

Рис. 1. Среднемесячные средние по региону dev-METEO-Exeter для Psea для 8 стандартных сроков (ВСВ). Примечание. Exeter – анализ или прогноз, METEO – измерение на метеостанции

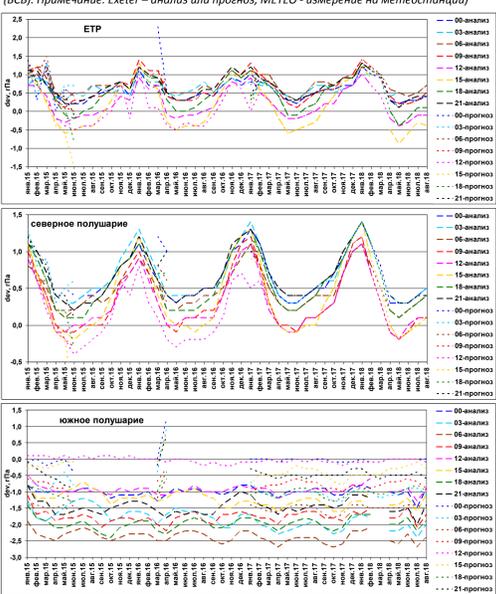


Рис. 2. Среднемесячные средние по региону SKO значений Psea (отличие численного анализа от прогноза Exeter от измерений на метеостанциях для 8 стандартных сроков (ВСВ))

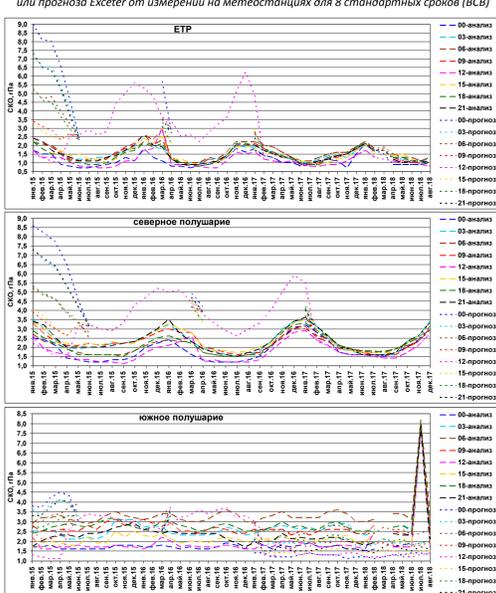


Рис. 3. Среднемесячные средние по региону dev и SKO значений Psea по данным прогноза NCEP00 от измеренного на метеостанциях для 8 стандартных сроков (ВСВ)

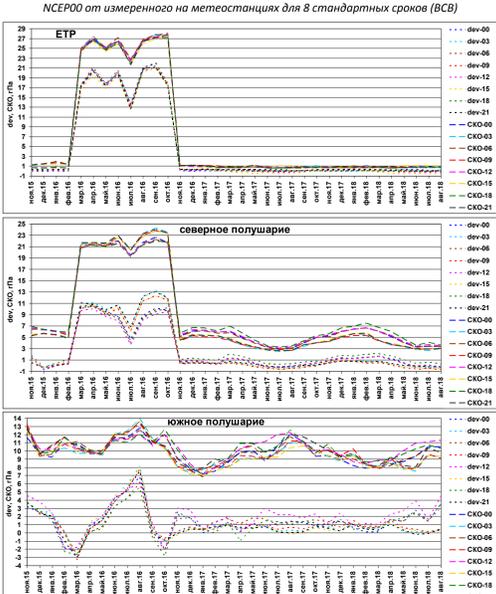


Рис. 4. Среднемесячные средние по региону dev и SKO значений Psea по данным прогноза Exeter от значений Psea по данным анализа Exeter для 2х стандартных сроков (ВСВ)

