



УДК 551.515.8 (571.50)

Барические образования и атмосферные фронты на территории Иркутской области в 2000–2013 гг.

К. А. Лощенко (christ.1526@mail.ru)

Аннотация. Рассмотрены пространственно-временные особенности смещения циклонов, антициклонов и атмосферных фронтов по территории Иркутской области в 2000–2013 гг. Особое внимание уделяется исследованию влияния рельефа на процессы усиления (фронтотенеза) и ослабления (фронтотиза) атмосферных фронтов.

Ключевые слова: атмосферная циркуляция, циклоны, антициклоны, атмосферные фронты.

Введение

В атмосфере постоянно происходит обмен энергией (кинетической и доступной потенциальной), который осуществляется как в результате неравномерной адвекции (нелинейного взаимодействия полей ветра и температуры), так и в результате других не менее важных процессов. Если в какой-либо области или слое возникают достаточно большие контрасты температуры (и значит, доступной потенциальной энергии) или скорости ветра (и значит, кинетической энергии), то появляется возможность роста малых возмущений, которые принимают вид волн и вихрей [10].

В качестве источника малых атмосферных возмущений могут рассматриваться атмосферные фронты, конвективная облачность, циклоны, ураганы и струйные течения, где ввиду нестационарности потока происходит приспособление поля давления к полю ветра. Возмущения могут быть вынужденными, когда они сохраняют связь с породившим их источником, или свободными, когда они зависят только от свойств воздушного потока, в котором находятся.

Свободные возмущения, которые способны расти в данном воздушном потоке, черпая энергию из имеющихся в нем запасов, называются неустойчивыми. В этом случае сам поток (именуемый фоновым либо основным) называется неустойчивым, если он в состоянии обеспечить рост каких-либо возмущений. Энергия, которая может быть использована для роста возмущений, называется энергией неустойчивости, а процесс ее реализации (процесс развития возмущений) называется процессом разрешения неустойчивости.

Неустойчивость атмосферных движений приводит к качественным изменениям структуры воздушного потока, а именно к развитию обширных центров высокого и низкого давления, систем планетарных волн, циклонии-

ческих вихрей синоптического масштаба, конвективных облачных полос и полос интенсивных осадков, грозových и градовых очагов, линий шквалов, турбулентных слоев и пятен в свободной атмосфере. Все эти явления необходимо своевременно прогнозировать, а качество прогноза, как известно, определяется уровнем изученности закономерностей возникновения и эволюции прогнозируемых процессов [3].

Постановка задачи и методы исследования

Одним из проявлений гидродинамической неустойчивости атмосферы являются циклоны и атмосферные фронты, которые характеризуются большими горизонтальными градиентами температуры, сильными ветрами и специфическими системами вертикальных движений и облачности.

Долгое время в синоптической метеорологии доминировала концептуальная модель волнового циклогенеза и фронтогенеза, включающая понятия теплового, холодного фронтов и фронта окклюзии. Эта модель была предложена Бергенской школой синоптической метеорологии в 20-х гг. XX в. и базировалась на фронтальной природе атмосферных возмущений в умеренных и высоких широтах [13]. В настоящее время с применением спутниковых и радиолокационных наблюдений удалось обнаружить новые детали в крупномасштабной и мезомасштабной структурах циклонических возмущений [10].

Важнейшим этапом обработки метеорологической информации синоптиком-прогнозистом является фронтологический анализ карт погоды, который в большинстве случаев осуществляется качественно, несмотря на наличие в распоряжении синоптика большого числа прогностической, радиолокационной и спутниковой информации.

При анализе синоптических карт и прогнозе погоды атмосферные фронты проводятся на основе их определения как границы раздела разнородных по температуре и влажности воздушных масс, анализа характера полей давления и ветра, барических тенденций, облачности и атмосферных осадков, истории развития процесса от одного срока метеонаблюдений до другого. В качестве количественных характеристик атмосферных фронтов чаще всего используются следующие предикторы: адвекция температуры на АТ-850 гПа; поворот ветра у поверхности Земли и на высотах; горизонтальные градиенты температуры и эквивалентной температуры у поверхности земли, на уровнях 925 и 850 гПа. В качестве дополнительных применяют лапласианы температуры воздуха и высоты поверхностей 925 и 850 гПа [9].

Наиболее часто приземные фронты синоптики проводят в ложбинах, центре циклона, южном и юго-восточном секторах циклона, где получают развитие восходящие токи, реже всего – в малоградиентных барических полях, гребнях и антициклонах, где получают развитие нисходящие токи [4].

Значительные расхождения между результатами анализа атмосферных фронтов в различных прогностических подразделениях явились стимулом к поиску объективных, количественных критериев проведения атмосферных фронтов, которые были разработаны в Гидрометцентре России коллективом

авторов под руководством Н. П. Шакиной. Метод прошел оперативные испытания и в 2000 г. Центральной методической комиссией по гидрометеорологическим прогнозам рекомендован к оперативному использованию.

