

*В.Ю. Цепелев, С.А. Астахов*

## ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ЛЕТНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ЕВРАЗИИ

*V.Y. Tsepelev, S.A. Astahov*

## RESPONSE OF SUMMER AIR TEMPERATURE TO SNOW DEPTH OF EURASIA

*В работе представлены результаты проверки гипотезы об изменении во времени механизма влияния снежного покрова на температурный режим Северного полушария. Предполагается, что изменение происходит в результате смены доминирующего циркуляционного механизма. Авторами проведен анализ корреляционной зависимости между толщиной снежного покрова и летними температурами воздуха Европе по каждой циркуляционной эпохе в отдельности. Исследование показало, что в однотипных эпохах атмосферной циркуляции знак и пространственное распределение корреляционных связей сохраняется и изменяется только при смене эпохи.*

*Ключевые слова: долгосрочный прогноз погоды, снежный покров, эпоха циркуляции, температура воздуха, детализация прогнозов, дальние связи.*

*In this research the hypothesis about variability of the snow depth influence on summer temperature regime of Eurasia was checked. The authors investigated the correlation dependence between snow depth and summer air temperature for each era of atmospheric circulation separately. For the same eras of atmospheric circulation the sign and spatial distribution of correlation coefficients remains the similar, but they changes together with era changed. The snow cover depth have a small value for summer temperature forecast in Europe during the "E" circulation era. During the "W+C" circulation era it is possible to use the snow cover depth as a predictor for temperature forecast.*

*Key words: long range weather forecast, snow cover, era of atmospheric circulation, air temperature, forecast definition.*

### **Введение**

Взаимосвязь среднемесячной летней температуры воздуха и характеристик снежного покрова Евразии объясняется тем, что снег является мощным климатообразующим фактором и важнейшей характеристикой подстилающей поверхности. Вследствие того, что снежный покров обладает значительной инерционностью, то он может выступать в роли информативного предиктора для прогноза температуры воздуха. Отсутствие видимого прогресса, в повышении успешности прогнозов погоды на месяц и сезон, заставляет прогнозистов привлекать различные физические механизмы, описывающие влияние подстилающей поверхности на атмосферную циркуляцию. Одним из таких механизмов является сложная зависимость между зимними характеристиками снежного покрова Евразии и температурным режимом Северного полушария в весенне-летний период.

### **Использованные данные**

Исследования характеристик снежного покрова, на плохо освещенных наблюдениями пространствах Евразии, часто проводится по данным реанализа, который является важным источником информации для изучения крупномасштабного взаимодействия характеристик снежного покрова и циркуляционных процессов в тропосфере. В настоящее время существует несколько различных баз данных реанализа – NCEP/NCAR, ERA-40, NCEP/DOE, INTERIM/ECMWF, JRA-25, и другие. К сожалению, не все из них одинаково доступны исследователям.

Вполне реалистично воспроизводятся данными реанализа NCEP/DOE интегральные значения водного эквивалента снежного покрова, осредненные по большим территориям и за длительный интервал времени [5]. В большинстве случаев, взятая по данным реанализов и осредненная по площадям бассейнов рек межгодовая изменчивость характеристик снежного покрова, полученная по натурным наблюдениям, описывается с ошибкой, находящейся в пределах среднеквадратичного отклонения. В нашем исследовании была использована новая версия реанализа – исторический реанализ «Twentieth Century Reanalysis» NCEP/NCAR ("Support for the Twentieth Century Reanalysis Project dataset is provided by the U.S. Department of Energy, Office of Science Innovative and Novel Computational Impact on Theory and Experiment (DOE INCITE) program, and Office of Biological and Environmental Research (BER), and by the National Oceanic and Atmospheric Administration Climate Program Office."). Этот реанализ не только с высокой степенью достоверности воспроизводит характеристики снежного покрова, но и позволяет использовать модельные данные, начиная с 1870 года. Источником данных по температуре воздуха у поверхности земли так же послужил реанализ «Twentieth Century Reanalysis» NCEP/NCAR.

Для статистической обработки баз данных было использовано программное обеспечение, разработанное В.Ю. Цепелевым в ФГБУ «Санкт-Петербургский ЦГМС-Р».

### **Метод исследований**

Основной гипотезой, проверявшейся в исследовании, является предположение об изменении во времени механизма влияния снежного покрова на температурный режим Евразии в зависимости от смены доминирующего циркуляционного механизма Северного полушария. Изменение во времени циркуляционного режима было описано в работах А.А. Гирса, Г.Я. Вангенгейма [2] и их последователей, где были выделены циркуляционные эпохи Северного полушария. В зависимости от преобладания тех или иных форм атмосферной циркуляции были описаны особенности циркуляционных переносов в каждой из эпох.

Мы исследовали связи между толщиной снежного покрова и распределением приземной температуры в Евразии внутри выбранных циркуляционных эпох. Из временного промежутка в 110 лет, имеющегося в нашем распоряже-

нии, были выбраны три циркуляционные эпохи, выделенные в Вангенгеймом Г.Я., Гирсом А.А. и Савичевым А.И. [1, 2, 3]:

➤ Первая эпоха – эпоха восточной циркуляции (E), 1929–1939 гг. В этот период повторяемость процессов западной и меридиональной форм циркуляции была ослаблена, а повторяемость процессов восточной формы циркуляции систематически превышала норму. За 11 лет процессы восточной формы циркуляции заняли 45% от общего количества дней.

