

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

Распределение атмосферного давления

на земном шаре

в различные климатические периоды

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 411 группы

направления 05.03.05 Информационные технологии в гидрометеорологии

географического факультета

Слепухина Романа Александровича

Научный руководитель, доцент, к.г.н.

С.В.Морозова

Зав.кафедрой, доцент, к.г.н.

М.Ю.Червяков

Саратов 2026

Введение

Атмосферное давление — это одна из важнейших характеристик состояния атмосферы. Давление воздуха является фактором, определяющим направление и скорость движения воздуха (ветер). Атмосферное давление является одним из основных факторов, определяющих состояние погоды, поэтому знания об атмосферном давлении необходимы при прогнозировании погоды.

Знания об атмосферном давлении необходимы в медицине, так как существует прямая связь между изменением атмосферного давления и самочувствием человека. Также большое значение имеет климатическая характеристика атмосферного давления. Такие сведения необходимы специалистам многих секторов экономики, например в транспорте, ЖКХ, строительстве. Климатические сдвиги приводят к сдвигам социально-экономическим, вынуждают адаптироваться человеческую цивилизацию. Важным является знать особенности распределения атмосферного давления над большими частями пространства. Известно, что выделяются области преобладания повышенного и пониженного давления. Их называли центрами действия атмосферы. В то же время в каждом районе земного шара могут происходить резкие колебания атмосферного давления. Так на планете самое высокое атмосферное давление было зарегистрировано 31 декабря 1968 года на метеостанции Агапа в Красноярском крае (на северо-западе региона) и составило 1083,8 гПа (связано с экстремально мощным Сибирским антициклоном), а самое низкое атмосферное давление составило 870 гПа (зарегистрировано в центре тайфуна “Тип” в 840 км к западу от острова Гуам в Тихом океане, 12 октября 1979 года).

Цель настоящей работы — исследовать характер барического поля в три естественных климатических периода состояния ЗКС (в период стабилизации, во вторую фазу глобального потепления и в третью фазу глобального потепления).

1 Геопотенциал как важнейшая характеристика атмосферы

Геопотенциалом (абсолютным) называется потенциальная энергия единицы массы в поле силы тяжести [1]. Иначе говоря, геопотенциал изобарической поверхности (поверхность равных значений давления) в каждой её точке есть работа, которую нужно затратить против силы тяжести, чтобы поднять единицу массы от уровня моря в данную точку. По определению геопотенциал в каждой точке атмосферы равен $\Phi = gz$ (точнее, $\Phi = \int_0^z g(\varphi, z) dz$), где z - высота точки над уровнем моря, а g - ускорение свободного падения. В любой точке изобарической поверхности под данной широтой при данном значении силы тяжести имеется определенный геопотенциал, пропорциональный высоте этой точки над уровнем моря.

Геопотенциальная высота — результат деления геопотенциала на стандартное ускорение свободного падения. Измеряется в геопотенциальных метрах. На уровне моря практически идентична реальной (геометрической) высоте, но с высотой оказывается несколько меньше.

$$H(z) = \frac{\Phi(z)}{g_0} = \frac{1}{g_0} \int_0^z g(\varphi, z) dz$$

Рассматривая распределение геопотенциальной высоты изобарической поверхности в пространстве, можно выявить области, где изобарическая поверхность располагается относительно высоко или относительно низко. Этим областям, фактически, соответствуют области повышенного и пониженного атмосферного давления — антициклоны и циклоны.

2 Климатические изменения на земном шаре

Земная климатическая система состоит из нескольких непрерывно взаимодействующих частей — атмосферы, суши, океана, криосферы и биосферы, имеющих различные теплофизические характеристики. Современное состояние глобальной климатической системы характеризуется потеплением, которое началось в конце 19 века, наиболее ярко проявилось с середины 70-х годов 20 века

и продолжается в настоящее время. Подобное изменение средней температуры воздуха характерно и для Северного, и для Южного полушария.

