

УДК 551.5

DOI 10.51691/2541-8327_2023_12_33

***ОСАДКИ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА ПО ДАННЫМ РЕАНАЛИЗА И
МЕТЕОСТАНЦИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ***

Лукин И.Л.

старший преподаватель,

Пермский государственный национальный исследовательский университет,

Пермь, Россия

Панькова Е.И.

магистрант,

Пермский государственный национальный исследовательский университет,

Пермь, Россия

Аннотация

В статье рассматривается проблема использования данных реанализа для проведения численного моделирования атмосферных осадков, как одного из самых сложных в вопросах прогнозирования параметра. Рассмотрены типичные синоптические ситуации, характерные для Пермского края. Были сопоставлены фактические данные метеостанций по количеству осадков с данными модели реанализа ERA 5. Отмечаются различия в данных реанализа и метеостанций. Делается вывод о том, что количество осадков реанализом в целом, воспроизводит фактические данные.

Ключевые слова: атмосферные осадки, реанализ, синоптическая ситуация, теплый период, метеостанции.

***PRECIPITATION IN THE WARM PERIOD OF THE YEAR ACCORDING TO
REANALYSIS DATA AND WEATHER STATIONS OF THE PERM REGION***

Lukin I.L.

*Senior Lecturer,
Perm State University,
Perm, Russia*

Pankova E.I.

*Master student,
Perm State University,
Perm, Russia*

Abstract

The article discusses the problem of using reanalysis data to carry out numerical modeling of atmospheric precipitation, as one of the most difficult parameters in predicting issues. Typical synoptic situations characteristic of the Perm region are considered. Actual weather station data on precipitation were compared with data from the ERA 5 reanalysis model. Differences in the reanalysis and weather station data were noted. It is concluded that the amount of precipitation by reanalysis as a whole reproduces the actual data.

Keywords: precipitation, reanalysis, synoptic situation, warm period, weather stations.

Введение

Продукты конденсации или сублимации водяного пара, выпадающие из облаков или осаждающиеся из воздуха на земной поверхности или на предметах, называются атмосферными осадками. Такие атмосферные явления вносят свой существенный вклад в жизнедеятельность населения и отраслей экономики в целом. Из облаков выпадают лишь частицы, достигшие критического размера, т. е. те капельки или кристаллы, которые не могут удерживаться в атмосфере во взвешенном состоянии. Наблюдения за осадками

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

производятся на метеорологических станциях [1], кроме того, обобщённые данные по осадкам на современном этапе развития науки доступны исследователям в удобном для работы виде: массивов реанализа.

Многие исследования в наше время основываются на данных реанализа. С его помощью производят анализ данных, сравнение и т.д.. Это говорит о его актуальности на сегодняшний день. Например, работа Н.А. Калинина, Б.А. Сивкова, А.В. Дмитриева [2] основана на данных реанализа ERA-Interim - спектральной модели Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF) и на данных реанализа американской гидродинамической модели Climate Forecast System (CFS). В их исследовании была произведена оценка зависимости индексов неустойчивости от количества и средней интенсивности ливневых осадков. Определены и скорректированы критические значения рассматриваемых индексов неустойчивости применительно к исследуемой территории. Так исследование показало, что чаще всего ливневые осадки наблюдаются в июне и в июле во вторую половину дня и вечером. Было установлено, что ливневые осадки преимущественно связаны с прохождением холодных фронтов [2].

Простота и удобство реанализов для проведения исследований сталкивается с адекватностью воспроизведения моделью фактических данных. Проведённое исследование показывает особенности воспроизведения данных по осадкам моделью реанализа для метеорологических станций Пермского края.

Технологии и методика

В настоящей статье использованы данные по количеству осадков в миллиметрах с метеорологических станций и извлеченные из реанализа. Рассмотрено количество выпавших осадков за день/ночь, абсолютное отклонение за день/ночь и относительное отклонение за день/ночь.

Для расчетов были взяты метеостанции Пермского края: Березники, Пермь, Кунгур, Верещагино, Чердынь, Добрянка и Чернушка. На Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

метеорологических станциях, при помощи Осадкомера О1 количество осадков измеряется два раза в сутки независимо от того, выпадали они или нет. Измерения проводятся в дневную и ночную половины суток в сроки, ближайšie к 8 и 20 часам поясного (зимнего) времени. Затем вычисляется сумма осадков за сутки. Данные метеостанций мы извлекали из архива погоды RP5 [3]. Эти данные считались эталонными в нашем исследовании.

