

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2021-1-20-35>

УДК 551.5

**Основные особенности  
крупномасштабной атмосферной циркуляции  
в контексте анализа консенсусного прогноза  
температуры воздуха и осадков на лето 2020 года  
по Северной Евразии**

***Р.М. Вильфанд, К.А. Сумерова, В.А. Тищенко, В.М. Хан***

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр  
Российской Федерации, г. Москва, Россия  
sum-ksusha@yandex.ru, tishchenko@mecom.ru*

Приводятся основные результаты обобщенного анализа особенностей крупномасштабной атмосферной циркуляции в Северном полушарии за лето 2020 года. Обсуждается успешность консенсусного прогноза на лето 2020 г. по территории Северной Евразии в контексте анализа крупномасштабной атмосферной циркуляции. Отмечен прогностический потенциал учета трендовой составляющей при прогнозе сезонных аномалий температуры воздуха и осадков.

*Ключевые слова:* температура воздуха, атмосферные осадки, успешность прогнозов, тренды, крупномасштабная атмосферная циркуляция, температура поверхности океана, СЕАКОФ, индексы циркуляции, лед в Арктике

**The main features  
of large-scale atmospheric circulation  
in the context of analyzing the consensus forecast  
of air temperature and precipitation  
for the 2020 Northern Eurasia summer**

***R.M. Vilfand, K.A. Sumerova, V.A. Tishchenko, V.M. Khan***

*Hydrometeorological Research Center of Russian Federation,  
Moscow, Russia  
sum-ksusha@yandex.ru, tishchenko@mecom.ru*

The main results of the analysis of the Northern Hemisphere large-scale atmospheric circulation features are presented for the 2020 summer. Skill scores of the consensus forecast for the 2020 Northern Eurasia summer are discussed in the context of analyzing the large-scale atmospheric circulation. The prognostic potential of the trend component in forecasting seasonal anomalies of air temperature and precipitation is noted.

*Keywords:* air temperature, precipitation, forecast skill, trends, large-scale atmospheric circulation, sea surface temperature, NEACOF, circulation indices, Arctic ice

## Введение

Гидродинамические методы в последние годы представляют собой наиболее перспективное направление в развитии методов долгосрочного прогнозирования [1, 2]. Для задач сезонного прогноза наиболее важным является адекватный учет в прогностических схемах основных особенностей крупномасштабной атмосферной циркуляции, непосредственно связанной с характером распределения солнечной радиации и свойствами подстилающей поверхности. Многокомпонентные совместные модели атмосферы, океана и суши позволяют с достаточной степенью реалистичности отобразить в определенных регионах характеристики атмосферной циркуляции, которые имеют важное значение в предсказуемости климатических условий. Однако необходимо отметить, что такая предсказуемость имеет свои региональные и сезонные особенности. При составлении консенсусных прогнозов в ходе Северо-Евразийских климатических форумов [3–5] в качестве основы используются результаты гидродинамического моделирования российских моделей ПЛАВ и ГГО, а также зарубежных центров, таких как Центр климатических прогнозов США (Climate Prediction Center NOAA, CFS-2), Канадская метеослужба (Environment and Climate Change Canada, CanCM) и Токийский климатический центр (Tokyo Climate Center, TCC). Каждая модель отличается своим физическим наполнением и имеет свои преимущества и недостатки в практическом применении. Тем не менее оценки успешности по результатам комплексации выходной продукции моделей в представлении консенсусных прогнозов демонстрируют целесообразность их использования. Для более глубокого понимания особенностей прогнозирования на сезонных интервалах времени необходим комплексный анализ факторов, обобщающих предсказуемость наряду с критическим анализом успешности прогнозов.

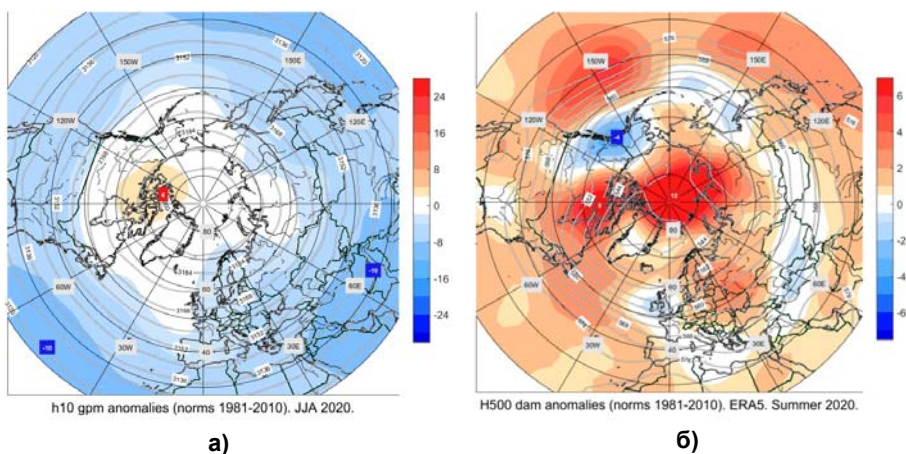
В работе проведен, с одной стороны, обобщенный анализ особенностей крупномасштабной атмосферной циркуляции и долгопериодных тенденций термического режима и режима осадков в Северном полушарии с упором на территорию Северной Евразии, а с другой – анализ успешности консенсусного прогноза температуры воздуха и осадков за лето 2020 года по Северной Евразии.