Основанные на расчётах по моделям общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) климатические сценарии достаточно неопределенны, среди них встречаются как мягкие, так и крайне радикальные. В пятом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [IPCC, 2013] указывается, что средняя глобальная температура может повышаться от 0,2–1,8 °С (для сценария увеличения концентрации парниковых газов RCP2.6) до 2,6–4,8 °С (для сценария RCP 8.5). Однако в данных моделях учтено только антропогенное воздействие на изменение газового и аэрозольного состава атмосферы. По мнению МГЭИК, наблюдаемое изменение климата вызвано в первую очередь увеличением концентрации парниковых газов вследствие хозяйственной деятельности человека. Тем не менее в Пятом докладе [6] признается, что «изменения климата помимо антропогенных воздействий происходят и в результате собственных колебаний ЗКС под действием внешних и внутренних возмущений естественного происхождения». В числе таких факторов называются изменения потока солнечной радиации и вулканическая активность. Во «Втором оценочном докладе Росгидромета об изменениях климата и последствиях на территории Российской Федерации» приведены данные, что с середины 17 века по настоящее время поток солнечной радиации изменился на величину, составляющую только около 2% по отношению к антропогенному радиационному воздействию, оцениваемому в 2,29 Вт/м². С помощью модельных расчётов получено, что при уменьшении потока солнечной радиации на 0,25% (аналогично периоду минимума Маундера) по сравнению с современной величиной скорость глобального потепления замедлится и рост средней глобальной температуры снизится на 0,24-0,26 °С. Оценка влияния вулканического аэрозоля на земную климатическую систему показывает, что за 2008–2011 года охлаждающий эффект вулканической деятельности составил около 0,11 Вт/м². Кроме того, дополнительными естественными факторами замедления темпов

глобального потепления МГЭИК

Глобальные изменения, происходящие в ЗКС с начала регулярных инструментальных метеорологических наблюдений, можно проследить по изменению температуры воздуха. Существуют временные интервалы, в которых средняя температура воздуха имеет одинаковую тенденцию изменения. Эти промежутки названы естественными климатическими периодами состояния ЗКС. На каждом из интервалов построены линии тренда. Линии имеют разный наклон, что хорошо заметно по значениям коэффициентов линейных трендов, которые различаются не только по величине, но и по знаку.

Таким образом, выделяются:—малый ледниковый период в Европе, представленный интервалом с середины 19 века по середину нулевых годов 20 века;

—первая волна глобального потепления, наблюдавшаяся с середины нулевых до 40-х годов 20 века;

—период стабилизации (относительного похолодания), имевший место в 50-60-е годы 20 века;

—вторая волна глобального потепления, начавшаяся с середины 70-х годов 20 века и продолжающаяся по настоящее время.

3 Исходные данные и методика исследования

Исследование проводилось для центральных месяцев сезонов года — января, апреля, июля и октября, и для промежуточных месяцев (февраль-март, май-июнь, август-сентябрь, ноябрь-декабрь). Временной промежуток исследования охватывал 3 естественных климатических периода состояния земной климатической системы: период стабилизации (1945–1974 гг.; аномалии среднегодовой температуры держатся стабильно около нуля), вторую фазу глобального потепления (1975–2004 гг.; среднегодовая температура начинает испытывать положительные аномалии, с течением времени всё более значительные), третью фазу глобального потепления (2005–2025 гг.; фактически, третья фаза — продолжение второй фазы глобального потепления, выделенная для более тонкого изучения изменений в характере барического поля на земном шаре). Временные интервалы представлены на рисунке 3.1.