Таким образом, объективным критерием существования атмосферного фронта следует считать безразмерный фронтальный параметр (F), который является характеристикой бароклинности в нижней половине тропосферы и циклоничности поля давления у поверхности Земли и в нижней тропосфере. Исходными данными для получения прогностических фронтальных зон являются: приземное давление (давление на уровне моря); температура и влажность воздуха у поверхности Земли; высоты изобарических поверхностей 925, 850, 700, 500 гПа; температура и влажность воздуха на этих поверхностях; ветер на уровне изобарической поверхности 850 гПа [10].

Данный параметр хорошо согласуется с интенсивностью развития вертикальных движений. На основе анализа статистических связей между параметром F и полем атмосферных осадков установлено, что значения: $F < 20$ соответствуют внутримассовым условиям; $20 \leq F < 40$ – размытым фронтальным зонам или перифериям фронтов; $40 \leq F < 60$ – хорошо выраженным фронтальным зонам; $F \geq 60$ – резким, интенсивным фронтальным зонам. Увеличение повторяемости атмосферных осадков, особенно сильных, с ростом фронтального параметра F отмечено во все сезоны года, но максимально проявляется зимой при прохождении динамически значимых атмосферных фронтов [11].

Успешность прогноза положения фронтальных зон в первую очередь зависит от успешности прогнозов полей давления и температуры воздуха (успешность прогнозов влажности воздуха и ветра играют меньшую роль). В реальной атмосфере области интенсивного фронтотенеза могут быть узкими и недолгоживущими, тогда они не улавливаются расчетами фронтального параметра F по грубой сетке. В случаях, если такие зоны достаточно обширны, расчеты фронтального параметра F могут быть успешными.

Компьютерная реализация фронтального анализа позволяет количественно учитывать большой объем разнородных данных и получать с доступной дискретностью значения фронтального параметра F , содержащего информацию не только о наличии и отсутствии атмосферного фронта, но и о ширине его зоны, интенсивности и пространственной неоднородности. На прогностических картах Гидрометцентра России фронтальные зоны имеют вид полос или пятен, расположенных в циклонах, ложбинах, реже в гребнях и на периферии областей высокого давления. Наиболее вероятное положение прогностической линии атмосферного фронта – в интенсивно окрашенных частях полос или пятен с большими значениями F (рис. 1).

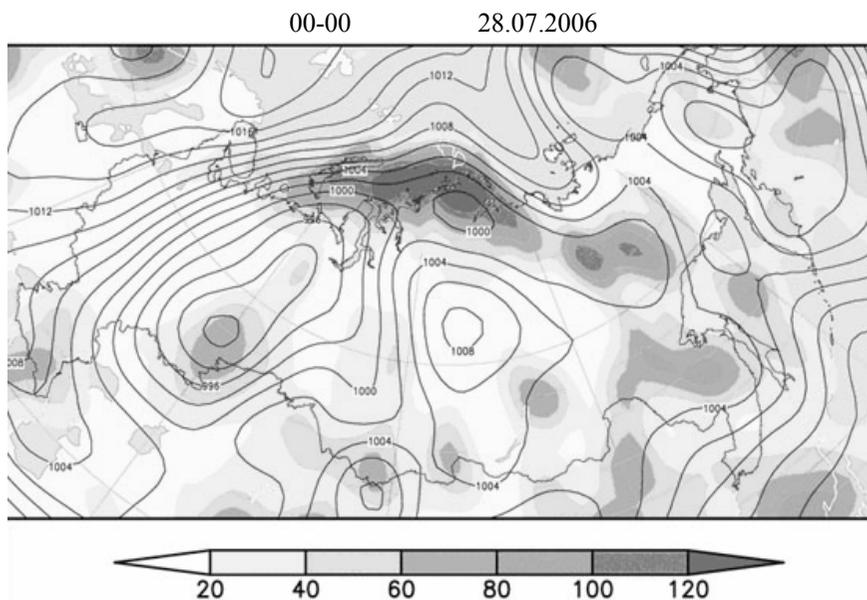


Рис. 1. Положения фронтальных зон (сетка $1,25 \times 1,25$) на 24 ч от 00 ч всв (всемирное скоординированное время) 27.07.2006 г. по спектральной модели атмосферы T85L31 Гидрометцентра России

Существенное влияние на динамику барических образований и атмосферных фронтов оказывает рельеф. В этой связи важно проводить региональные исследования атмосферных процессов, которые позволяют более детально анализировать процесс эволюции барических образований в условиях неоднородного рельефа. Объект исследования – территория Иркутской области, которая характеризуется высокой степенью расчлененности рельефа. Большая часть территории Иркутской области расположена в пределах южной окраины Среднесибирского плоскогорья, окаймленного на юге горными системами Восточного Саяна и Прибайкалья. Около 70 % площади находится на высотах 200–750 м над уровнем моря и около трети территории занято горами [12]. С учетом физико-географических, климатических и специфических проявлений синоптических процессов территорию Иркутской области условно разделяют на пять синоптико-климатических районов: Северный, Западный, Центральный, Верхне-Ленский и Южный [5].