Были проанализированы осредненные за летние месяцы поля геопотенциала на уровнях АТ-10 и АТ-500, поле приземного давления, индексы циркуляции, поля приземной температуры и атмосферных осадков, ледовая обстановка в Арктике. Обсуждаются пространственные особенности долгопериодных тенденций температуры воздуха и осадков. При проведении анализа использованы данные ФГБУ «Гидрометцентр России» (<https://meteoinfo.ru/circulation-review>), реанализы NCEP-DOE Национального центра США прогноза окружающей среды [7], ERA5 Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды [6], а также Информационные материалы по мониторингу морского ледяного покрова Арктики

и Южного океана на основе данных ледового картирования и пассивного микроволнового зондирования SSMR-SSM/I-SSMIS-AMSR2 Арктического и антарктического научно-исследовательского института Росгидромета (<http://www.aari.ru/main.php?lg=0&id=94>), а также Обзор состояния и тенденций изменения климата СЕАКЦ [<http://seakc.meteoinfo.ru/images/seakc/monitoring/seakc-2020iii.pdf>].

### Атмосферная циркуляция в Северном полушарии

Как показали результаты предыдущих исследований, особенности циркуляции в нижней стратосфере дают некоторые прогностические указания о характере будущих условий в нижней тропосфере. В этой связи представляет интерес анализ циркуляционных условий рассматриваемого сезона на разных уровнях атмосферы. Так, в осредненном за период июнь–август 2021 г. поле геопотенциала в стратосфере на уровне AT-10 (рис. 1а) наблюдался летний режим циркуляции. В июне интенсивность циркумполярного антициклона была высокой, в арктических широтах положительные аномалии геопотенциала достигали 10 дам. Во второй половине июля полярный антициклон стал ослабевать. В среднем за сезон над полюсом интенсивность антициклона была в норме, положительные аномалии до +4 дам сформировались в канадском секторе Арктики, а на большей части Северного полушария аномалии геопотенциала были отрицательными.



**Рис. 1.** Карта аномалий относительно периода 1981-2010 гг. и значений геопотенциала на поверхности: AT-10 (по данным NCEP/NCAR реанализа) (а); AT-500 (по данным реанализа ERA-5) (б), осредненных за летний сезон 2020 г.

**Fig. 1.** Map of anomalies with reference period 1981-2010, and the geopotential values at: AT-10 (according to NCEP / NCAR reanalysis data) (а); AT-500 (according to the ERA-5 reanalysis data) (б). Summer 2020.

В средней тропосфере на уровне АТ-500 (рис. 1б) особенностью летнего сезона стали необычайно интенсивные гребни, наиболее выраженные над Сибирью. В июле и августе мощные гребни тропосферных антициклонов распространяли свое влияние на полюс, в отдельные периоды сезона здесь существовали самостоятельные антициклоны. Это привело к нарушению нормальной циркуляции в высоких широтах, ослаблению, деформации и смещению с полюса на север Атлантики околполярного циклона. Ложбины, связанные с циклоном, занимали свойственные им положение, но были ослаблены. Только Тихоокеанская ложбина в восточной своей части оставалась глубокой (аномалии до  $-4$  дам над побережьем залива Аляска). В высоких широтах в среднем сезонном поле геопотенциала наблюдалась область положительных аномалий с максимальным значением  $+12$  дам.

Помесячно были проанализированы шесть индексов атмосферной циркуляции, являющихся количественными характеристиками состояния атмосферы: Восточно-атлантическое колебание (ЕА), Арктическое колебание (АО), Североатлантическое колебание (NAO), Евразийское колебание (ЕУ), Тихоокеанское-северо-американское колебание (PNA), Западно-тихоокеанское колебание (WP).

Анализ индексов показал, что значения индекса ЕА в июне и июле были статистически незначимыми, а в августе значение индекса достигло  $+1,57$  единиц, его положительная фаза говорит о смещении циклонической деятельности с севера Атлантики в умеренные широты. Арктическое колебание все месяцы летнего сезона не вносило существенного вклада в циркуляцию. Индекс Североатлантического колебания в июне был слабоположительным, в июле имел значимые показатели ( $-1,23$ ) – отрицательная фаза индекса говорит о преобладании меридиональных процессов над Северной Атлантикой, смещении циклонической деятельности с севера Атлантики на север Европы и север Европейской территории России (ЕТР) и активизации циклонов в Средиземноморско-Черноморском регионе. Как следствие, в июле было превышено количество осадков в Скандинавии и на севере ЕТР, а также в южной Европе. В августе индекс NAO был слабоотрицательным. В среднем за летний сезон наблюдалось преобладание режимов циркуляции, связанных с положительной фазой Евразийского колебания.

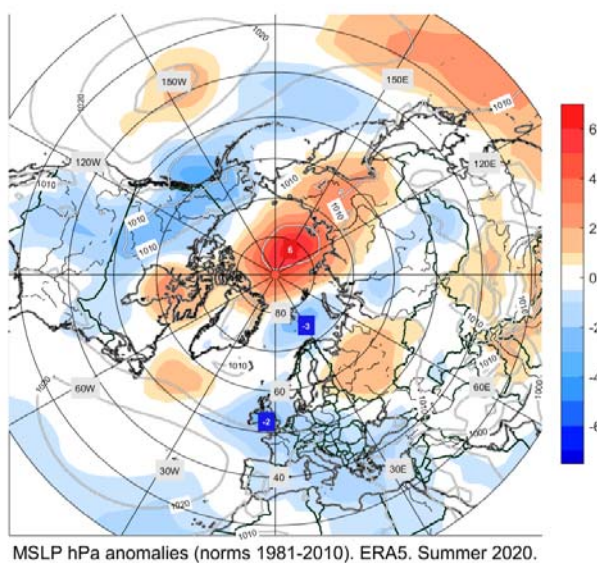
Во все летние месяцы значения индекса PNA были положительными, т. е. центры действия атмосферы в Тихоокеанской паре были выражены хорошо. Максимальные значения индекса ( $+1,82$ ) зафиксированы в августе, когда прекратились процессы блокирования и восстановилась нормальная циркуляция на севере Тихого океана. В течение всего летнего сезона Алеутский минимум был преимущественно активным и глубоким, хотя блокирующие процессы над севером Тихого океана смещали циклоническую деятельность в июне на восток – к Аляске, в июле на юг – юго-западнее Алеутских островов, что привело к формированию

отрицательных аномалий давления на Камчатке и на юге Чукотки, а также к избытку осадков в этих регионах. В июне и июле интенсивным и обширным был Гавайский максимум, в августе он несколько ослаб.