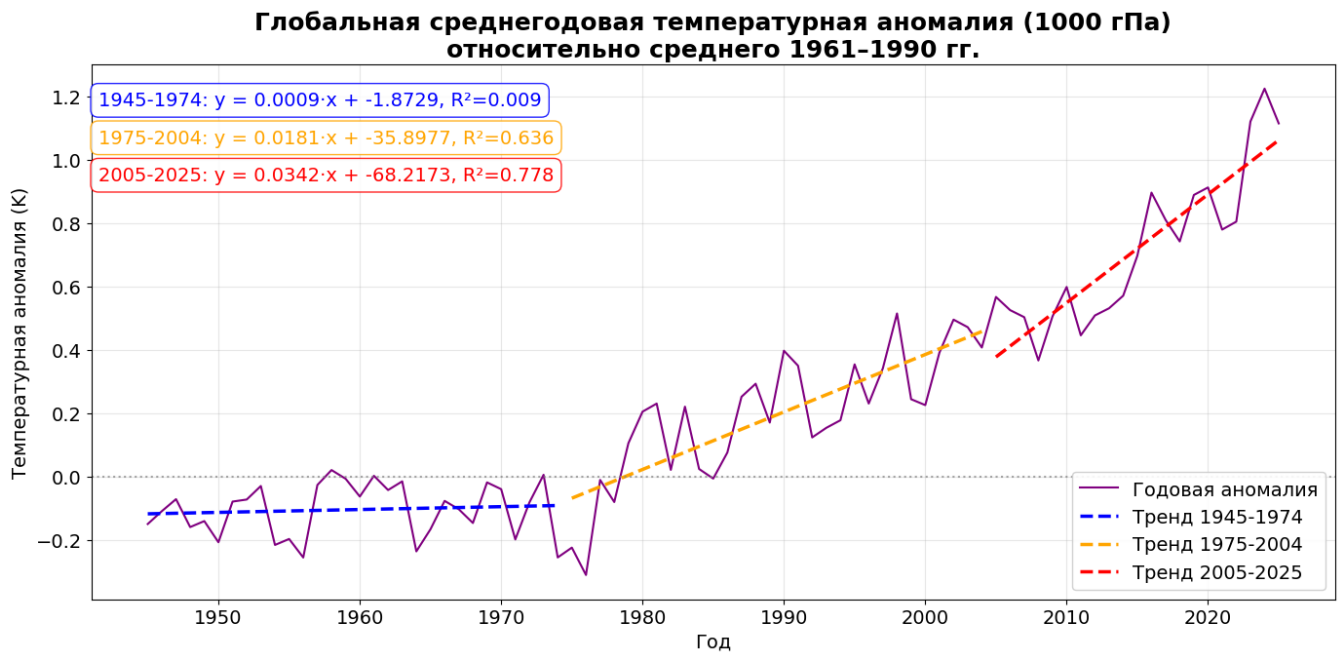


Рисунок 3.1 — Годовой ход аномалий приземной температуры воздуха на земном шаре (результат выполнения кода из Приложения 1)

Исследование базировалось на среднемесячных данных (о геопотенциале на поверхности 1000 гПа) реанализа ERA5 — пятого поколения атмосферного реанализа глобального климата, производимого Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF) в рамках службы Copernicus Climate

Change Service (C3S). Взяты они были со следующего сайта: <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-pressure-levels-monthly-means?tab=download>. Для их обработки использовались среда Google Colaboratory, а также код на языке программирования Python (см. Приложение 1). Помимо этого, огромную роль оказала поддержка нейросетей (DeepSeek и ChatGPT), ускорившая процесс создания кода.

4 Анализ полей геопотенциала в три естественных климатических периода состояния земной климатической системы

В январе выявлено усиление градиентов между высокими и низкими широтами во вторую волну глобального потепления по сравнению с периодом стабилизации, причем это характерно для обеих полушарий. Следствием увеличения градиентов в Северном полушарии может быть увеличение повторяемости экстремальных штормовых или мезоциклонов в российском секторе Арктики.