➤ Вторая эпоха – так же эпоха восточной циркуляции (E), 1965–1985 гг. В этот промежуток времени процессы восточной формы циркуляции наблюдались с повышенной частотой, а повторяемость процессов меридиональной и западной форм циркуляции наблюдалась в пределах нормы.

➤ Эпоха западно-меридиональной циркуляции (W+C), 1986–2010 гг. Эпоха характеризовалась повышенной повторяемостью западных циркуляционных процессов и слегка повышенной повторяемостью процессов меридиональной формы циркуляции. Процессы восточной формы циркуляции были ослаблены.

Для каждой эпохи циркуляции, был рассчитан ранговый коэффициент корреляции Спирмана между толщиной снежного покрова в выбранных географических районах и температурой воздуха на территории Евразии в узлах регулярной сетки данных и оценена его значимость по критерию Стьюдента. Расчет проводился с различными лагами по времени. В результате были построены карты пространственного распределения коэффициентов корреляции и проанализирована значимость полученных связей.

В последнее время появляется все больше статей на тему влияния снежного покрова Евразии на температурный режим отдельных регионов и всего Северного полушария в целом. Механизмы влияния толщины снежного покрова на среднемесячные летние температуры воздуха исследовали в своих работах В.М. Хан, К.Г. Рубинштейн, Д. Сондерс, и другие ученые [4]. В одной из своих работ, В.М. Хан было выделено несколько географических регионов на территории Евразии толщина снежного покрова в которых, в наибольшей степени влияет на среднемесячные летние температуры воздуха. Эти регионы являются зонами повышенной информативности в полях толщины снежного покрова (рис. 1).

Для целей нашего исследования было выбрано два региона из выделенных В.М. Хан. Координаты центра первого региона, расположенного на юге Таймыра, – 70° с.ш.; 100° в.д. Координаты центра второго региона, расположенного в центральной Якутии, – 66° с.ш.; 130° в.д. Параметры снежного покрова в каждом из них проверялись на связь с аномалиями приземной температуры воздуха в северной части Евразии. Нами был проведен анализ корреляционных связей толщины снежного покрова, наблюдавшегося в указанных центрах в феврале и марте и среднемесячных значений температуры воздуха на пространстве северной части Евразии в мае, июне и июле. Анализ проводился по каждой из вы-

бранных циркуляционных эпох в отдельности. Для корреляционных связей рассчитан 90 % уровень значимости Стюдента. В рассмотрение принимались только значимые коэффициенты корреляции. В связи с большим объемом графического материала в статье приведены только основные, обобщающие карты.

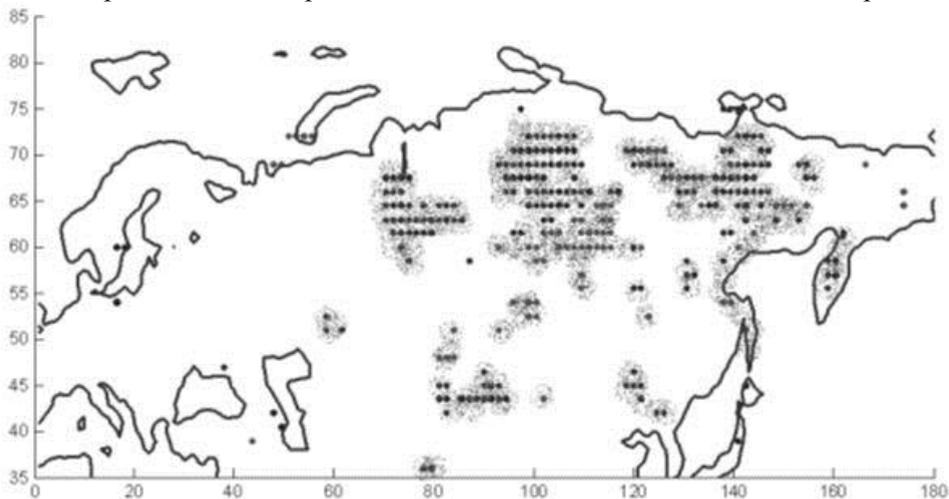


Рис. 1. Районы повышенной информативности в полях толщины снежного покрова

### **Краткий обзор особенностей циркуляционных характеристик и характеристик снежного покрова по циркуляционным эпохам**

#### *Циркуляционная эпоха 1929–1939 годов*

Средняя карта аномалий приземного давления за февраль 1929–1939 гг. характеризуется обширным районом положительных значений над Якутией и Иркутской областью и областью отрицательных значений над Казахстаном и центральным регионом России. Средняя карта аномалий температуры воздуха за этот период показывает область положительных значений в районе Таймыра и восточной Якутии и область отрицательных значений в Краснодарском крае, Казахстане и Китае (рис. 2-1).

На средней мартовской карте аномалий приземного давления выделяется обширное поле отрицательных значений от Поволжья до Зауралья и области положительных значений в Забайкалье, Монголии, Китае и Арктическом бассейне. На средней мартовской карте аномалий температуры воздуха наблюдаются области отрицательных значений на Дальнем Востоке, Китае, в Монголии, севере европейской части РФ и Таймыре (рис. 2-2).

На средней карте аномалий толщины снежного покрова в феврале четко выражено поле отрицательных значений в центральной России и центральной Сибири и положительных значений по югу РФ, Казахстану, Монголии и Китаю, на Таймыре и Дальнем Востоке РФ. В марте распределение аномалий толщины снежного покрова аналогично февралю.