Циклоны и атмосферные фронты на территории Иркутской области претерпевают значительную деформацию, взаимодействуя при своем перемещении с горными системами Восточного Саяна, Прибайкальского хребта и испытывая термическое влияние оз. Байкал. Холодные фронты на территории области, особенно в южной ее части, как правило, обостряются, а теплые фронты размываются, оставаясь выраженными преимущественно в облачности верхнего яруса [8].

Самые сложные погодные условия возникают при сближении трех основных атмосферных фронтов, в результате чего контрасты температур в

зоне фронта могут превышать $25\text{ }^{\circ}\text{C}/1500\text{ км}$ (рис. 2). При реализации энергии неустойчивости возможно взрывное образование циклона с развитием мощной облачности, сопровождающейся ливнями и сильным ветром. Поэтому важно знать процессы, приводящие к обострению и размыванию атмосферных фронтов.

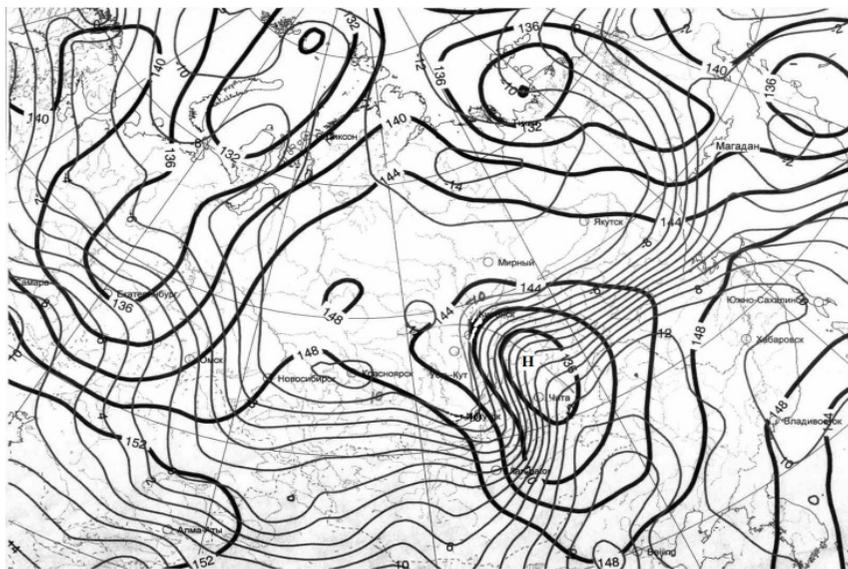


Рис. 2. Сближение арктического, умеренного и полярного фронтов над Иркутской областью и Забайкальем

Целью данной работы явилось исследование пространственных особенностей распределения основных барических образований и атмосферных фронтов на территории Иркутской области в период 2000–2013 гг. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Формирование электронного массива приземных и высотных карт погоды и выбор методологического подхода.
2. Анализ ежедневных синоптических карт, расчет повторяемости атмосферных фронтов, циклонов и антициклонов в различные месяцы и климатические сезоны года: теплый (IV–IX) и холодный (X–III).
3. Изучение пространственных и сезонных особенностей распределения различных типов циклонов и атмосферных фронтов на территории Иркутской области.

В качестве исходной информации использованы ежедневные синоптические карты: приземные и высотные карты АТ-850 гПа (1,5 км) в срок 00 всв (всемирное скоординированное время) за период 2000–2013 гг., предоставленные Иркутским территориальным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; данные Гидрометцентра России [14].

Выбранный для исследования период (2000–2013 гг.) совпадает с последним циркуляционным периодом по типизации Б. Л. Дзержевского.

Согласно календарю циркуляционных процессов [15], начиная с 1999 г. на территории Северного полушария выделяется период увеличения продолжительности меридиональных южных процессов. Поэтому проводимое исследование отражает основные особенности синоптических процессов в тесной взаимосвязи с глобальными циркуляционными факторами.

Обсуждение результатов исследования

Циклоническая и антициклоническая деятельность является одним из важнейших факторов общей циркуляции атмосферы, обеспечивающих макротурбулентный обмен воздухом, теплом, влагой и энергией одновременно в трех направлениях: между низкими и высокими широтами, океанами и континентами, между верхними и нижними слоями атмосферы Земли [6].

Наиболее значимыми по степени влияния на погодные условия Иркутской области являются подвижные циклоны. Над территорией Иркутской области принято выделять три типа циклонической деятельности: ныряющие, западные и южные циклоны [8].

Термин «ныряние» введен Б. П. Мультиановским в 1940-е гг. наряду с термином «блокирование». Ныряющие циклоны возникают над Северной Атлантикой (I тип) либо образуются на арктическом фронте вблизи вершины тропосферного блокирующего гребня (II тип). Характерной особенностью при выходе ныряющих циклонов на территорию Иркутской области является меридиональная направленность высотной фронтальной зоны, способствующая вторжению арктического воздуха на территорию Сибири. Смещение ныряющих циклонов на территорию Иркутской области происходит при наличии меридионально ориентированного блокирующего высотного гребня над Уралом (Западной Сибирью) и сопряженной с ним высотной ложбины над Восточной Сибирью. Смещение ныряющих циклонов под тыловой частью тропосферной ложбины, где осуществляется адвекция холода и антициклонического вихря, способствует их быстрому заполнению на территории Иркутской области. Регенерация ныряющих циклонов происходит при значительных горизонтальных градиентах (~10–45 джм/1000 км) в поле геопотенциала (АТ-500 гПа) над центром циклона.