Такие циркуляционные особенности отразились в отрицательных значениях индекса WP в течение всего лета, наименьшими они были в июне и июле – в эти месяцы летнего сезона процессы над севером Тихого океана были меридиональными.

Под данным Климатического и прогностического центра CPC NOAA, в летний сезон 2020 г. сохранялась нейтральная фаза Эль-Ниньо/Южное колебание.

В июне у поверхности Земли над полярной областью преобладала циклоническая циркуляция, в июле-августе сформировались интенсивные устойчивые антициклоны. Влияние их распространялось на Центральную и Восточную Сибирь. В осредненном за сезон поле приземного давления (рис. 2) аномалии достигали +6 гПа.



**Рис. 2.** Карта аномалий относительно периода 1981–2010 гг. и значений абсолютных значений для приземного давления (по данным реанализа ERA-5), осредненных за летний сезон.

**Fig. 2.** Map of anomalies with reference period 1981-2010, and the absolute values of sea level surface pressure. Summer 2020.

В атлантической паре центров действия атмосферы положение и интенсивность Азорского максимума в среднем за сезон были близки к норме. При этом в течение сезона происходило ослабление антициклонической циркуляции. Исландский минимум, заполнившийся в июне,

смещенный на восток в июле и активный в августе, в среднем за летний сезон занимал нормальное положение. В июле и августе циклоническая деятельность на севере Атлантики была смещена на восток (средние аномалии составили -3 гПа над Баренцевым морем и -2 гПа над Британскими островами). Над большей частью территории Европы распространялась область отрицательных аномалий давления.

В июне-июле мощные скандинавские антициклоны, взаимодействующие с гребнями полярных антициклонов и гребнями Азорского максимума, а также отроги антициклонов, которые стационарировали над Средним Востоком и Центральной Азией, привели к формированию области повышенного давления над ЕТР.

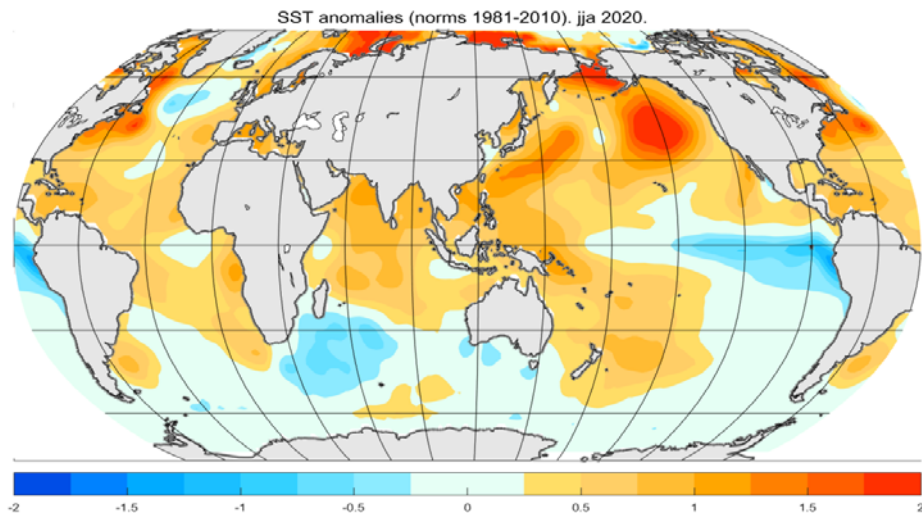
Над Сибирью циркуляционные условия летом были более разнообразны. На Западную Сибирь в июне влияли и антициклоны с запада, и циклоны, ныряющие с севера по восточной периферии блокирующих антициклонов. В июле Урал и Западная Сибирь были во власти блоков высокого давления, образованных взаимодействием скандинавских и среднеазиатских антициклонов с гребнями полярных антициклонов. В августе здесь господствовали активные западные и южные циклоны. На Восточную Сибирь практически весь сезон влияли интенсивные гребни полярных антициклонов и подвижные антициклоны с центральной Азии, наиболее мощным это влияние было в августе.

Азиатский сезонный минимум был интенсивным, располагался на севере Китая и востоке Монголии. Активные южные циклоны из Средней Азии смещались по территории Монголии на юг Дальнего Востока и Китая (отрицательные аномалии в восточной половине Монголии и на юге Сибири).

В тихоокеанской паре центров действия атмосферы Гавайский максимум был интенсивнее обычного, аномалии давления на востоке Тихого океана достигли +2...+3 гПа. Алеутский минимум на карте не выражен, циклоническая деятельность смещена на запад Канады. Такое смещение происходило из-за частых блоков над севером Тихого океана, особенно в июне и июле, когда происходило взаимодействие северных гребней Гавайского максимума с полярными антициклонами.