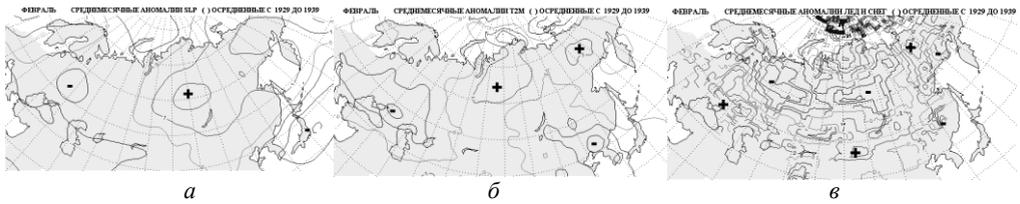


Рис. 2-1. Февральские среднемесячные аномалии, осредненные за период 1929–1939 гг.  
*a* – давления на уровне моря, *б* – температуры на уровне 2 м, *в* – высоты снежного покрова

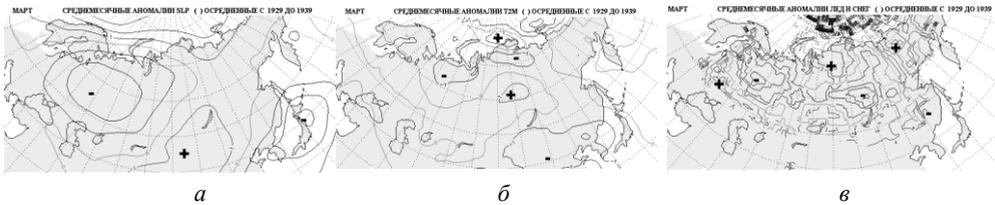


Рис. 2-2. Мартовские среднемесячные аномалии, осредненные за период 1929–1939 гг.  
*a* – давления на уровне моря, *б* – температуры на уровне 2 м, *в* – высоты снежного покрова

### Циркуляционная эпоха 1965–1985 годов

На средней февральской карте аномалий приземного давления хорошо выражена большая область положительных значений в Арктике и северной части РФ. Область отрицательных аномалий давления располагается по югу РФ, в Средней Азии, Китае (рис. 3-1). В поле аномалий температуры области отрицательных значений расположены в Восточной Сибири, а положительные аномалии занимают юг Сибири от Урала до Дальнего Востока.

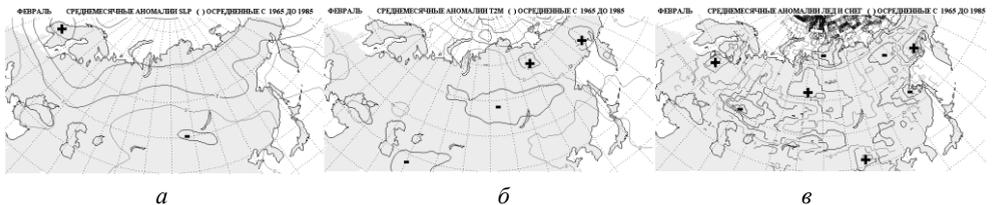


Рис. 3-1. Февральские среднемесячные аномалии, осредненные за период 1965–1985 гг.  
*a* – давления на уровне моря, *б* – температуры на уровне 2 м, *в* – высоты снежного покрова

На средней карте мартовских аномалий приземного давления можно выделить обширное поле отрицательных значений в Европейской части Ф, а положительные аномалии распространяются из Арктики через Таймыр на Черное море. В поле аномалий температуры отмечаются области положительных значений над республикой Коми и центральной Якутией и Забайкалье (рис. 3-2).

Средние февральские аномалии толщины снежного покрова характеризуются обширной областью отрицательных аномалий вдоль пятидесятой параллели, протянувшейся от Европейской части РФ до Сахалина, с максимумами на Южном Урале и районе Хабаровска. Положительные аномалии находятся в Прибалтике и Белоруссии, центре Западной Сибири и в Якутии. На мартов-

ской карте отмечаются обширные районы положительных аномалий толщины снежного покрова на юге РФ и Украине, Забайкалье и в Якутии. Область отрицательных аномалий локализована в районе Уральских гор.

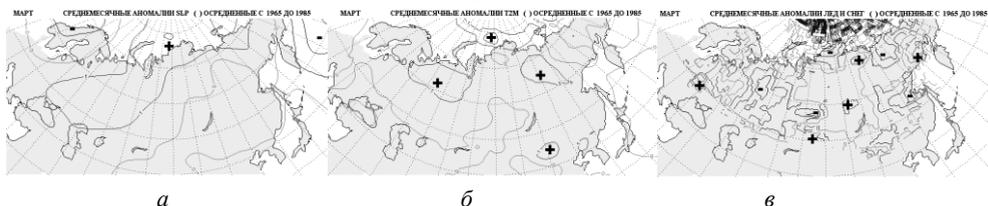


Рис. 3-2. Мартовские среднемесячные аномалии, осредненные за период 1965–1985 гг. *а* – давления на уровне моря, *б* – температуры на уровне 2 м, *в* – высоты снежного покрова

**Циркуляционная эпоха 1986–2010 годов.**

На карте февральских аномалий приземного давления (рис. 4-1), область отрицательных аномалий вытянулась от Кольского до Чукотского полуострова вдоль побережья Северного Ледовитого океана и распространилась до Китая на юге. Область положительных аномалий расположена в Западной Европе. Области положительных аномалий февральской температуры воздуха расположены практически над всей территорией Евразии за исключением Таймыра, где наблюдается небольшая область отрицательных аномалий температуры воздуха.