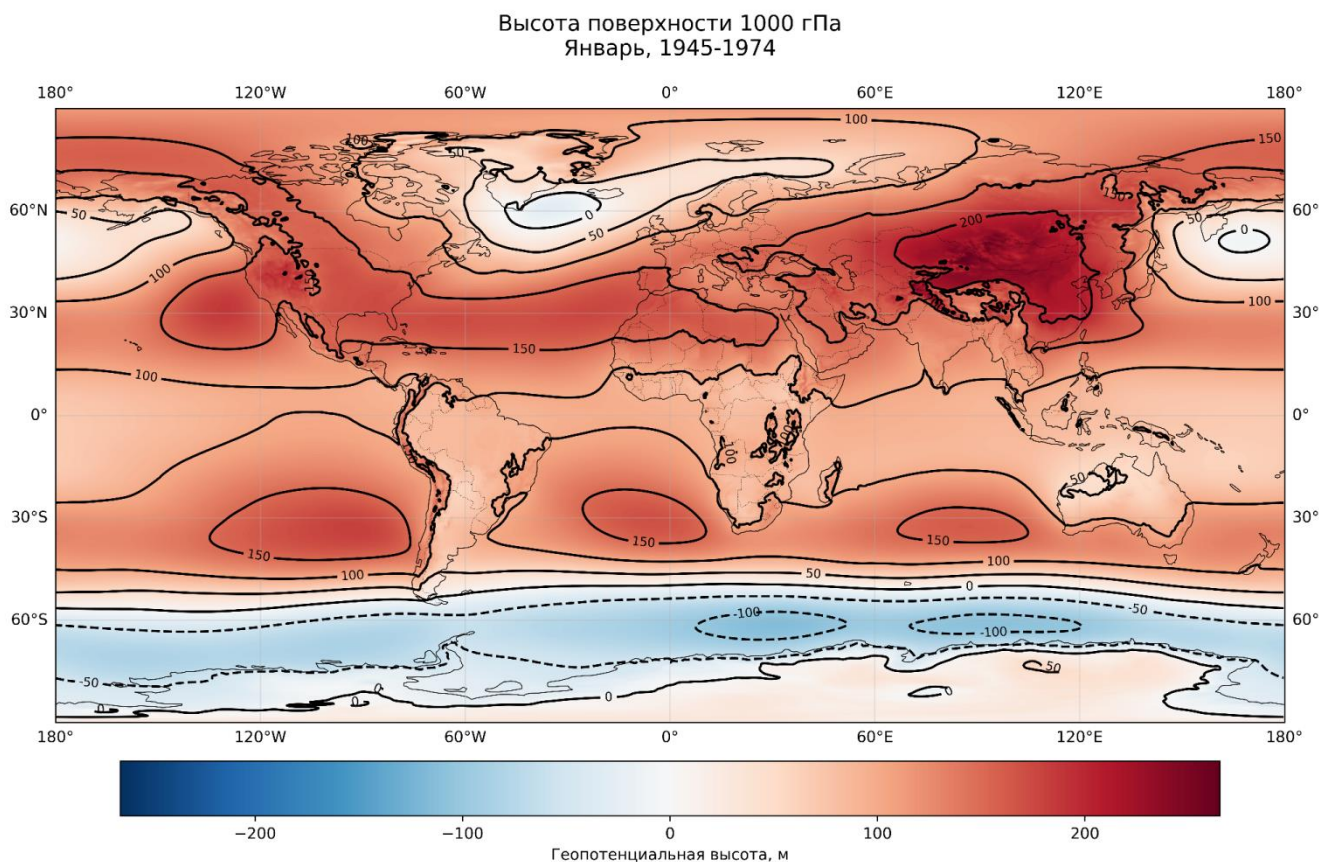


Рис. 1 Распределение атмосферного давления (январь), период стабилизации

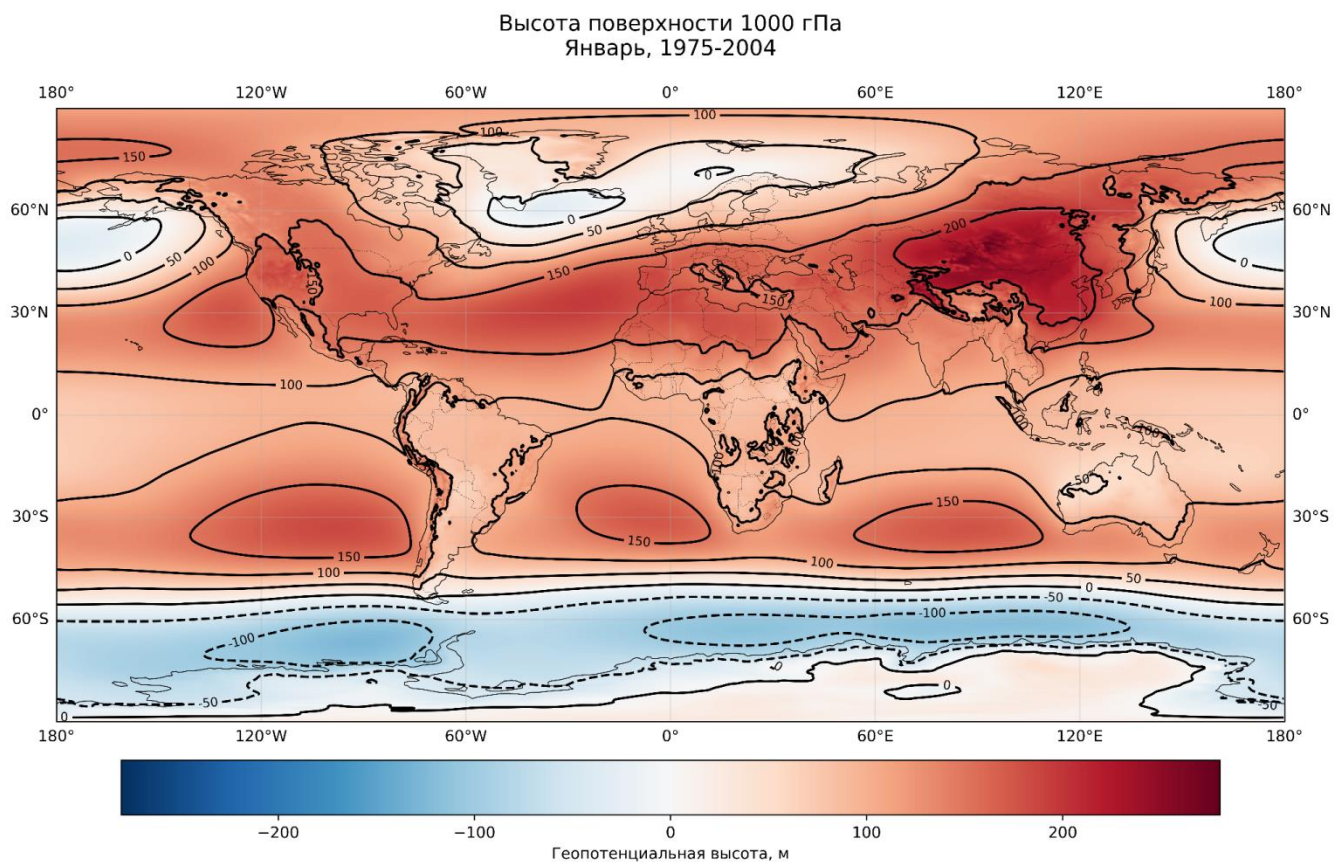


Рис. 2 Распределение атмосферного давления в первую фазу второй волны глобального потепления

Вместе с тем, на земном шаре отмечены и непостоянные очаги, такие как очаг над Западной Сибирью и Уралом, и очаг над Беринговым морем и прилегающими к нему территориями. Во вторую волну глобального потепления очаг над Беринговым морем характеризуется значительным падением геопотенциальной высоты (более -40), но в третью волну глобального потепления характер изменения геопотенциальной высоты меняется на противоположный — падение сменяется ростом геопотенциальной высоты. И всё же стоит отметить, что по итогу, если сравнивать третью волну глобального потепления и период стабилизации, влияние второй волны глобального потепления на этот регион все еще сохранено. Очаг же над Западной Сибирью, характеризовавшийся умеренным падением геопотенциальной высоты (-20) во вторую волну глобального

потепления, сменил свой характер на противоположный, и в итоге, если сравнивать период стабилизации и третью волну глобального потепления, возобладала тенденция к росту геопотенциальной высоты, пусть и слабому.