Западные циклоны смещаются при наличии широтно ориентированной высотной фронтальной зоны. Выделяют два типа западных циклонов. При выходе западных циклонов первой группы планетарная высотная фронтальная зона расположена в пределах 50–60° с. ш., вторая разновидность западных циклонов связана с более южным расположением высотной фронтальной зоны, когда центр обширного тропосферного циклона находится над Обской губой или севером Тюменской области. Вынос теплых и влажных масс воздуха в теплых секторах западных циклонов вызывает в зимние месяцы значительные потепления в Иркутской области.

В особую группу циклонических процессов выделяют южные циклоны или выходы циклонов с юга. Южные циклоны образуются под передней частью глубокой меридиональной тропосферной ложбины, распространяю-

щейся южнее 50° с. ш. [1]. Районами формирования южных циклонов, смещающихся на территорию Иркутской области, являются: Аральское море, Каспийское море, Казахстан и Монголия.

В исследуемый период (2000–2013 гг.) на территорию Иркутской области чаще всего смещались южные и ныряющие циклоны, которые отмечались в 10 и 15 % случаев соответственно. В течение года максимальная повторяемость случаев выходов южных циклонов приходится на июнь, август, сентябрь и февраль (13–17 %), а минимальная – на ноябрь и декабрь (3 %). Максимальная повторяемость случаев выходов ныряющих циклонов отмечалась в марте (32 %), декабре (26 %) и мае (23 %), а минимальная (3 %) – в летние месяцы (рис. 3).

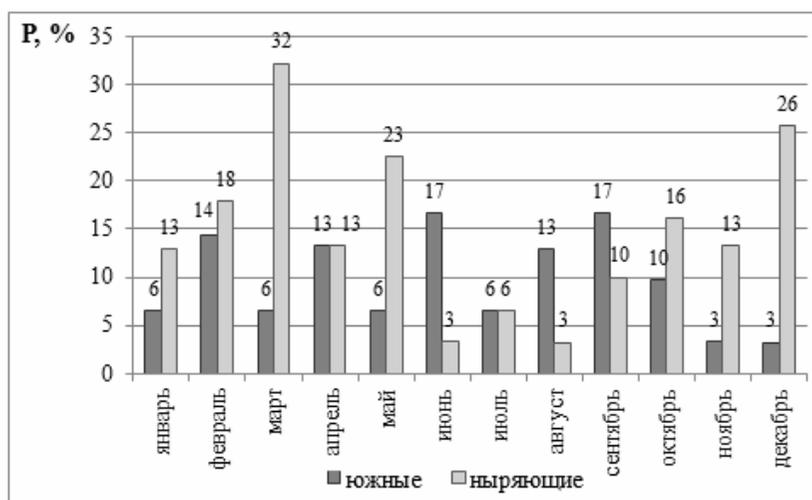


Рис. 3. Годовое распределение повторяемости (%) числа случаев выходов ныряющих и южных циклонов на территорию Иркутской области в 2000–2013 гг.

Необходимо отметить, что в холодный период года (X–III) ныряющие циклоны фиксировались в среднем в три раза чаще, чем южные, тогда как в теплый период (IV–IX) повторяемость ныряющих и южных циклонов была примерно одинаковой (рис. 4).

Средняя скорость смещения южных циклонов по территории Иркутской области изменялась от минимальных значений (52 км/ч) зимой до максимальных (64 км/ч) – весной, ныряющих циклонов от минимальных (16 км/ч) летом до максимальных (27 км/ч) – зимой. Таким образом, южные циклоны по территории Иркутской области смещались в среднем в 2–3 раза быстрее ныряющих циклонов. Это можно объяснить тем, что ныряющие циклоны, как правило, выходят на территорию области в стадии заполнения холодным воздухом, а южные циклоны в стадии максимального развития с наибольшими значениями термических и барических градиентов.

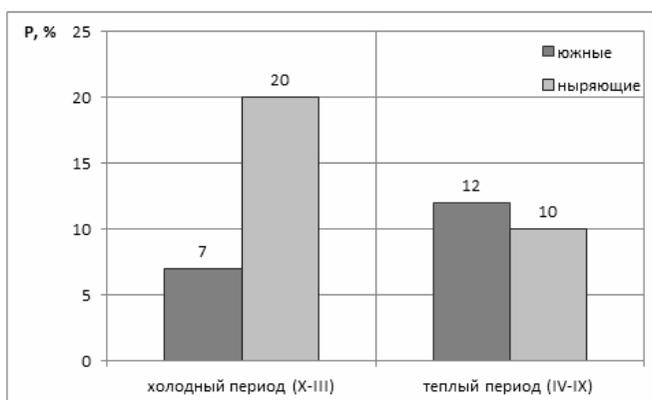


Рис. 4. Повторяемость (%) числа случаев выходов ныряющих и южных циклонов на территорию Иркутской области в 2000–2013 гг.