Рис. 4-1. Февральские среднемесячные аномалии, осредненные за период 1986–2010 гг. *а* – давления на уровне моря, *б* – температуры на уровне 2 м, *в* – высоты снежного покрова

В марте, на карте аномалий приземного давления (рис. 4-2), можно выделить преобладающую область отрицательных значений вытянутую через всю северную Евразию от Скандинавии до Камчатки и занимающую практически всю Сибирь. Положительные аномалии давления локализованы в Западной Европе. Область положительных аномалий температуры воздуха в марте охватывает практически всю Евразию.

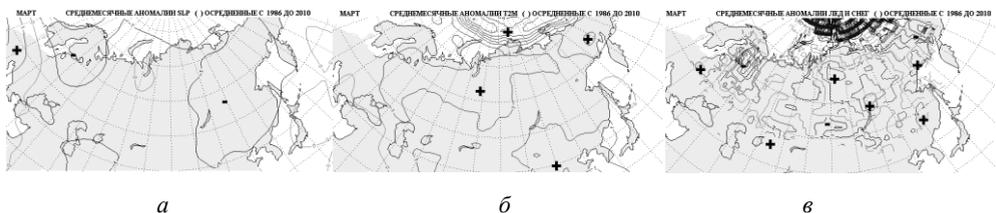


Рис. 4-2. Мартовские среднемесячные аномалии, осредненные за период 1986–2010 гг. *а* – давления на уровне моря, *б* – температуры на уровне 2 м, *в* – высоты снежного покрова

На февральских картах аномалий толщины снежного покрова (рис. 4-1) зоны отрицательных аномалий малы и локализованы на Северо-Западе континента и Чукотке. Положительные аномалии занимают всю центральную и южную Сибирь, восток Европейской части РФ, Дальний Восток.

На мартовской карте географическое распределение аномалий толщины снежного покрова (рис. 4-2) схоже с февральским распределением.

**Особенности корреляционных связей толщины снежного покрова в Якутском и Таймырском Центрах и температуры воздуха в Евразии**

В табл. 1 и 2 проанализировано географическое распределение районов значимых корреляционных связей, с уровнем значимости 90% по Стьюденту.

*Таблица 1*

**Корреляционная связь между характеристиками снежного покрова в Якутском и Таймырском Центрах в феврале и температурой воздуха в Евразии в мае, июне и июле**

Эпохи циркуляции	Центры влияния	
	Якутский Центр	Таймырский Центр
1929–1939	<p><i>Май</i></p> <p>Основные области значимых отрицательных связей в Казахстане, на западе озера Байкал, в районе Чукотского полуострова и на побережье Северного Ледовитого Океана. Очаги положительных корреляционных связей располагаются на юге Скандинавии.</p> <p><i>Июнь</i></p> <p>Очаги отрицательных значений корреляционных связей выявляются на Дальнем Востоке и в Якутии. Зоны положительных корреляционных связей расположены в районе Уральских гор, в Западной Сибири и в центральной Европе.</p> <p><i>Июль</i></p> <p>Области отрицательных коэффициентов корреляции охватывают Балтийское море, Северо-Западный регион РФ, юг Таймыра и восток Чукотки. Область положительных корреляционных связей, расположена в Казахстане.</p>	<p><i>Май</i></p> <p>Обширная зона положительных значений на территории Западносибирской равнины и Среднесибирского плоскогорья.</p> <p><i>Июнь</i></p> <p>Обширная зона отрицательных корреляций над территорией Казахстана и центрального Зауралья и над севером Урала. Область положительных связей растянулась от полуострова Таймыр до Колымы.</p> <p><i>Июль</i></p> <p>Область отрицательных значений коэффициентов корреляции располагается районе от Поволжья до Казахстана. Область положительных коэффициентов корреляции в районе Колымы – восточной Якутии и Чукотки.</p>
1965–1985	<p><i>Май</i></p> <p>Очаги положительных корреляций расположены на Западносибирской равнине, восточной Якутии, Колымской низменности.</p>	<p><i>Май</i></p> <p>Область отрицательных корреляционных связей протянулась от озера Балхаш до Сахалина.</p>