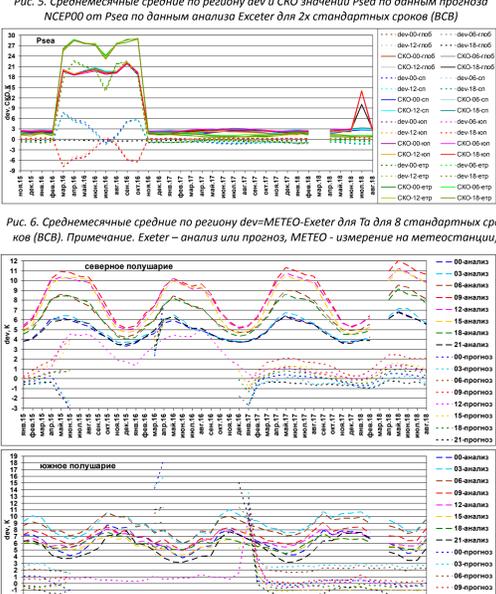
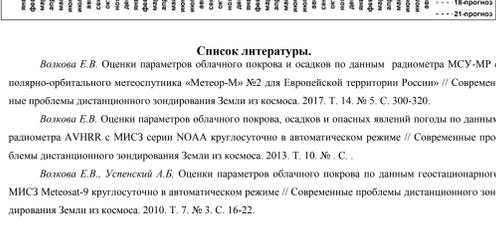


Рис. 5. Среднемесячные средние по региону dev и SKO значений Psea по данным прогноза NCEP00 от Psea по данным анализа Exeter для 2х стандартных сроков (ВСВ)



Данные о температуре приземного слоя воздуха (Ta) необходимы при детектировании облачной маски по спутниковым данным, т.к. с ними сравнивается измеренная со спутника радиационная температура ($\lambda=11 \mu\text{m}$). Если значения Ta окажутся выше спутниковых оценок, то к безоблачным, если ниже – то к безоблачным. Этот алгоритм достаточно прост и хорошо работает в дневных условиях над большей частью поверхности земли в тёплое время года. В остальное время его необходимо дополнять другими процедурами, т.к., например, в условиях температурной инверсии облака могут оказаться теплее приземного воздуха. Сведения о Ta необходимы также при определении влажности оптически неплотных облаков, а также интенсивности и типа осадков, вероятности и интенсивности опасных явлений погоды и др. При этом точность детектирования облачности и определения её параметров будет сильно зависеть от точности используемой дополнительной информации о Ta. Среди другой используемой для классификации облачности и осадков по спутниковым данным дополнительной информации часто применяется атмосферное давление на уровне моря (Psea) и температура воздуха на стандартных барических уровнях (Ta-r – барический уровень в гПа).

Авторами проведено сопоставление точности разных видов информации (численный анализ и прогноз (Exeter, Великобритания), прогноз NCEP GFS (National Centers for Environmental Prediction, Global Forecast System, США) с разной заблаговременностью) друг с другом и с наземными наблюдениями на метеостанциях о Ta, Psea и Ta-r в т.ч. с разным пространственным и временным разрешением. Исследования выполнены отдельно для северного и южного полушарий и суммарно для всего земного шара, а также для Европейской территории России (ETP) и сопредельных стран за несколько лет.

Анализируемые данные

Создана Волковой Е.В. в «НИЦ «Планета» Комплексная пороговая методика (КИМ) в трех версиях для данных радиометра AVHRR с полярно-орбитального МИСЗ серии NOAA (Волкова, 2013), сканера MCV-MP с полярно-орбитального МИСЗ Meteor-M №2 (Волкова, 2017) или радиометра SEVIRI с геостационарного МИСЗ Meteosat-8,9,10 (Волкова, Успенский, 2010) использует поля Ta, Psea и Ta-r (стандартные барические уровни: 1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250 и 200 гПа) численного анализа и/или прогноза Exeter с пространственным разрешением 2,5', получаемые из БД Гидрометцентра РФ 2 раза в сутки (0 и 12 ч ВСВ) для всего земного шара, или прогноза NCEP с пространственным разрешением 0,5', получаемые из БД Гидрометцентра РФ 4 раза в сутки (0, 6, 12 и 18 ч ВСВ) для территории 70° с.ш. – 70° ю.ш., 0–150° в.д. В процессе работы КИМ осуществляется пространственная интерполяция этих данных (из 4х ближайших узлов сетки для лобного пикселя спутникового изображения или для координат метеостанции). А также проводится временная интерполяция для каждого срока спутниковых наблюдений (интерполяция значений для 2х соседних сроков с учётом временных промежутков).