Наряду с подвижными циклонами существенный вклад в формирование погодных условий вносят высокие циклоны и антициклоны, которые могут привести к процессам блокирования и экстремальным погодным явлениям. По данным наблюдений [2], Восточная Сибирь относится к числу регионов с высокой повторяемостью процессов блокирования. Максимальная повторяемость центров блокирования сосредоточена над низовьем р. Лены летом и восточнее 130° в. д. – зимой.

По материалам ежедневных синоптических карт, повторяемость высоких циклонов и антициклонов на территории Иркутской области в 2000–2013 гг. обычно не превышала 10–15 % (рис. 5). В течение года можно выделить увеличение повторяемости высоких антициклонов в апреле в Северном районе (27 %) и высоких циклонов в августе в Верхне-Ленском районе (26 %).

Анализ атмосферных фронтов показал, что на большей части территории Иркутской области, включая Северный, Центральный, Верхне-Ленский и Южный районы, повторяемость атмосферных фронтов в 2000–2013 гг. оказалась примерно одинаковой и в среднем составила 24–25 % (рис. 6). Чаще всего атмосферные фронты отмечались в Западном районе Иркутской области (41 %), где на подветренных склонах горных хребтов Восточного Саяна существуют благоприятные условия для образования орографических циклонов и волнообразования атмосферных фронтов [4].

В сезонном отношении во всех исследуемых районах атмосферные фронты чаще отмечались в теплый период года (IV–IX), чем в холодный (X–III). Особенно заметны эти различия в Северном и Верхне-Ленском районах (табл. 1).

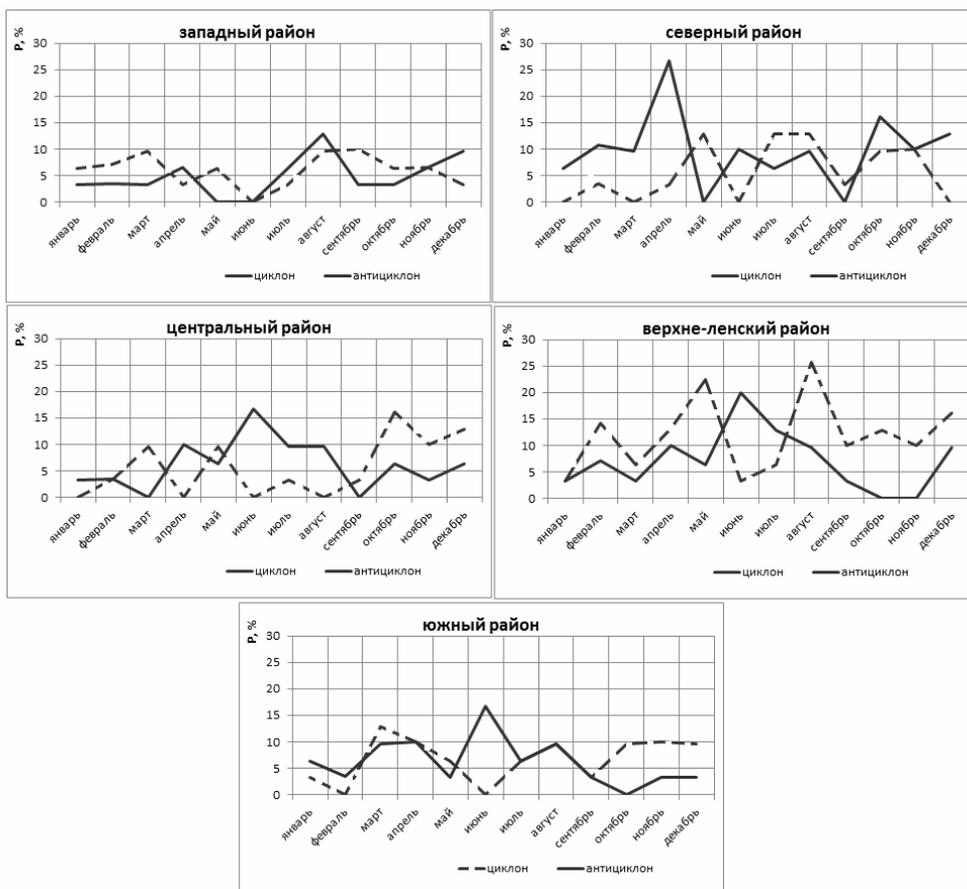


Рис. 5. Годовое распределение повторяемости (%) высоких барических образований на территории Иркутской области в 2000–2013 гг.

Таблица 1

Повторяемость (%) атмосферных фронтов на территории Иркутской области в 2000–2013 гг.