	<p><i>Июнь</i></p> <p>Отрицательные корреляции воздуха наблюдаются в области, растянувшейся от Белого моря до Красноярского края и в Якутии.</p> <p><i>Июль</i></p> <p>Области отрицательных коэффициентов корреляции расположены в центре Казахстана, Колымского нагорья и восточном побережье Камчатки. Область положительных корреляций находится в районе Белого моря и архипелага Новая Земля.</p>	<p><i>Июнь</i></p> <p>Области отрицательных корреляций располагаются в Иркутской области и Якутии и на западе Таймыра. Область положительных корреляций располагается в районе Черного моря.</p> <p><i>Июль</i></p> <p>Очагами отрицательных значений корреляции расположены в Бурятии и Читинской области, на Восточно-европейской равнине и в районе Верхоянского хребта. Область положительных коэффициентов находится на Чукотке.</p>
1986–2010	<p><i>Май</i></p> <p>Очаги отрицательных корреляций располагаются в районе Уральских гор, в Красноярском крае, на Таймыре. Две области положительных корреляционных связей находятся на Сахалине, Камчатке и в Восточной Европе.</p> <p><i>Июнь</i></p> <p>Области отрицательных коэффициентов располагаются на Кавказе и Восточноевропейской равнине, а также на Сахалине. Области положительных корреляций расположены на Чукотке, и в районе озера Балхаш.</p> <p><i>Июль</i></p> <p>Отрицательная корреляционная связь хорошо выражена в зоне, растянувшейся вдоль сорокового меридиана от Белого моря до Кавказских гор, в Иркутской области и Красноярском крае.</p>	<p><i>Май</i></p> <p>Отрицательные корреляции хорошо выражены в области, растянувшейся от Аральского моря до Колымы, которая охватывает Казахстан, Среднесибирское плоскогорье и Якутию. Области положительных корреляций наблюдаются в районе Черного моря и Поволжья.</p> <p><i>Июнь</i></p> <p>Зона отрицательных коэффициентов расположена на Тихоокеанском побережья Китая и на пространстве Восточной Сибири от Таймыра до Монголии.</p> <p><i>Июль</i></p> <p>Отрицательные коэффициенты корреляции сконцентрированы в зоне от Балтийского до Черного морей, на Среднесибирском плоскогорье, в Казахстане и районе Уральских гор.</p>

Таблица 2

**Корреляционная связь между характеристиками снежного покрова в Якутском и Таймырском Центрах в марте и температурой воздуха в Евразии в мае, июне и июле**

Эпохи циркуляции	Центры влияния	
	Якутский Центр	Таймырский Центр
1929–1939	<p><i>Май</i></p> <p>Наблюдаются области отрицательной корреляции, растянувшиеся от западной Сибири до Чукотки. Очаг положительной корреляции находится на юге Балтийского моря.</p>	<p><i>Май</i></p> <p>Максимальные, отрицательные корреляционные связи локализируются в южном Казахстане и на Колыме, а так же на севере Восточноевропейской равнины.</p>

	<p><i>Июнь</i></p> <p>Отрицательные корреляционные связи занимают обширный район от полуострова Таймыр до Анадыря. Область значимых положительных коэффициентов расположена над южной частью Уральских гор.</p> <p><i>Июль</i></p> <p>Выделяются четыре очага повышенных значений отрицательной корреляции, на Северо-Западе РФ, юге Таймыра, Чукотском полуострове и севере Казахстана.</p>	<p><i>Июнь</i></p> <p>Области отрицательных корреляций протянулись от Среднесибирского плоскогорья до острова Сахалин, в районе Аральского моря и в Архангельской области.</p> <p><i>Июль</i></p> <p>Области максимальных отрицательных корреляций расположились в районе озера Байкал, в районе Скандинавского полуострова и в Якутии.</p>
1965–1985	<p><i>Май</i></p> <p>Очаги отрицательных корреляций расположены в Северо-Восточной Европе и Колымской низменности, а очаги положительных корреляций на территории Казахстана, Западносибирской равнины, в области растянувшейся от Верхоянского хребта до полуострова Камчатка и в восточной Монголии.</p> <p><i>Июнь</i></p> <p>Связь характеризуется областью положительных корреляций на территории Монголии.</p> <p><i>Июль</i></p> <p>Три очага отрицательных корреляционных связей находятся в районе полуострова Таймыр, Камчатки и на побережье Азовского моря. Наблюдаются области положительной корреляции – в Монголии, на побережье Японского моря и на Скандинавском полуострове.</p>	<p><i>Май</i></p> <p>Небольшие области отрицательных коэффициентов корреляции локализованы на полуострове Таймыр, в северном Китае, на юге Среднесибирского плоскогорья и Тиманском кряже. Области положительных корреляций расположены над Черным морем и Центральной Европой.</p> <p><i>Июнь</i></p> <p>Области отрицательных корреляций протянулись от восточного Китая до Верхоянского хребта и расположились над Уральскими горами. Область положительных корреляций располагается над Украиной.</p> <p><i>Июль</i></p> <p>Обширные зоны отрицательных значений находятся в Якутии, Амурской, Читинской областях и на Восточноевропейской равнине. Небольшие области положительных коэффициентов корреляции расположены на Чукотке и Украине.</p>
1986–2010	<p><i>Май</i></p> <p>Области отрицательной корреляционной связи расположены в Республике Коми и на Сахалине.</p>	<p><i>Май</i></p> <p>Области отрицательных коэффициентов корреляции, занимают пространство от Таймыра до Казахстана. Области положительных коэффициентов расположены в районе Черного моря и в Центре Европейской части России.</p>

	<p style="text-align: center;"><i>Июнь</i></p> <p>Очаги отрицательных коэффициентов корреляции расположены в центральном регионе России, на Сахалине и востоке Байкала. Очагом положительных значений, находятся в районе Приленского плато.</p> <p style="text-align: center;"><i>Июль</i></p> <p>Отрицательная корреляционная связь хорошо выражена в районе Восточноевропейской равнины, на Северо-Востоке Якутии и на Западносибирской равнине.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Июнь</i></p> <p>Пространственное распределение коэффициентов корреляции имеет высокую степень сходства с распределением коэффициентов для февраля.</p> <p style="text-align: center;"><i>Июль</i></p> <p>Области с отрицательной связью расположены в районе Черного моря и Скандинавского полуострова, на Среднесибирском плоскогорье, Северной части Якутии и в Монголии. Области положительных коэффициентов расположены на Урале, в Казахстане и на Сахалине.</p>
--	---	---

По результатам анализа были построены сводные карты центров наиболее значимых корреляционных связей для февральской и мартовской толщин снежного покрова в отдельности по циркуляционным эпохам (рис. 5, 6, 7).