При проведении сопоставления точности разных видов прогностической информации данные анализа Exeter были доступны, начиная с февраля 2000 г., данные прогноза Exeter – с января 2011 г., данные NCEP00 – с ноября 2015 г., данные NCEP06 – с июня 2017 г. – всё по апрель 2018 г. Дополнительно использовались результаты наземных наблюдений на метеостанциях за температурой приземного воздуха на высоте 2 м (Ta2) и атмосферным давлением, приведённым к уровню моря (Psea), получаемые из БД Гидрометцентра РФ с февраля 2000 г. по апрель 2015 г.

В ходе проведённых исследований было выявлено следующее:

1) **атмосферное давление, приведённое к уровню моря.** Информация о Psea по данным анализа и прогноза Exeter, а также прогнозов NCEP с разной заблаговременностью слабо отличается друг от друга и от наземных наблюдений за Psea, особенно начиная с 2017 г.: среднемесячные средние по региону значения dev (для любых сочетаний контрольных и тестируемых данных) в основном не превышают $\pm 1-2$ гПа для разных регионов и месяцев (для отдельных точек, в т.ч. метеостанций, сроков и дней однако возможны значения dev до $\pm 100-140$ гПа) (см. рис. 1-5). Среднемесячные средние по региону значения SKO преимущественно не превышают ± 7 гПа, особенно для северного полушария (для южного полушария и данных NCEP при сопоставлении с наземными наблюдениями среднемесячные значения SKO больше – в среднем 7-12 гПа). Сезонный и суточный (для разных сроков) ходы среднемесячных значений dev и SKO для северного полушария обычно хорошо выражены; для южного полушария они либо мало заметны, либо отсутствуют. Для региона «ETP» годовые амплитуды значений dev и SKO, а также локальные экстремумы dev заметно меньше, чем для северного полушария в целом. Данные прогнозов Exeter и NCEP иногда испытывают достаточно сильные и резкие «выскипы» значений dev и SKO на протяжении как одного, так и нескольких месяцев (например, в 2016 г., в июле 2018 г. и др.). Для данных анализа Exeter такое поведение значений dev и SKO на рассматриваемом промежутке времени замечено не было. Таким образом, все 4 вида информации о Psea достаточно точно описывают реальную ситуацию в целом при сопоставлении с наземными наблюдениями и взаимозаменяемы (особенно для северного полушария, в т.ч. ETP; для южного полушария прогнозы NCEP менее точны). Однако для южного полушария, а также высокогорий следует ожидать немного больше отличий между данными анализа и прогноза Exeter и данными прогнозов NCEP, чем для северного;

2) **температура приземного воздуха.** Относительно наземных измерений на метеостанциях оценки Ta по данным анализа Exeter оказываются, в целом, сильно заниженными (на 4-11 К (SKO=4-14 К) в зависимости от срока), особенно для срока 12 ч ВСВ ± 3 ч (см. рис. 6 и 7). Точность прогноза Exeter слабо зависит от срока (среднемесячные значения dev обычно не более $\pm 2,5$ К, а SKO=2-6 К в зависимости от срока, региона и сезона). Максимум ошибок приходится на тёплый период года и 9-15 ч ВСВ, минимум – на холодный и 0-3 ч ВСВ; в южном полушарии годовой ход значений dev более сглаженный (меньше годовая амплитуда среднемесячных значений), чем в северном. Для северного полушария прогнозы NCEP обычно на 1-6 К завышают (в зависимости от месяца и срока), а для южного на столько же занижают значения Ta отно-