### **Распределение аномалий температуры поверхности океана в Северном полушарии и ледовая обстановка в Арктике**

По данным Гидрометцентра России, в Тихом океане в Северном полушарии наблюдалась аномально высокая температура поверхности океана (ТПО) в течение всего лета, которое стало самым теплым в истории наблюдений за ТПО. Наиболее крупные аномалии ТПО (рис. 3) сформировались в Беринговом море и в субтропиках на востоке ТО. Лишь в прибрежных акваториях Японского и Желтого морей аномалии ТПО оказались отрицательными.



**Рис. 3.** Карта аномалий относительно периода 1981–2010 гг. температуры поверхности океана, осредненных за летний сезон.

**Fig. 3.** Map of anomalies of sea surface temperature with reference period 1981-2010. Summer 2020.

И хотя в Тихом океане сохранялась нейтральная фаза Эль-Ниньо/Южное колебание, в экваториальных широтах в центре и на востоке Тихого океана располагалась область отрицательных аномалий ТПО, что свидетельствовало о начале холодного события Южного колебания Ла-Нинья.

В Атлантическом океане положительные аномалии температуры сформировались вдоль побережий Северной Америки и Европы. Отрицательные аномалии – в умеренных широтах центральной части океана.

Выше нормы температура воды была на западе Средиземного моря, севере Черного моря. Крупные положительные аномалии сформировались в морях российского сектора Арктики.

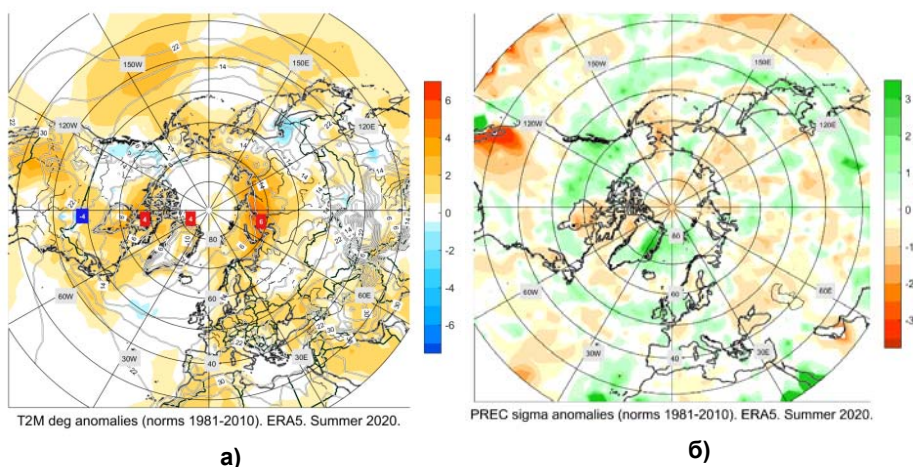
По данным Арктического и антарктического научно-исследовательского института Росгидромета, в июне на большей части Арктики средняя протяженность морского льда была в норме, ниже она отмечалась только в Карском море и море Лаптевых. Граница ледового покрытия располагалась севернее обычного на юго-востока моря Бофорта, около Канадского архипелага и Гренландского моря. Аномально большие отклонения в положении распространения кромки льда отмечались в российских арктических морях, особенно в Карском море и море Лаптевых. Средняя протяженность морского льда в июле 2020 г. оказалась рекордно низкой за всю историю наблюдений. Из-за необычно раннего отступления морского льда во второй половине июля в акваториях российских арктических морей Северный морской путь оказался

свободным ото льда раньше обычного. В 2020 году происходило необычайно быстрое снижение площади арктических морских льдов в июле и августе.

Морской лед в Арктике, ключевой индикатор изменения климата, достиг минимальной годовой протяженности в сентябре 2020 г., которая стала второй по величине с 1979 г. Высокие аномалии температуры воздуха и ТПО в Арктике, особенно в российском секторе, летом 2020 года стали одной из причин уменьшения объема морского льда в Северном Ледовитом океане, он стал вторым рекордно низким по сравнению с периодом 2004–2013 гг. (минимальные значения были в 2012 и 2016 гг.). Зимние максимумы и летние минимумы площади льда продолжают уменьшаться, имеет место значительная межгодовая изменчивость протяженности льда, что указывает на более подвижный лед и изменчивые ледовые условия в Арктике.

### Распределение атмосферных осадков и температуры воздуха в Северной Евразии по данным реанализа ERA-5

Практически на всей территории Евразии температурный фон был выше нормы или около нее (рис. 4а). На большей части Западной Европы, России и Центральной Азии аномалии составили  $+1...+3^{\circ}$ . Наиболее крупные положительные аномалии сформировались в российском секторе Арктики. Частые процессы блокирования в различных частях северной Евразии привели к неоднородным условиям в течение сезона. Продолжительные волны жары чередовались волнами холода.



**Рис. 4.** Карта аномалий относительно периода 1981–2010 гг. для приземной температуры воздуха (а) и количества осадков (б), осредненных за летний сезон 2020 г. По данным реанализа ERA-5.

**Fig. 4.** Map of anomalies relative to the period 1981-2010 for the surface air temperature (a) and precipitation (б). Summer 2020. Data source: ERA-5 reanalysis data.



В российском секторе Арктики формировались условия для повышенного температурного фона в течении летнего сезона (рис.4а). Адвекции субтропического воздуха на территорию Якутии в июне, в условиях большой продолжительности светового дня, антициклональный режим и, соответственно, малооблачная погода способствовали постоянному нагреву подстилающей поверхности. Все эти факторы привели к рекордно высоким температурам воздуха в Якутии во второй половине июня, а 20 июня 2020 г. в г. Верхоянске был обновлен рекорд по максимальной температуре (предыдущий рекорд 1993 г. 31,4 °С), она превысила + 38 °С. В июле аномально высокий температурный фон зафиксирован на севере Урала и побережье Карского моря. В августе рекордно тепло было на севере Урала, в Западной Сибири, побережье Карского моря и моря Лаптевых, на арктических островах. Выше нормы летняя температура также отмечалась на юге ЕТР, в Белоруссии, Украине, а в июне-июле на востоке Казахстана и в Средней Азии.