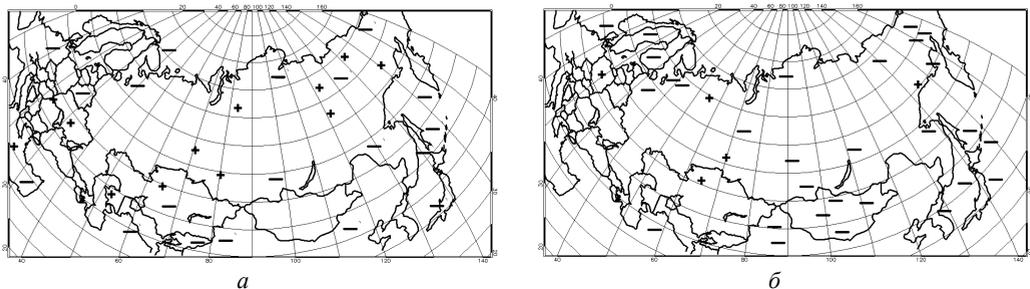


Рис. 5. Географическое положение центров значимых корреляционных связей между февральскими (а) или мартовскими (б) толщинами снежного покрова в Таймырском и Якутском Центрах и температурами приземного воздуха в мае, июне и июле в эпоху циркуляции 1929–1939 гг. «+» – очаги положительных корреляций, «-» – очаги отрицательных корреляций.

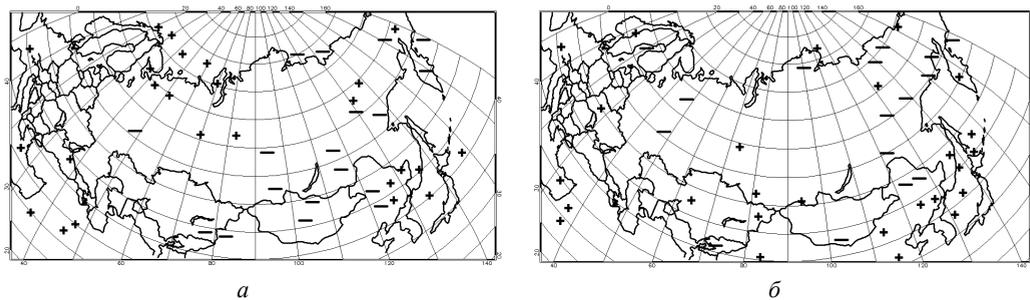


Рис. 6. Географическое положение центров значимых корреляционных связей между февральскими (а) или мартовскими (б) толщинами снежного покрова в Таймырском и Якутском Центрах и температурами приземного воздуха в мае, июне и июле в эпоху циркуляции 1965–1985 гг. «+» – очаги положительных корреляций, «-» – очаги отрицательных корреляций

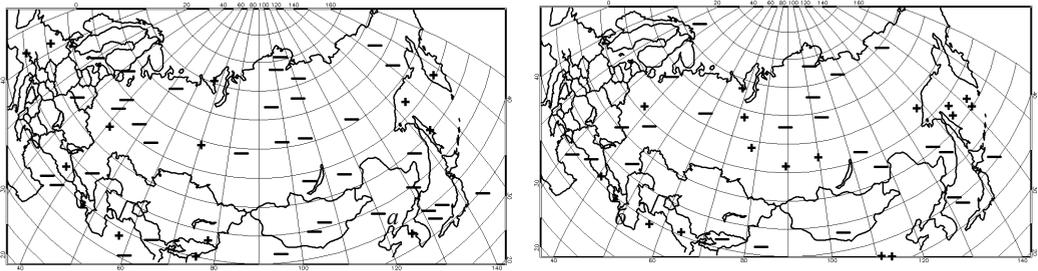


Рис. 7. Географическое положение центров значимых корреляционных связей между февральскими (а) или мартовскими (б) толщинами снежного покрова в Таймырском и Якутском Центрах и температурами приземного воздуха в мае, июне и июле в эпоху циркуляции 1986–2010 гг.  
«+» – очаги положительных корреляций, «-» – очаги отрицательных корреляций

### Анализ карт корреляций

#### *Связь летних температур воздуха с толщиной февральского снежного покрова*

Как следует из анализа карт, пространственное распределение знака и локализации наиболее значимых корреляционных связей меняется от одной циркуляционной эпохи к другой. Так для связей февральского снежного покрова с летними температурами воздуха, в эпоху циркуляции 1929–1939 гг., над Северо-Западом РФ и побережьем Баренцева моря располагался очаг отрицательных корреляций, тогда как в эпоху 1965–1985 гг. в этом же районе появился очаг положительных корреляций. В эпоху 1986–2010 гг. в этом районе вновь отмечается очаг отрицательных корреляций. Очаг положительных корреляций сохранился в Причерноморском и Прикаспийском регионе в эпохи 1929–1939 гг. и 1965–1985 гг., а в эпоху 1986–2010 гг. этот район преимущественно занимал очаг отрицательных корреляций. В районе Владивостока, Северо-Востока Китая и Японских островов в эпоху 1929–1939 и 1986–2010 гг. существовал очаг отрицательных корреляций, а в эпоху 1965–1985 гг. он был заменен на очаг положительных корреляций. Тем не менее, устойчивая отрицательная связь сохранялась во все три эпохи для района окружающего озеро Байкал.