сительно наземных измерений (SKO=4-20 К) (см. рис. 8). Сезонный и суточный ходы среднемесячных средних по региону значений dev и SKO сильно варьируются для северного полушария, чем для южного. Различия оценок Ta между анализом и прогнозом Exeter, в целом, для северного и южного полушарий составляют 4-6 К (SKO=4-10 К) практически независимо от срока, сезона и региона (однако для «ETP» для летних месяцев и срока 12 ч ВСВ значения dev могут достигать 14 К (SKO до 16 К) (см. рис. 9). Оценка Ta по данным анализа Exeter оказывается заниженными и относительно прогноза NCEP на 2-15 К (SKO=3-18 К) в зависимости от региона, сезона и срока (максимум различий летом для 6 и 12 ч ВСВ для северного полушария и особенно «ETP»; для южного полушария различия минимальны) (см. рис. 10). Отличие оценок Ta прогноза Exeter от прогноза NCEP заметно меньше (см. рис. 11), в зависимости от срока, сезона и региона значения dev не более ± 3 К, SKO=2-10 К; для северного полушария и особенно «ETP» летом для срока 6 и 12 ч прогноз NCEP заметно завышает значения Ta относительно прогноза Exeter, а зимой, наоборот, на столько же занижает; для южного полушария различия минимальны. Различия (dev) между прогнозами NCEP с разной заблаговременностью для разных сроков, сезона и регионов в основном не превышают $\pm 0,5$ К, а SKO не более 1 К (в среднем за месяц и по региону); для северного полушария, в т.ч. и «ETP», различия больше, чем для южного. Таким образом, данные о Ta прогнозов Exeter и NCEP можно условно считать положительными и взаимозаменяемыми (особенно для южного полушария и над океанами), хотя для отдельных точек, сроков и дней значения dev могут достигать 3-40 К. Заблаговременность прогнозов NCEP практически не влияет на качество оценок Ta. Для северного полушария и особенно «ETP» взаимозаменяемость прогнозов Exeter и NCEP следует с особой осторожностью. Данные анализа Exeter о Ta (особенно для срока 12 ч ВСВ и северного полушария (особенно для «ETP»)) следует считать уникальными, т.к. они слишком сильно отличаются как от данных наземных измерений Ta, так и от прогнозов Exeter и NCEP;

3) **температура воздуха на стандартных барических уровнях.** Независимо от барического уровня, срока, сезона и региона заблаговременность прогнозов NCEP слабо влияет на качество оценок Ta-r: значения dev обычно не более $\pm 0,5$ К, а SKO=0,5-1 К. Данные анализа и прогноза Exeter заметно занижены только для самых нижних слоев атмосферы (Ta-1000 и Ta-925); в зависимости от сезона, срока и региона значения dev колеблются около 0 К с амплитудой в несколько градусов (для «ETP» сезонный ход более выражен, чем для северного полушария); SKO=4-12 К имеют хорошо выраженный сезонный ход (максимум значений dev-Ta-1000 летом, а Ta-925 зимой для соответствующего полушария), особенно для «ETP». Для более вы-

