

Циркуляция атмосферы как фактор стихийных бедствий на Северном Кавказе в XXI веке

Институт географии РАН, г. Москва

Аннотация. Рассмотрены колебания циркуляции атмосферы Северного полушария и в Европейском секторе за 1899-2011 гг., показаны особенности циркуляции атмосферы в XXI веке и проанализирована повторяемость экстремальных осадков и вызванных ими опасных природных процессов и стихийных бедствий на Северном Кавказе в XXI веке при различном характере циркуляционных процессов. На этом фоне рассмотрены синоптические условия формирования экстремальных осадков и наводнений, оползней, селей в 2012 г. на Черноморском побережье Кавказа и в Дагестане. Показано, что увеличение повторяемости сочетания антициклонического характера погоды на Европейской России с выходом средиземноморских циклонов на Северный Кавказ ведёт к увеличению повторяемости экстремальных осадков и связанных с ними опасных природных процессов в этом регионе.

Ключевые слова: циркуляция атмосферы, колебания климата, Северный Кавказ, стихийные бедствия, XXI век.

Введение

В настоящее время при анализе метеорологически обусловленных экстремальных природных событий незаслуженно мало внимания уделяется характеру циркуляции атмосферы, её многолетним колебаниям и состоянию в последние годы на фоне этих колебаний. В лучшем случае рассматривается синоптическая ситуация в конкретные дни в поражённом регионе, а то и просто метеорологические характеристики: температура воздуха, количество осадков, скорость ветра. При таком подходе экстремумы оказываются небывалыми, неожиданными и трудно предсказуемыми. Если же рассматривать их на фоне многолетних колебаний общей циркуляции атмосферы, то окажется, что характер атмосферных процессов, аналогичный современному, уже отмечался в период метеорологических наблюдений и характеризовался определёнными метеорологическими экстремумами, а современный период тоже успел проявить себя как экстремальный. Задача работы – выявить закономерность некоторых экстремальных событий на Европейской территории России (ЕТР) и на Северном Кавказе в частности, а также показать, в течение какого времени эти события могут происходить чаще обычного.

Материалы и методы

Для анализа атмосферных процессов использована типизация циркуляции атмосферы, разработанная Б.Л. Дзердзеевским с учениками для Северного полушария в целом [8] и шести его секторов [6]. Материалы типизации и их анализ по последнее время приведены в [Кононова, 2009] и размещены на сайте [21].

Сведения об экстремальных событиях почерпнуты с сайта Росгидромета [24], данные о суточных величинах метеорологических элементов в период развития экстремальных событий взяты с сайта ВНИИГМИ-МЦД [18], анализ экономических и социальных последствий этих событий – с сайтов ВНИИГМИ-МЦД [19] и МЧС России [25], данные о 8месячных величинах температуры воздуха и атмосферных осадков – с сайта ИГКЭ [18]. Для анализа циркуляции атмосферы в 2012 г. использованы ежедневные синоптические карты Северного полушария [25]. Данные для анализа многолетних изменений аномалий глобальной температуры воздуха и температуры воздуха Северного полушария брались с сайта [26]. Анализ проводился комплексно: особенности циркуляции атмосферы, синоптическая ситуация, метеорологические экстремумы, последствия экстремального события.

Краткое описание используемой типизации циркуляции атмосферы

Эта типизация разрабатывалась специально для анализа многолетних колебаний циркуляции атмосферы и связанных с ней колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков. На основе анализа ежедневных синоптических карт Северного полушария выделено 4 группы циркуляции, 13 типов, 41 подтип, элементарный циркуляционный механизм (ЭЦМ), который и является основной единицей типизации (табл. 1).

Обозначение ЭЦМ включает число и буквы. Число обозначает тип ЭЦМ. Первыми буквами алфавита (а, б, в, г в работах на кириллице и a, b, c, d в работах на латинице) обозначаются различия ЭЦМ в пределах одного типа в направлениях арктических вторжений или выходов южных циклонов. Буквами «з» – зимний и «л» – летний (соответственно «w» – winter и «s» – summer) – сезонные различия ЭЦМ по знаку барических полей над океанами и континентами. Однако в типах 4, 9 и 10 зимние ЭЦМ (4а, 9б и 10а) обозначены первыми буквами алфавита.

Таблица 1.

Характеристика групп циркуляции атмосферы Северного полушария в типизации Б.Л. Дзержеевского

Группа циркуляции	Типы ЭЦМ, входящие в группу	Атмосферное давление в Арктике	Количество блокирующих процессов	Количество выходов южных циклонов
Зональная	1 и 2	Высокое	0	2–3
Нарушения зональности	3–7	Высокое	1	2–3
Меридиональная северная	8–12	Высокое	2–4	2–4
Меридиональная южная	13	Низкое	0	3–4

В типизации выделено 6 циркуляционных сезонов: предвесенье, весна, лето, осень, предзимье, зима. Каждый ЭЦМ приурочен к определённому сезону (табл. 2).

Таблица 2.

Сезонные группы циркуляции

Группа циркуляции	ЭЦМ
Зимняя	5а, 5б, 5г, 7аз, 7бз, 11а, 11б, 11в, 12бз, 12вз, 13э
Летняя	2а, 2б, 2в, 3, 4б, 4в, 6, 7ал, 7бл, 8бл, 8вл, 8гл, 9а, 10б, 13л
Весенне-осенняя	10а, 12а, 12бл, 12вл
Предвесенне-предзимняя	1а, 1б, 4а, 5в, 8а, 8бз, 8вз, 8гз, 9б, 11г, 12г

На каждый ЭЦМ составлена динамическая схема географического положения и путей перемещения циклонов и антициклонов [5], в силу чего каждый ЭЦМ, характеризуя положение на Северном полушарии в целом, отражает и синоптическую ситуацию в любом регионе, независимо от его размеров. Приводим примеры динамических схем ЭЦМ, относящихся к разным группам циркуляции и к разным сезонам.

К зональной группе относятся два предзимне-предвесенних ЭЦМ (1а и 1б) и три летних (2а, 2б и 2в). На рис 1 приведены динамические схемы ЭЦМ 1а и 2а.

Как видно на рис.1, как в холодное, так и в тёплое полугодие при зональных ЭЦМ в полярной зоне формируется антициклон, окружённый кольцом циклонов. В это кольцо вливаются южные циклоны. В тёплое полугодие их 3, в холодное – 2. Эта закономерность отмечается при всех группах циркуляции: в тёплое полугодие выходов южных циклонов на полушарии больше, чем в холодное. В холодное полугодие над Евразией и Северной Америкой формируются обширные антициклоны, обеспечивающие ясную морозную погоду.

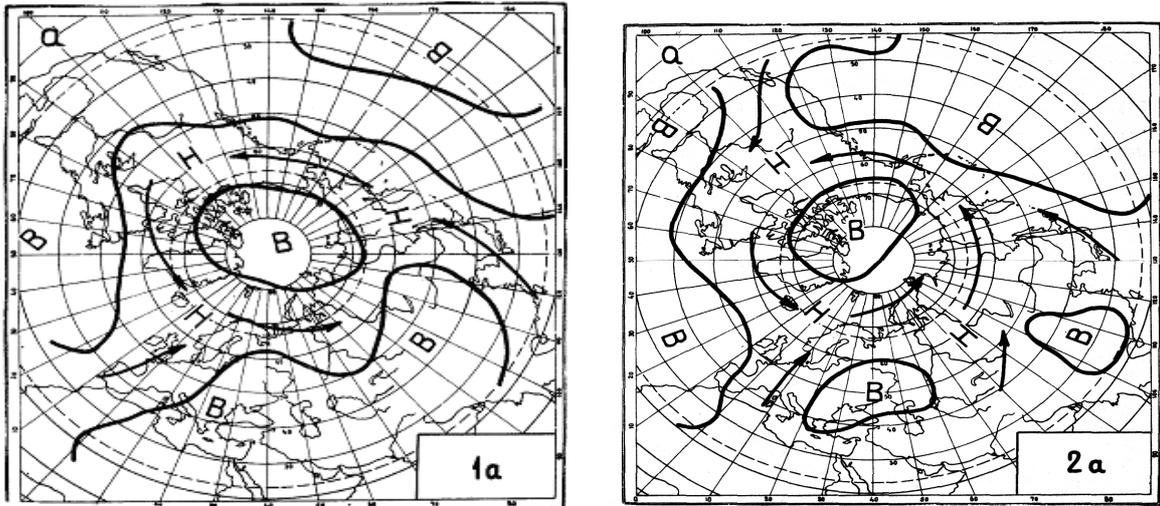


Рис. 1. Динамические схемы ЭЦМ зональной группы циркуляции

В тёплое полугодие в Евразии видны два относительно небольших ядра высокого давления, одно из которых, кстати, задерживает средиземноморские циклоны на Северном Кавказе, преграждая им путь на Европейскую Россию. Над Америкой осуществляется прорыв южного циклона.

При группе нарушения зональности на Северном полушарии формируется один блокирующий процесс (арктический антициклон соединён полосой высокого давления с субтропическим, что блокирует перемещение циклонов) в каком либо секторе: ЭЦМ 3 – в Атлантическом, тип 4 – в Европейском, тип 5 – в Сибирском, тип 6 – в Тихоокеанском, тип 7 – в Американском.

В качестве примера приводим динамические схемы предзимне-предвесеннего ЭЦМ 4а и летнего 4б (рис. 2).

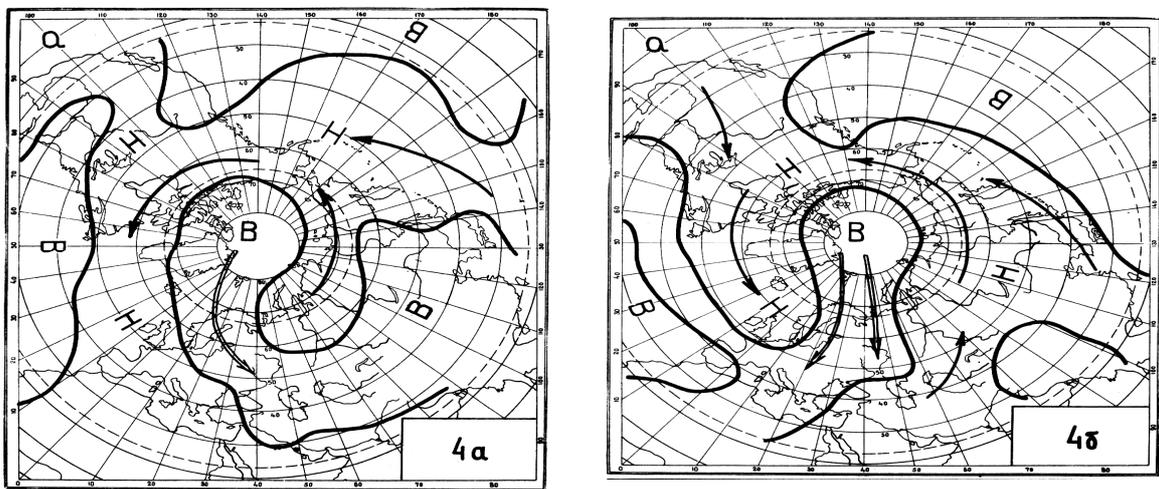


Рис. 2. Динамические схемы ЭЦМ группы нарушения зональности

В холодное полугодие арктический антициклон полосой высокого давления, пролегающей по Европейской России, соединён с сибирским антициклоном, в тёплое полугодие – с азорским. В холодный период Северный Кавказ находится во власти антициклонического режима, в тёплое его атакуют циклоны с восточного Средиземноморья, которые упираются в полосу высокого давления и не могут пройти на Европейскую Россию.

Меридиональная группа процессов наиболее многочисленна (21 ЭЦМ). В неё входят ЭЦМ с двумя близко расположенными блокирующими процессами (тип 8), двумя противоположно направленными (типы 9-11) и тремя-четырьмя блокирующими

процессами в различных секторах полушария (тип 12). В качестве примера приводим весенне-осенний ЭЦМ 12а, зимний 12бз и летний 12бл (рис. 3).

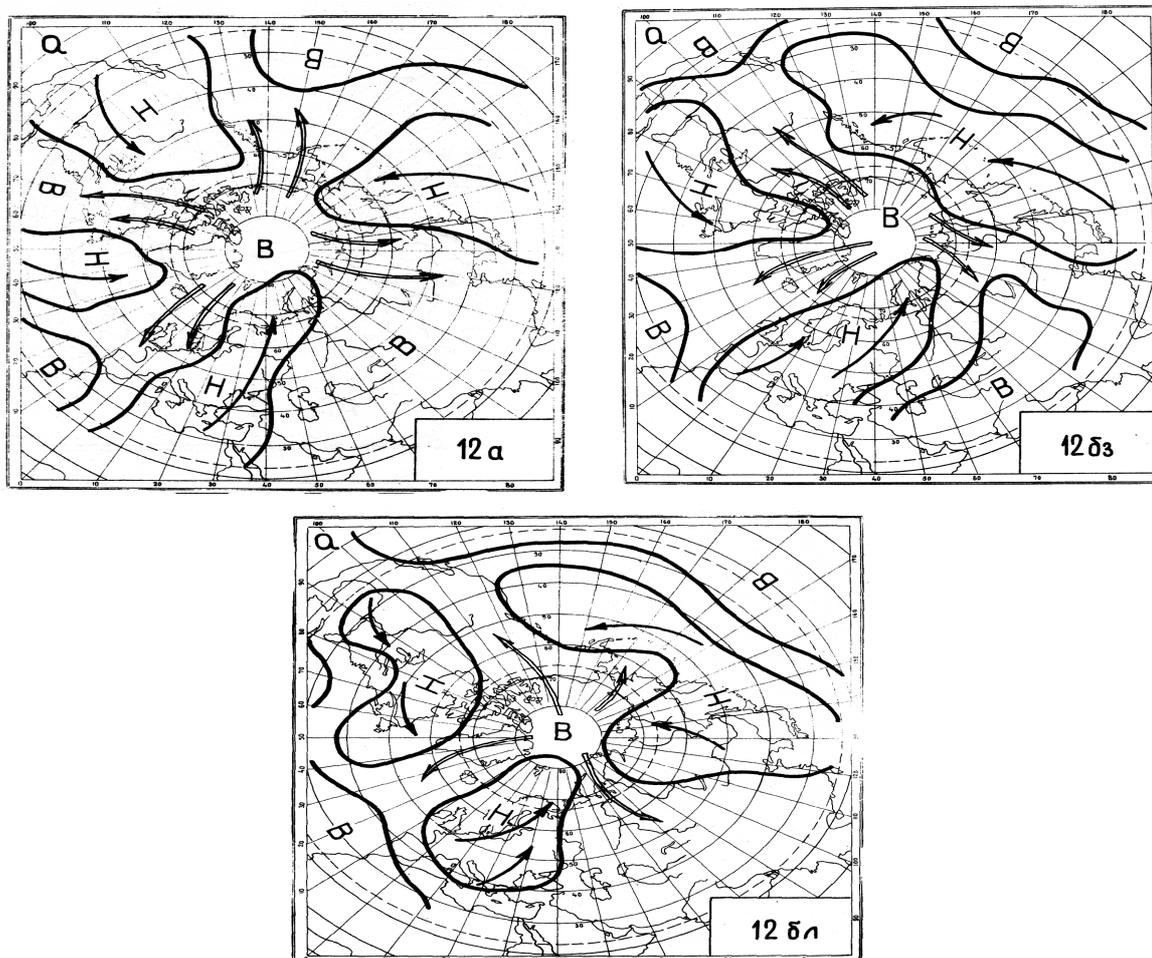


Рис. 3. Динамические схемы ЭЦМ меридиональной северной группы циркуляции

Как видно на рис. 3, в весенне-осенний период при ЭЦМ 12а в результате четырёх блокирующих процессов и стольких же выходов южных циклонов атмосфера оказывается наиболее возмущённой. Соседство тёплых и холодных воздушных масс создаёт условия для обострения атмосферных фронтов, усиления ветра, увеличения количества осадков. При этом ЭЦМ возникают опасные природные процессы в разных регионах, в том числе на Северном Кавказе, по которому проходят фронты южных циклонов. При зимнем ЭЦМ 12бз блокирующие процессы формируются над Восточной Сибирью, Северной Америкой и Атлантикой. Северный Кавказ снова оказывается на границе между средиземноморскими циклонами и затоками арктических масс воздуха. При весенне-осеннем ЭЦМ 12бл блокирующий процесс над Евразией, в отличие от предыдущих ЭЦМ, формируется над Западной Сибирью. Северный Кавказ опять оказывается на границе циклона и антициклона.

При меридиональной южной группе циркуляции и при зимнем ЭЦМ 13з, и при летнем ЭЦМ 13л на полюсе формируется циклон (рис. 4).

Зимой атлантические и тихоокеанские циклоны, регенерирующие на арктическом фронте и питающие циклон на полюсе, проходят вдоль северной периферии обширных и мощных антициклонов над Евразией и Северной Америкой. Средиземноморские циклоны пробиваются к Северному Кавказу только в случае уменьшения площади сибирского антициклона. Летом количество выходов южных циклонов возрастает до четырёх. Ядра высокого давления, формирующиеся над Европейской Россией и югом Западной Сибири, позволяют средиземноморским циклонам выходить на Западную Сибирь.