Ниже нормы температура была на юге Дальневосточного региона, в июне здесь нередко случались обвалы холода в тыловых частях циклонов, а в августе холод проникал с северными потоками на восточной периферии мощных полярных антициклонов, их влияние сменялось активными циклонами, обеспечивающими сильные дожди, которые тоже стали причиной понижения температуры.

По данным Гидрометцентра России, летний сезон 2020 г. по всей территории России стал четвертым самым теплым за всю историю метеонаблюдений с 1891 года.

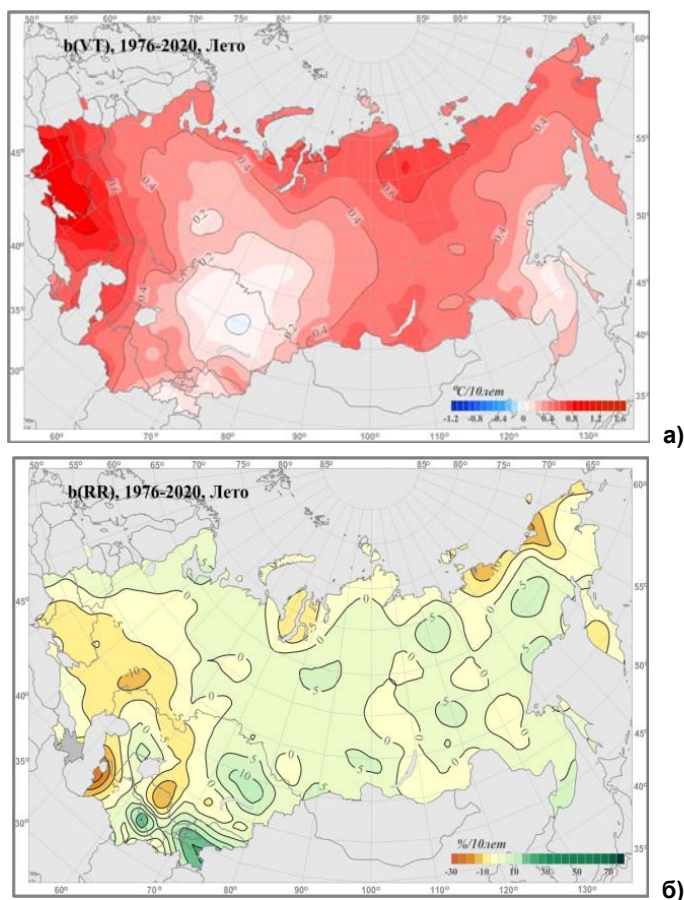
Больше нормы осадков за летний сезон выпало на Британских островах, в Южной и Центральной Европе, дефицит их наблюдается во Франции и центре Скандинавии (рис. 4б). В остальных районах Европы осадков выпало около нормы. Сухо было на большей части ЕТР, в норме и больше ее выпало на северо-западе ЕТР. Дефицит осадков отмечался на юге Урала и Западной Сибири, в Якутии и на востоке Чукотки, на большей части территории Казахстана.

Больше нормы осадков выпало в Киргизии. Избыток осадков наблюдался в северной половине Западной Сибири, в Центральной Сибири, Забайкалье, западной половине Чукотки, на севере и востоке Монголии, юге Хабаровского края и особенно в Приморье.

### **Тенденции приземной температуры воздуха и осадков в летний сезон по Северной Евразии за период 1976–2020 гг.**

В контексте анализа долгосрочных прогнозов особый интерес представляет оценка долгопериодных тенденций объектов прогнозирования как величины соотношения климатического сигнала к короткопериодным колебаниям климата. По данным анализа ФГБУ «ИГКЭ», по текущим климатическим аномалиям и изменению климата **за период 1976–2020 гг.** на территории Северной Евразии в целом отмечалась общая тенденция

потепления (рис. 5а). Наибольшая скорость роста приземной температуры воздуха отмечалась в юго-западной части региона (0,70–0,94 °C/10 лет), а именно в Молдове, на Украине и прилегающих областях России. При этом вклад тренда в общую дисперсию варьировался в пределах 60 и 72 %. Несколько менее интенсивное потепление (0,55–0,73 °C/10 лет) наблюдалось на северо-западе Якутии. Заметная тенденция к увеличению температуры с коэффициентами в пределах 0,50–0,68 °C/10 лет отмечалась также в Байкальском регионе. Небольшая область слабого похолодания (до -0,11 °C/10 лет) летом сохранялась на северо-востоке Казахстана.



**Рис. 5.** Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда в летний сезон за период 1976-2020 гг.: для приземной температуры воздуха (°C/10 лет) (а); для осадков (% нормы/10 лет) (б) по данным ФГБУ «ИГКЭ».

**Fig. 5.** Spatial distribution of the linear trend coefficients in summer for the period 1976-2020: for surface air temperature (°C / 10 years) (а); for precipitation (% norm / 10 years) (б). Data source: Institute of Global Climate and Ecology.