соких барических уровней dev=0 К, а SKO=3-6 К (до 2017 г.) или 0 К (начиная с 2017 г.) (см. рис. 9). Различия оценок Ta-r по данным анализа и прогноза Exeter и прогноза NCEP минимальны только для самых нижних слоев атмосферы (Ta-1000 и Ta-925); значения dev не более ± 3 К, SKO=2-6 К при сопоставлении анализа Exeter с прогнозом NCEP и SKO до 10 К при сопоставлении прогнозов Exeter и NCEP (прогноз NCEP немного занижает значения Ta-1000 и завышает Ta-925 относительно анализа и прогноза Exeter) (см. рис. 10 и 11). С повышением барического уровня различия в оценках Ta-r нарастают: прогноз NCEP существенно стабильно завышает (независимо от сезона, срока и региона) значения Ta-r относительно анализа и прогноза Exeter (для уровней от 850 гПа (dev до 6 К, SKO до 7 К) до 300 гПа (dev до 15 К, SKO до 16 К). Для уровней 250 гПа и особенно 200 гПа значения dev только для «ETP» близки к 0 К (SKO=3-7 К), а для полушарий dev от -4 до -9 К (SKO=7-10 К). Таким образом, данные анализа и прогноза Exeter и прогноза NCEP можно взаимозаменять только для Ta-1000 и Ta-925 (при этом над сушей и в высоких широтах различия больше, чем над океанами), а для средних и верхних слоев атмосферы – только данные анализа и прогноза Exeter (Ta-r по данным прогноза NCEP существенно завышены по сравнению с ними).

Анализ результатов

1) рассматриваемые виды данных о Psea, Ta и Ta-r (анализ Exeter, прогноз Exeter, прогнозы NCEP00 и NCEP06) не являются полностью взаимозаменяемыми (только прогнозы NCEP с разной заблаговременностью). Поэтому необходимо создавать 3 разных варианта методик отдельно для каждого вида данных: анализ Exeter, прогноз Exeter и прогноза NCEP. Иначе при использовании единой методики при переходе с одной прогностической информации на другую возможны серьезные ошибки классификации параметров облачности и осадков;

2) данные анализа Exeter о Psea, Ta и Ta-r более надежны для климатических исследований, т.к. в целом, ближе к наземным оценкам и более стабильны по качеству, чем данные прогнозов Exeter и NCEP, которые иногда испытывают достаточно сильные и резкие изменения («выскипы» значений dev и SKO) на протяжении как одного, так и нескольких месяцев (например, в течение всего 2016 г., в июле 2018 г. и др.);

3) заблаговременность (0 или 6 ч), пространственное (0,5° или 2,5°) и временное (2 или 4 раза в сутки) разрешение прогностической информации, в т.ч. пространственная и временная интерполяция для промежуточных сроков и точек, оказывают существенно меньшее влияние на результаты классификации, чем прогностическая модель.

Рис. 7. Среднемесячные средние по региону SKO значений Ta (отличие численного анализа от прогноза Exeter от измерений на метеостанциях для 8 стандартных сроков (ВСВ))

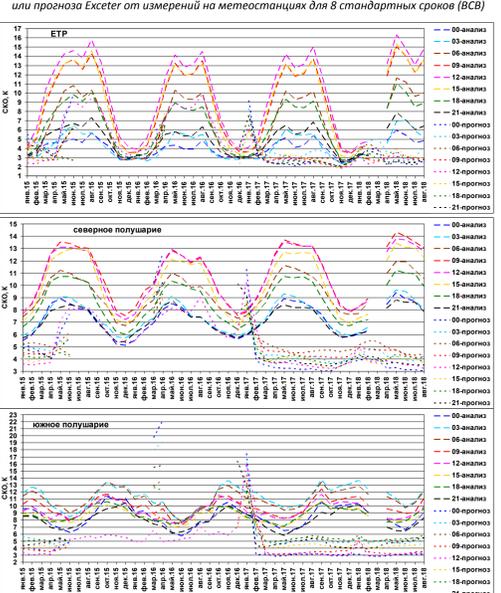


Рис. 8. Среднемесячные средние по региону dev и SKO значений Ta по данным прогноза NCEP00 от измеренного на метеостанциях для 8 стандартных сроков (ВСВ)