В данном исследовании используются данные массивов реанализов ECMWF [4]. Выбор Европейского прогностического центра обусловлен анализом ряда публикаций [5–9], в которых проведены оценки качества различных реанализов. По результатам этих оценок можно сделать вывод об адекватном воспроизведении характеристик атмосферных осадков на глобальном уровне реанализом ERA Interim Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды. В процессе работы с данными реанализа ERA-Interim появилась информация о выходе новой версии продукта, ERA5, и прекращении обновления старых данных. В настоящей работе использовались данные реанализа ERA-5 по количеству осадков в миллиметрах. Из реанализа мы отбирали 2 параметра по осадкам: конвективные осадки и крупномасштабные осадки.

Для сравнения данных реанализа и метеостанций из массива модельных данных отбирались ячейки, в которые попадают метеостанции. Поля данных реанализа визуализировались и обрабатывались в среде QGIS. Для сопоставления количества выпавших осадков по данным реанализа мы рассчитывали накопленным итогом все выпавшие осадки за 12 часов: с 08 до 20 ч текущих суток для определения осадков, выпавших за день и с 20 ч предыдущих суток до 08 ч текущих суток для определения количества осадков, выпавших за ночь. Синоптические ситуации оценивались по картам Гидрометцентра России [10].

Результаты и их обсуждение

В ходе нашего исследования были выявлены дни с характерными синоптическими ситуациями для Пермского края и проведен анализ.

3 июля 2020 года Пермский край находился под влиянием фронта окклюзии. Над восточной частью данного региона находился теплый фронт, а над западной частью холодный фронт.

По карте АТ850 в срок за 00 часов над Пермским краем проходила $+8^{\circ}\text{C}$ изотерма. Недалеко от региона наблюдался очаг холода. В срок за 12 часов регион находился между $+8^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$ изотермами. По АТ500 3 июля в Пермском крае в срок за 00 ч наблюдался высотный гребень. Далее барическое образование едва смещается на север, что видно на карте АТ500 в срок за 12 ч [10].

Также, сравнивая наличие осадков на приземной карте с количеством осадков, по данным реанализа за 00 ч (рис. 1, 2), видно, что на приземной карте наблюдаются ливневые осадки. Реанализ также показал наличие осадков по всему краю. На МС Чернушка наблюдается слабый дождь. В срок за 12 ч на приземной карте были замечены осадки и грозовые очаги. Реанализ не показал наличие гроз, но он также показал наличие осадков по всему краю.