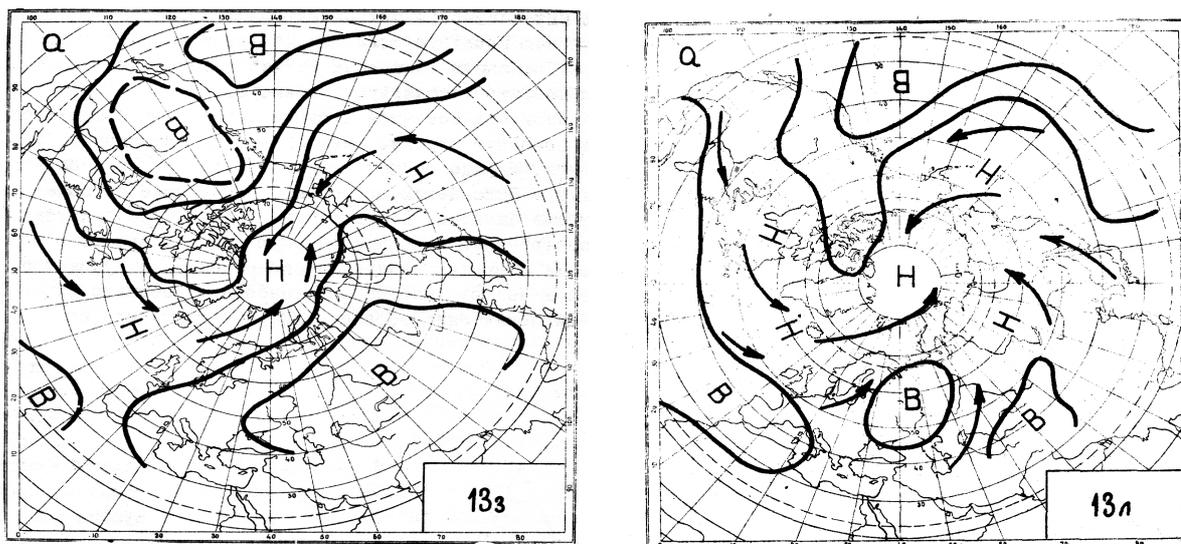


Рис. 4. Динамические схемы ЭЦМ меридиональной южной группы циркуляции

Если же они направляются на Северный Кавказ, то встречают преграду в виде ядра высокого давления, задерживаются, превращаются в высокий центральный циклон, что способствует выпадению обильных осадков и часто становится причиной стихийных бедствий.

Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – XXI вв.

Анализ суммарной годовой продолжительности групп циркуляции позволил выявить длительные (в несколько десятилетий) периоды положительных аномалий продолжительности какой-либо группы циркуляции. Эти периоды получили название циркуляционных эпох [4].

С 1899 г. на Северном полушарии сменились три циркуляционные эпохи (рис. 5): две меридиональные (с 1899 по 1915 гг. и с 1957 г. по настоящее время) и одна зональная (1916-1956 гг.). В зональную эпоху преобладали ЭЦМ без арктических вторжений или с одним арктическим вторжением, атлантические циклоны проходили вдоль всего побережья Евразии. Этот период вошёл в историю как период потепления Арктики. На материке же господствовали антициклоны, так что отмечались и сильные морозы, и сильные засухи. Об этом периоде Л.С. Бергом в книге «Климат и жизнь» была написана глава о понижении уровня Каспийского моря во время потепления Арктики из-за недостатка осадков в бассейне Волги [2]. Меридиональные эпохи различаются между собой преобладанием различных групп циркуляции. В начале XX века отмечалась меридиональная северная эпоха, продолжительнее средней за 1899-2011 гг. были блокирующие процессы, т. е. в средние широты перемещались арктические антициклоны и их гребни. С 1957 г. началась меридиональная южная эпоха. В ней в 2,5 раза продолжительнее средней оказались выходы южных циклонов.

Поскольку суммарная годовая продолжительность меридиональной южной циркуляции до 1963 г. была ниже средней, первые две эпохи оказываются однородными: положительными отклонениями от средней в течение всей эпохи отличается только одна группа циркуляции. Третья эпоха подразделяется на периоды: в 1957-1969 гг. положительными отклонениями от средней отличались обе меридиональные группы циркуляции, в 1970-1980 гг. продолжительность обобщённой зональной группы поднялась до уровня средней, а двух других – снизилась до этого уровня. В результате во второй половине 70-х годов продолжительность всех групп циркуляции была близка к средней. В 1981-1997 гг. отмечается стремительный рост продолжительности выходов южных циклонов, а с 1998 г. – её уменьшение, хотя по данным на 2011 г. она всё ещё на 21 день в году превышает среднюю. После минимума в 1992 г. (91 день за год) начинается новый рост суммарной годовой продолжительности блокирующих процессов, в 2011 г. она на 67 дней превышает среднюю.

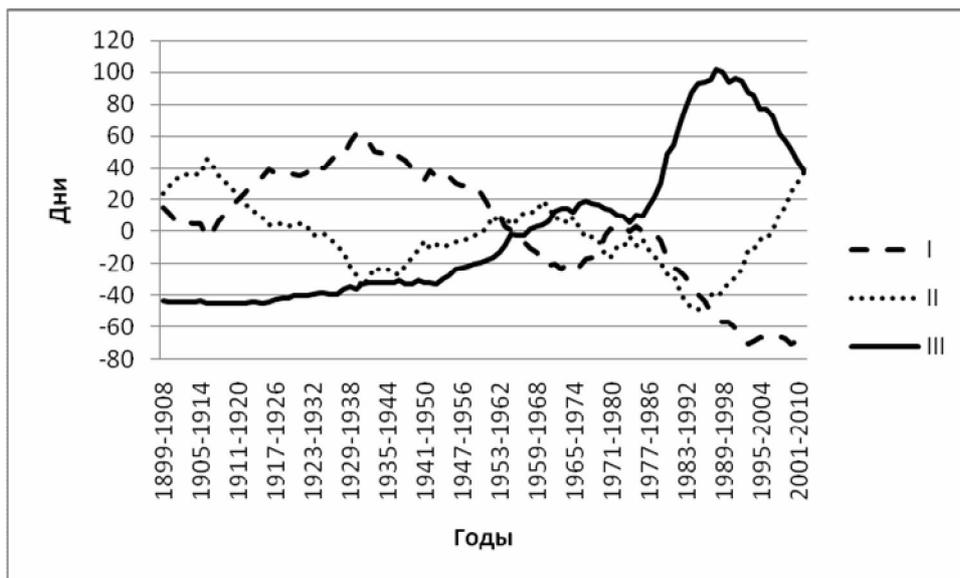


Рис. 5. Отклонения продолжительности групп циркуляции Северного полушария (10-летние скользящие средние) за 1899-2011 гг. от средней за тот же период: I – зональная + нарушение зональности; II – меридиональная северная (блокирующие процессы); III – меридиональная южная.

Если же рассматривать не отклонения, а фактическую суммарную годовую продолжительность различных групп циркуляции (рис. 6), то видно, что в течение почти всего рассматриваемого периода наиболее продолжительной оказывается меридиональная северная группа циркуляции. Блокирующие процессы в нижней тропосфере господствовали на полушарии всё время, исключая 30-е годы, когда они перемежались с нарушением зональности (один блокирующий процесс на полушарии, в остальных секторах зональная циркуляция) и 80-90-е, когда они перемежались с меридиональной южной.

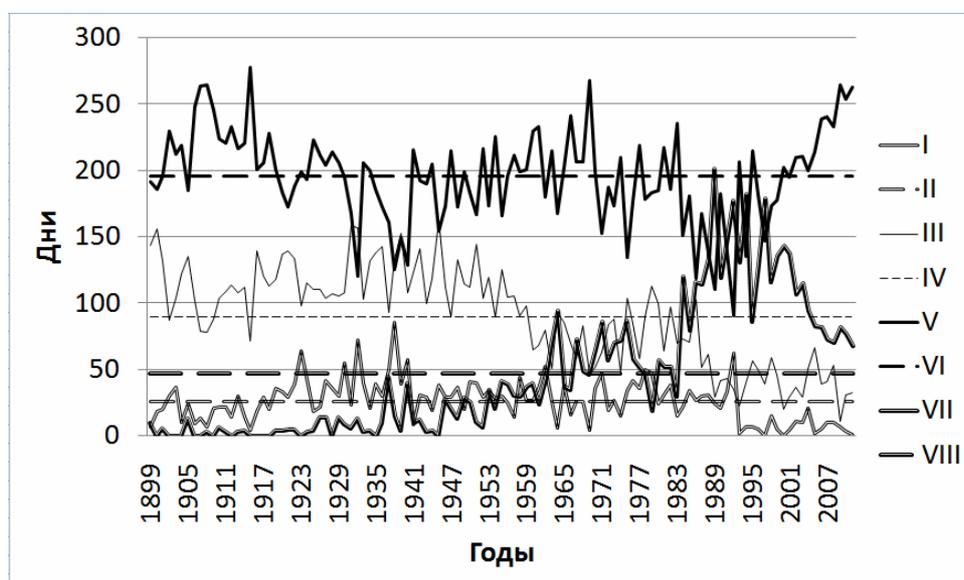


Рис. 6. Суммарная годовая продолжительность групп типов циркуляции Северного полушария в типизации Б.Л. Дзердзеевского в 1899-2011 гг.: I – зональная западная, II – зональная западная средняя, III – нарушение зональности, IV – нарушение зональности средняя, V – меридиональная северная, VI – меридиональная северная средняя, VII – меридиональная южная, VIII – меридиональная южная средняя.

Отмечается три всплеска продолжительности блокирующих процессов: в начале XX века (в 1915 г. – 278 дней), в 60-е годы (в 1969 г. - 268 дней) и в последние годы (в 2009 г.

– 265 дней). Преобладание блокирующих процессов и, следовательно, антициклонической циркуляции проявляется в погоде на континентах в основном зимой и летом. Сухой арктический воздух, поступая на континенты, летом быстро прогревается при ясном небе, удаляясь от состояния насыщения. Устанавливается жаркая сухая погода. С конца XX века опасные атмосферные засухи [16] стали отмечаться на юге Европейской России почти каждый год, а засуха 2010 г. оказалась наиболее жестокой за весь период наблюдений. В Северной Америке экстремальной стала засуха 2011 г. В Западной Европе в последнее десятилетие отмечалась гибель людей от перегрева. Зимой же воздух в антициклоне быстро выхолаживается, преобладает морозная погода. Морозы последних лет для многих регионов России, стран Европы и Северной Америки стали рекордными. С 7 по 18 декабря 2009 года, когда в Копенгагене проходила конференция сторон Рамочной конвенции ООН по вопросам изменения климата (имелась в виду борьба с потеплением) под Ламаншем замёрзли поезда, поскольку их двигатели были рассчитаны на работу при положительных температурах, а стояли морозы. В феврале 2012 г. впервые за много лет замёрзли каналы в Нидерландах и в Венеции. В Италии и Испании сначала прошли сильные снегопады, засыпали субтропические растения, а потом сильно похолодало. Сообщалось, что папа Римский молился о потеплении. Черное море у Кавказского берега замёрзло на 40 см, а в Каспийском море вмёрзшие суда приходилось вывозить из ледового плена с помощью ледоколов. В декабре 2012 г. в Восточной Европе, особенно в Польше, люди погибали от переохлаждения.

Колебания температуры воздуха Северного полушария в XX – XXI вв. Аномалии среднегодовой температуры воздуха.

Смена характера циркуляции сказывалась и на средней приземной глобальной температуре воздуха и Северного полушария (рис. 7). До 1926 г. отклонения температуры от средней за 1961-1990 г. были сплошь отрицательными, исключая 1878 г. Таким образом, первая меридиональная эпоха на полушарии – это эпоха похолодания. Наиболее холодными за весь период 1899-2012 гг. были 1912 г. (отклонение -0,529) и 1917 г. (отклонение -0,523° C).

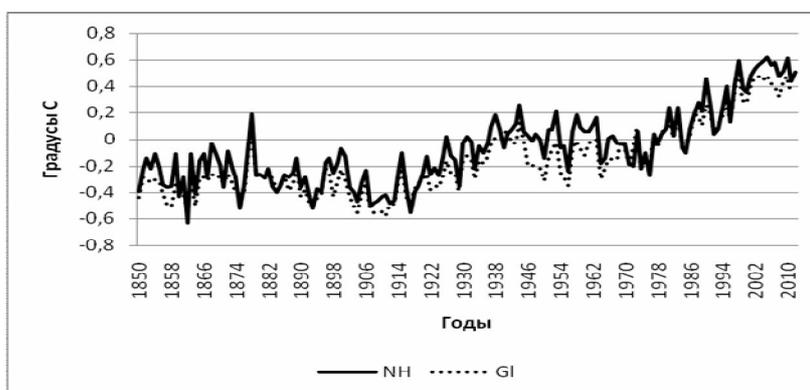


Рис. 7. Аномалии среднегодовой температуры воздуха Северного полушария (NH) и глобальной (GL) за 1850-2012 гг.[26]

С 1918 г. начинается постепенное повышение температуры. Это потепление вошло в историю как «потепление Арктики», т. к. наиболее сильно проявилось в высоких широтах Северного полушария. Оно приходится на зональную циркуляционную эпоху. Отклонения средней годовой температуры воздуха Северного полушария в 1937-1944 гг. от средней за 1961-1990 гг. были положительны. Наиболее тёплым в зональную эпоху был 1944 г., отклонение составило 0,147° C. Поскольку данные на упомянутом сайте постоянно корректируются, надо отметить, что приводимые здесь значения относятся к коррекции, произведенной 22.01.2013 г.

С 1945 г. началось понижение температуры, соответствующее уменьшению суммарной годовой продолжительности зональной циркуляции и росту продолжительности блокирующих процессов. Оно продолжалось 31 год. Наиболее

холодным на Северном полушарии в этот период был 1976 г., отклонение составило - 0,286° С. Последнее отрицательное отклонение (-0,134° С) отмечалось в 1985 г

С 1977 г. началось новое такое же быстрое потепление, как и предыдущее. Разница заключалась в том, что «стартовая отметка» этого потепления была на 0,243° С выше, чем предыдущего. Согласовалось оно с таким же быстрым ростом суммарной годовой продолжительности меридиональной южной циркуляции, т. е. стремительных выходов циклонов из низких широт в высокие при циклонической циркуляции на полюсе. Максимум её продолжительности составил 201 день (при средней 46 дней) в 1989 г. и держался на высоком уровне по 1997 г. (179 дней), после чего начал стремительно падать.

Первый раз в среднем на Северном полушарии наиболее высокая приземная температура воздуха (аномалия 0,597° С) была достигнута в 1998 г. Этот год разумно считать окончанием стремительного роста температуры. После него 6 лет подряд температура была ниже этой отметки, чего не наблюдалось перед этим 20 лет, затем, в 2005 г., аномалия составила 0,62° С. После этого ещё 4 года подряд аномалия была меньше 0,6° С, а в 2010 г. оказалась 0,612° С. В 2011 г. она составила 0,438° С, а в 2012 г. 0,512°. Таким образом, период с 1999 по 2012 гг. можно считать периодом стабилизации среднегодовой температуры воздуха Северного полушария на самом высоком уровне, какой отмечался с 1850 г., но не относить его к продолжению потепления. Заметим, что глобальная температура воздуха почти во все годы ниже, чем на Северном полушарии.

Изменение годовой амплитуды температуры воздуха

Изменение характера циркуляции атмосферы означает и изменение характера преобладающей погоды. В период господства циклонической циркуляции зимы на континентах были мягкими с частыми оттепелями, а летние сезоны прохладными и дождливыми. При господстве антициклонической циркуляции зимы на континентах оказываются морозными, а летние сезоны жаркими, с засухой и природными пожарами. [14]. Такой характер погоды ведёт к увеличению годовой амплитуды температуры воздуха (разности между максимальной летней и минимальной зимней температурой), что отрицательно сказывается как на сельском хозяйстве, так и на состоянии горных пород, трубопроводов, железнодорожных путей, а также зданий и сооружений.

За неимением возможности сравнить максимальную и минимальную годовую температуру на Северном полушарии, привожу разность между аномалиями средней январской и июльской температур воздуха (рис. 8). В последние годы январские положительные аномалии существенно уменьшились, чего нельзя сказать об июльских.

Увеличилась годовая амплитуда температуры и на территории Европейской части России (рис. 9).