#### *Связь летних температур воздуха с толщиной мартовского снежного покрова*

Для связей мартовского снежного покрова с летними температурами воздуха, во все 3 рассматриваемые эпохи циркуляции на Северо-Западе РФ, Таймыре, Красноярском крае, Чукотке и Прибайкалье сохранялась область отрицательных корреляций. Смена области отрицательной корреляции в 1929–1939 гг. на положительную в 1965–1985 гг. и обратно на отрицательную в 1986–2010 гг. происходила в Причерноморском и Прикаспийском районе, в районе Владивостока, Кореи и Японских островов. В районе Сахалина, отрицательная связь 1929–1939 гг. изменяется на положительную в 1965–1985 гг. и сохраняется в 1986–2010 гг.

В целом, корреляционная связь толщины снежного с летними температурами для февраля и марта имеет схожую динамику.

Кроме того, нами были построены сводные карты влияния толщины снежного покрова, в каждом из центров в отдельности, на летние температуры воздуха (рис. 8). Анализ карт показывает, что Якутский Центр оказывает большее влияние на температуру воздуха летом в Восточной Сибири, Японском море и Средней Азии, а Таймырский Центр оказывает большее влияние на Северо-Западный регион РФ и Западную Сибирь. Влияние Таймырского и Якутского Центров противоположно в Приморье, Охотском море и Причерноморском регионе. На Северо-Западный регион РФ и Таймыр влияние Таймырского и Якутского Центров имеет один знак.

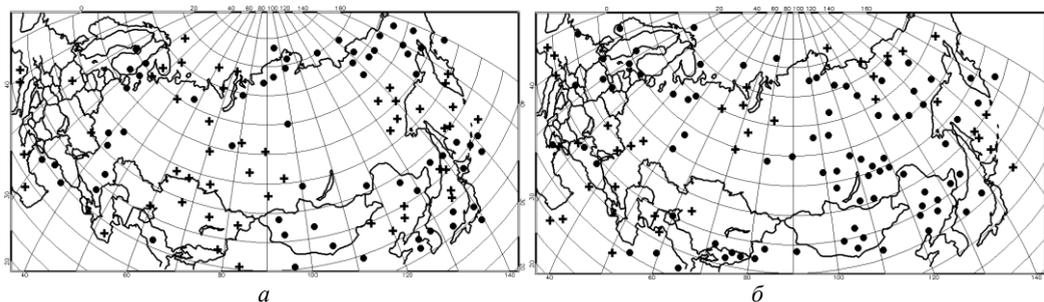


Рис. 8. Географическое положение центров значимых корреляционных связей между толщинами снежного покрова в Таймырском (а) и Якутском (б) Центрах и летними температурами приземного воздуха. «+» – очаги положительных корреляций, «•» – очаги отрицательных корреляций

## Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

– Наблюдается существенное отличие в пространственном распределении аномалий приземного давления, температуры и толщине снежного покрова в февралях и марта различных циркуляционных эпох. В эпоху циркуляции 1986–2010 гг. произошло смещение циклонической деятельности в Арктику вдоль всей территории Евразии, тогда как в эпоху 1929–1939 гг. отрицательные аномалии в Арктике наблюдались преимущественно в Европейском секторе, а в эпоху 1965–1985 гг. над Арктикой располагалась область положительных аномалий давления. Смещение циклонов привело к интенсивному выносу тепла в высокие широты и область отрицательных аномалий температуры над севером Евразии, которая наблюдалась в 1965–1985 гг., сменилась обширной областью положительных аномалий. Сложные обратные связи между толщиной снежного покрова с температурой воздуха и количеством выпадаемых осадков, обусловленных циклонической деятельностью, привели к изменению картины распределения толщин снежного покрова по территории северной Евразии. Если

в 1929–1939 гг. на большей части территории преобладали отрицательные аномалии толщины снежного покрова, то в 1965–1985 гг. на Северо-Западе и в Западной Сибири появилась область положительных аномалий снежного покрова. В эпоху 1986–2010 гг. область положительных аномалий уже охватывает большую часть изучаемой территории за исключением ее крайнего запада и востока.

– Значимая синхронная корреляционная связь между температурой или приземным давлением и толщиной снежного покрова не наблюдается ни в одну из циркуляционных эпох. В качестве примера приводятся карты корреляций для февраля эпох циркуляции 1965–1985 и 1986–2010 гг. (рис. 9).