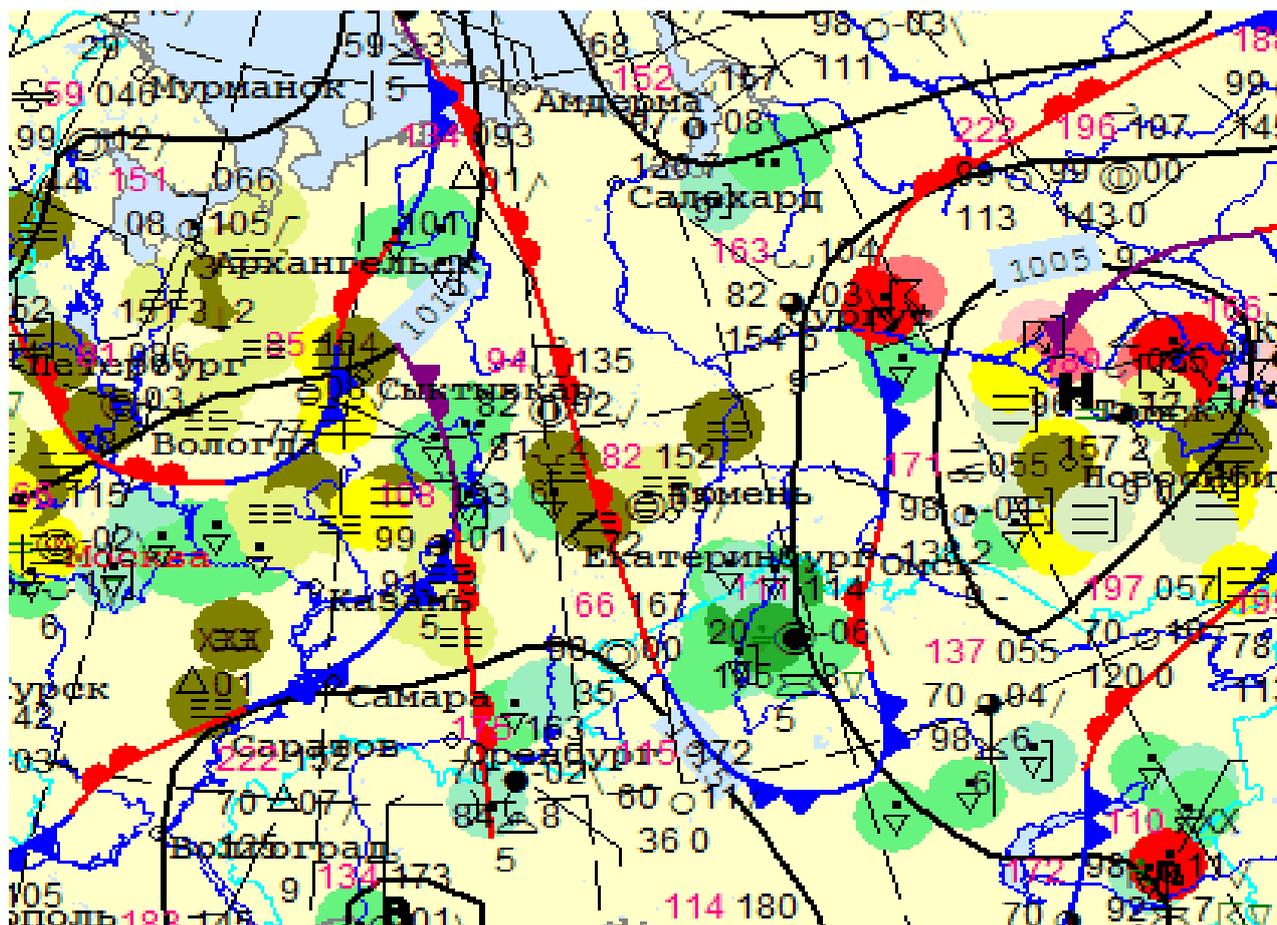


Рис. 1 – Приземная карта за 00 ч UTC 3 июля 2020 г. [10]

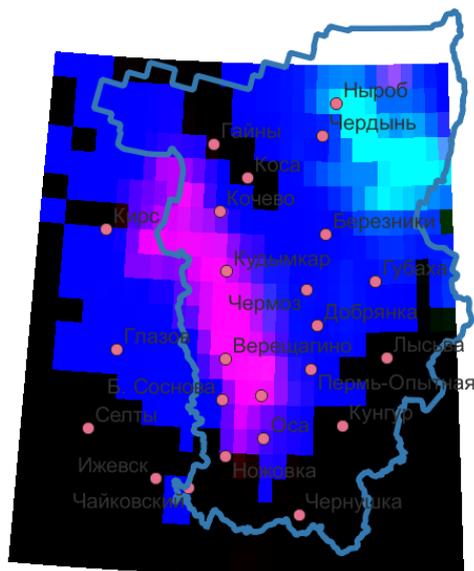


Рис. 2 – Количество осадков по данным реанализа ERA-5 в Пермском крае в срок 03.07.20 за 00 ч UTC.¹

Ночью 3 июля количество осадков, полученных по данным реанализа (табл. 1), превышало количество осадков с метеостанций. Больше всего осадков наблюдалось на севере края, а минимум на станции Кунгур: 0,7 мм на реанализе и 0,5 на метеостанции. Такое явление охарактеризовано синоптическим положением над данным регионом. Днем наблюдалась другая картина: в большинстве случаев на метеостанциях осадки не наблюдались, а на реанализе были зафиксированы.

11 июля 2020 года Пермский край находился под воздействием восточной периферии Антициклона. Большая часть региона лежала за холодным фронтом.

По карте AT850 в срок за 00 часов Пермский край находился между +14°C и +16°C изотермами. Наблюдается адвекция холода. В срок за 12 часов регион находился между +10°C и +12°C изотермами. Наблюдалась адвекция холода.

По карте AT500 11 июля в Пермском крае в срок за 00 ч наблюдалась северная периферия высотного антициклона. Днем барическое образование

¹ Создано авторами

смещается на восток и регион переходит под влияние западной периферии антициклона.

Таблица 1 – Количество осадков в мм на метеостанциях и по данным реанализа за 03.07.2020 г.

03.07.2020						
станция	осадки за ночь (р/ф)	осадки за день (р/ф)	абс. откл (н)	абс. откл (д)	отн. откл (н), %	относ. откл(д), %
Березники	2,7 / 2	5,5 / -	0,7	5,5	35	-
Пермь	1,5 / 0,8	2,2 / -	0,7	2,2	88	-
Кунгур	0,7 / 0,5	3,8 / -	0,2	3,8	40	-
Верещагино	1,3 / 0,3	3,6 / -	1	3,6	333	-
Чердынь	3,5 / 2	0,6 / 0,3	1,5	0,3	75	100
Добрянка	1,5/-	1/-	1,5	1	-	-
Чернушка	0,6/0,3	0,4/-	0,3	0,4	100	-

Сравнивая наличие осадков на приземной карте с количеством осадков по данным реанализа за 00 ч (рис. 3, 4), видно, что на приземной карте наблюдаются ливневые осадки. Реанализ показал наличие осадков, но местами. В районе Перми, Кунгура и Чернушки осадки не наблюдались, либо был слабый дождь. В срок за 12 ч на приземной карте осадки не наблюдались. Реанализ дает осадки только в районе МС Чернушка.