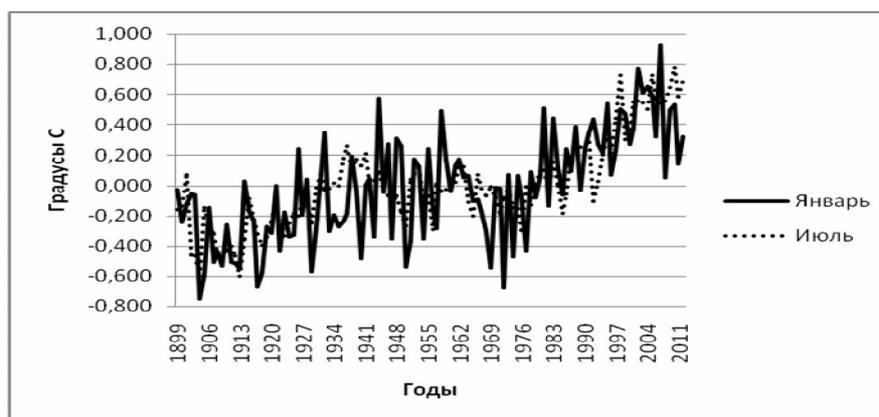
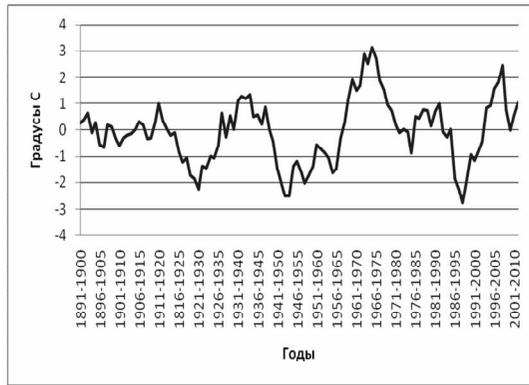
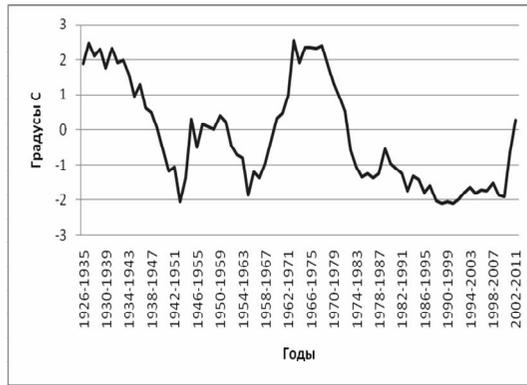


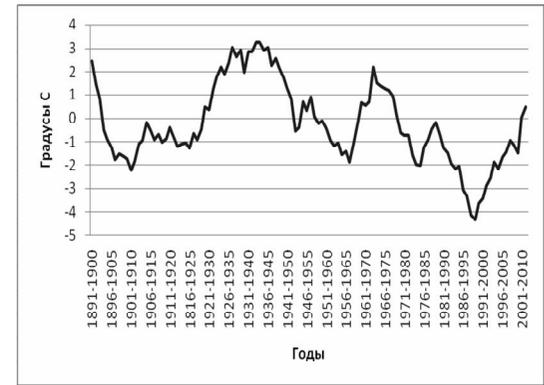
Рис. 8. Аномалии среднемесячной температуры воздуха Северного полушария за 1899-2012 гг. в январе и июле



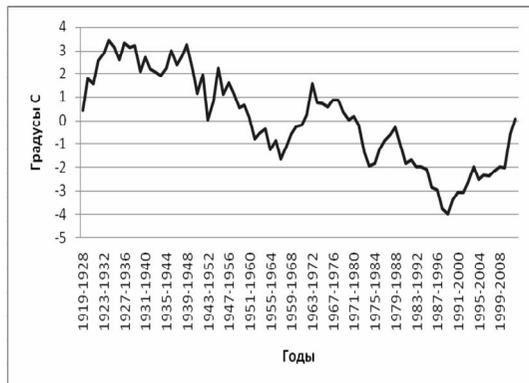
Архангельск



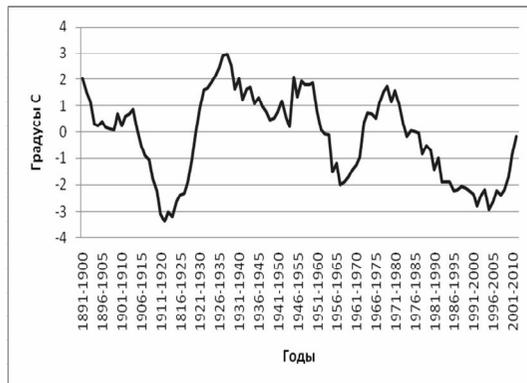
Казань



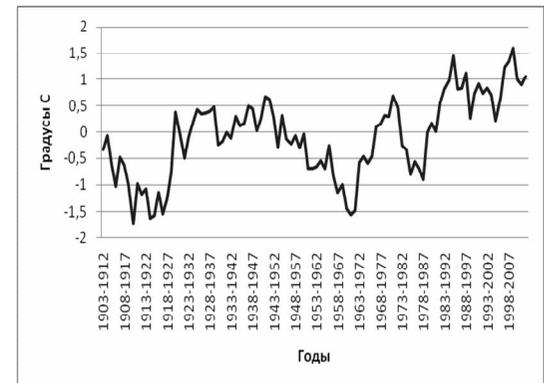
Москва



Воронеж



Астрахань



Туапсе

Рис. 9. Отклонения годовой амплитуды температуры воздуха от средней многолетней (10-летние скользящие средние) на Европейской территории России.

Как видно на рис. 9, рост годовой амплитуды температуры воздуха, рассчитанной как разность среднемесячных температур самого холодного и самого тёплого месяца в году по данным [17], отмечается на всех приведенных метеостанциях, расположенных в разных природных зонах. Это заметно даже на примере 10-летних скользящих средних величин. Если же рассмотреть эти изменения по экстремальным годам, картина получится ещё более разительная.

В Архангельске рост амплитуды начался после более чем векового минимума (аномалия $-9,46^\circ$), отмечавшегося в 1995 г. Максимум пришёлся на 1998 г. ($9,14^\circ$). В 2011 г. аномалия годовой амплитуды температуры воздуха составила $8,14^\circ$. Заметим, что в период потепления, т. е. увеличения суммарной годовой продолжительности циклонической циркуляции, летние сезоны становятся прохладными, а зимы мягкими, так что годовая амплитуда температуры уменьшается, что и произошло в 80-90-е годы XX века. В Казани минимум с начала наблюдений пришёлся на 1983 г. (аномалия $-7,1^\circ$), максимум – на наиболее экстремальный 2010 г. ($8,9^\circ$). В 2011 г. аномалия составила $6,2^\circ$. В Москве наибольшая отрицательная аномалия годовой амплитуды температуры воздуха за весь период наблюдений с конца XIX века ($-6,9^\circ$) отмечалась в 1993 г., наибольшая положительная ($11,2^\circ$) – в 2010 г. В Воронеже минимальная аномалия за весь период наблюдений ($-9,1^\circ$) отмечалась в 1989 г., а максимальная за последние годы ($10,3^\circ$) – в 2010 г. В Астрахани минимальная аномалия за последние десятилетия ($-6,6^\circ$) пришлась на 1992 г., а максимальная ($5,7^\circ$) – на 2006 г. В Туапсе минимальная аномалия ($-3,8^\circ$) отмечалась в 1984 г., а максимальная ($4,9^\circ$) – в 1999 г. Как видим, наибольшая годовая амплитуда температуры воздуха отмечается в настоящее время в центре Европейской России.

Увеличение годовой амплитуды температуры отрицательно сказывается и на природных объектах, и на хозяйственной деятельности. Горные породы быстрее разрушаются, что способствует росту повторяемости опасных природных процессов. Дикорастущие растения вымерзают зимой и высыхают летом. От этого страдают звери и птицы. Голод гонит их к селениям, где их убивают. Страдает сельское хозяйство: озимые вымерзают зимой, весенне-летние засухи существенно снижают урожай зерновых, овощей и плодовых культур. К промышленности и коммунальному хозяйству предъявляются повышенные требования по недопущению выхода из строя промышленных объектов и аварий в сфере ЖКХ.

Колебания циркуляции атмосферы на Европейской территории России (ЕТР)

На ЕТР характер циркуляционных процессов также изменился. Из восьми групп циркуляции, выделенных для этого сектора (табл. 3) [6], при пяти южные циклоны выходят на Северный Кавказ и приносят обильные осадки, способные стать причиной стихийных бедствий. На их долю в среднем за 1899-2011 г. приходится 80% длительности тёплого периода (апрель-октябрь), на который в свою очередь приходится 70% всех наводнений [9]. Продолжительность этих групп за 1899-2011 гг. представлена на рис. 10. На графике видно изменение циркуляционной структуры тёплого периода в течение XX и первого десятилетия XXI века. На рис. 11 показана средняя продолжительность каждой группы циркуляции в определённом циркуляционном периоде.

В первой половине XX века (1899-1949 гг.) в тёплый период наиболее продолжительной (в среднем 61 день за сезон) была группа «широтная западная в сочетании с долготной южной», при которой средиземноморские циклоны, пройдя ЕТР, вливаются в систему атлантических циклонов. Следующей по продолжительности (в среднем 56 дней) была группа «долготная северная в сочетании с широтной западной», при которой блокирующий процесс формируется над центральными и восточными долготами ЕТР и соединяется полосой высокого давления с восточным отрогом азорского антициклона (рис. 7). С этой группой связаны жестокие засухи на ЕТР в 20-30-х годах прошлого века. Мощный антициклон блокирует атлантические циклоны и выходящий на Северный Кавказ средиземноморский циклон. Циклоны не в состоянии обойти такую преграду, и принесённая средиземноморским циклоном влага остаётся в предгорьях и горах Северного Кавказа, вызывая наводнения и другие стихийные бедствия.

Таблица 3.

Группы циркуляции для Европейского сектора

Широтная западная	Долготная южная	Широтная западная и долготная южная	Широтная западная и стационарное положение	Долготная северная и широтная восточная
2в, 5а, 5в, 6, 7ал, 7бл, 8вз, 11б	1б, 9б, 12бл	1а, 2а, 2б, 3, 5б, 5г, 7аз, 7бз, 8вл, 8гз, 8гл, 9а, 12вл	11а, 11в, 11г, 12г	4а
Долготная северная и широтная западная	Долготная северная и долготная южная	Долготная южная и стационарное положение		
4б, 4в, 10а, 10б	8а, 8бз, 8бл, 12а, 12бз, 12вз	13з, 13л		

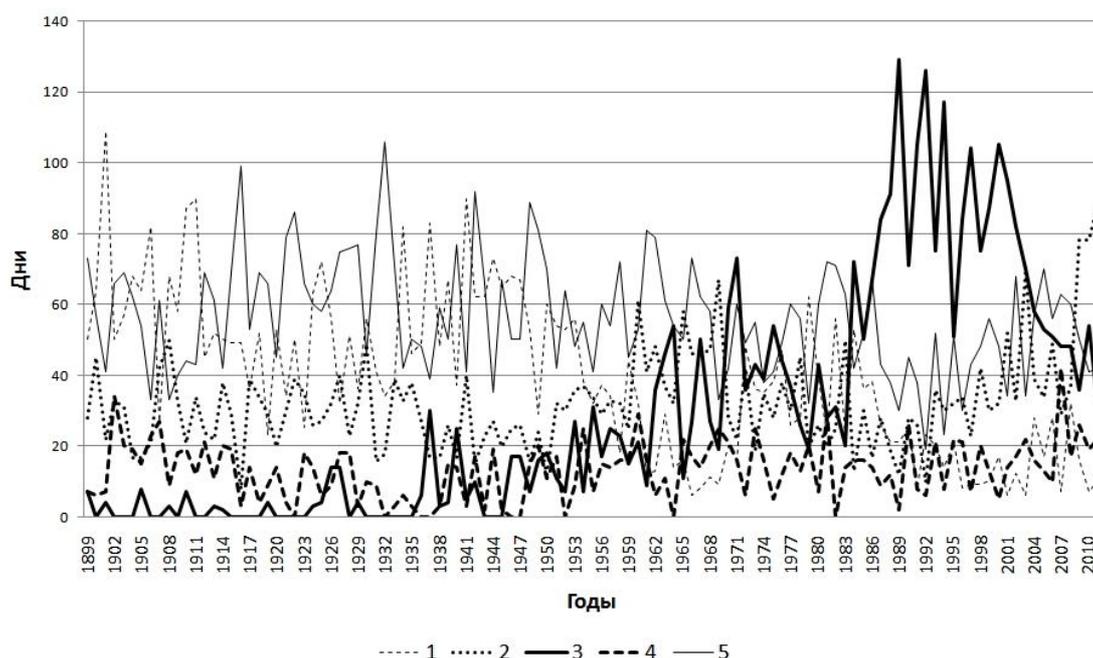


Рис.10. Суммарная продолжительность групп циркуляции в европейском секторе Северного полушария в 1899-2011 гг. в тёплый период (апрель-октябрь): 1 – долготная северная в сочетании с широтной западной, 2 – долготная северная в сочетании с долготной южной, 3 – долготная южная в сочетании со стационарным положением, 4 – долготная южная, 5 = широтная западная в сочетании с долготной южной.

Третьей по продолжительности (в среднем 28 дней) была группа «долготная северная в сочетании с долготной южной», при которой блокирующий процесс формируется в западной или центральной части ЕТР, а южные циклоны проходят через Северный Кавказ преимущественно на Западную Сибирь, оставляя в этих регионах обильные осадки. Ещё менее продолжительной (в среднем 11 дней) была группа циркуляции «долготная южная», при которой средиземноморские циклоны выходят на Северный Кавказ, перемещаются на ЕТР и там заполняются. Незначительной по продолжительности (всего несколько дней за сезон и то не каждый год, в среднем 4 дня) была группа циркуляции «долготная южная в сочетании со стационарным положением», при которой выход средиземноморского циклона происходит при формировании в средних широтах антициклонического ядра. Дальнейшее продвижение циклона в высокие широты зависит от местоположения и мощности антициклона на ЕТР.

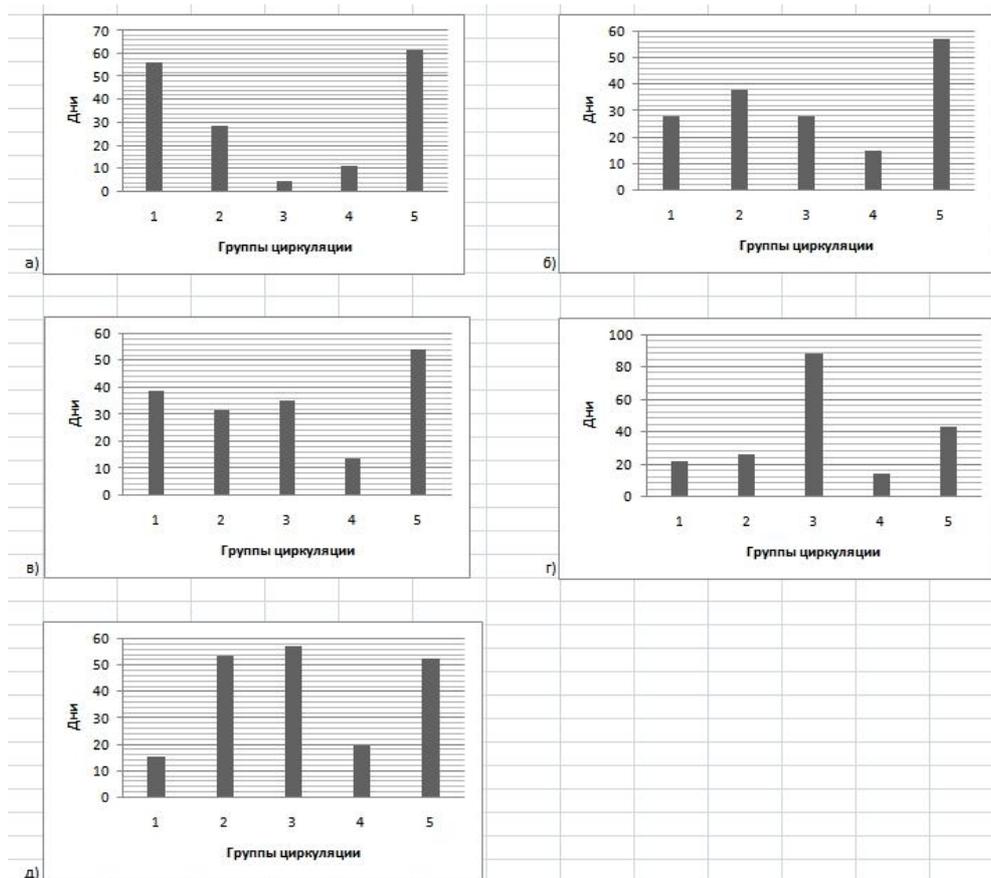


Рис. 11. Средняя продолжительность групп циркуляции в тёплый период (апрель-октябрь) в разные циркуляционные периоды: а) - 1899-1949 гг., б) – 1950-1971 гг., в) – 1972-1983 гг., г) – 1984-2000 гг., д) – 2001-2011 гг. 1 – долготная северная в сочетании с широтной западной, 2 – долготная северная в сочетании с долготной южной, 3 – долготная южная в сочетании со стационарным положением, 4 – долготная южная, 5 – широтная западная в сочетании с долготной южной.

В 50-60-е годы (1950-1971 гг.) характер циркуляции заметно изменился: при уменьшении продолжительности групп «широтной западной в сочетании с долготной южной» и «долготной северной в сочетании с широтной западной» существенно выросла продолжительность группы «долготная южная в сочетании со стационарным положением». Это были самые влажные годы на территории ЕТР за весь период наблюдений [13]. Летом 1962 г. сочетание температуры воздуха и осадков оказалось таким, что урожай пропал. Тогда СССР впервые закупал зерно за рубежом.

В 70-е годы (1972-1983 гг.) с ростом продолжительности блокирующих процессов на ЕТР (группы циркуляции «долготная северная в сочетании с широтной западной» и «долготная северная в сочетании с долготной южной») возросла повторяемость засушливых лет (1972, 1975, 1979, 1981гг.).

В 90-е годы (1984-2000 гг.) соотношение продолжительности групп циркуляции снова изменилось. Впервые за время наблюдений самой продолжительной стала группа «долготная южная в сочетании со стационарным положением» (в среднем 88 дней за тёплый период). Частый выход южных циклонов обусловил прохладные и дождливые летние сезоны на территории ЕТР, не занятой антициклоном, и экстремальные ливни на Северном Кавказе.

В начале XXI века (2001-2011 гг.) при уменьшении продолжительности группы «долготная южная в сочетании со стационарным положением» в среднем до 57 дней за тёплый период выросла продолжительность групп «долготная северная в сочетании с долготной южной» (в среднем до 53 дней) и «широтная западная в сочетании с долготной южной» (в среднем до 52 дней).