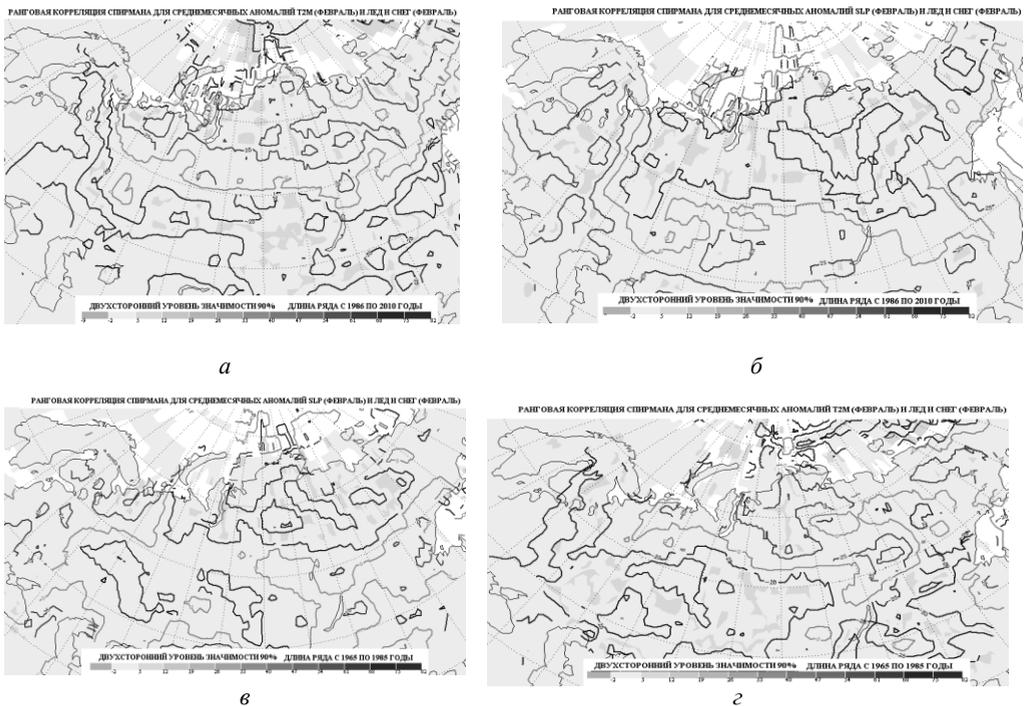


Рис. 9. Карты распределения коэффициентов корреляции синхронной связи между аномалиями приземного давления (а, в), аномалиями приземной температуры воздуха (б, г) и толщиной снежного покрова в феврале 1986–2010 гг. (а, б) и 1965–1985 гг. (в, г)

– Асинхронные корреляционные связи между февральской и мартовской толщиной снежного покрова и летней температурой воздуха в Евразии неустойчивы во времени. Знак и величина связи в конкретном географическом районе зависит от типа циркуляции в атмосфере. При смене циркуляционной эпохи происходит перемещение областей повышенных, значимых коэффициентов корреляции в другие географические районы.

– В эпоху циркуляции «Е», характеристики толщины снежного покрова мало информативны для прогноза летней температуры воздуха в Европе, но оказывают большое влияние на летнюю температуру воздуха в Сибири.

– Области высоких корреляционных связей температуры воздуха с февральской и мартовской толщиной снежного покрова имеют схожее географическое распределение.

– Размер и интенсивность корреляционных связей летних температур воздуха выше с февральской толщиной снежного покрова, чем с мартовской.

– Летние температуры в Восточной Европе, Прибайкальском регионе и Чукотке имеют преимущественно отрицательную корреляционную связь с февральской и мартовской толщиной снежного покрова во все рассмотренные эпохи циркуляции.

– На Дальнем Востоке, связь толщины снежного покрова с летними температурами в Европе меняет знак от эпохи к эпохе.

– Якутский Центр оказывает большее влияние на температуру воздуха летом в Восточной Сибири, Японском море и Средней Азии, а Таймырский Центр оказывает большее влияние на Северо-Западный регион РФ и Западную Сибирь.

– Влияние Таймырского и Якутского Центров противоположно в Приморье, Охотском море и Причерноморском регионе. На Северо-Западный регион РФ и Таймыр влияние Таймырского и Якутского Центров имеет один знак.

– С высокой степенью вероятности, области положительных корреляционных связей между толщиной снежного покрова в феврале (марте) и летними температурами воздуха совпадают с локализацией положительных (отрицательных) аномалий давления на средних февральских (мартовских) картах.

– Смена географической локализации областей положительных и отрицательных аномалий приземного давления от одной циркуляционной эпохи к другой приводит к смене географической локализации областей и знаков корреляции между толщиной снежного покрова и летними температурами воздуха.

Знак и пространственное распределение корреляционной связи между характеристиками снежного покрова и температурой воздуха является важным прогностическим указанием. Зная тип текущей эпохи атмосферной циркуляции можно включить толщину снежного покрова в качестве предиктора в статистические прогностические схемы долгосрочного прогноза погоды. Выводы, представленные в работе, имеют не только аналитическое, но и прогностическое значение и могут быть использованы для улучшения качества прогнозов температуры воздуха на летний сезон.

### **Литература**

1. *Багров Н.А., Кондратович К.В., Педь Д.А., Узрюмов А.И.* Долгосрочные метеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 341 с.
2. *Гирс А.А.* Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 488 с.
3. *Савичев А.И., Цепелев В.Ю.* Прогноз погоды на месяц по методу типовых макропроцессов // Уч. зап. РГГМУ, 2008, № 8, с. 62-81.
4. *Хан В.М., Рубинштейн К.Г., Шмакин А.Б.* Сравнение сезонной и межгодовой изменчивости снежного покрова в бассейнах рек России по данным наблюдений и реанализов // Изв. РАИ «Физика атмосферы и океана», 2007, т. 43, № 1, с. 1-11.
5. *Kistler R.* The NCEP/NCAR reanalysis prior to 1958, Second WCRP international conference on reanalysis. 2000. WCRP-109, WMO/TD. N. 985. P. 27-37.