В европейской части Северной Евразии преобладала тенденция к уменьшению осадков (рис. 5б) со скоростью 5–14 % от нормы за 10 лет (юг ЕЧР, Молдова, восточные районы Украины, северо-запад и центр Казахстана), а в азиатской – тенденция к их росту со скоростью 5–18 % нормы за 10 лет (западная часть Казахстана и Узбекистана), в отдельных областях Якутии и на севере Хабаровского края – более 5 % нормы за 10 лет. Заметный рост осадков (более 20 % нормы за 10 лет) зафиксирован на северо-востоке Узбекистана и Туркменистана. В целом, вклад тренда в межгодовую изменчивость регионально осредненных по территории стран СНГ осадков был несущественный, статистически значимые на 5%-ном уровне коэффициенты трендов отмечались лишь для территориально осредненных оценок по Молдове и Украине.

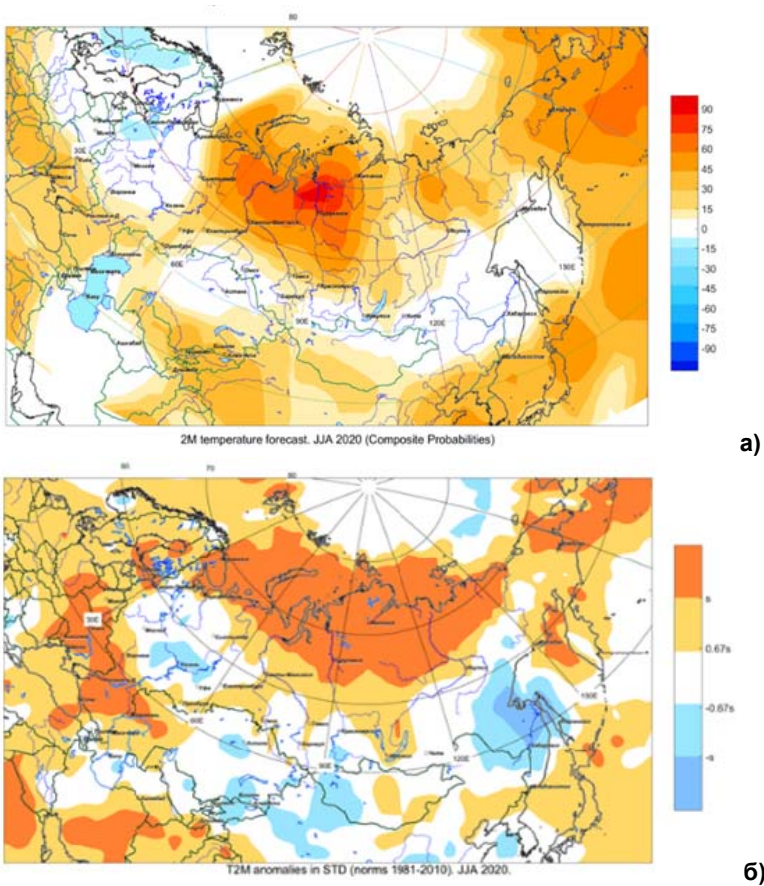
Сопоставляя поля распределения коэффициентов линейного тренда для температуры и осадков за период 1976–2020 гг. (рис. 5) и распределение аномалий осадков по данным станционных наблюдений за летний сезон 2020 г. (рис. 6б, 7б), можно отметить большое сходство в структурах полей. Является ли этот факт свидетельством значительного вклада дисперсии трендовой составляющей в температурный режим 2020 года – вопрос дискуссионный.

### **Успешность прогнозов температуры воздуха и осадков за лето 2020 г.**

Консенсусный прогноз, составленный в ходе сессии СЕАКОФ на летний сезон 2020 года, в целом воспроизвел фактические очаги повышенной температуры воздуха над севером Урала, Сибирью и Дальним Востоком. В этих регионах большую часть летнего сезона наблюдался повышенный фон атмосферного давления, связанный с процессами блокирования. Продолжительность светового дня, малооблачная погода, низкая влажность воздуха привели к повышенному фону температуры в этих районах. Следует отметить, что модель ПЛАВ верно отразила в прогнозах за летний сезон преобладание режимов циркуляции, связанных с отрицательной фазой Североатлантического колебания и положительной фазой Евразийского колебания, которые ассоциируются с преобладанием меридиональных форм атмосферной циркуляции на востоке Атлантики, а также, как правило, сопровождаются положительными аномалиями геопотенциала на севере Европейской России и Западной Сибири.

Над большей частью ЕТР и в южных регионах Азиатской части ввиду неопределенности прогностических указаний температура воздуха прогнозировалась ближе к средним многолетним значениям, и фактические данные подтвердили, что в этих регионах отсутствовали значительные аномалии. В странах СНГ, относящихся к Европейской части, прогнозы температуры и фактическая температура оказались в смежных градациях (прогнозировалась градация около нормы, а фактически наблюдалась выше нормы). В южных регионах европейской части России