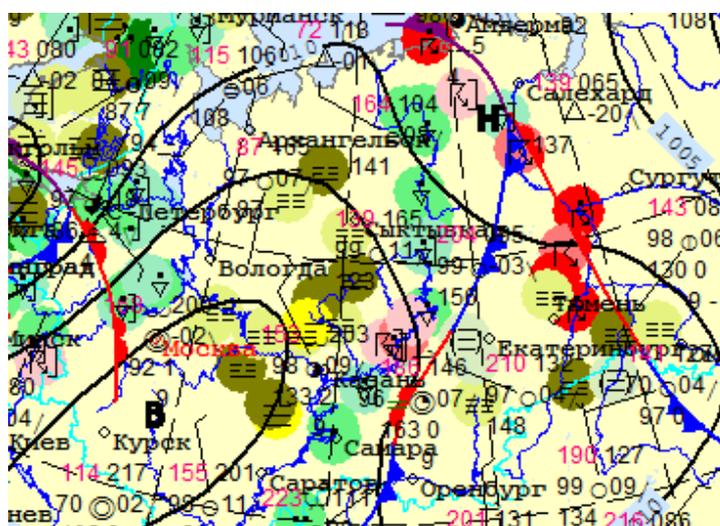


Рис. 3 – Приземная карта за 00 ч UTC 11 июля 2020 г. [10]

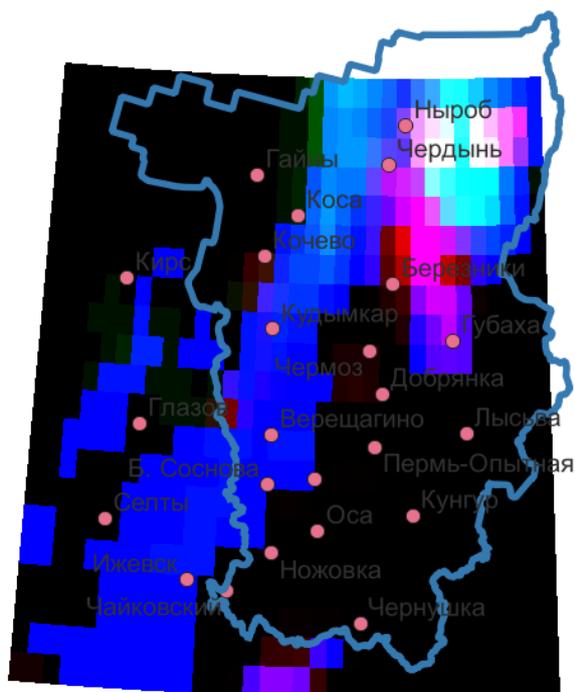


Рис. 4 – Количество осадков по данным реанализа ERA-5 в Пермском крае в срок 11.07.20 за 00 ч UTC.¹

За 11 июля фактические осадки на многих станциях не наблюдались (табл. 2). Но было несколько пунктов, где данные с метеостанций превышали данные с реанализа, чему обусловлено отрицательное значение абсолютного и относительного отклонения. Самое большое значение наблюдалось реанализом днем на станции Чердынь (4,5 мм).

17 июля 2020 года над Пермский край находился под влиянием теплого сектора циклона. На севере региона наблюдался фронт окклюзии. По карте АТ850 в срок за 00 часов над Пермским краем проходила $+18^{\circ}\text{C}$ изотерма. В срок за 12 часов регион находился между $+16^{\circ}\text{C}$ и $+18^{\circ}\text{C}$ изотермами.

По карте АТ500 17 июля в Пермском крае в срок за 00 ч наблюдалась северная периферия антициклона. Далее смещение не наблюдалось (барическое образование являлось малоподвижным).

¹ Создано авторами

Таблица 2 – Количество осадков на метеостанциях и по данным реанализа за 11.07.2020 г.

11.07.2020						
станция	осадки за ночь (р/ф)	осадки за день (р/ф)	абс. откл (н)	абс. откл (д)	отн. откл (н), %	относ. откл(д), %
Березники	2,4 / -	1,9 / -	2,4	1,9	-	-
Пермь	0 / 1	1,7 / -	-1	1,7	-100	-
Кунгур	0 / -	1,2 / 0,3	0	0,9	-	300
Верещагино	0,4 / 0,8	2,4 / -	-0,4	2,4	-50	-
Чердынь	0,7 / 1	4,5 / -	-0,3	4,5	-30	-
Добрянка	0,3/-	0/-	0,3	0	-	-
Чернушка	0,1/0,8	0,4/-	-0,7	0,4	-88	-

Также, сравнивая наличие осадков на приземной карте с количеством осадков по данным реанализа за 00 ч (рис. 5, 6), видно, что на приземной карте наблюдались ливневые осадки. Реанализ показал очень малое количество осадков. В срок за 12 ч на приземной карте осадки не наблюдались. Реанализ показал местами наличие осадков - преимущественно на севере края.