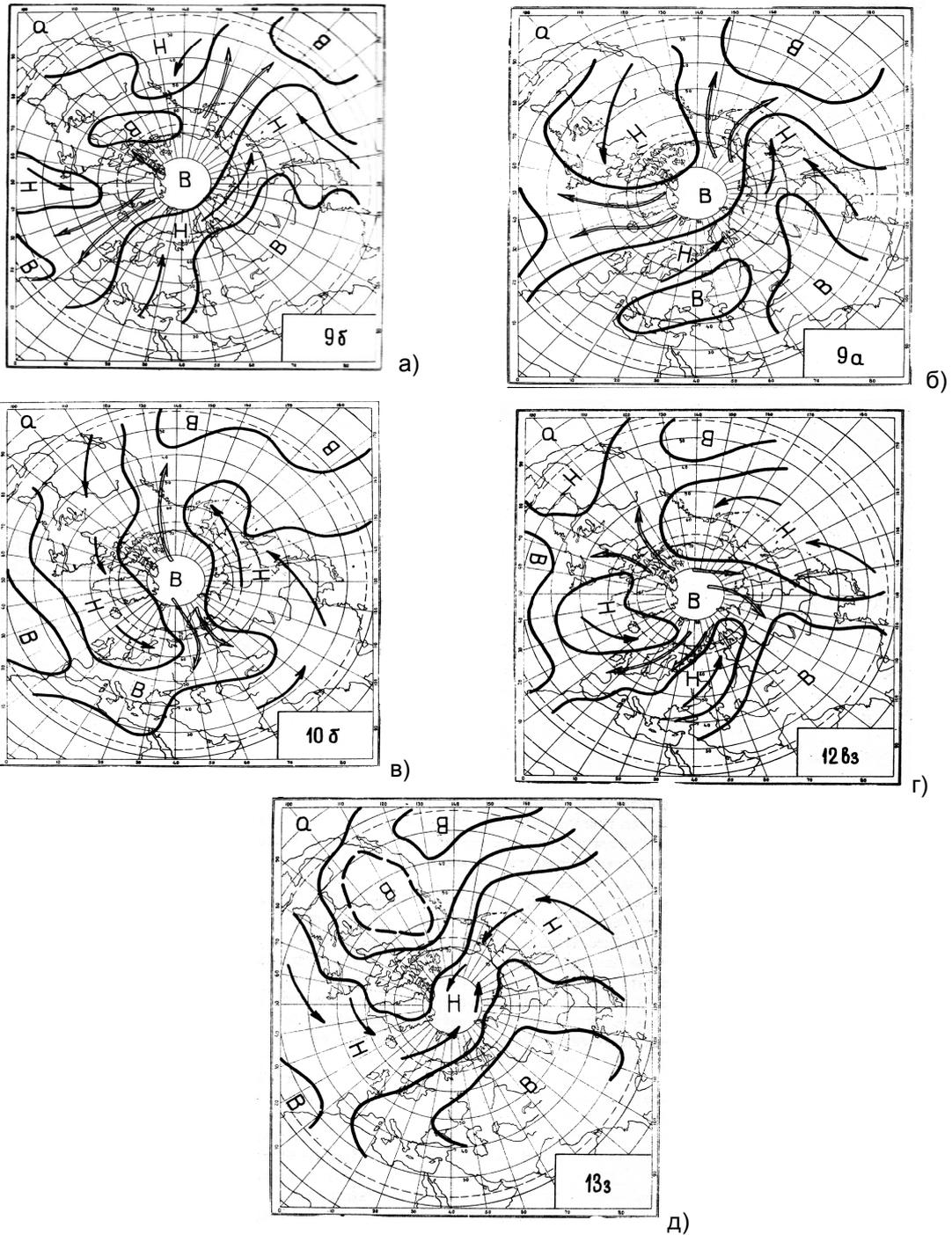


Рис. 12. Примеры динамических схем ЭЦМ, относящихся к группам циркуляции с выходом южных циклонов на ЕТР: а) – долготная южная, б) – широтная западная в сочетании с долготной южной, в) – долготная северная в сочетании с широтной западной, г) – долготная северная в сочетании с долготной южной, д) – долготная южная в сочетании со стационарным положением.

Наиболее опасным для возникновения засух на ЕТР и одновременных наводнений на Северном Кавказе стало формирование при всех группах с антициклоническим режимом на ЕТР более мощных антициклонов, что обеспечивает отсутствие осадков на юге и особенно юго-востоке ЕТР и приводит к увеличению осадков на Северном Кавказе.

Изменение повторяемости опасных природных процессов в последние годы

Изменение характера циркуляции атмосферы закономерно отразилось на повторяемости опасных метеорологических явлений и вызываемых ими опасных геологических процессов. В ГУ «ВНИИГМИ-МЦД» создан специализированный массив сведений, включающий с 1991 г. все неблагоприятные и опасные условия погоды и явления, которые нанесли социальный и экономический ущерб. Другими словами, за основу берутся не только критерии опасных гидрометеорологических явлений, но и наличие социального и/или экономического ущерба.

Информация об опасных явлениях (ОЯ), подготовленная по такой схеме, обобщается и систематизируется по многим аспектам. Аналитические обобщения являются основой для: оценки метеорологического риска проявления ОЯ на различных территориях; принятия обоснованных решений по обеспечению гидрометеорологической безопасности, защите населения и территорий от ОЯ; анализа эффективности мероприятий, направленных на снижение размера ущерба от ОЯ, в том числе анализа системы прогнозирования и ее совершенствования и развития. Далее приводится анализ изменения повторяемости опасных гидрометеорологических явлений по данным ВНИИГМИ-МЦД [19].

На рис. 13 приведено распределение суммарного числа случаев опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных условий погоды (НУП) по годам за 1991-2010 гг., нанесших социальные и экономические потери. Из рисунка следует, что на территории России фактически каждый день в году где-либо отмечается опасное гидрометеорологическое явление. Особенно это проявилось в 2010 году, когда было зарегистрировано 467 опасных явлений и неблагоприятных условий погоды. Особую тревогу вызывает нарастающая концентрация опасной погоды, охватывающей отдельные регионы России. Как следует из статистики, на первом месте по опасности стоит Северо-Кавказский регион.

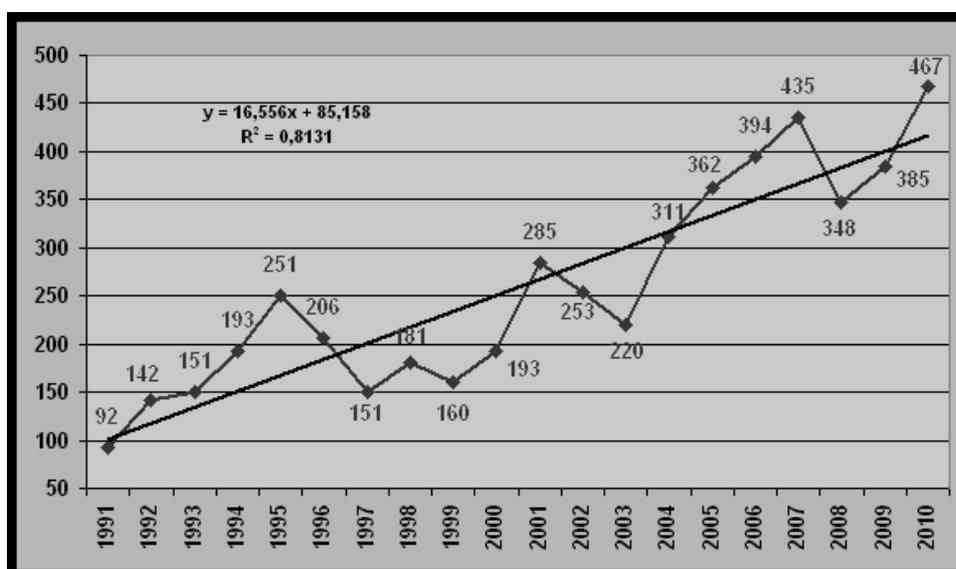


Рис. 13. Распределение суммарного числа случаев опасных гидрометеорологических явлений и комплексов неблагоприятных метеорологических явлений по годам за 1991-2010 гг., нанесшие социальные и экономические потери [18].

На рисунке видна тенденция роста числа опасных гидрометеорологических явлений и комплексов неблагоприятных метеорологических явлений, нанесших социальные и экономические потери за последние 20 лет. При этом статистика показывает, что ежегодный прирост в среднем составляет 16-17 случаев. При этом величина достоверности аппроксимации составляет приблизительно 0,81.

Более 70% ОЯ и неблагоприятных условий погоды, нанесших социальный и экономический ущерб, приходится на теплый период (апрель-октябрь), когда активизируются конвективные явления (рис. 14). Именно в этот период отмечается

основная тенденция роста числа случаев ОЯ и НУП. Ежегодный прирост количества ОЯ и НУП в теплый период в среднем составляет 13 явлений в год. При этом величина достоверности аппроксимации составляет приблизительно 0,85.

Относительно наводнений известно, что в 1990 г. их было по России 14, в 2000 г. – 35, в 2010 г. – 57. В 2012 г. уже затоплено 50 городов и посёлков.

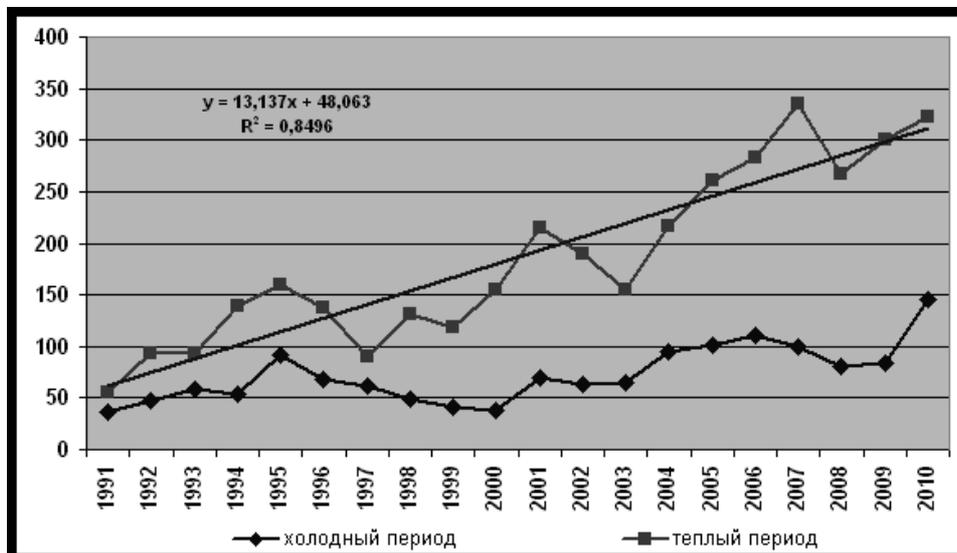


Рис. 14. Распределение суммарного числа случаев ОЯ и НУП по периодам года за 1991-2010 гг. [18]

Годовой ход среднемесячного числа опасных явлений и неблагоприятных условий погоды имеет явно выраженный синусоидальный характер с максимумом летом. Минимумы приходятся на март и октябрь.

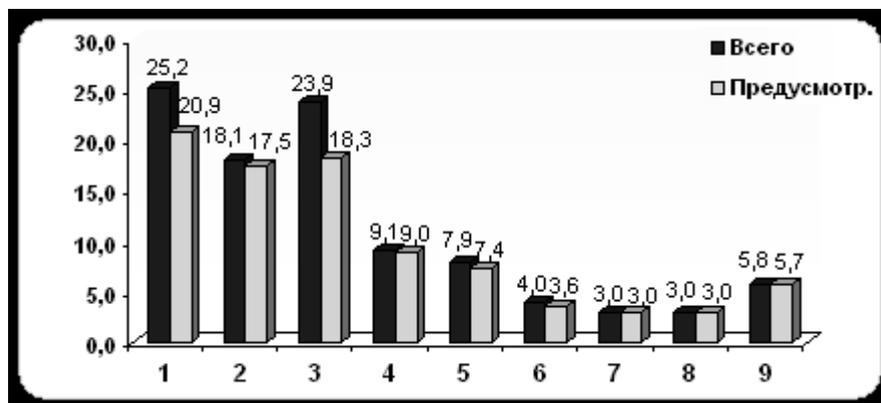


Рис. 15. Доля числа случаев ОЯ и НУП (по видам опасных явлений) за 1991-2010 гг.: 1 – сильный ветер, ураган, шквал, смерч, пыльные бури; 2 – сильная метель, сильный снег, налипание мокрого снега, гололед, гололедица; 3 – сильный дождь, продолжительный дождь, ливень, град, гроза; 4 – мороз, заморозки, сильная жара, резкое повышение/понижение температуры; 5 – весеннее половодье, дождевой паводок, наводнение, нагонные явления; 6 – лавина, сель; 7 – засуха атмосферная/почвенная, суховей; 8 – чрезвычайная пожарная опасность; 9 – сильный туман, тягун, сильное волнение и др. [18]

Распределение суммарного числа ОЯ и НУП по видам опасных явлений представлено на рис. 15. Из рисунка видно, что 25,2% всех ОЯ и НУП приходится на первую группу из пяти явлений – сильный ветер, ураган, шквал, смерч, пыльные бури. 23,9% всех ОЯ и НУП приходится на третью группу явлений – сильный дождь, продолжительный дождь, ливень, град, гроза. При этом явления этих двух групп наиболее трудно прогнозируемы (оправдываемость прогнозов составляет 82,9% и 76,6% соответственно).

**Циркуляция атмосферы и повторяемость опасных природных процессов на
Северном Кавказе в XXI веке
Опасные процессы на Северном Кавказе в 2001-2011 гг.**

На Северном Кавказе широкое распространение получили опасные экзогенные процессы [1]. Среди них по активности и негативному воздействию выделяются многочисленные склоновые деформации почв. При всем разнообразии условий формирования и особенностей проявления таких процессов их общей закономерностью является увеличение пораженности территории и нарастание интенсивности склоновых процессов от северной, преимущественно равнинной части региона, к южной, гористой. Более 50 % территорий в горной части региона в разной степени подвержено воздействию таких экзогенных процессов, как снежные лавины, ледовые обвалы, сели, оползни. Мощным фактором формирования экзогенных процессов в регионе является наличие современного оледенения. Ледники и сами по себе представляют большую опасность за счет подвижек и обрушений, о чем красноречиво свидетельствует Геналдонская ледниковая катастрофа 2002 г. в Северной Осетии. В то же время большие объемы талых ледниковых вод, огромные массивы легко размываемых моренных отложений в приледниковой зоне составляют материальную основу многих других опасных процессов и явлений. Ледники и ледниковая деятельность играют исключительную роль в процессе формирования селей. Подавляющая часть селевых потоков образуется при интенсивном таянии ледников в приледниковой зоне, где распространены древние и современные моренные комплексы, обеспечивающие основную часть твердой составляющей селей. Очень крупные сели возникают в селеопасных районах, когда на сильное таяние ледников в результате длительного засушливого периода накладывается выпадение интенсивных ливневых осадков, то есть эффект суммирования селеобразующих факторов оказывается максимальным [9]. Исключительные по мощи и опасности селевые процессы, имеющие катастрофический характер, возникают в горных долинах в результате обвала ледников или внезапного прорыва ледниковых озер и внутриморенных полостей. Наибольший риск поражения селями существует для территории Кабардино-Балкарской Республики и Республики Северная Осетия–Алания. Высокой опасностью селевых процессов характеризуются также горные районы Дагестана, Чечни и Ингушетии [11].

Лавинная деятельность в регионе характерна для всех субъектов горных территорий Большого Кавказа. На его южном склоне лавины представляют большую опасность в районе Большого Сочи. Лавинные процессы являются серьезным фактором опасности, существенно усложняющим хозяйственное освоение горных и предгорных районов Кавказа. Районы с высокой повторяемостью лавин в очаге (более одной за год) занимают 32,4 % всей лавиноопасной территории Большого Кавказа и приурочены в основном к среднегорным и высокогорным участкам.

По пораженности территории оползнями, равной отношению суммарной площади проявления оползней к общей площади территории, особенно выделяются предгорья Дагестана и Черноморское побережье. Оползневые процессы активно проявляются и представляют реальную угрозу.

Катастрофические наводнения, сход селей, подвижки оползней повторяются на Северном Кавказе в XXI веке ежегодно и не по одному разу в год. Для тех случаев, для которых известна дата, в табл. 4 приведен характер циркуляции атмосферы.

В 2001 г. 21 июня при ЭЦМ 6 (рис. 16а) в связи с прохождением атмосферных фронтов и сильными ливнями в районе населённого пункта Лазаревское сошли два мощных селевых потока. Один грязевый поток перекрыл железную дорогу в районе Туапсе, там застряли 13 пассажирских поездов. Селевый поток стал причиной крушения грузового поезда. Другой поток объёмом 700 кубометров завалил 15 м единственной на побережье трассы - сотни автомобилей попали в километровую пробку.

В 2002 г. наводнение на Северном Кавказе произошло дважды за лето: в июне и августе. Сильные дожди приблизительно 1% обеспеченности (встречаются в одном случае из ста) выпали по всему Северному Кавказу за период с 29 мая по 8 июня и после 17 июня.

Таблица 4.

Группы циркуляции атмосферы Европейского сектора Северного полушария в период выпадения обильных осадков, вызвавших наводнения и другие опасные процессы на Северном Кавказе в XXI веке

№	Даты экстремальных осадков	Группа циркуляции
1	21.06.2001	широтная западная
2	29-30.05.2002	долготная северная в сочетании с долготной южной
3	31.05-08.06.2002	широтная западная в сочетании с долготной южной
4	17.06.2002	долготная южная
5	5.08.2002	долготная северная в сочетании с долготной южной
6	06-08.08.2002	широтная западная в сочетании с долготной южной
7.	09-11.05.2009	широтная западная в сочетании с долготной южной
8.	24-25.05.2009	долготная южная в сочетании со стационарным положением
9.	14-15.06.2009	долготная северная в сочетании с широтной западной
10.	18.06.2009	долготная северная в сочетании с долготной южной
11.	22.06.2009	долготная южная
12.	03.09.2009	долготная южная
13.	05.09.2009	долготная северная в сочетании с долготной южной
14.	20-21.09.2009	долготная северная в сочетании с долготной южной
15.	22.02.2010	долготная северная в сочетании с долготной южной
16.	11.03.2010	широтная западная в сочетании с долготной южной
17.	15-18.10.2010	долготная северная в сочетании с долготной южной
18.	26-27.11.2010	широтная западная в сочетании с долготной южной
19.	16.07.2011	широтная западная в сочетании с долготной южной
20	21.07.2011	долготная южная в сочетании со стационарным положением
21	03.08.2011	долготная северная в сочетании с долготной южной
22	01.01.2012	долготная южная в сочетании со стационарным положением
23.	09.01.2012	долготная южная в сочетании со стационарным положением
24.	14-15.01.2012	Широтная западная в сочетании со стационарным положением
25.	16-18.01.2012	долготная северная в сочетании с долготной южной
26.	23.01.2012	Широтная западная
27.	31.01.2012	Широтная западная
28.	11-12.04.2012	широтная западная в сочетании с долготной южной
29.	19.04.2012	широтная западная в сочетании с долготной южной
30.	02.05.2012	долготная южная
31.	01-04.07.2012	долготная северная в сочетании с широтной западной
32.	05-08.07.2012	широтная западная в сочетании с долготной южной
33.	21-22.08.2012	долготная южная в сочетании со стационарным положением
34.	03-04.09.2012	долготная южная в сочетании со стационарным положением
35.	09-10.10.2012	долготная северная в сочетании с долготной южной

Пострадала территория от Краснодарского края до Дагестана, сильные дожди вызвали паводки и селевые потоки. Следующий опасный период наступил в начале августа, когда пострадало Черноморское побережье и прилегающие горные территории. В некоторые дни (5 и 8 августа в Новороссийске и 6-8 августа в Анапе, табл. 5, рис. 16б) суточные суммы осадков превосходили многолетние среднемесячные.