Период года	Синоптико-климатический район				
	Западный	Северный	Централь- ный	Верхне- Ленский	Южный
Холодный (X–III)	35	6	13	3	16
Теплый (IV–IX)	43	28	25	31	26

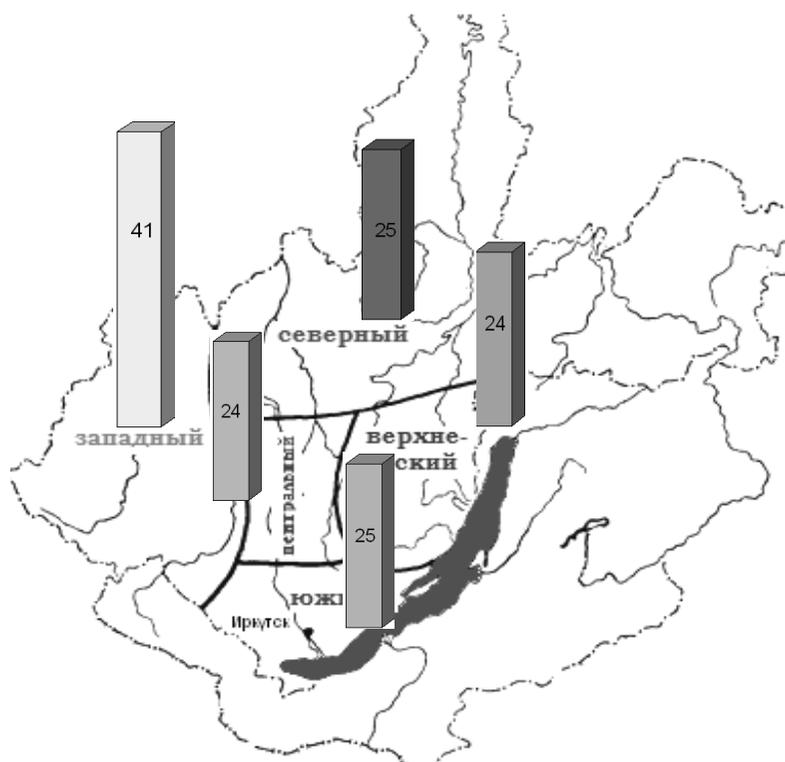


Рис. 6. Повторяемость (%) атмосферных фронтов на территории Иркутской области в 2000–2013 гг.

В течение года основной максимум повторяемости атмосферных фронтов в Западном (65 %), Центральном (42 %) и Южном (42 %) районах приходится на май, в Северном районе (48 %) – на июнь, в Верхне-Ленском (38 %) – на сентябрь (рис. 7). Второй менее выраженный максимум повторяемости в Западном (43 %) и Центральном (33 %) районах приходится на ноябрь, в Северном (37 %) и Южном (49 %) районах – на июль, Верхне-Ленском (33 %) – на апрель. Основной минимум повторяемости в Западном (20 %) и Центральном (10 %) районах отмечается в октябре, Северном (6 %) – в декабре, Верхне-Ленском (3 %) – в октябре и декабре и в Южном районе (7 %) – в апреле.

В течение года на территории Иркутской области чаще всего отмечались основные холодные (39 %) и теплые фронты (30 %), реже – вторичные холодные фронты (18 %) и фронты окклюзии (13 %). В сезонном отношении теплые и вторичные холодные фронты несколько чаще смещались по территории области в теплый период (IV–IX), а основные холодные фронты – в холодный период года (X–III) (табл. 2).