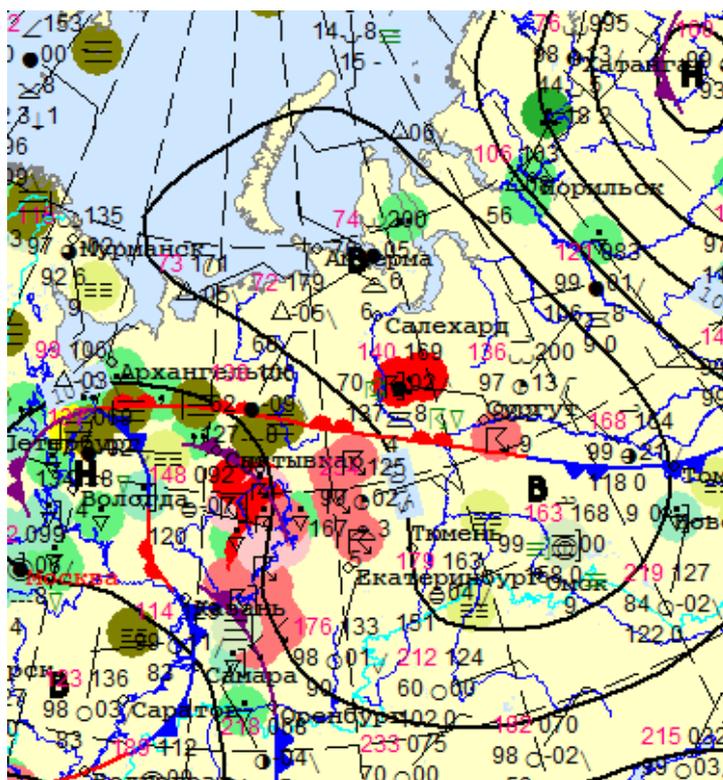


Рис. 5 – Приземная карта за 00 ч UTC 17 июля 2020 г. [10]

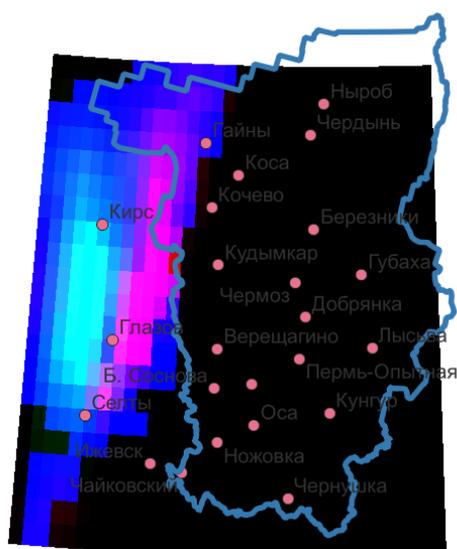


Рис. 6 – Количество осадков по данным реанализа ERA-5 в Пермском крае в срок 17.07.20 за 00 ч UTC.¹

Ночью за 17 июля наблюдался максимум осадков на метеостанции Чердынь: 3,3 мм на реанализе и 7 мм на метеостанциях (табл. 3). Также был случай, когда фактические осадки за этот срок не наблюдались. Днем на первых четырех станциях тоже не наблюдались фактические данные, при том как на реанализе они были замечены. Скорее всего, это связано с тем, что пик осадков прошелся только по северу региона (в Чердыни), так как он находился ближе к центру циклона и там наблюдался фронт окклюзии, а на других станциях осадки не наблюдались.

20 июля 2020 года Пермский край находился под влиянием ложбины. Большая его часть находится в зоне теплого фронта. По карте АТ850 в срок за 00 часов Пермский край находился между +12°C и +14°C изотермами. Наблюдалась адвекция тепла. В срок за 12 часов регион находился между +10°C и +12°C изотермами. Наблюдалась адвекция холода.

¹ Создано авторами

По карте АТ500 20 июля в Пермском крае в срок за 00 ч наблюдалась восточная периферия антициклона. Далее барическое образование смещается на восток. Пермский край частично переходит под влияние высотного гребня.

Таблица 3 – Количество осадков в мм на метеостанциях и по данным реанализа за 17.07.2020 г.