Сильная активизация оползней, обусловленная экстремально большими осадками, наблюдалась в 2002-2003 гг. в Краснодарском крае, высокогорье Восточного Кавказа в пределах Северной Осетии, Чечни и Западного Дагестана, селей – в высокогорье Западного и Центрального Кавказа, нивально-альпийской зоне Восточного Кавказа. Кроме того, сильная активизация оползней отмечалась в среднегорье, низкогорье и предгорьях Центрального Кавказа в пределах Кабардино-Балкарии и Ставропольского края. Заметим, что в случае сильной активизации приходят в движение более 60 % активных оползней на конкретной территории, а прохождение селей наблюдается более чем по 60 % селеопасных водотоков. Сильная активизация оползней и селей обусловлена главным образом количеством осадков на уровне 10% обеспеченности и менее, средняя активизация происходит при количестве осадков на уровне от 50 до 10% обеспеченности. Об экстремальном количестве осадков в 2002 г. уже говорилось выше.

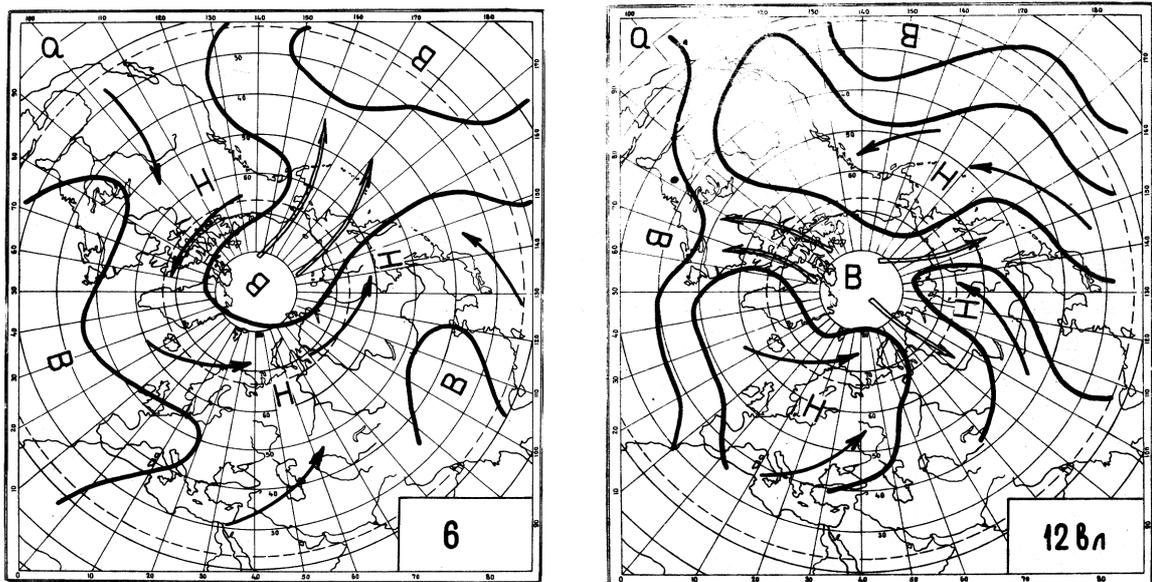


Рис. 16. Динамические схемы ЭЦМ 6 (а) и 12вл (б).

Таблица 5.

Суточные суммы осадков в августе 2002 г.

Город	Дата	ЭЦМ	Суточная сумма осадков (мм)	Многолетняя среднемесячная сумма осадков (мм)
Новороссийск	5	12а	69,0	45
	6	9а	12,8	
	7	9а	8,0	
	8	12вл	58,2	
Анапа	5	12а	24,6	34
	6	9а	62,4	
	7	9а	61,9	
	8	12вл	55,5	

В 2009 г. сильные дожди местами с грозами и градом прошли в Краснодарском крае 9-11 мая при ЭЦМ 12вл (рис. 16б). 11 мая в Архипо-Осиповке за 6 часов выпало 107 мм. В тот же день оползень длиной 70 м перекрыл участок автодороги Туапсе-Сочи между поселками Головинка и Якорная Щель. Оползень затронул и железнодорожное полотно. 24-25 мая при ЭЦМ 13л (рис. 4) сильные дожди наблюдались в Ингушетии, КБР, Дагестане. В республиках Северного Кавказа дожди местами сопровождались градом 20-30 мм в диаметре. Особенно сильные ливни прошли повсеместно в Краснодарском крае во второй и начале третьей декады июня. В Туапсе 14 июня при ЭЦМ 10б (рис. 12в) выпало 35 мм осадков и 18 июня (ЭЦМ 12а, рис. 3) 50 мм; в Сочи 15 июня (ЭЦМ 10б) – 13 мм, 18 июня – 44 мм; в Красной Поляне 14 июня – 35 мм, 15 июня – 23 мм, 22 июня (ЭЦМ 12бл, рис. 3) – 33 мм. После них отмечались дождевые паводки на реках и сели в Дагестане. 19 июня (ЭЦМ 12а) в Чеченской Республике при прохождении дождевого паводка на р. Сунжа уровень воды у Грозного повышался до 435 см, т. е. превышал уровень особо опасного явления (400 см). В Чечне также сходили селевые потоки. В ЮФО в июле продолжалась активная конвективная деятельность. Ливни с грозами и градом, которые в течение месяца не раз прошумели над Северным Кавказом, вызвали дождевые паводки на реках, сход селевых потоков в КЧР и Дагестане. Подчеркнём, что эти явления по времени совпадали с аномально высокой температурой на юге ЕТР (до 42°), вызванной антициклонической циркуляцией над этой территорией. В августе и сентябре проливные дожди вызвали сход селевых потоков в горных районах Дагестана. 3 сентября (ЭЦМ 12бл, рис 3) в станице Первомайской (КЧР) и 5 сентября (ЭЦМ 12бз, рис. 3) в Успенском районе Краснодарского края дожди сопровождались крупным градом (до 40 мм).

Очень сильные дожди прошли 20 (ЭЦМ 6, рис. 16а) и 21 сентября (ЭЦМ 12а, рис. 3) в Дагестане. В Махачкале 21 сентября за 3 часа выпало 100 мм осадков, в Дербенте 20-21 сентября выпало 189 мм, что почти в 5 раз превышает месячную норму.

22 февраля 2010 г. при ЭЦМ 12а на участке Лазаревское - Сочи оползень остановил движение поездов. Селевой поток перекрыл железнодорожный путь около пяти часов утра в районе посёлка Чемитоквадже. В результате стихийного бедствия движение поездов было приостановлено. Причиной возникновения оползня и селя стал сильный проливной дождь, прошедший в ночь на 22 февраля в районе Сочи. Случившиеся и ранее на железной дороге оползни происходили чаще всего именно на участке пути Чемитоквадже – Якорная. Это связано с рельефом местности – оползневые склоны вплотную примыкают к железнодорожному пути. Укрепительные и другие работы по предотвращению схода селей на железнодорожный путь, проводимые в этом районе, как показывает случившееся, не смогли предотвратить сход очередного селя. Движение было восстановлено только 25 февраля, хотя в восстановительных работах участвовало более 70 человек.

В тот же день в результате схода селевых потоков в селе Сергей-Поле Лазаревского района были разрушены две дороги, водовод и газопровод, серьёзно пострадал частный жилой дом. Изучается возможность прокладки новой дороги, но окончательного решения, где она будет расположена, пока не принято. Газовая ветка, пострадавшая во время оползня, перенесена в другое место, повреждённый водовод восстановлен.

Оползни в Краснодарском крае и ранее приносили неудобства и наносили материальный ущерб жителям.

Оползнеопасные районы занимают около 40% площади России. Наибольшую опасность представляют оползни, которые развиваются на территории городов (725 городов). Наиболее интенсивно опасные склоновые процессы проявляются на Северном Кавказе. Крупным районом классического развития оползней является Черноморское побережье Кавказа. Одно из самых крупных в России за последние 20 лет смещений грунтовых масс в горах произошло в феврале 2001 года в районе Большого Сочи. С гор сошли грунтовые массы объемом до 1 млн тонн и общей площадью 6,25 га. Обширный оползень привел к разрушению водонесущих коммуникаций, путепровода, линии электропередачи и целого ряда сельскохозяйственных построек. Тогда же в районе Красной Поляны сошел селевой поток. Уровень воды в реке Мзымта быстро поднимался. На юге России в конце зимы и весной при подмыве водой склонов оползни - явление не редкое. Сошедший в марте 2003 года оползень в Туапсинском районе Краснодарского края перекрыл автомобильную дорогу Майкоп - Лабинск и одну из веток железнодорожного пути на участке Адлер - Краснодар Северо-Кавказской железной дороги. В феврале 2006 года в Адлерском районе Краснодарского края сошел оползень, перекрыв 500 метров федеральной трассы и отрезав от сообщения три населенных пункта. В мае 2007 года в Краснодарском крае в Апшеронском районе из-за оползней была разрушена часть железнодорожного полотна, по которому осуществлялось снабжение продуктами питания трех населенных пунктов.

Оползни все больше становятся для Сочи настоящим бедствием. Очередной сошел в Хосте 11 марта 2010 г. при ЭЦМ 8гз (рис. 17а). Во время проливных дождей здесь обрушилось несколько десятков метров набережной. Причиной стала выемка инертного материала из русла, в результате чего поток стал бить непосредственно в стенку.

В 2010 г. во второй декаде мая на Северном Кавказе наблюдались сильные грозовые дожди. В первой половине июня в Южном и Северо-Кавказском ФО сильные ливневые дожди, сопровождавшиеся шквалами и градом, вызвали дождевые паводки на малых реках и селевые потоки в горных районах. Напомним, что в центре ЕТР при группе «долготная южная и стационарное положение» в это время уже господствовал антициклон. В октябре 2010 г. в Туапсе выпал 201 мм осадков, в Сочи - 327 мм. При этом в Туапсе 16 октября выпало 93 мм. Сильные дожди (47-93мм), прошедшие в Апшеронском и Туапсинском районах 15-16 октября (ЭЦМ 12бз, рис. 3), вызвали дождевые паводки на малых реках (340-916см).

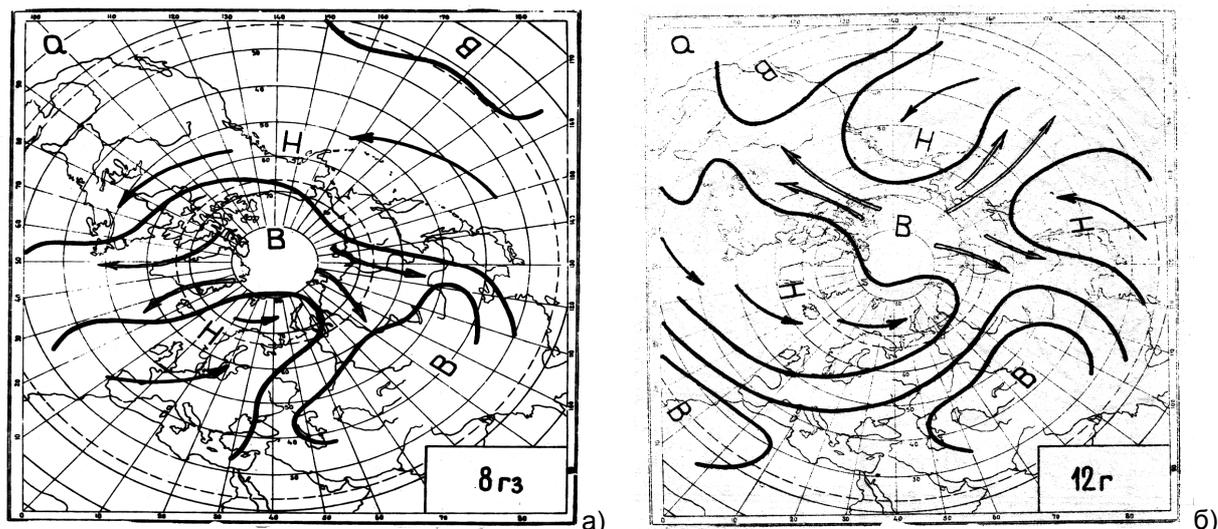


Рис. 17. Динамические схемы ЭЦМ 8гз (а) и 12г (б).

Подтоплены дома в 20 поселках, 304 дома разрушено, подмыты автодороги, мосты, ж/д полотно, 15 человек погибло. 18 октября 2010 г. (ЭЦМ 12а) сильные дожди вызвали резкое повышение уровня и разлив горных рек Пшенаха и Туапсинка; из подтопленных сел эвакуированы около 300 человек, 8 человек погибло, 7 числятся пропавшими без вести. Обрушился мост через реку Цыпка, 22 населенных пункта оказались отрезаны от цивилизации. Из-за ЧП водоснабжение и электричество в Туапсинском районе пришлось отключить или сильно ограничить их подачу. Воду доставляли в цистернах. По свидетельствам очевидцев, паводковая волна была столь мощной, что жителям пришлось спасаться на крышах домов и деревьях.

Сильные дожди (44-55мм) прошли в Краснодарском крае 26-27 ноября 2010 г., вызвав вновь дождевые паводки на реках Туапсинского и Апшеронского районов (100-658см).

4 января 2011 г. при ЭЦМ 13з (рис. 4) обильные осадки выпали в Геленджике (13 мм) Сочи и Туапсе (по 22 мм). 8 января при ЭЦМ 12г (рис. 17б) в Сочи выпало 16 мм. 24 января при ЭЦМ 8гз (рис. 17а) в Красной Поляне выпало 49 мм, в Туапсе – 70 мм, 26 января при том же ЭЦМ в Красной Поляне выпало 11 мм. Избыточное увлажнение грунтов привело к подвижкам оползней.

Обильные осадки прошли на Черноморском побережье Кавказа в начале февраля 2011 г. 4 февраля при ЭЦМ 5а (рис. 18а) в Сочи выпало 16 мм осадков, 5 февраля при том же ЭЦМ в Сочи выпало 26 мм, в Туапсе – 23 мм, 6 февраля при ЭЦМ 8вз в Сочи выпало ещё 59 мм. Таким образом, за 3 дня в Сочи выпало 101 мм, что стимулировало оползневую деятельность.

12 февраля при ЭЦМ 12бз (рис. 3) в Анапе выпало 15 мм, в Красной Поляне – 25 мм, 13 февраля при ЭЦМ 13з (рис. 4) в Красной Поляне выпало 20 мм, в Сочи 13мм, 14 февраля при том же ЭЦМ в Красной Поляне выпало 20 мм, в Сочи 10 мм. За эти три дня в Красной Поляне выпало 65 мм. В зоне строительства обильное увлажнение грунтов особенно опасно, т. к. вызывает сползание искусственных отвалов.

19 февраля при ЭЦМ 12г (рис. 17б) в Сочи выпало 15 мм осадков, 20 февраля при ЭЦМ 13з в Красной Поляне выпало 13 мм, в Сочи – 14 мм. Всего за февраль в Сочи выпало 202,7 мм осадков, в Красной Поляне – 160,7 мм.

В марте отмечалось всего 7 дней, в которые на какой-либо метеостанции Черноморского побережья суточные суммы осадков превышали 10 мм, однако этого оказалось достаточным, чтобы вызвать подвижки оползней. 6-7 марта блокирующий антициклон при ЭЦМ 8гз (рис. 17а) через Западную Сибирь распространился вплоть до Северного Кавказа. В это время на Черноморское побережье вышел средиземноморский циклон. Подъем тёплого воздуха по клину холодного привёл к обострению фронтов и выпадению обильных осадков. 6 марта в Красной Поляне выпало 11 мм, 7 марта – 27 мм; в Сочи соответственно 19 и 13 мм, в Туапсе – 15 мм 6 марта.

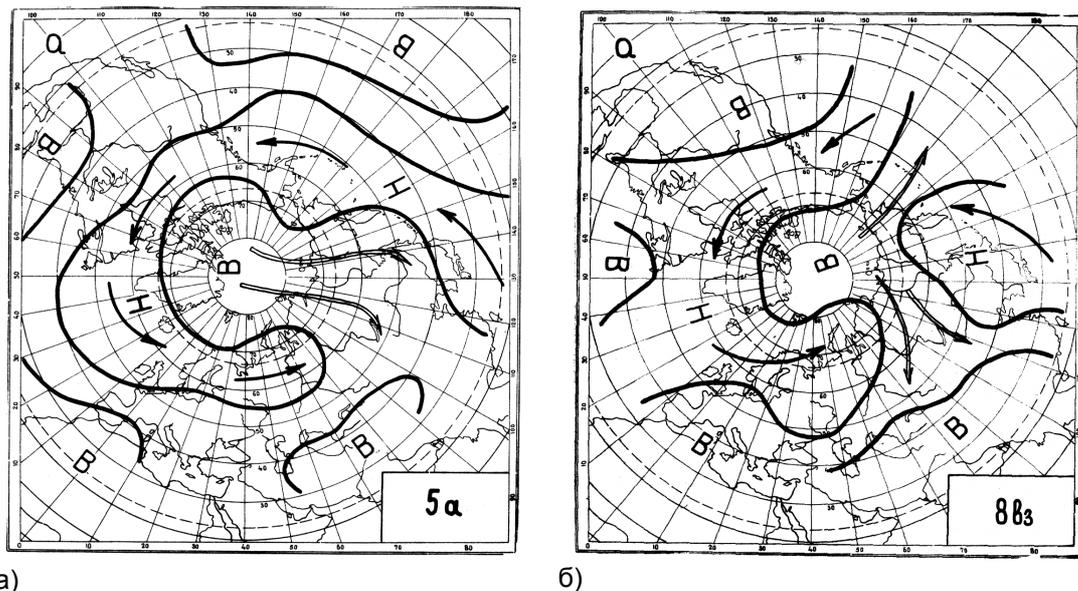


Рис. 18. Динамические схемы ЭЦМ 5а (а) и 8вз (б).