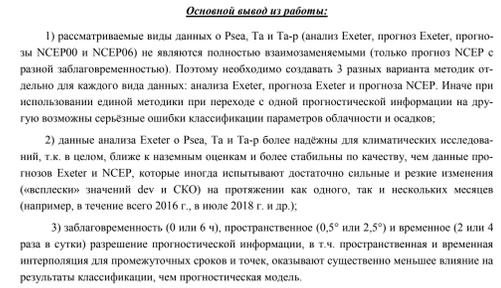


Рис. 9. Среднемесячные средние по региону dev и SKO (отличие прогноза Exeter от анализа Exeter) для 2х стандартных сроков (ВСВ)

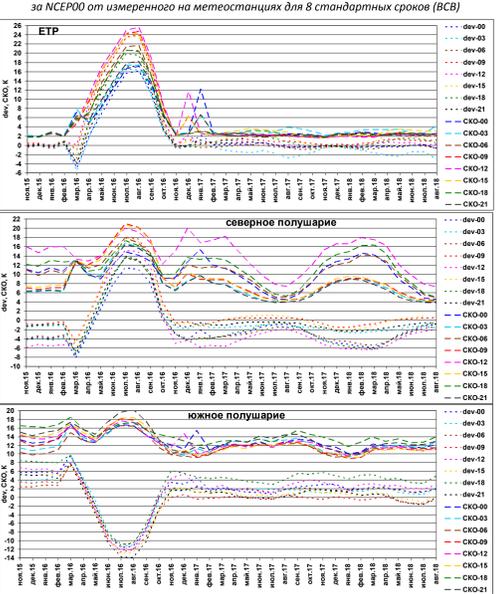


Рис. 10. Среднемесячные средние по региону dev и SKO (отличие прогноза NCEP00 от анализа Exeter) для 2х стандартных сроков (ВСВ)

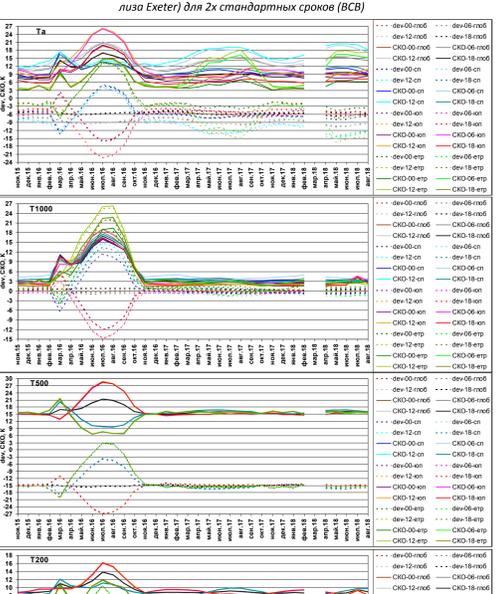
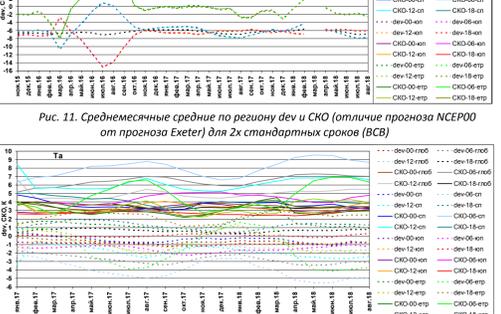


Рис. 11. Среднемесячные средние по региону dev и SKO (отличие прогноза NCEP00 от прогноза Exeter) для 2х стандартных сроков (ВСВ)



Список литературы.
Волкова Е.В. Оценки параметров облачного покрова и осадков по данным радиометра MCV-MP с полярно-орбитального метеоспутника «Meteor-M» №2 для Европейской территории России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 5. С. 300-320.
Волкова Е.В. Оценки параметров облачного покрова, осадков и опасных явлений погоды по данным радиометра AVHRR с МИСЗ серии NOAA круглосуточно в автоматическом режиме // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 3.
Волкова Е.В., Успенский А.В. 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.