17.07.2020						
станция	осадки за ночь (р/ф)	осадки за день (р/ф)	абс. откл (н)	абс. откл (д)	отн. откл (н), %	относ. откл(д), %
Березники	0 / 0,5	1,1 / -	-0,5	1,1	-100	-
Пермь	0,9 / 0,3	1,4 / -	0,6	1,4	200	-
Кунгур	0,2 / -	0,2 / -	0,2	0,2	-	-
Верещагино	1,5 / 2	0,7 / -	-0,5	0,7	-25	-
Чердынь	3,3 / 7	4,2 / 2	-3,7	2,2	-53	110
Добрянка	0,2/-	0/2	0,2	-2	-	-100
Чернушка	0/-	0/-	0	0	-	-

Сравнивая наличие осадков на приземной карте с количеством осадков по данным реанализа за 00 ч (рис. 7, 8), видно, что на приземной карте наблюдаются ливневые осадки, преимущественно на юго-востоке. Реанализ также показал область осадков на юге края. В срок за 12 ч на приземной карте были замечены осадки, как и по данным реанализа.

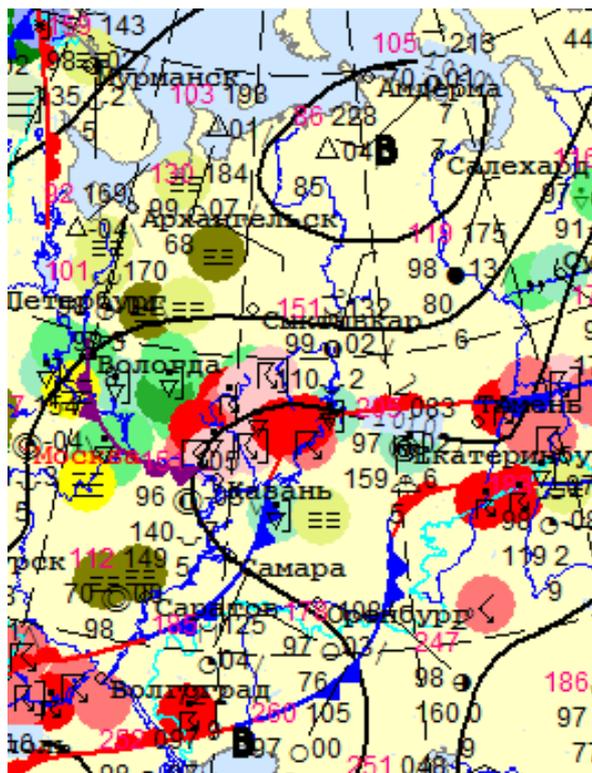


Рис. 7 – Приземная карта за 00 ч UTC 20 июля 2020 г. [10]

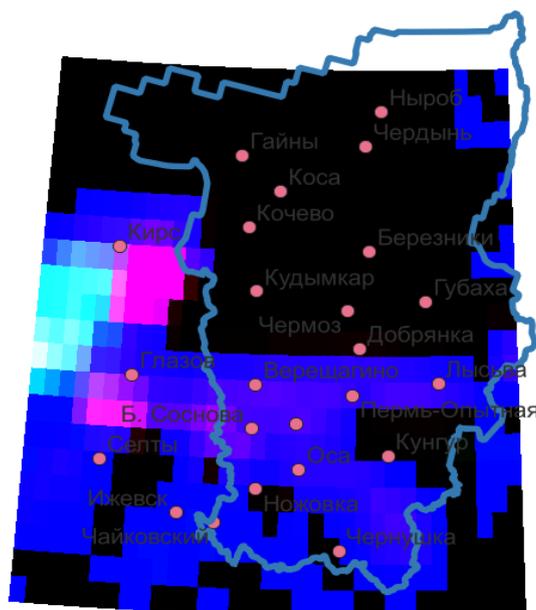


Рис. 8 – Количество осадков по данным реанализа ERA-5 в Пермском крае в срок 20.07.20 за 00 ч UTC.¹

¹ Создано авторами

Над регионом абсолютный максимум осадков наблюдался за дневной период на станции Пермь: 9,8 мм с данных реанализа и 7 мм с метеостанций (табл. 4). Также снова наблюдались пункты, где фактические осадки не наблюдались.

31 июля 2020 года Пермский край находился под влиянием теплого сектора циклона. Данная синоптическая ситуация благоприятна для образования осадков.

По карте АТ850 в срок за 00 часов Пермский край находился между +10°C и +12°C изотермами. В срок за 12 часов регион находился под влиянием +10°C изотермамы.

По карте АТ500 31 июля в Пермском крае в срок за 00 ч наблюдался высотный гребень. Далее барическое образование смещается на северо-восток и Пермский край переходит под влияние высотной ложбины.

Таблица 4 – Количество осадков в мм на метеостанциях и по данным реанализа за 20.07.2020 г.