В следующий раз стационарный антициклон, развившийся на юге Европейской России при ЭЦМ 13л (рис. 4) преградил путь средиземноморскому циклону 19 марта. В этот день в Красной Поляне выпало 19 мм, в Сочи – 35 мм, в Туапсе – 12 мм. Обильные осадки продолжились при том же ЭЦМ 21 марта: в Анапе выпало 19 мм, в Новороссийске – 17 мм, в Сочи – 20 мм, в Туапсе выпало 13 мм при том же ЭЦМ 22 марта. 25 и 31 марта выход южного циклона при ЭЦМ 8а (рис. 19а) на Черноморское побережье обеспечил осадками (13 и 16 мм соответственно) Красную Поляну. Всего за месяц в Красной Поляне выпало 152,6 мм, в Сочи – 161,3 мм.

Первая половина апреля оказалась богата на осадки. 5 апреля при ЭЦМ 13л (рис. 4) осадки наблюдались по всему побережью: в Анапе выпало 14 мм, в Геленджике – 20 мм, в Новороссийске 22 мм, в Туапсе – 11 мм. 6-7 апреля при ЭЦМ 6 осадки продолжились: 6 апреля в Новороссийске выпало 11 мм, в Сочи 21 мм, в Туапсе 22 мм; 7 апреля – в Геленджике 10 мм, в Красной Поляне 13 мм, в Новороссийске 16 мм, в Сочи 27, в Туапсе 18 мм. 8-9 апреля при ЭЦМ 12а осадки усилились: 8 апреля в Анапе выпало 50 мм, в Геленджике 43 мм, в Красной Поляне 42 мм, в Новороссийске 49 мм, в Сочи 22 мм, в Туапсе 27 мм. 9 апреля в Анапе выпало 44 мм, в Геленджике 18 мм, в Красной Поляне 23 мм, в Новороссийске 11 мм, в Сочи 22 мм, в Туапсе 10 мм. Наибольшая сумма осадков за рассматриваемый период выпала в Анапе, Красной Поляне и Новороссийске. Осадки продолжились и 10 апреля при ЭЦМ 2а (рис. 1), когда очередной средиземноморский циклон вышел на Черноморское побережье и встретил преграду в виде ядра высокого давления на Европейской территории России. В Анапе выпало 17 мм, в Красной Поляне 40 мм, в Сочи 10 мм. 11 апреля при ЭЦМ 8вл (рис. 19б) обильные осадки наблюдались в Анапе (13 мм) и в Сочи (18 мм). В результате продолжительных обильных осадков уровень воды в реках поднялся, некоторые реки вышли из берегов.

15 апреля при ЭЦМ 12г (рис. 17б) обильные осадки выпали в Красной Поляне (38 мм) и в Сочи (12 мм). При том же ЭЦМ 17 апреля обильные осадки (13 мм) выпали в Красной Поляне. Красная Поляна не случайно выделяется большими суммами осадков: сказывается поднятие теплых и влажных воздушных масс по склонам гор. 20 апреля при ЭЦМ 12бл (рис. 3) в Красной Поляне выпало 17 мм. В сумме за месяц в Красной Поляне выпало 241,5 мм осадков, в Сочи – 167,4 мм.

В мае насчитывалось всего 6 дней с обильными осадками. 5 мая при ЭЦМ 8бл (рис. 20а) средиземноморский циклон вышел на Черноморское побережье. В Красной Поляне выпало 30 мм, в Сочи 61 мм, в Туапсе 45 мм. 6 мая при ЭЦМ 8а (рис. 19а) осадки продолжились: в Новороссийске выпало 15 мм, в Сочи – 20 мм, в Туапсе – 26 мм. Произошел подъем уровня воды в реках.

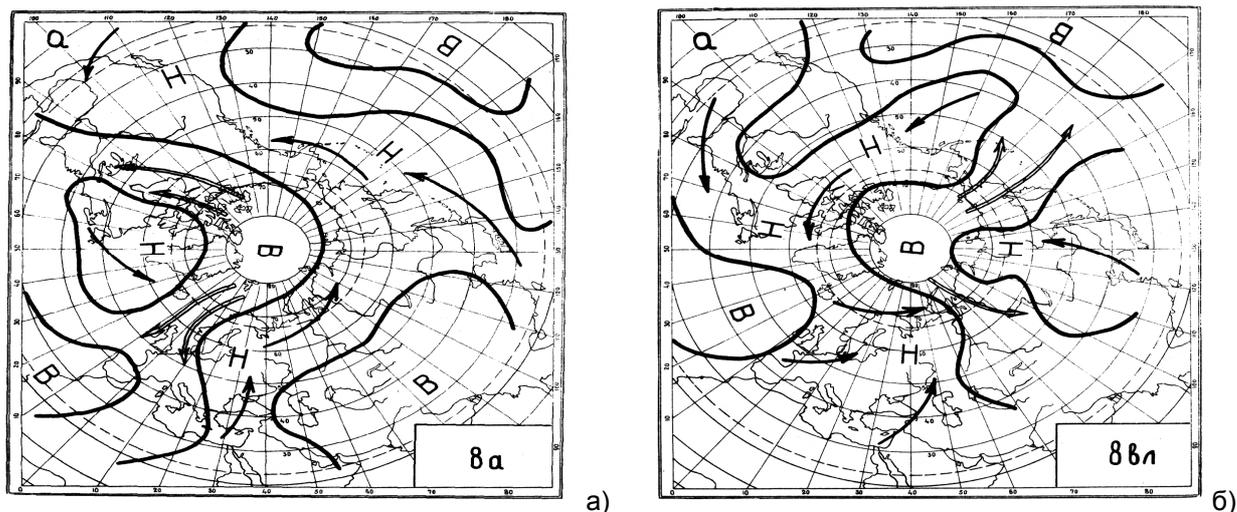


Рис. 19. Динамические схемы ЭЦМ 8а (а) и 8вл (б)

21 мая при ЭЦМ 12г (рис. 17б) по Черноморскому побережью Кавказа прошли фронты атлантического циклона, перемещавшегося в средних широтах. В Красной Поляне выпало 11 мм. На следующий день при ЭЦМ 12вз (рис. 12г) на Черноморское побережье вышел средиземноморский циклон. В Анапе выпало 33 мм, в Красной Поляне – 13 мм, в Сочи – 15 мм. 24 мая также при ЭЦМ 12вз в связи с выходом очередного южного циклона в Геленджике выпало 28 мм, в Новороссийске 18 мм. Всего за месяц в Сочи выпало 158 мм, в Красной Поляне – 118 мм.

В июне было 12 дней с обильными осадками. 4 июня при ЭЦМ 10б (рис. 12в) путь средиземноморскому циклону преградил блокирующий антициклон над Европейской Россией. В Сочи выпало 28 мм. 11 июня при ЭЦМ 6 (рис. 16а) средиземноморский циклон вышел на Черноморское побережье. В Новороссийске выпало 13 мм, в Туапсе – 31 мм. На следующий день осадки выпадали при ЭЦМ 7ал (рис. 20б), благодаря выходу очередного средиземноморского циклона: в Геленджике - 18мм, в Сочи – 21 мм. Более продолжительный период осадков более 10 мм в сутки при ЭЦМ 9а (рис. 12б) начался 17 июня. В этот день в Анапе выпало 11 мм; 18 и 19 июня в Краснодаре выпало 45 и 25 мм соответственно, 20 июня выпало по 12 мм в Новороссийске и Сочи; 21 июня при ЭЦМ 13л (рис. 4) выпало 12 мм в Красной Поляне. 26 и 27 июня обильные осадки выпадали при ЭЦМ 8бл (рис. 20а): 26 июня выпало 11 мм в Сочи и 41 мм – в Туапсе; 27 июня выпало 66 мм в Красной Поляне, 44 мм в Сочи, 27 мм в Туапсе; 28 июня при ЭЦМ 12а (рис. 3) 37 мм выпало в Красной Поляне и 30 июня при нём же – 29 мм в Сочи и 20 мм – в Туапсе. Обильные осадки вызвали подъём уровня рек. В целом за месяц выпало в Сочи 180 мм, в Красной Поляне 176 мм, в Туапсе 148 мм.

В июле на Черноморском побережье Кавказа отмечалось всего 6 дней с осадками более 10 мм в сутки. 2 июля при ЭЦМ 12а в Сочи выпало 27мм; 12 июля тоже при ЭЦМ 12а в Анапе выпало 48 мм; 13 июля при том же ЭЦМ в Анапе выпало 26 мм, в Красной Поляне 35 мм, в Новороссийске 13 мм, в Сочи 15 мм. 15 июля при ЭЦМ 6, благодаря выходу средиземноморского циклона, в Сочи выпал 21 мм; 16 июля при ЭЦМ 9а (рис. 12б) в Сочи выпало 13 мм. В те же дни ливни выпадали и в горах. В результате 16 июля в Кабардино-Балкарии прошли гляцио-ливневые сели в бассейнах рек Черек Балкарский, Чегем и Баксан. Ситуация повторилась 21 июля при ЭЦМ 13л: в Красной Поляне выпало 19 мм, а в Кабардино-Балкарии по тем же водотокам прошли сели, вызванные сильными ливнями в горах. На Черноморском побережье месячные суммы осадков невелики: в Красной Поляне 126 мм, в Сочи 79 мм, в Анапе 76 мм.

С начала августа при ЭЦМ 12а в горах отмечались сильные ливни с градом на фронтах циклона с центром в Поволжье. 3 августа холодный фронт прошёл в верховьях реки Баксан. По данным гидрометеостанции Терскол, за 1 час 50 минут выпало 14,7 мм, всего за 3 августа выпало 17,1 мм. В результате 3 августа в бассейне реки Баксан сошли сели по рекам Ирик, Герхожансу и Адырсу. Мощность селей приблизительно 200000 м³.

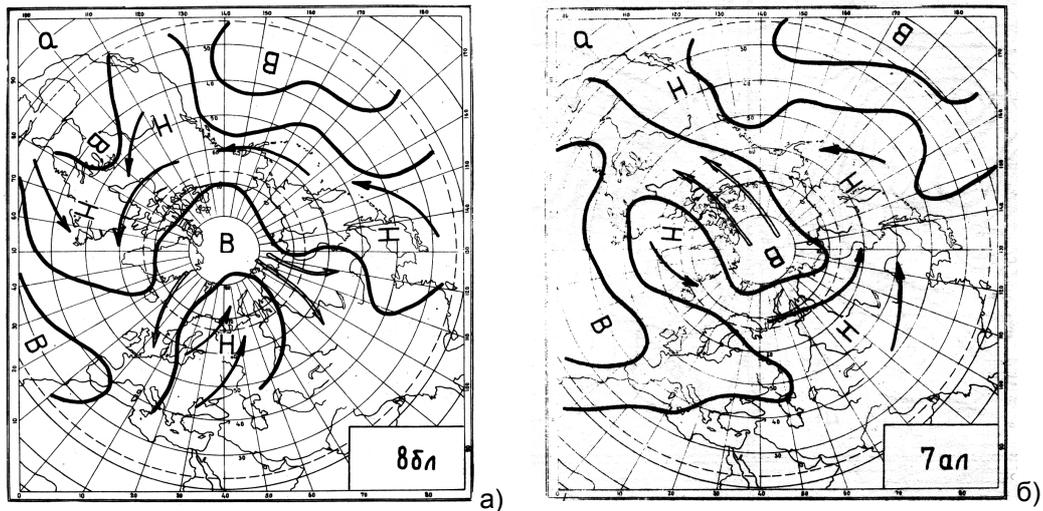


Рис. 20. Динамические схемы ЭЦМ 8бл (а) и 7ал (б).

На Черноморском побережье обильные осадки отмечались 13 августа при ЭЦМ 12а: 12 мм в Геленджике, 29 мм в Сочи. Сильные ливни отмечались в этот день в Туапсе (112 мм за сутки). На следующий день в Туапсе выпало 110 мм при ЭЦМ 4в (рис. 21а). Произошёл подъём уровня воды в водотоках. Обильные осадки выпали в этот день в Новороссийске (18 мм) и в Красной Поляне (17 мм). В следующий раз обильные осадки при ЭЦМ 12бл (рис. 3) выпали 17 августа в Геленджике (38 мм), в Новороссийске (44 мм) и в Сочи (41 мм). На следующий день при ЭЦМ 10б (рис. 12в) обильные осадки снова выпали в Новороссийске (12 мм) и в Сочи (14 мм). Обильные осадки (42 мм) выпали в Сочи 22 августа при ЭЦМ 12а. При том же ЭЦМ 24 августа в Геленджике выпало 15 мм, в Новороссийске 18 мм. 31 августа при ЭЦМ 9а (рис. 12а) в Сочи выпало 17 мм. Всего за месяц на большинстве станций выпало менее 100 мм, в Сочи 152 мм, в Туапсе 245 мм.

3 и 4 сентября при ЭЦМ 12а (рис. 3) в Красной Поляне выпало соответственно 13 и 17 мм. 9 сентября при ЭЦМ 13л (рис. 4) дожди прошли по всему побережью: в Анапе выпало 11 мм, в Геленджике 42 мм, в Красной Поляне 37 мм, в Сочи 39 мм, в Туапсе 30 мм. Произошли подвижки оползней. Осадки продолжились при том же ЭЦМ 11 и 12 сентября: в Геленджике 11 сентября выпало 26 мм, в Новороссийске 15 мм, в Туапсе 18 мм; 12 сентября в Туапсе выпало ещё 18 мм. При ЭЦМ 5а (рис. 18а) 24 сентября в Красной Поляне выпало 11 мм, в Сочи – 20 мм. При ЭЦМ 13з 29 и 30 сентября в Красной Поляне выпало соответственно 20 и 11 мм. Больше всего осадков за месяц выпало в Красной Поляне (117 мм).

В продолжение осадков конца сентября при том же ЭЦМ 13з 1 октября в Геленджике выпало 17 мм, в Новороссийске 18 мм, в Туапсе 81 мм. На следующий день при том же ЭЦМ в Красной Поляне выпало 58 мм, в Сочи 76 мм, в Туапсе 42 мм. По данным сайта МЧС Туапсе [23], в районе произошло подтопление пониженных участков местности, размыв дорог, подмыв опор мостов, обрывы ЛЭП, нарушения работы дренажно-коллекторных систем, выход из строя объектов жизнеобеспечения. 5 октября при ЭЦМ 7аз (рис. 21б) в Геленджике выпало 50 мм осадков, в Новороссийске – 26 мм. 12 октября с ЭЦМ 13з начался длительный период обильных осадков. В этот день в Анапе выпало 15 мм, в Красной Поляне 48 мм, в Сочи 16 мм. На следующий день при ЭЦМ 9б (рис. 12а) в Красной Поляне выпало 33 мм, в Сочи 12 мм, в Туапсе 10 мм. 14 октября при том же ЭЦМ в Анапе выпало 16 мм, в Красной Поляне 62 мм, в Сочи 80 мм, в Туапсе 40 мм. Осадки спровоцировали подъём уровня рек и подвижки оползней. 16 октября в Красной Поляне при ЭЦМ 12а выпало 27 мм, в Сочи 11 мм, в Туапсе 16 мм. На следующий день при том же ЭЦМ обильные осадки (19 мм) отмечались только в Краснодаре. В последующие 2 дня обильные осадки при ЭЦМ 8а (рис. 19а) прошли по всему побережью: 18 октября в Анапе выпало 10 мм, в Красной Поляне 22 мм, в Сочи и Туапсе по 25 мм; 19 октября в Геленджике выпало 14 мм, в Красной Поляне 40 мм, в Сочи 24 мм. 26 октября при ЭЦМ 11г (рис. 22а) в Сочи выпал 21 мм. Всего за месяц в Сочи выпало 270 мм осадков, в Красной Поляне 307 мм.

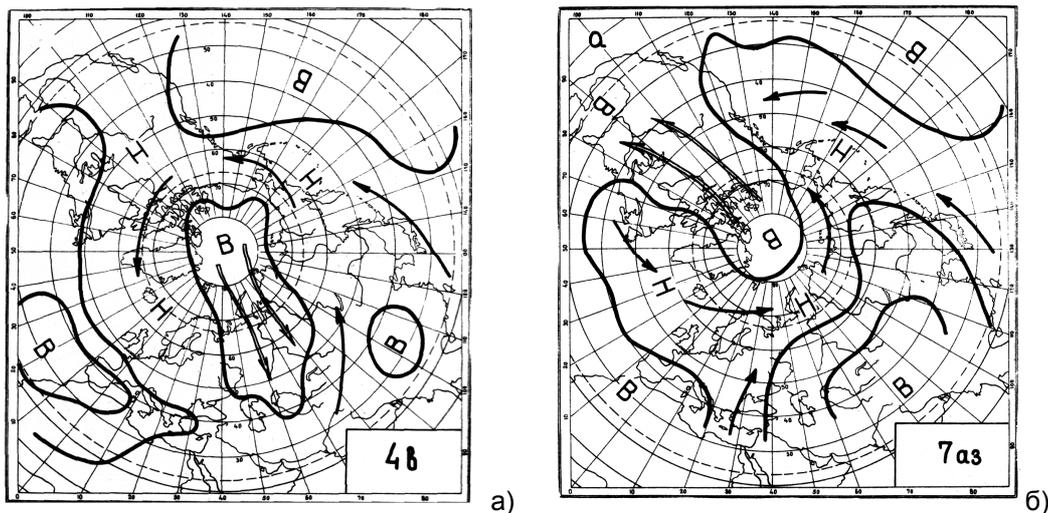


Рис. 21. Динамические схемы ЭЦМ 4в (а) и 7аз (б).