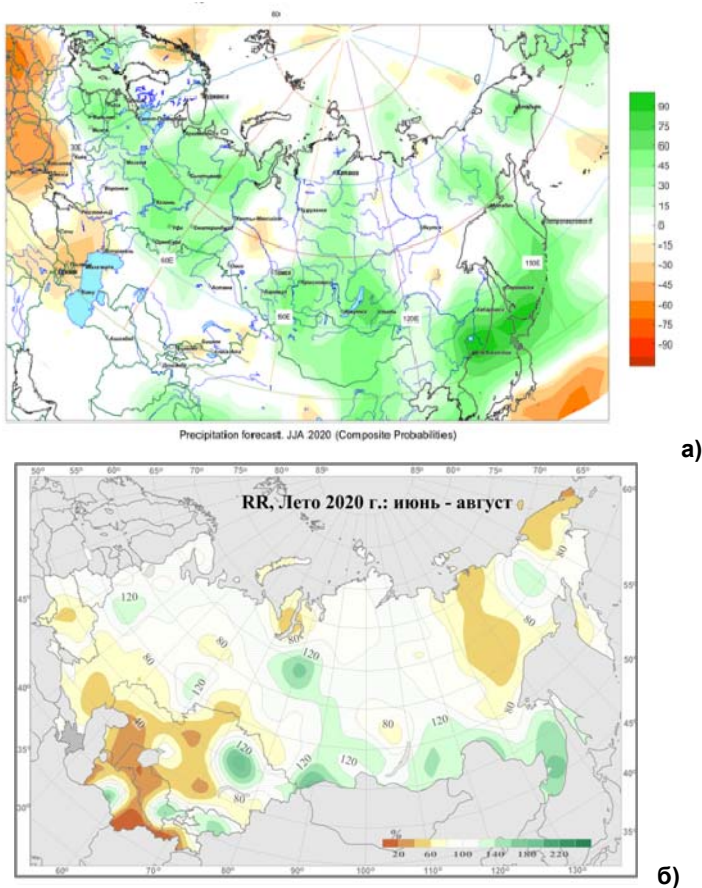
температурный фон оказался выше нормы по прогнозу и факту. Над территорией Средней Азии (за исключением южных районов) фактические и прогностические аномалии температуры близки. Отрицательные аномалии температуры воздуха наблюдались лишь на юго-востоке России, в прогнозе – около нормы (рис. 6). Пониженный фон температуры здесь был связан с различными процессами: обвалы холода в тыловых частях циклонов и северные потоки на восточной периферии мощных полярных антициклонов.



**Рис. 6.** Согласованность (в %) прогнозов аномалии приземной температуры воздуха, полученных на основе комплексации данных динамических моделей (ПЛАВ, ГГО, ТСС, CanSIP, CFS2) (а); распределение аномалий приземной температуры по данным ERA5 реанализа за летний сезон 2020 г. (б).

**Fig. 6.** Consistency of forecasts (in %) of the surface air temperature anomaly, obtained on the basis of the data integration of hydrodynamical models (PLAV, MGO, TCC, CanSIP, CFS2) (a); distribution of surface air temperature anomalies according to the ERA5 reanalysis data for the summer 2020 (б).

В поле осадков, по данным ERA-5 [6], в европейской части СНГ, на Украине и в южной части России отмечался дефицит осадков (рис. 7). Над Северной Евразией очаги дефицита осадков прогнозом не были предусмотрены. Дефицит осадков на юге Европейской части был спрогнозирован верно. По данным станционных наблюдений выявлена область повышенного увлажнения от северо-востока Казахстана до Приморского края. Это было связано с более глубоким, чем обычно, Азиатским сезонным минимумом, вследствие чего мощные южные циклоны из Средней Азии смещались по территории Монголии на юг Дальнего Востока.



**Рис. 7.** Согласованность (в %) прогнозов аномалии осадков, полученных на основе комплексации данных динамических моделей (ПЛАВ, ГГО, ТСС, CanSIP, CFS2) (а); распределение аномалий осадков по данным станционных наблюдений за летний сезон 2020 г. (б).

**Fig. 7.** Consistency (in %) of the precipitation anomaly, obtained on the basis of the data integration of hydrodynamical models (PLAV, MGO, TCC, CanSIP, CFS2) (a); distribution of precipitation anomalies according to the ERA5 reanalysis data for the summer 2020 (б).

Осадки заметно превышали норму в Кыргызстане, на юге Туркменистана и на северо-востоке Узбекистана. Консенсусный прогноз верно предсказал области избыточного количества осадков над южными регионами Северной Евразии. Осадки выше нормы корректно спрогнозированы на юге Узбекистана и Таджикистана. Прогнозом были завышены на градацию отрицательные аномалии осадков, которые отмечались в Таджикистане, на западе и востоке Туркменистана, на большей части территории Казахстана, в отдельных областях на северо-востоке Азиатской части России и на юге Западной Сибири. Дефицит осадков был связан с мощными антициклонами над Каспийским регионом, в июле они, взаимодействуя с гребнями северных антициклонов, создавали условия блокирования.

В целом, успешность консенсусного прогноза на лето 2020 года (таблица) по всей территории Северной Евразии (35–75° с. ш.; 20–180° в. д.) для приземной температуры воздуха составила 76 %, для осадков – 68 %. Наиболее высокие оценки оправдываемости прогнозов аномалии температуры воздуха (81 %) отмечены для Азиатской территории, для осадков (71 %) по европейской части Северной Евразии.

Таблица. Оценки прогнозов (%) за летний сезон 2020 г.  
Table. Skill scores (%) for summer season 2020

	Северная Евразия	Европейская часть	Азиатская часть	Центральная Азия и Казахстан
Температура	76	74	81	73
Осадки	68	71	63	65

### Выводы

Особенностью прошедшего летнего сезона в средней тропосфере стали необычайно интенсивные гребни высокого давления в полярных районах. Их влияние распространялось на Центральную и Восточную Сибирь. Над Арктикой сформировалась область положительных аномалий с максимальным значением +12 дам. Такие циркуляционные условия привели к нарушению нормальной циркуляции в высоких широтах, ослаблению, деформации и смещению с полюса на север Атлантики циркумполярного вихря.

Процессы блокирования происходили в разных частях Северной Евразии и привели к тому, что преобладала меридиональная циркуляция, а вместе с ней чередование волн жары и холода. Наиболее крупные положительные аномалии сформировались в российском секторе Арктики

(на побережье Карского моря они составили  $+3,5$  °С, став рекордно высокими за всю историю метеонаблюдений). Ниже нормы на территории Северной Евразии средняя температура лета была лишь на юге Дальнего Востока и местами в Таджикистане и Киргизии. Наиболее существенный дефицит осадков наблюдался в южной половине ЕТР, на западе Казахстана, в Туркмении, в Якутии.