20.07.2020						
станция	осадки за ночь (р/ф)	осадки за день (р/ф)	абс. откл (н)	абс. откл (д)	отн. откл (н), %	относ. откл(д), %
Березники	1,5 / 0,3	2,5 / -	1,2	2,5	400	-
Пермь	2,7 / 7	9,8 / 7	-4,3	2,8	-61	40
Кунгур	3,7 / 4	7,4 / 6	-0,3	1,4	-8	23
Верещагино	1,1 / 0,5	1,5 / 2	0,6	-0,5	120	-25
Чердынь	0,9 / -	1,5 / -	0,9	1,5	-	-
Добрянка	4,1/3	5,1/-	1,1	5,1	37	-
Чернушка	0,5/-	0,6/0,3	0,5	0,3	-	100

Также, сравнивая наличие осадков на приземной карте с количеством осадков по данным реанализа за 00 ч (рис. 9, 10), видно, что на приземной карте местами наблюдаются осадки. Реанализ также показал наличие осадков. В срок за 12 ч на приземной карте были замечены ливневые осадки. Реанализ также показал наличие сильных осадков по всему региону.

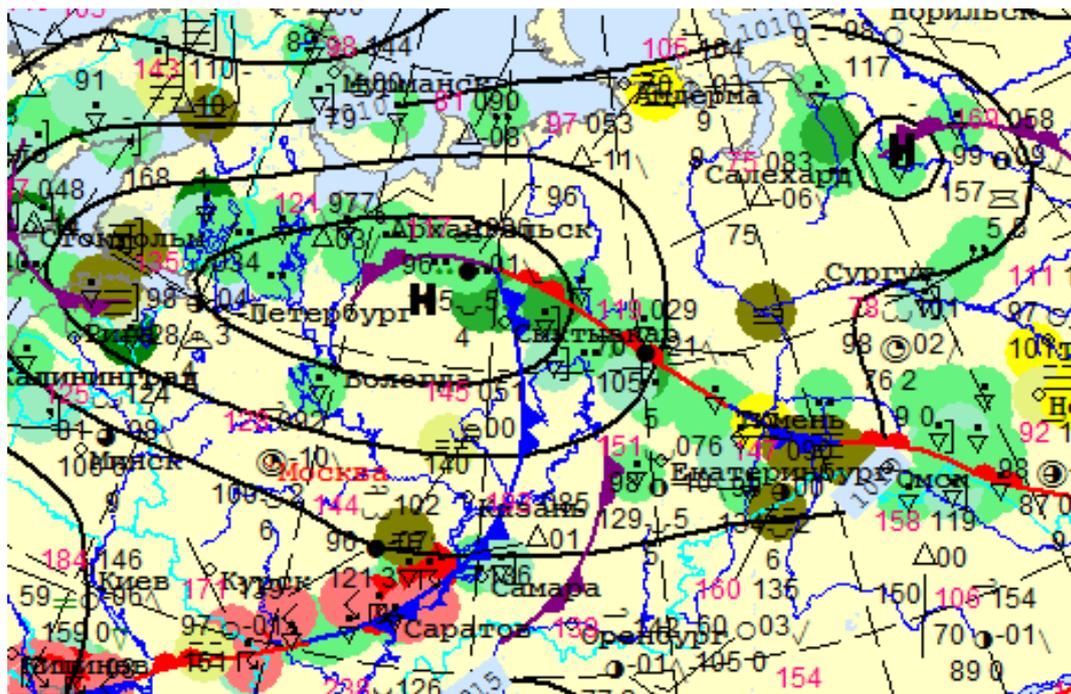


Рис. 9 – Приземная карта за 00 ч UTC 31 июля 2020 г. [10]

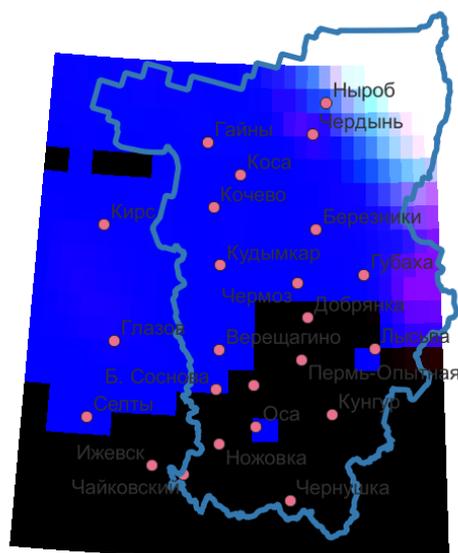


Рис. 10 – Количество осадков по данным реанализа ERA-5 в Пермском крае в срок 31.07.20 за 00 ч UTC.¹

В отличии от других дней наблюдений, здесь сформирована иная ситуация: из 10 значений только в трех случаях не наблюдались осадки на

¹ Создано авторами

метеостанциях (табл. 5). Максимум ночью был отмечен на станции Березники: 9,1 мм на реанализе и 17 мм на метеостанции. Минимум ночью был отмечен в Кунгуре: 0,0 мм на реанализе и 0,8 мм на метеостанции. Дневной максимум был отмечен реанализом на станции Березники (5,8 мм), а метеостанцией был отмечен пункт Верещагино, где фактическое количество осадков составило 3 мм.