9 ноября при ЭЦМ 11г в Красной Поляне выпало 28 мм, в Сочи 32 мм. На следующий день при ЭЦМ 12а в Красной Поляне выпало 10 мм, в Сочи – 17 мм; 11 ноября при том же ЭЦМ в Красной Поляне выпало 12 мм, в Сочи – 11 мм. 16 ноября при ЭЦМ 12а в Туапсе выпало 11 мм; 17 ноября при том же ЭЦМ в Сочи выпало 11 мм. 28 ноября при ЭЦМ 8гз (рис. 17а) в Сочи выпало 21 мм, в Туапсе – 13 мм. На следующий день при том же ЭЦМ в Красной Поляне выпало 31 мм, в Сочи – 16 мм. 30 ноября при ЭЦМ 12г (рис. 17б) в Красной Поляне выпало 16 мм, в Сочи 10 мм. За месяц в Красной Поляне выпало 113 мм, в Сочи – 123 мм.

В декабре при сравнительно небольших месячных суммах осадков (наибольшая 89 мм в Сочи) число дней с обильными осадками составило 7. 2 декабря при ЭЦМ 11а (рис. 22б) 31 мм выпал в Туапсе. При ЭЦМ 13з 8-9 декабря в Сочи выпало соответственно 18 и 27 мм. При ЭЦМ 12бз (рис. 3) 18 декабря в Новороссийске выпало 16 мм. При ЭЦМ 11а 21 декабря в Красной Поляне выпало 36 мм. При ЭЦМ 12вз (рис. 12) 24 декабря в Красной Поляне выпало 20 мм, в Сочи 24 мм, в Туапсе 10 мм. При ЭЦМ 8а (рис. 19а) 28 декабря в Туапсе выпало 20 мм осадков.

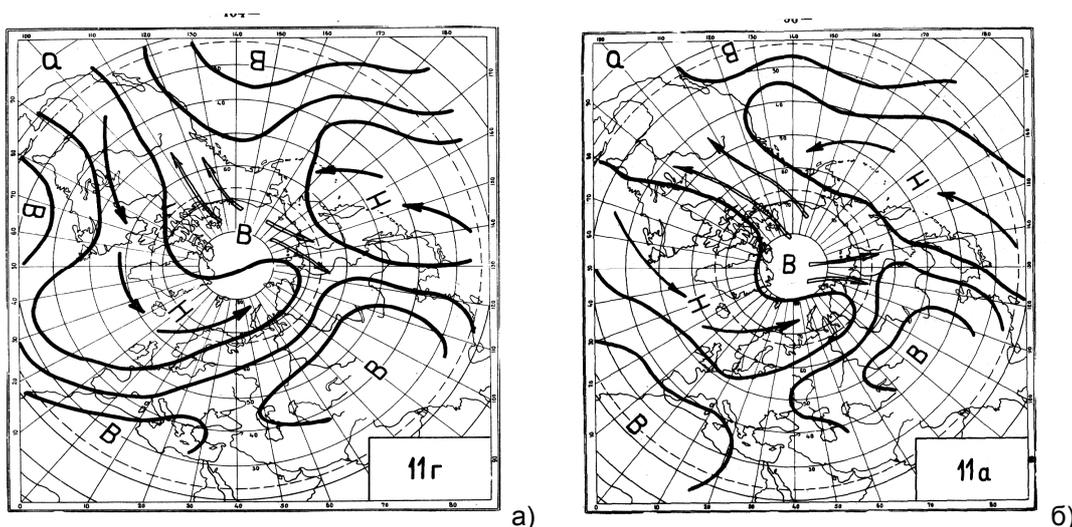


Рис. 22. Динамические схемы ЭЦМ 11г (а) и 11а (б).

Таким образом, то, что произошло в начале июля 2012 г., не было исключительным событием, которого жители этого региона никогда не переживали, и произошло всё при достаточно часто повторяющихся атмосферных процессах, которые уже проявили себя как чреватые катастрофическими последствиями в Туапсинском районе 14-15 июня 2009

г. Развитие же ситуации происходило при атмосферных процессах, типичных для формирования наводнений, селевых паводков, селей и оползней в этом районе. Суммарная продолжительность групп циркуляции в дни с экстремальными осадками в XXI веке представлена в табл. 6.

Таблица 6.

Суммарная продолжительность (в днях) групп циркуляции для Европейского сектора в дни с экстремальными осадками на Северном Кавказе за 2002-2012 гг.

Группа циркуляции	Дни
Долготная северная в сочетании с долготной южной	20
Широтная западная в сочетании с долготной южной	26
Долготная южная	4
Долготная южная в сочетании со стационарным положением	9
долготная северная в сочетании с широтной западной	6
Широтная западная в сочетании со стационарным положением	2
Широтная западная	3
Всего	70

Повторяемость типов циркуляции, вызывающих опасные природные процессы в районе Большого Сочи

В связи с особым вниманием, которое уделяется в настоящее время району Большого Сочи, был проведен анализ всех известных случаев обильных осадков (более 10 мм в сутки) на Черноморском побережье по данным метеостанций Новороссийск, Геленджик, Туапсе, Красная Поляна, Сочи и связанных с ними подвижек оползней и схода селей в этом районе с 1998 г. по октябрь 2012 г. Анализ позволил выявить повторяемость циркуляционных процессов, ответственных за опасность в этом регионе (табл. 7). ЭЦМ в таблице расположены в порядке убывания их повторяемости.

Всего в тёплом периоде выявлено 157 дней с обильными осадками. Оказалось, что в среднем в XXI веке почти в четверти случаев (24,2%), несмотря на убывание общей продолжительности этого типа, опасные процессы связаны с ЭЦМ 13л (см. рис. 4). На втором месте по опасности (17,2%) стоит ЭЦМ 9а (см. рис. 12), на третьем (13,4%) – ЭЦМ 12а (см. рис. 3), на четвёртом – ЭЦМ 12вл (7,6 %), на пятом – ЭЦМ 3 (6,4 %), на шестом – ЭЦМ 8а (5,7 %). Вклад каждого из остальных ЭЦМ менее 5%.

Заметим, что повторяемость ЭЦМ, вызывающих обильные осадки, в XXI веке, отличается от той, какая была в последние десятилетия XX века. Тогда в первой тройке были ЭЦМ, при которых южные циклоны свободно проходили на ЕТР: 13л (антициклон над Европейской Россией занимал при нём небольшую площадь), 12а и 12вл. Теперь антициклон при ЭЦМ 13л зачастую занимает почти всю Европейскую Россию, при ЭЦМ 9а, оказавшемся на втором месте, над югом Европейской России также формируется антициклон. При ЭЦМ 12а южные циклоны и пришедшие с севера антициклоны находятся на Северном Кавказе поблизости, что способствует обострению фронтов и увеличению количества осадков.

В холодном периоде выявлено всего 42 дня с обильными осадками, повлекшими за собой оползни. Почти четверть этой суммы дней (23,8 %) приходится на ЭЦМ 13з (см. рис. 4), при котором западный отрог сибирского антициклона распространяется на юг Европейской России и задерживает средиземноморские циклоны на Северном Кавказе. При ЭЦМ 8гз (16,7 %) арктический антициклон распространяется на юг Европейской территории России (ЕТР) через Западную Сибирь и также задерживает южные циклоны на Северном Кавказе. Повторяемость ЭЦМ 11а и 12а одинакова: 9,5 %. При ЭЦМ 11а ситуация аналогична таковой при ЭЦМ 13з.

Как видим, в любое время года основным фактором обильных осадков на Черноморском побережье служит выход средиземноморского циклона. Если этому циклону преграждает путь антициклон над югом ЕТР, осадки усиливаются и провоцируют развитие опасных природных процессов.

Таблица 7

Повторяемость ЭЦМ, провоцирующих выпадение обильных осадков и активизацию опасных природных процессов в районе Большого Сочи в XXI веке в тёплом и холодном периодах года

ЭЦМ	Число дней	%
Тёплый период (апрель-октябрь)		
13л	38	24,2
9а	27	17,2
12а	21	13,4
12вл	12	7,6
3	10	6,4
8а	9	5,7
10б	7	4,4
12бл	6	3,8
7ал	6	3,8
6	5	3,2
4б	4	2,5
13з	4	2,5
12г	3	1,9
8бл	3	1,9
8вл	2	1,3
9б	2	1,3
12вз	2	1,3
8гл	1	0,6
4в	1	0,6
2а	1	0,6
7аз	1	0,6
5а	1	0,6
11г	1	0,6
Всего	157	
Холодный период (ноябрь-март)		
13з	10	23,8
8гз	7	16,7
12а	4	9,5
11а	4	9,5
12бз	3	7,1
8а	3	7,1
8вз	3	7,1
12г	2	4,8
12вз	2	4,8
5а	2	4,8
11б	1	2,4
11г	1	2,4
Всего	42	

Опасные природные процессы, связанные с обильными осадками, в 2012 году

В районе Большого Сочи 2012 г. отметился обильными осадками с самого начала января. 1 января при ЭЦМ 13з в Красной Поляне выпало 15 мм, в Сочи – 17 мм осадков. Как видно на динамической схеме (рис. 4), западный отрог сибирского антициклона при этом ЭЦМ распространяется на всю Европейскую Россию. Средиземноморские циклоны, выходя на Черноморское побережье Кавказа, упираются в область высокого давления и выливаются обильными осадками на побережье. 9 января при том же ЭЦМ обильные осадки прошли по всему побережью: в Красной Поляне выпало 32 мм, в Сочи – 22 мм, на остальных станциях от 10 до 23 мм.

Следующий период обильных осадков отмечался 14-18 января при ЭЦМ 11а (рис. 22б) и 12бз (рис. 3). При ЭЦМ 11а ситуация на Черноморском побережье аналогична ситуации при ЭЦМ 13з. При ЭЦМ 12бз Черноморское побережье находится на границе циклонической и антициклонической областей, и выпадение обильных осадков зависит от

положения этой границы в каждом конкретном случае. В рассматриваемый период в Красной Поляне выпадало от 12 до 39 мм в сутки, в Сочи – от 10 до 20 мм.

23 января при ЭЦМ 8вз (рис. 18б) в Красной Поляне и в Сочи за сутки выпало по 19 мм на протянувшихся к югу фронтах атлантических циклонов. В результате к концу месяца склоны в районе Сочи оказались переувлажнены. Создались благоприятные условия для развития физического выветривания, которое обуславливает глубокие изменения физико-механических, прочностных свойств пород в приповерхностной зоне. Вместе с бесконтрольным техногенным воздействием это привело к активизации оползней 26-31 января в селе Барановка Хостинского района. К тому же 31 января при том же ЭЦМ 8вз в Сочи выпало 40 мм, а в Красной Поляне 21 мм осадков за сутки, что способствовало усилению активизации оползней.

В весенние месяцы продолжалось выпадение обильных осадков. В марте и в апреле на территории Большого Сочи, вследствие переувлажнения грунтов, активизировались многие мелкие оползни. 19 апреля при ЭЦМ 9а (рис. 12б) мощные оползни произошли в двух районах Сочи: возле Красной Поляны и у поселка Кудепста. В Красной Поляне отмечался также сход селя. Перед этим обильные осадки при ЭЦМ 7ал (рис. 20б) и 9а выпали 11 и 12 апреля: в Красной Поляне выпало 12 и 11 мм за сутки, в Сочи – 14 и 18 мм. Как видно на рис. 20б, при ЭЦМ 7ал средиземноморские циклоны, выходя на Северный Кавказ, встречают преграду в виде полосы высокого давления, что способствует выпадению обильных осадков.

В конце апреля при ЭЦМ 12бл (рис. 3) в Сочи выпало 14 мм осадков за сутки. 2 мая на горе Моисей у села Барановка снова активизировался оползень. Длина оползневого потока – 1,2 километра, ширина – около 500 метров, высота языковой части оползня – 10 - 15 метров, скорость движения достигала 2 м в сутки. Оползень сносил на своем пути деревья диаметром до полутора метров, дома, постройки, пробираясь по территории садоводческого товарищества, краевых земель и особо охраняемых природных территорий Сочинского национального парка [12].

6-7 июля 2012 г. на юге Краснодарского края произошло катастрофическое наводнение, в результате которого пострадали города Новороссийск, Геленджик и особенно Крымск. Погибло по последним данным 168 человек, 17 числятся пропавшими без вести, более 30000 человек пострадали. Синоптическая ситуация с 1 июля соответствовала характерной летней ситуации последних лет. 1 июля над востоком Европейской России при ЭЦМ 4б (рис. 2) сформировался блокирующий процесс, соединивший полосой высокого давления арктический антициклон с азорским. С северо-запада на Европейскую Россию вышел огромный циклон. Его фронты протянулись на юг. 1-2 июля Северный Кавказ оказался рядом с центром антициклона. В это время на Черноморское побережье вышел средиземноморский циклон. Встретив преграду в виде полосы высокого давления, воздушные массы поднялись по склонам гор, что способствовало увеличению количества осадков. Дожди по всему побережью от Анапы до Джубги начались 3 июля. 4 июля к этому циклону с юга подошёл ещё циклон, который влился в предыдущий. Осадки усилились до категории сильных. В четверг, 5 июля, при ЭЦМ 9а (см. рис. 12б), который длился по 8 июля, на город Горячий Ключ вылилось 126 мм осадков. 6 июля в первой половине дня (с 7 утра до 13 часов) в Геленджике выпало 94,4 мм осадков, лило весь день - к 19 часам выпало уже 253 мм осадков, т. е. за половину суток в пять раз больше среднемесячной нормы и треть годовой нормы. В Новороссийске тоже прошел сильный ливень (87,6 мм). На всем участке Черноморского побережья от Анапы до Джубги дождь продолжался и вечером в пятницу, и всю ночь на субботу. В Крымске, который сильнее всего пострадал от наводнения, 6 июля с 20.30 до 23 часов выпало 65 мм осадков. К 10 часам утра 7 июля на Геленджик вылился еще 51 мм осадков (в итоге за сутки получилось больше 300 мм), на Новороссийск – 187 мм, на Крымск – 156 мм (это тоже вдобавок к осадкам 6 июля, т. е. всего 221 мм). Получается, что больше всего осадков получил Геленджик, на одну из улиц Геленджика сошёл грязевый поток, а пострадал сильнее всего Крымск. Основная причина безусловно в бессистемной застройке.

Крупные паводки, которые практически всегда связаны с выпадением интенсивных ливней, являются условием зарождения селей на Черноморском побережье Краснодарского края. При больших уклонах русел водотоков, имеющих небольшую длину, все крупные паводки становятся селевыми. Твердая составляющая таких паводков

поставляется со склонов, где скапливаются продукты выветривания широко распространенных на Черноморском побережье глинистых сланцев, песчаников, мергелей и других пород юрского, мелового и палеогенового возраста. В ночь на 7 июля селеподобные паводки одновременно сформировались по всем мелким водотокам, которые, как в чашу, сливались в реку Адагум, переполняя её [12]. Высота паводковой волны превышала 7 м.

Если посмотреть на план Крымска, видно, что застройка начинается прямо у уреза воды реки Адагум, хотя существует водный кодекс, по которому строиться ближе 300 м от воды нельзя. В других странах в таких зонах расположены парки, у нас же это правило не работает. В результате город, построенный в пойме горной реки, оказался почти полностью затопленным. В двух наиболее низких районах оказалось больше всего погибших.

Немаловажную роль в разыгравшейся трагедии сыграло то, что многие дома были построены из саманного кирпича. Во время наводнения они превратились в кучу глины и погребли под собой людей.

Известно, что Крымск делится на старый и новый город. Старый строился давно на возвышенности. Он не пострадал. Новый же строился в основном в 90-е годы XX века без учёта рельефа местности, близости к реке и без соблюдения элементарных норм безопасности. На конференции МЧС, проходившей под Москвой в октябре 2012 г., отмечалось даже, что некоторые хозяева, прожившие в низинной части Крымска несколько лет и понявшие, что живут в опасном месте, продали свои дома ничего не подозревавшим покупателям, а городские власти зарегистрировали такие сделки.

Во многих странах существует обязательное страхование имущества. Чем опаснее район, тем выше страховой взнос. В случае Крымска этот взнос должен был бы быть так высок, что никому не захотелось бы селиться в низине около горной реки.

Сильные ливни, шквал, град, паводки на реках, подъем уровня воды до неблагоприятных и опасных отметок - все это было в прогнозах и штормовых предупреждениях Северо-Кавказского управления Росгидромета. Штормовое предупреждение об очень сильном дожде было выпущено с заблаговременностью 33 часа: передано 5 июля в 09.01 ч, доведено организациям в Краснодарском крае в 11.20-11.30 ч. (утром, а не вечером). Почти через сутки после этого было выпущено ещё штормовое предупреждение: «В связи с прошедшими и ожидаемыми очень сильными дождями в ближайшие 1-2 ч с сохранением до конца суток 6 июля и в течение 7 июля на реках и водотоках Черноморского побережья Краснодарского края на участке Анапа-Джубга ожидаются подъемы уровня воды, местами с достижением опасных отметок». Передано 6 июля в 07.02 ч, доведено организациям в 10.15-10.39 ч. (тоже утром). Однако, как было сказано уже давно, нужны не только хорошие прогнозы, но и грамотные потребители.

Через месяц после наводнения на Кубани произошло сильнейшее наводнение в Карелии [24]. Причина та же: над ЕТР стоял антициклон, который преграждал дорогу атлантическому циклону. Циклон задержался. В результате в Карелии прошли очень сильные дожди: в Сегеже за сутки выпало 88 мм осадков, больше месячной нормы. Пострадали также Петрозаводск и Беломорск. Есть сведения о разрушениях и подтоплении жилых домов, но нет погибших. Известно, что оперативные службы провели эвакуацию населения. Значит, можно правильно и своевременно использовать метеорологическую информацию.