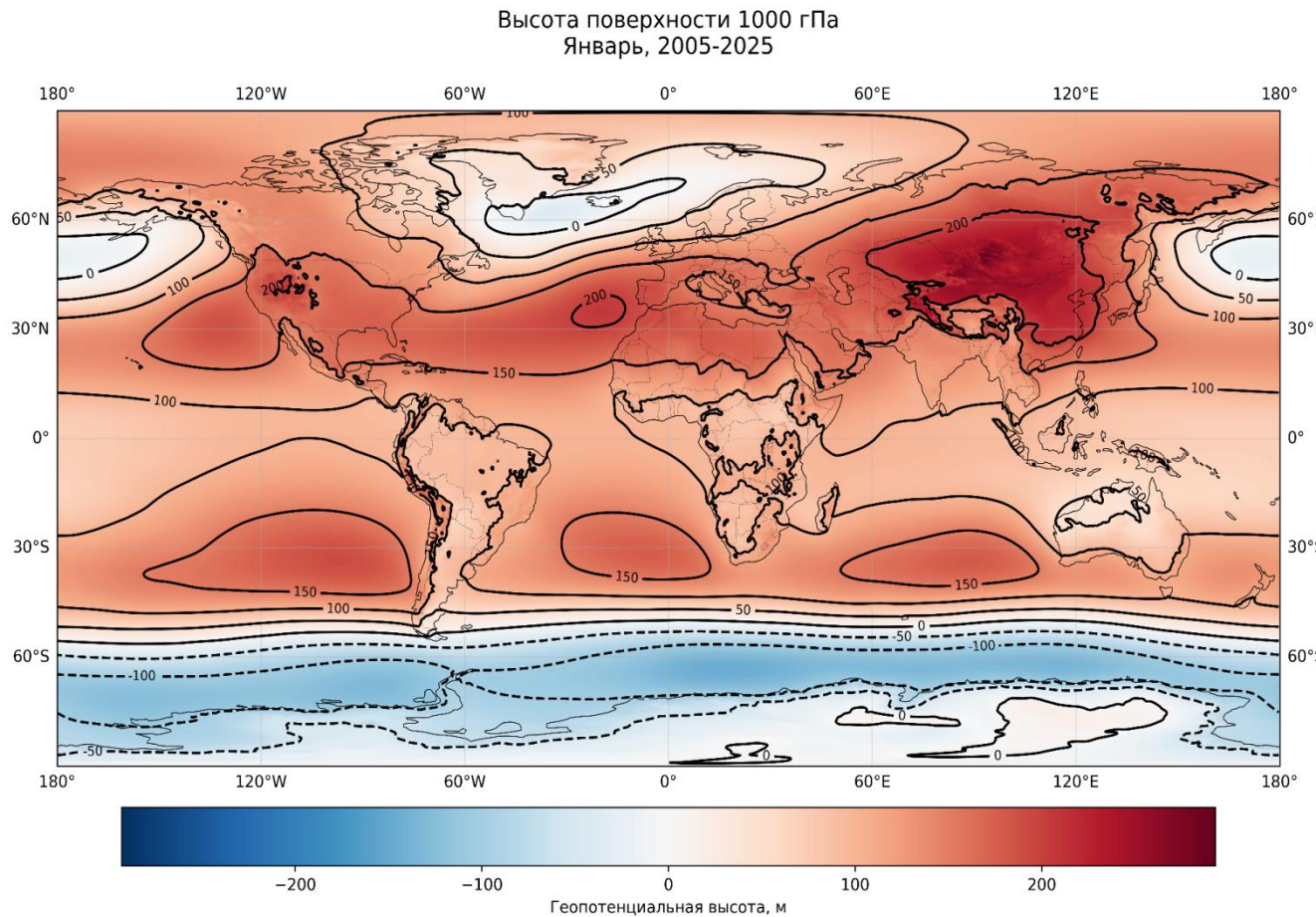


Рис 3 Распределение атмосферного давления во вторую фазу второй волны глобального потепления

Таким образом, на фоне глобальных климатических тенденций заметно изменение в значениях давления в разных регионах земного шара, полученные выводы согласуются с исследованиями, проведенными рядом авторов.

Данная работа демонстрирует, что при смене естественных климатических периодов состояния ЗКС изменяется и картина распределения атмосферного давления (геопотенциальной высоты) на поверхности 1000 гПа. Изменения эти

носят очаговый характер, могут быть привязаны к основным центрам действий атмосферы либо периферии их влияния. Они неоднородны во времени. Какие-то изменения можно отнести к переходу от одного периода состояния ЗКС к другому, но при следующей смене периодов они ослабевают или даже перекрываются новыми изменениями противоположного характера. Другие же сохраняются во времени, и даже суммируются с новыми изменениями, произошедшими между второй и третьей фазами глобального потепления (иногда более сильными, иногда менее).

Очаги в Южном полушарии — падение геопотенциальной высоты над Антарктикой (за исключением августа и сентября-октября между второй и третьей фазами глобального потепления) и рост в субтропическом поясе высокого давления.

Очаги в Северном полушарии — падение геопотенциальной высоты с января по февраль, связанное с Исландским минимумом, в марте-апреле (а также в ноябре), приуроченное к ложбине в Арктике, в декабре-феврале, апреле, сентябре, приуроченное к Алеутскому минимуму, рост геопотенциальной высоты с января по март, приуроченный к Азорскому максимуму, над европейской Россией, Уралом и западной Сибирью (июль-сентябрь), приуроченный к гребню Азорского максимума, в июне-июле и октябре, приуроченный к Гренландскому максимуму, в феврале-марте, мае и с сентября по ноябрь, приуроченный к Алеутскому минимуму, с марта по август, приуроченный к внутриконтинентальным районам Азии (Синьцзяну, Пакистану, центральному Китаю, Тибету).