**	16,2-20,3	-	**16,9**	14,7-21,4	-
Ac,Cu[3], %	**18,2**	14,1-27,7	-	**15,2**	8,4-23,5	-	**17,7**	14,6-31,4	-
As[3], %	**11,5**	10,4-14,1	-	**12,1**	9,6-15,8	-	**12,1**	6,6-14,8	-
low+As[3], %	**17,0**	8,7-26,4	-	**20,8**	11,7-30,7	-	**21,0**	8,8-34,8	-
med+Ci[3], %	**3,2**	0,6-7,2	-	**2,8**	0,2-7,5	-	**2,1**	0,1-5,6	-
St[3], %	**3,2**	1,4-5,7	-	**3,7**	1,6-6,5	-	**4,9**	2,5-9,5	-
CsAsNs[3,%]	**6,3**	5,7-6,8	-	**6,7**	5,3-7,7	-	**5,8**	5,1-6,3	-
Твго, К	**250,2**	245-256	225-284	**249,7**	245-254	234-278	**249,2**	243-256	227-278
$ph_{ВГО}$, гПа	**543**	496-577	283-733	**563**	498-613	380-728	**576**	519-624	308-728
$h_{ВГО}$, км	**5,27**	4,87-6,10	2,69-9,02	**4,95**	4,21-6,04	2,69-8,02	**4,77**	4,08-5,77	2,69-8,33
Faza лед.[3], %	**42**	33-49	-	**41**	35-45	-	**42**	33-51	-
Faza л>ж[3], %	**40**	35-44	-	**43**	38-48	-	**40**	33-44	-
Faza ж>л[3], %	**8**	5-13	-	**9**	5-18	-	**9**	4-13	-
Faza жид.[3], %	**10**	2-18	-	**7**	2-13	-	**9**	1-18	-
W_{max}, г/м^3	**0,55**	0,44-0,74	0,15-2,52	**0,53**	0,39-0,74	0,21-1,96	**0,50**	0,38-0,67	0,18-1,79
$h_{НГО}$<1,5 км[3], %	**64,4**	56-74	-	**64,3**	55-76	-	**67,5**	60-73	-
$h_{НГО}$=1,5-3км[3], %	**25,4**	24-30	-	**25,4**	22-30	-	**24,9**	22-28	-
$h_{НГО}$=3-5 км[3], %	**7,4**	2-13	-	**7,4**	2-14	-	**4,9**	1-9	-
$h_{НГО}$>5 км[3], %	**2,8**	0,1-9	-	**2,8**	0,1-9	-	**2,7**	~0-9	-
dH, км	**3,61**	3,41-4,05	0,68-7,19	**3,58**	3,21-4,25	1,27-5,47	**3,27**	2,83-3,89	1,04-6,54
SW, кг/м^2	**0,97**	0,73-1,36	0,25-4,52	**0,93**	0,65-1,37	0,30-3,75	**0,87**	0,60-1,23	0,26-3,30
I, мм/ч	**5,0**	3,0-10,6	1,2-39,9	**4,5**	2,4-10,0	1,2-30,3	**4,2**	2,4-8,9	1,2-23,7
Град в обл.[3], %	**2,4**	0,8-4,9	0-25	**2,2**	0,5-4,8	0-19	**2,0**	0,4-4,1	0-17
Гроза[3], %	**1,7**	0,6-3,4	0-19	**1,5**	0,3-3,2	0-14	**1,4**	0,4-2,8	0-15
без осадков[3], %	**45,3**	34-59	-	**44,1**	33-58	-	**42,2**	29-56	-
слаб.снег[3], %	**4,3**	0,4-7	-	**5,1**	0,4-10	-	**6,9**	1-12	-
умер.снег[3], %	**9,6**	0,5-21	-	**12,2**	0,4-26	-	**15,8**	1-33	-
сильн.снег[3], %	**1,2**	0,2-2	-	**1,6**	0,1-3	-	**1,9**	0,3-3	-
мокр.снег[3], %	**3,2**	1-5	-	**4,1**	1-7	-	**3,0**	2-4	-
лед.дождь[3], %	**0,0**	0-0,1	-	**0,0**	0-0,1	-	**0,1**	0-0,1	-
морось[3], %	**7,3**	5-10	-	**7,7**	4-11	-	**6,1**	2-10	-
слаб.дож.[3], %	**14,1**	13-16	-	**13,2**	11-16	-	**9,7**	6-16	-
умер.дож.[3], %	**5,9**	2-6	-	**5,3**	4-8	-	**4,9**	3-9	-
сильн.дож.[3], %	**4,0**	0,4-3	-	**3,4**	1-6	-	**3,4**	1-6	-
ливень[3], %	**1,6**	2-6	-	**1,5**	0,2-3	-	**1,4**	0,1-3	-
снеж.крупа[3], %	**3,1**	0,2-3	-	**1,4**	0,1-3	-	**4,3**	0,4-8	-
град у земли[3], %	**0,4**	0,1-1	-	**0,4**	0-1	-	**0,2**	0-0,6	-
COD	**18,1**	18-19	7-31	**17,8**	17-19	10-28	**17,5**	16-20	10-31
COT	**57**	53-65	8-153	**55**	48-66	19-128	**51**	43-62	13-131
R_{eff}, мкм	**13,7**	13-16	7-27	**13,7**	13-16	7-27	**13,8**	13-14	7-23
без облед., %	**35,0**	30-42	-	**32,5**	21-39	-	**35,8**	29-42	-
слаб. облед.[3], %	**41,6**	31-49	-	**45,1**	33-55	-	**42,7**	30-54	-
умер.облед.[3], %	**15,8**	14-17	-	**15,6**	14-18	-	**14,7**	14-18	-
сил. облед.[3], %	**7,7**	5-11	-	**6,8**	3-11	-	**6,7**	3-11	-
ΣIсут, мм	**1,83**	0,7-3,3	0-128	**1,60**	0,7-2,5	0-106	**1,73**	0,9-3,0	0-106
ΣIмес, мм	**70,4**	34-105	0-760	**65,1**	35-128	0-598	**70,2**	30-116	0-760
ΣIгод, мм	**845**	-	97-2382	**782**	-	230-1789	**843**	-	142-2246

Примечание. [1] - в зависимости от сезона и времени суток (среднее за подпериод выборки), [2] - абсолютные минимальные и максимальные по региону значения для подпериода выборки (в зависимости от сезона и времени суток), [3], % - повторяемость

Литература

1. Волкова Е.В., Кухарский А.В. «Специализированный программный комплекс получения оценок параметров облачности и осадков по данным радиометра SEVIRI с геостационарного метеоспутника Meteosat-10, -11 для Европейской территории России и Европы» // Сборник тезисов Шестнадцатой Всероссийской открытой конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". Москва, ИКИ РАН, 12-16 ноября 2018 г. С. 168. ISBN 978-5-00015-018-4. doi:10.21046/2070-16DZZconf-2018a.

2. Волкова Е.В., Успенский А.Б. Оценки параметров облачного покрова по данным геостационарного МИСЗ Meteosat-9 круглосуточно в автоматическом режиме // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т. 7. № 3. С. 16-22.