Известно, что в России 70% территории подвержено угрозе наводнений [Природные опасности, 2002]. Паводковые зоны изучены, самые опасные места отмечены на карте, но этими сведениями мало кто пользуется, хотя количество наводнений растёт: в 1990 г. их было по России 14, в 2000 г. – 35, в 2010 г. – 57. В 2012 г. уже затоплено 50 городов и посёлков. Основная причина – изменение характера циркуляции атмосферы, о чём говорилось выше.

Следующее катастрофическое событие произошло в ночь на 22 августа в районе Туапсе. При ЭЦМ 13л (рис. 4) 21 августа над всей территорией Европейской России господствовал мощный антициклон. Холодный фронт глубокого атлантического циклона, проходившего в это время по северу ЕТР, достиг Черноморского побережья и отметился сильными дождями. В Новороссийске выпало 20 мм осадков, в Сочи – 27 мм. Очень сильные дожди прошли в районе Туапсе, в ночь на 21 августа выпало 75 мм, что

составляет почти 70% от месячной нормы осадков. На участке Туапсе - Лазаревское выпало до 82-121 мм, что близко к месячной норме (102-120 мм). Дожди сопровождались порывами ветра до 12-18 м/с, местами грозами. Дожди прошли в зоне контрастного атмосферного фронта глубокого циклона, вслед за которым в регион распространялся более прохладный воздух. Обострению атмосферного фронта способствовал дополнительный контраст температуры и характеристик влажности (море-суша) и горный рельеф, что привело к усилению осадков в прибрежной зоне. На такие дожди сразу отреагировали горные речки, местами уровень воды превышал опасный предел. В ночь на 22 августа реки Нечепсухо и её приток Псебе вышли из берегов и высокой стеной ворвались в Новомихайловский, затопляя все примыкающие к ним улицы. Уровень воды поднялся на 2,1 – 2,5 метра. Сообщается о четырёх погибших.

3 и 4 сентября в Красной Поляне при ЭЦМ 13л выпало за сутки соответственно 13 и 17 мм. Осадки выпали на холодном фронте глубокого атлантического циклона с центром в районе Скандинавии. 9 сентября ливневые осадки 37 мм за сутки в Красной Поляне и 39 мм в Сочи выпали при ЭЦМ 12бл на фронтах средиземноморского циклона, вышедшего на Украину. 24 сентября при ЭЦМ 13л выпало 11 мм осадков в Красной Поляне и 20 мм в Сочи. Осадки спровоцировали подвижку оползней.

В ночь с 9 на 10 октября при ЭЦМ 12а в результате сильного ливня в Дербенте в течение трёх часов выпало 54,8 мм осадков - более месячной нормы. В городе и расположенном поблизости селении Сабнова произошло подтопление приусадебных участков и подвальных помещений 320 частных жилых домов. 8 улиц Дербента были завалены грязью, принесённой селевыми потоками. Погибли 6 человек.

На Черноморском побережье в октябре 2012 г. отмечалось 7 дней с осадками больше 10 мм за сутки. 4 октября при ЭЦМ 12бз 14 мм выпало в Новороссийске, 5 октября при ЭЦМ 5а выпало 13 мм в Анапе, 14 мм в Новороссийске и 36 мм в Туапсе. 8 октября при ЭЦМ 12г 20 мм выпало в Красной Поляне, 9 октября при ЭЦМ 12а там же выпало 11 мм. 11 октября при ЭЦМ 12а в Красной Поляне выпало 32 мм, в Краснодаре 22 мм, в Сочи 34 мм, в Туапсе 19 мм. 19 октября при ЭЦМ 11а в Туапсе выпало 15 мм, на следующий день при том же ЭЦМ в Сочи выпало 12 мм. Всего за месяц в Сочи выпало 98,5 мм, в Красной Поляне 87 мм, в Туапсе 79 мм, в Новороссийске 45 мм, на остальных станциях от 14 до 30 мм.

В ноябре на Черноморском побережье было 6 дней с осадками больше 10 мм, зато все они были ливневыми и спровоцировали подвижки оползней. 3 ноября при ЭЦМ 12а в Красной Поляне выпало 17 мм, в Сочи 18 мм, в Туапсе 10 мм, на Кордоне Лаура 12 мм. 6 ноября при том же ЭЦМ в Геленджике выпало 17 мм, в Краснодаре 14 мм, в Туапсе 31 мм. 7 ноября при том же ЭЦМ в Красной Поляне выпало 58 мм, в Краснодаре 12 мм, в Сочи 68 мм, в Туапсе 30 мм, на Кордоне Лаура 73 мм. 9 ноября при том же ЭЦМ в Красной Поляне выпало 17 мм, в Сочи 20 мм, в Анапе 11 мм, на Кордоне Лаура 14 мм. 10 ноября при том же ЭЦМ в Красной Поляне выпало 10 мм, в Сочи 53 мм, в Туапсе 14 мм. В эти дни осадки выпадали на малоподвижном холодном фронте циклона с центром в Прибалтике. Ливни спровоцировали подъём уровня воды в горных реках и сход селевых потоков. 25 ноября при ЭЦМ 13з в Сочи выпало 23 мм. Всего за месяц выпало в Сочи 188,5 мм, на Кордоне Лаура 115 мм, в Красной Поляне 111,5 мм, в Туапсе 92 мм, на остальных станциях меньше 30 мм.

В декабре отмечалось 13 дней с осадками. С 3 по 8 декабря осадки выпадали в виде ливней при ЭЦМ 12а на фронтах циклона, сформировавшегося на Черноморском побережье. 3 декабря в Геленджике выпало 11 мм, в Красной Поляне 45 мм, в Сочи 27, в Туапсе 29 мм. На следующий день в Красной Поляне выпало 14 мм. 5 декабря в Сочи выпало 14 мм. 6 декабря в Красной Поляне выпало 20 мм, в Сочи 12 мм, в Туапсе 16 мм, в Джубге 21 мм. От Геленджика до Адлера прогремели грозы. 7 декабря осадки по всему побережью выпадали на фронте, соединившем украинский циклон с турецким. В Анапе выпало 24 мм, в Геленджике 27 мм, в Краснодаре 17 мм, в Новороссийске 23 мм, в Туапсе 20 мм. 8 декабря в Красной Поляне выпало 17 мм. Следующий период с обильными осадками был при ЭЦМ 13з с 11 по 13 декабря. 11 декабря в Геленджике выпало 19 мм, в Краснодаре и Новороссийске по 10 мм, в Туапсе 29 мм. 12 декабря в Анапе выпало 11 мм. 13 декабря в Геленджике выпало 12 мм, в Красной Поляне 18 мм, в Новороссийске 13 мм, в Сочи 18 мм, в Туапсе 10 мм. В этот день обильные осадки отмечались также по всему побережью. 13 декабря Третий период с обильными осадками

отмечался с 21 по 23 декабря при ЭЦМ 12г. 21 декабря 19 мм выпало в Красной Поляне и 12 – на станции Аибга. 22 декабря 13 мм выпало в Красной Поляне и 10 мм в Сочи, 23 декабря 20 мм выпало в Красной Поляне и 13 мм на станции Аибга. 29 декабря при ЭЦМ 11 г 20 мм выпало в Красной Поляне. Всего за месяц в Красной Поляне выпало 200 мм, в Туапсе 129 мм, в Сочи 117 мм, в Геленджике и Новороссийске по 85 мм, в Анапе 71 мм, в Аибге 70 мм, в Краснодаре 63 мм.

В большинстве случаев выпадения обильных осадков выходу средиземноморского циклона на ЕТР препятствовала область повышенного давления, в результате чего циклон задерживался на Черноморском побережье, а на его фронтах в результате соседства разных по температуре воздушных масс и границы суша – море – горы выпадали обильные осадки.

Январь 2013 г. также начался с интенсивных осадков. 5 января на фронтах южного циклона при ЭЦМ 12бз на метеостанции Горный выпало 49 мм. Сильные дожди прошли также в Туапсе (до 43 мм), Сочи (до 32) и Адлере (до 28 мм), а районе Красной Поляны количество осадков за сутки составило 26 мм. 8 января при ЭЦМ 12г сильные снегопады в горах привели к сходу лавин. На Транскаме местами была перекрыта автомобильная дорога. 11 января при ЭЦМ 11а с приходом циклона со Средиземноморья на Северном Кавказе прошли осадки во всех стадиях: в виде снега, мокрого снега и дождя. В горах Дагестана и Карачаево-Черкесии осадки были сильными. Имело место налипание мокрого снега и гололёд. В тёплом секторе циклона тепло проникло и в горы Северного Кавказа, что увеличило вероятность схода снежных лавин. 13 января при том же ЭЦМ на Черноморское побережье Северного Кавказа вышел очередной южный циклон. В зоне атмосферного фронта в Новороссийске выпало до 19 мм осадков в Сочи 31 мм, в Адлере 28 мм. Больше всего осадков (42 мм) в виде снега выпало в Красной Поляне. Там снежный покров увеличился на 8 см и составил 28 см. При температуре воздуха около 0° С в горах образовалось сильное налипание мокрого снега. 20 января при ЭЦМ 12вз под влиянием южного циклона в Сочи прошли сильные дожди, а в горах Адыгеи мокрый снег. В горах Карачаево-Черкесии, Кабардино-Балкарии, Северной Осетии и Дагестана, а также в горах в районе Сочи выше 1500 м 20-21 января сохранялась высокая лавинная опасность, а 23 января в Красной Поляне прошёл сильный ливень. За сутки выпало 29 мм, это почти 20% месячной нормы. 28 января на холодном фронте южного циклона в Адыгее и Карачаево-Черкесии прошёл сильный снег. В последние дни января, в связи с активизацией циклонической деятельности в Средиземноморье, в передней части мощной ложбины, которая простиралась от Кольского полуострова до Сицилии, на юг ЕТР с южными мощными потоками по всей толще тропосферы поступал очень тёплый воздух с севера Африки. Крайне неустойчивая зимняя погода требует учёта её особенностей при подготовке к проведению зимней олимпиады в Сочи.

Заключение

Циркуляция атмосферы Северного полушария с 1998 г. заметно изменилась: преобладание южных циклонов сменилось ростом суммарной годовой продолжительности, а теперь уже и преобладанием блокирующих процессов. Это выражается в повышенной продолжительности устойчивых антициклонов на континентах зимой и летом.

Изменение характера циркуляции отразилось на преобладающей погоде. На смену мягким зимам последнего 20-летия прошлого века с длительными оттепелями пришли зимы с продолжительными периодами сильных морозов, иногда наступающих до выпадения снега, как в начале зимы 2012/13 гг. в Черноземье. Прохладные летние сезоны сменились летними засухами и природными пожарами. Такое изменение отражается не столько в потеплении или похолодании (среднегодовая температура воздуха в разных местах изменяется по-разному), сколько в увеличении континентальности климата, росте годовой амплитуды температуры воздуха и дефицита осадков, а это отрицательно сказывается как на сельском хозяйстве, так и на здоровье людей и состоянии промышленных объектов.

Формирование устойчивых антициклонов над континентами чревато сильными наводнениями на их окраинах, где скапливаются циклоны, не имеющие возможности

пройти вглубь континента. Такие наводнения летом и в конце 2012 г. отмечались в Англии и на северо-западе России, в странах Средиземноморья и на Кавказе.

Синоптическая ситуация, сложившаяся в 2012 г. на Черноморском побережье и на остальном Северном Кавказе, не была уникальной. Более того, она была характерной для последних лет (2002, 2009, 2010, 2011 гг.) и всегда приводила к повышению уровня рек, паводкам, активизации оползней и селей. Современный характер циркуляции атмосферы способствует увеличению вероятности и интенсивности таких событий.

Основной причиной трагедии на Черноморском побережье летом 2012 г. явилось заселение потенциально опасных территорий. Именно эту причину надо устранять в первую очередь, чтобы избежать подобной трагедии в будущем.

Одной из причин гибели людей при наводнениях является пренебрежительное отношение к состоянию рек и неправильное строительство сооружений в зоне разлива рек.

Пока не решена проблема выселения людей из опасных мест, необходимо наладить эффективное и своевременное оповещение населения об опасности и разработать план экстренной эвакуации.

Литература

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Южном федеральном округе РФ / [коллектив. моногр.] / Под общ. ред. С.К. Шойгу.
2. Берг Л.С. Уровень Каспийского моря и условия плавания в Арктике. / Л.С. Берг // Климат и жизнь. – М. : ОГИЗ – 1947 – С. 90-95.
3. Воробьев Ю.Л. Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы. / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов М. : ООО «ДЭКС-ПРЕСС – 2003 – 352 с.
4. Дзердзеевский Б.Л. Проблема колебаний общей циркуляции атмосферы и климата. / Б.Л. Дзердзеевский // А.И. Воейков и современные проблемы климатологии – Л. : Гидрометеиздат – 1956 – С. 109-122
5. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии. / Б.Л. Дзердзеевский // Материалы метеорологических исследований. Циркуляция атмосферы. – М. : ИГ АН СССР и Междувед. Геофиз. Комитет при Президиуме АН СССР. – 1968 – 240 с
6. Дзердзеевский Б.Л. Сопоставление характеристик атмосферной циркуляции над северным полушарием и его секторами. / Б.Л. Дзердзеевский // Материалы метеорологических исследований. Циркуляция атмосферы. – М. : Междувед. Геофиз. Комитет при Президиуме АН СССР. – 1970 – с. 7-14.
7. Дзердзеевский Б.Л. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов. / Б.Л. Дзердзеевский, В.М. Курганская, З.М. Витвицкая // Синоптическая метеорология – М. : Тр. н.-и. учреждений Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Центральный институт прогнозов. М., Л., Гидрометиздат. – Сер. 2 – Вып. 21. – 1946 – 80 с.
8. Добровольский С.Г. Наводнения мира. / С.Г. Добровольский, М.Н. Истомина – М: ГЕОС – 2006 – 260 с.
9. Кадастр лавинно-селевой опасности Северного Кавказа / Под ред. акад. М.Ч. Залиханова. – СПб. : Гидрометеиздат. – 2001 – 112 с.
10. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому [отв. ред. А.Б. Шмакин; Российская акад. наук, Ин-т географии.] – М. : Воентехиниздат. – 2009 – 372 с.
11. Мазур, И.И. Опасные природные процессы. / И.И. Мазур , О.П. Иванов – М. : Экономика – 2004 – 702 с.
12. Мальнева И.В. Анализ условий развития оползневых и селевых процессов на Черноморском побережье Краснодарского края в 2012 году / И.В. Мальнева, Н.К. Кононова, Б.М. Крестин. // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. XII научно-практическая конференция. 17-18 октября 2012 г. Сборник материалов. – Центр «Антистихия». – 2012 – С. 86-87.
13. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (в двух томах). – Росгидромет – 2008.

14. Природные опасности России (в шести томах) / Под общ. ред. С.К. Шойгу – МКРУК. – 2002.
15. Черенкова Е.А. Связь опасных атмосферных засух в Европейской России в XX веке с макроциркуляционными процессами. / Е.А Черенкова, Н.К Кононова. // Известия РАН. – серия геогр. – № 1, – 2009 –С.73-82.
16. Черенкова Е.А. Анализ опасных атмосферных засух 1972 и 2010 гг. и макроциркуляционных условий их формирования на территории европейской части России / Е.А Черенкова, Н.К. Кононова. // Труды ГГО. – Выпуск 565. – 2012 – С. 165-187.
17. Изменение климата России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.climatechange.su>
18. ВНИИГМИ-МЦД – Специализированные массивы для климатических исследований [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://meteo.ru/climate/sp_clim.php;
19. ВНИИГМИ_МЦД – Чрезвычайные ситуации в России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://meteo.ru/climate/chs.php>
20. Гидрометцентр России. О погоде из первых рук. [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.meteoinfo.ru
21. Кононова Н.К. Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI века [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.atmospheric-circulation.ru
22. МЧС России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru>
23. МЧС Туапсе [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.tuapse.com/news/8923.html>
24. Новости погоды [Электронный ресурс] – Режим доступа: (<http://www.meteonovosti.ru/>)
25. Синоптические карты Северного полушария за 2012 г. (Германия) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.wetterzentrale.de/pics/Rhjma001.gif>
26. Climatic Research Unit: Data [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 11-05-00573).

Анотація. Н.К. Кононова Циркуляція атмосфери як фактор стихійних лих на Північному Кавказі в XXI столітті. Розглянуті коливання циркуляції атмосфери Північної півкулі і в Європейському секторі за 1899-2011 рр. Показані особливості циркуляції атмосфери в XXI столітті і проаналізована повторюваність екстремальних опадів і викликаних ними небезпечних природних процесів та стихійних лих на Північному Кавказі в XXI столітті при різному характері циркуляційних процесів. На цьому тлі розглянуті синоптичні умови формування екстремальних опадів і повеней, зсувів, селів у 2012 р. на Чорноморському узбережжі Кавказу та в Дагестані. Показано, що збільшення повторюваності поєднання антициклонічного характеру погоди на Європейській Росії з виходом середземноморських циклонів на Північний Кавказ веде до збільшення повторюваності екстремальних опадів та пов'язаних з ними небезпечних природних процесів у цьому регіоні.

Ключові слова: циркуляція атмосфери, коливання клімату, Північний Кавказ, стихійні лиха, XXI століття

Abstract. N.K. Kononova *Atmospheric circulation as a factor natural disasters in northern caucasus in XXI century.* The fluctuations of atmospheric circulation in the Northern Hemisphere and in the European sector for the years 1899-2011 were describe. The features of the atmospheric circulation in the XXI century and analyzed the frequency of extreme precipitation and the resulting natural hazards in the North Caucasus in the XXI century with the different character of atmospheric processes shows. Against this background, consider the synoptic conditions for the formation of extreme precipitation and flooding in 2012 at the Black Sea coast of the Caucasus and Dagestan. It is shown that the combination of the increased frequency of anticyclonic weather patterns in the European part of Russia with a yield of Mediterranean cyclones in the North Caucasus is to increase the frequency of extreme precipitation and related natural hazards in the region.

Keywords: atmospheric circulation, climate variability, the North Caucasus, natural disasters, XXI century

Поступила в редакцію 01.12.2012.