В Тихом океане сохранялась нейтральная фаза Эль-Ниньо. В экваториальных широтах в центре и на востоке Тихого океана располагалась область небольших отрицательных аномалий ТПО, что говорит о начале холодного события – Ла-Нинья.

Высокие аномалии температуры воздуха и ТПО в Арктике, особенно в российском секторе, летом 2020 года привели к необычайно быстрому снижению площади арктических морских льдов в июле и августе.

На фоне сложившихся циркуляционных условий предсказуемость термического режима на лето 2020 года оказалась достаточно высокая, особенно в центральной и северной частях Северной Евразии. В среднем по всей территории для приземной температуры воздуха успешность прогноза знака аномалий составила 76 %. Преобладание меридиональной циркуляции и формирование эпизодов длительного блокирования привели к дефициту осадков в разных частях Северной Евразии, этот эффект предсказан наиболее успешно на юге европейской части России. Особенности активного циклогенеза на юге Дальневосточного региона, обеспечившего повышенный фон осадков, также были спрогнозированы достаточно успешно. В целом, для осадков оправдываемость прогноза составила 68 %.

Отмеченное сходство в структурах полей сезонных аномалий и долгопериодных тенденций для рассматриваемых параметров, указывающее на значительный вклад трендовой составляющей в общую изменчивость сезонных аномалий, требует дополнительного анализа и, вероятно, может учитываться в схемах сезонного метеорологического прогноза.

### Список литературы

1. Вильфанд Р.М., Зарипов Р.Б., Киктев Д.Б., Круглова Е.Н., Крыжов В.Н., Куликова И.А., Тищенко В.А., Толстых М.А., Хан В.М. Долгосрочные метеорологические прогнозы в Гидрометцентре России // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 12-36.

2. Киктев Д.Б., Хан В.М., Крыжов В.Н., Зарипов Р.Б., Круглова Е.Н., Куликова И.А., Тищенко В.А. Технология выпуска региональных долгосрочных прогнозов Северо-Евразийского климатического центра (СЕАКЦ) // Труды Гидрометцентра России. 2015. Вып. 358. С. 36-58.

3. Хан В.М. Деятельность Северо-Евразийского климатического центра (СЕАКЦ) и Северо-Евразийского климатического форума (СЕАКОФ) в международной структуре ВМО по улучшению климатического обслуживания // Труды Гидрометцентра России. 2015. Вып. 358. С. 5-12.

4. Хан В.М. Концепция региональных климатических форумов ВМО и вклад Северо-Евразийского климатического форума в ее реализацию // Труды Гидрометцентра России. 2017. Вып. 366. С. 5-13.

5. Хан В.М. О результатах девятнадцатой сессии Северо-евразийского климатического форума (СЕАКОФ-19), 17-18 ноября 2020 г. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2020. № 4 (378). С. 139-145.

6. Hersbach H., Bell B., Berrisford P., Hirahara S., Horányi A., Muñoz-Sabater J. The ERA5 global reanalysis // Q. J. R. Meteorol. Soc. 2020. Vol. 146 (730). P. 1999-2049.

7. Kanamitsu M., Ebisuzaki W.I, Woollen J., Yang Shi-Keng, Hnilo J.J., Fiorino M., Potter G.L. NCEP–DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 2002. Vol. 83. P. 1631-1643.

### References

1. Vilfand R.M., Zaripov R.B., Kiktev D.B., Kruglova E.N., Kryjov V.N., Kulikova I.A., Tischenko V.A., Tolstych M.A., Khan V.M. Long-range forecasting at Hydrometeorological Center of Russia. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy* [Hydrometeorological Research and Forecasting], 2019, vol. 374, no. 4, pp. 12-36. [in Russ.].

2. Kiktev D.B., Khan V.M., Kryzhov V.N., Zaripov R.B., Kruglova E.N., Kulikova I.A., Tischenko V.A. Technology of issue of long-range forecasts in the North-Eurasian Climate Centre (NEACC). *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proceedings of the Hydrometeorological Centre of Russia], 2015, vol. 358, pp. 36-58. [in Russ.].

3. Khan V.M. Activity of the North-Eurasian Climate Center (NEACC) and the North Eurasian Climate Outlook Forum (NEACOF) aimed at climate services improvement within the international structure of WMO. *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proceedings of the Hydrometeorological Centre of Russia], 2015, vol. 358, pp. 5-12. [in Russ.].

4. Khan V.M. The concept of WMO Regional Climate Outlook Forum and the contribution of North Eurasia Climate Outlook Forum to its implementation. *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proceedings of the Hydrometeorological Centre of Russia], 2017, vol. 366, pp. 5-13. [in Russ.].

5. Khan V.M. The results of the Nineteenth Session of the North Eurasian Climate Forum (NEACOF-19), November 17-18, 2020. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy* [Hydrometeorological Research and Forecasting], 2020, vol. 378, no. 4, pp. 139-145. [in Russ.].

6. Hersbach H., Bell B., Berrisford P., Hirahara S., Horányi A., Muñoz-Sabater J. The ERA5 global reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 2020, vol. 146 (730), pp. 1999-2049.

7. Kanamitsu M., Ebisuzaki W.I, Woollen J., Yang Shi-Keng, Hnilo J.J., Fiorino M., Potter G.L. NCEP–DOE AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 2002, vol. 83, pp. 1631-1643.

Поступила 19.01.2021; одобрена после рецензирования 02.03.2021;  
принята в печать 23.03.2021.

Submitted 19.01.2021; approved after reviewing 02.03.2021;  
accepted for publication 23.03.2021.