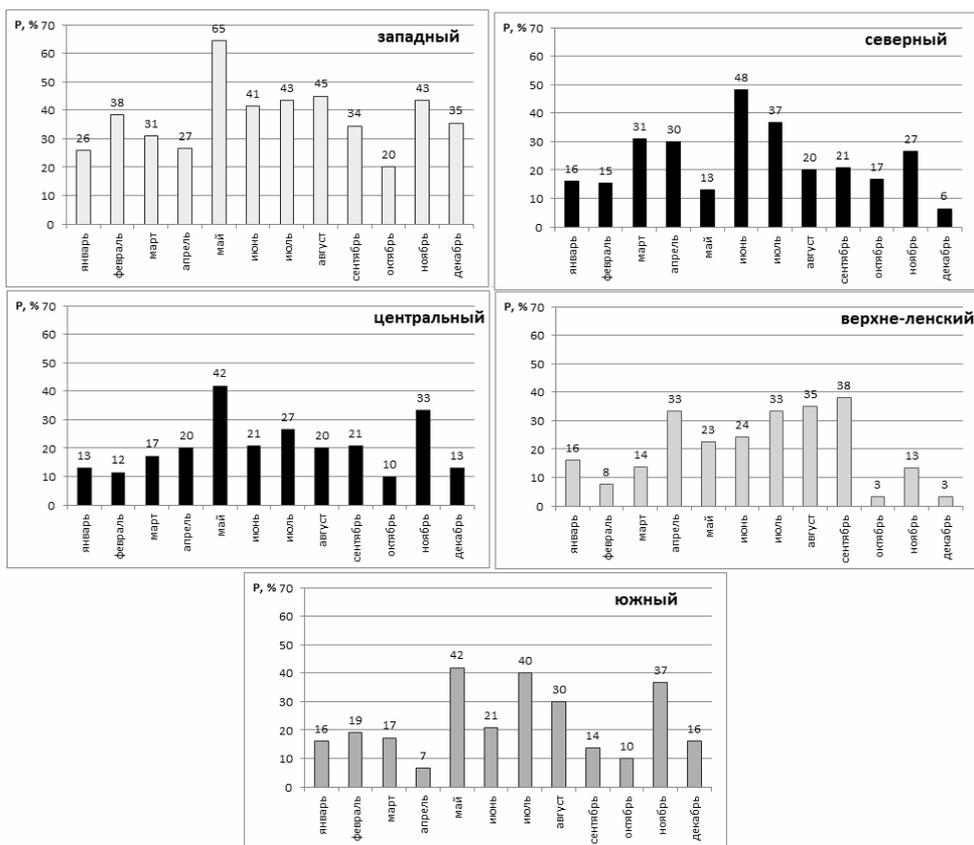


Рис. 7. Годовое распределение повторяемости (%) атмосферных фронтов на территории Иркутской области в 2000–2013 гг.

Таблица 2

Повторяемость (%) различных типов атмосферных фронтов на территории Иркутской области в 2000–2013 гг.

Период года	Тип фронта			
	Теплый	Окклюзии	Холодный	Вторичный
Холодный (Х–III)	13	4	30	8
Теплый (IV–IX)	17	9	9	10

Для повышения оправданности краткосрочных прогнозов погоды необходимо проводить исследования синоптических процессов, способствующих обострению атмосферных фронтов (фронтогенезу), которые преимущественно отмечаются в зоне конвергенции потоков вдоль осей барических ложбин, и способствующих размыванию атмосферных фронтов (фронтолизу), которые чаще отмечаются в зоне дивергенции потоков вдоль осей барических гребней. В исследуемый период (2000–2013 гг.) в Западном и Верхне-Ленском районах Иркутской области повторяемость синоптических процессов, благоприятных для фронтолиза, оказалась больше (15 и 19 %

соответственно), чем процессов фронтогенеза (7 и 13 % соответственно) (рис. 8). В Северном районе, наоборот, синоптические процессы, благоприятные для фронтогенеза (22 %), превалируют над процессами фронтолиза (9 %). В Центральном и Южном районах повторяемость синоптических процессов, способствующих фронтогенезу и фронтолизу, оказалась примерно одинаковой (11–14 %).

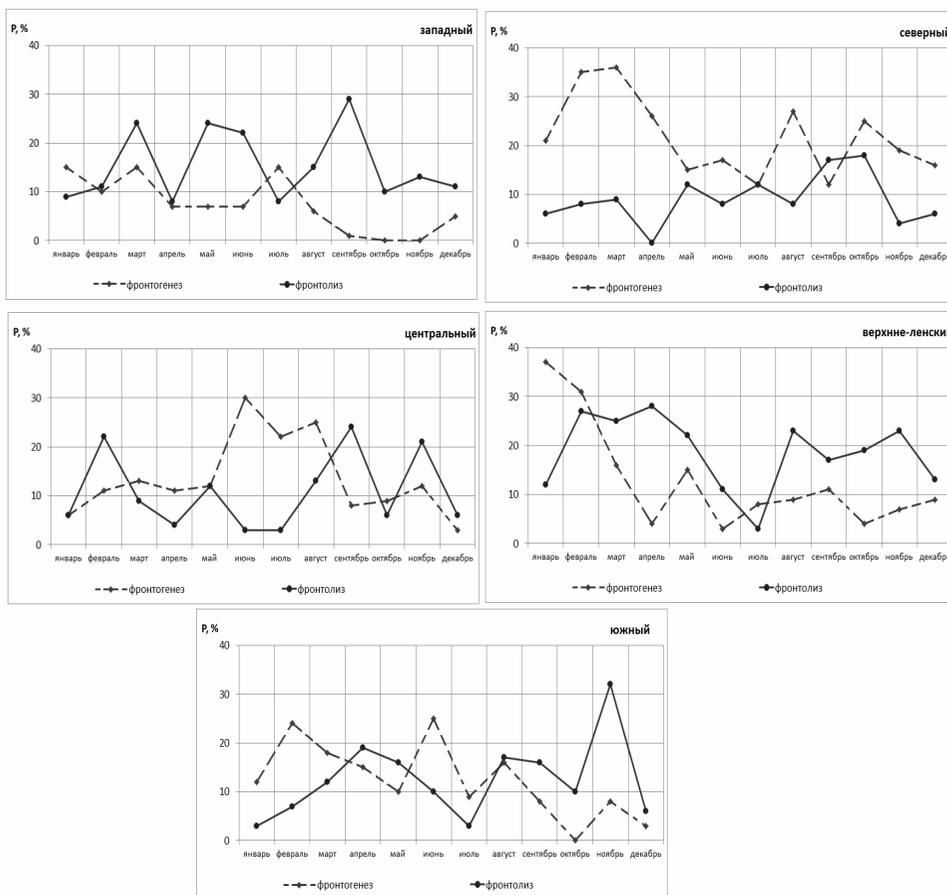


Рис. 8. Годовое распределение повторяемости (%) синоптических процессов, благоприятных для фронтогенеза и фронтолиза, на территории Иркутской области в 2000–2013 гг.