Анализируя полученные данные по относительным ошибкам, можно заметить, что незначительные различия в выпавших осадках могут приводить к очень большим значениям для рассчитанной относительной ошибки. Так, для метеостанции Чернушка (табл. 5) мы наблюдаем фактические значения для выпавших осадков в 0,3 мм, в тот же срок рассчитанные значения для реанализа составляют 0,9 мм. При вычислении относительной ошибки мы получаем 200% расхождение при всего лишь 0,6 мм абсолютного расхождения. Таким образом, необходимо очень осторожно использовать относительное отклонение при анализе количества выпавших осадков.

Таблица 5 – Количество осадков в мм на метеостанциях и по данным реанализа за 31.07.2020 г.

31.07.2020						
станция	осадки за ночь (р/ф)	осадки за день (р/ф)	абс. откл (н)	абс. откл (д)	отн. откл (н), %	относ. откл(д), %
Березники	9,1 / 17	5,8 / 0,0	-7,9	5,8	-46	-
Пермь	5,8 / -	4,4 / 2	5,8	2,4	-	120
Кунгур	0 / 0,8	3,2 / 2	-0,8	1,2	-100	60
Верещагино	1,9 / -	4,1 / 3	1,9	1,1	-	37
Чердынь	9,1 / 12	6,9 / -	-2,9	6,9	-24	-
Добрянка	0,6/3	0,5/-	-2,4	0,5	-80	-
Чернушка	0,9/0,3	0,8/-	0,6	0,8	200	-

Выводы

При адвекции холода и прохождении над регионом полей повышенного давления, наблюдалось малое количество осадков. В случаях же с полем циклона наблюдалась обратная ситуация. Так, 31 июля на станции Березники за ночь наблюдалось большое количество осадков как на метеостанции, так и по данным реанализа. Нельзя не отметить ситуации с прохождением фронта окклюзии, как 3 июля и с прохождением ложбины, так и 20 июля. В обоих случаях наблюдались осадки.

Относительное отклонение в рассмотренных случаях оказалось следующим: наименьшие значения отклонения наблюдались в случаях полей пониженного давления (17 и 31 июля), при этом из общей картины выбиваются значения за ночь на метеостанциях Чернушка и Пермь (200%). Прохождение фронта окклюзии 3 июля сопровождалось наибольшими отклонениями в летний период. Расхождения в случае антициклонального поля оказались столь же значительными (11 июля). Прохождение тёплого фронта 20 июля сопровождалось небольшим отклонением между данными реанализа и станционными.

Делая общий вывод по данным реанализа и фактическими данными метеостанций, можно сделать вывод о том, что количество осадков реанализом в целом, воспроизводит фактические данные. Тем не менее, весьма часто при отсутствии осадков по фактическим данным (осадки не наблюдались на метеостанциях), данные реанализа всё же показывают небольшие осадки в рамках рассматриваемой ячейки.

Библиографический список:

1. Хромов С.П, Петросянц М.А. Метеорология и климатология. - М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. 584с.
2. Н.А. Калинин, Б.А. Сивков, Н.А. Дмитриев. Условия формирования ливневых осадков теплого периода в Пермском крае // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2020. Т. 30, вып.3, С. 295-306.

3. Архив погоды на метеостанциях Пермского края / URL: https://rp5.ru/Погода_в_Перми (дата обращения 18.10.2023)
4. Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды. Набор данных по количеству осадков реанализа ERA-5 / URL: <https://ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5> (дата обращения 15.11.2023)
5. Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды. Хранилище климатических данных / URL: <https://cds.climate.copernicus.eu> (дата обращения 12.11.2023)
6. Жильцова Е.Л., Анисимов О.А. О точности воспроизведения температуры и осадков на территории России глобальными климатическими архивами // Метеорология и гидрология. 2009. №10, С. 79-89.
7. Калинин Н.А. Условия формирования и прогноз сильных осадков с помощью индексов неустойчивости атмосферы на территории Уральского Прикамья // Географический вестник. Метеорология, 2019. С. 96-112.
8. Мягких Д.А., Мордвин Д.Ю. Оценка пространственно-временной динамики жидких осадков по данным реанализа ERA-5 // Труды молодых ученых, 2021, С. 227-230.
9. ERA5: data documentation. URL: <https://confluence.ecmwf.int/display/СКВ/ERA5%3A+data+documentation#ERA5:datadocumentation-Observations> (дата обращения 31.11.2023).
10. Гидрометцентр России. Фактические данные. Синоптические карты / URL: <http://meteoinfo.ru> (дата обращения 15.12.2023)

Оригинальность 96%