В течение года можно выделить основные максимумы повторяемости синоптических процессов, благоприятных для обострения и размывания атмосферных фронтов. Синоптические процессы, благоприятные для фронтогенеза, чаще всего отмечались в Верхне-Ленском и Северном районах – зимой и весной, в Западном и Южном районах – зимой и летом, в Центральном районе – летом. Максимальная повторяемость синоптических процессов, благоприятных для фронтолиза, чаще всего на территории Иркутской области в 2000–2013 гг. отмечалась осенью и весной.

Заключение

Таким образом, выявлены сезонные различия в смещении южных и ныряющих циклонов по территории Иркутской области в исследуемый период (2000–2013 гг.). В холодный период года (X–III) на территорию Иркутской области чаще смещались ныряющие циклоны, а в теплый период (IV–IX) – несколько чаще южные циклоны. При этом средняя скорость смещения южных циклонов была в 2–3 раза больше, чем ныряющих. Следует отметить, что ныряющие циклоны чаще наблюдались в стадии окклюдирования, т. е. заполнения холодным воздухом, тогда как южные циклоны, особенно летом, чаще оказывались в стадии максимального развития.

Установлены пространственно-временные различия в образовании высоких циклонов и антициклонов и смещении атмосферных фронтов по территории Иркутской области. В исследуемый период повторяемость блокирующих процессов циклонального и антициклонального типов возрастает в летние месяцы, особенно в Северном и Верхне-Ленском районах Иркутской области.

В распределении атмосферных фронтов по типам преобладающими являются основные теплые и холодные фронты, реже всего отмечаются фронты окклюзии. Синоптические условия, благоприятные для обострения атмосферных фронтов (фронтотенеза), чаще всего отмечались над равнинными участками в Северном районе, а для размывания атмосферных фронтов (фронтотенеза) – на наветренных склонах горных хребтов в Верхне-Ленском районе Иркутской области.

Список литературы

1. Бухалова Л. Н. Выход южных циклонов на Забайкалье / Л. Н. Бухалова // Тр. ДВНИГМИ. – 1959. – Вып. 7. – С. 13–25.
2. Витвицкий Г. Н. Зональность климата Земли / Г. Н. Витвицкий. – М.: Мысль, 1980. – 253 с.
3. Воробьев В. И. Синоптическая метеорология / В. И. Воробьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
4. Латышева И. В. Синоптическая метеорология / И. В. Латышева, К. А. Лощенко. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. – 110 с.
5. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала / под ред. С. Д. Кошинского, А. Д. Дробышева. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – Ч. 2. – 237 с.
6. Переведенцев Ю. П. Теория климата / Ю. П. Переведенцев. – Казань: Изд-во Казан. ун-та. – 2009. – 503 с.
7. Руководство по использованию спутниковых данных в анализе и прогнозе погоды / под ред. И. П. Ветлова, Н. Ф. Вельтищева. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 299 с.
8. Хуторянская Д. Ф. Региональные особенности синоптических процессов над Восточной Сибирью: учеб. пособие / Д. Ф. Хуторянская. – Иркутск: Иркут. ун-т. – 2002. – 162 с.
9. Шакина Н. П. Динамика атмосферных фронтов / Н. П. Шакина – Л.: Гидрометеиздат. – 1985. – 264 с.
10. Шакина Н. П. Лекции по динамической метеорологии / Н. П. Шакина. – М.: ТРИАДА ЛТД. – 2013. – 160 с.

11. Шакина Н. П. Условия выпадения замерзающих осадков в некоторых аэропортах России и СНГ. I. Аэропорты московского аэроузла / Н. П. Шакина, Е. Н. Скриптунова, А. Р. Иванова // Метеорология и гидрология. – 2003. – № 6. – С. 40–59.

12. Щербакова Е. Я. Восточная Сибирь / Е. Я. Щербакова. – Л. : Гидрометеоздат. – 1961. – 300 с.

13. Kysely J. Changes in atmospheric circulation over Europe detected by objective and subjective methods / J. Kysely, R. Huth // Theor. Appl. Climatol. – 2006. – Vol. 85. – P. 19–36.

14. URL: <http://www.meteoinfo.ru/climate>.

15. URL: <http://www.atmospheric-circulation.ru>.

Pressure Systems and Atmospheric Fronts in the Territory of the Irkutsk Region in 2000–2013.

K. A. Loshchenko

Abstract. The paper discusses the spatial-temporal characteristics of displacement of cyclones, anticyclones and atmospheric fronts on the territory of the Irkutsk region in 2000–2013. The special attention is paid to research of the influence of topography on processes of intensification (frontogenesis) and weakening (frontolysis) of atmospheric fronts.

Keywords: atmospheric circulation, cyclones, anticyclones, atmospheric fronts.

*Лощенко Кристина Анатольевна
аспирант, ведущий инженер
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52-10-94*

*Loshenko Kristina Anatolievna
Postgraduate, Lead Engineer
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 52-10-94*