

Л.И. МЕЗЕНЦЕВА, М.А. ГРИШИНА, И.И. КОНДРАТЬЕВ

## Траектории и глубина циклонов, выходящих на территорию Приморского края

Проведено исследование активности различных типов циклонов, выходящих на Приморский край, для чего анализировались траектории их перемещения и глубина. Также исследовались траектории воздушных частиц в период, предшествующий выходу циклонов, вызвавших выпадение осадков. Для анализа циклонической деятельности создан архив с данными о положении и глубине циклонов за период 2002–2013 гг. для района, ограниченного  $40^{\circ}$  и  $50^{\circ}$  с.ш.,  $130^{\circ}$  и  $140^{\circ}$  в.д., включающего территорию Приморского края и часть акватории Японского моря. В зависимости от мест формирования и траекторий перемещения выделено семь типов циклонов, для каждого из которых показана межгодовая и сезонная изменчивость их количества и глубины. Для анализа предыстории перемещения воздушных масс перед выходом циклонов, вызвавших осадки на территории Приморского края, создан архив карт с обратными траекториями воздушных частиц. Карты построены с использованием программы HYSPLIT. Для каждой траектории рассчитаны веса, зависящие от продолжительности пребывания воздушной частицы в каком-либо секторе. Весовые коэффициенты позволили проанализировать изменчивость переноса воздушных частиц с привязкой к основным типам циклонов. Созданные архивы и результаты планируется использовать при изучении химического состава осадков, связанного с происхождением (типом) циклонов.

Ключевые слова: циклоны, обратные траектории, глубина циклонов, сезонная изменчивость, Приморский край.

**Trajectories and depth of cyclones entering Primorsky Krai.** L.I. MEZENTSEVA, M.A. GRISHINA (Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute, Vladivostok), I.I. KONDRAT'EV (Pacific Institute of Geography, FEB RAS, Vladivostok).

To study activities of various types of cyclones entering Primorsky Krai we analyzed their movement trajectories and depth. Besides, we studied the trajectories of airborne particles for the period before arrival of cyclones, which resulted in precipitation. Dataset history for 2002–2013 was compiled to analyze cyclone activity and depth for the area between  $40^{\circ}$ – $50^{\circ}$  N and  $130^{\circ}$ – $140^{\circ}$  E, including the territory of Primorsky Krai and part of the water area of the Sea of Japan. Depending on their generation places and trajectories, seven cyclone types were singled out. Each of them has annual and seasonal dynamics depending on number and depth. Several maps showing back trajectories of airborne particles were compiled to analyze air mass movement in the cyclones that resulted in precipitations in Primorsky Krai. The maps were drawn using HYSPLIT software. Each trajectory is characterized by weight of particles depending on time when airborne particles concentrated in any of related sectors. Weight coefficients allowed analyzing variability of airborne particle transport depending on basic cyclone types. The datasets and survey results are planned to be used while analyzing chemical composition of precipitation depending on cyclone origin (types).

Key words: cyclones, back trajectories, cyclone depth, seasonal variability, Primorsky Krai.

---

МЕЗЕНЦЕВА Людмила Ивановна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник, ГРИШИНА Маргарита Анагольевна – младший научный сотрудник (Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт (ДВНИГМИ), Владивосток), \*КОНДРАТЬЕВ Игорь Иванович – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток). \*E-mail: igor@tigdvo.ru

Муссонный тип климата Приморского края определяет крайне неравномерное распределение осадков в течение года – до 80 % их годовых сумм приходится на летний период. Наряду с чрезвычайно влажными бывают и засушливые годы. Среднее годовое количество осадков, зарегистрированных во Владивостоке с 1941 по 2010 г., изменялось от 1272 мм в 1974 г. до 510 мм в 1997 г. [5]. Важной особенностью летних климатических процессов является выход тайфунов на прибрежные территории, что влечет за собой сильные дожди и катастрофические наводнения [6]. Повторяемость тайфунов, выходящих на Японское море и юг Дальнего Востока, в среднем составляет 1–4 за сезон [2]. Но основная масса осадков выпадает в результате выхода циклонов внетропического происхождения и обострения фронтальных разделов, также могущих вызвать наводнения.

Циклоны, выходящие на территорию Приморского края, формируются в значительно различающихся физико-географических и климатических зонах. Наиболее типичными районами формирования циклонов являются Забайкалье, Монголия, Желтое море и прилегающие континентальные территории Китая, Южно-Китайское море и прилегающие акватории Тихого океана. Воздушные массы, вовлеченные в циркуляцию соответствующих типов циклонов, имеют характерные физические свойства, обусловленные очагами их формирования; это относится как к температуре и влажности, так и к газоаэрозольному составу. Состав примесей атмосферного воздуха, в свою очередь, определяет особенности химического состава осадков. Так, осадки континентальных циклонов с высокой долей вероятности будут обогащены частицами терригенного происхождения. Осадки, обусловленные циклонами морского происхождения, будут обогащены морскими солями. В осадках циклонов, зародившихся над антропогенно преобразованными территориями, могут присутствовать загрязняющие вещества [8].

В данной работе исследуются траектории перемещения и глубина циклонов, выходящих на территорию Приморского края, и траектории предшествующих их выходу воздушных движений. Интерес к этому вопросу обусловлен неблагоприятным комплексом погодных условий, который часто сопровождает выход циклонов. При этом появилась возможность оценить масштабы трансграничного переноса загрязняющих веществ в воздушных массах, вовлеченных в циркуляцию циклонов различных типов.

Пути и скорости перемещения циклонов над Восточной Сибирью и Дальним Востоком были исследованы В.Л. Архангельским более 50 лет тому назад [1], при этом Приморский край не выделялся как отдельная территория. Сведения о количестве циклонов и их глубине для Приморского края ранее не публиковались.

Из современных работ вызывает интерес публикация [9], где приведены результаты климатологического анализа некоторых параметров внетропических циклонов над обширным районом Восточной Азии от 20 до 70° с.ш. и от 60 до 160° в.д. Траектории циклонов, районы образования, интенсивность и продолжительность их жизни определены объективно с привлечением следующего алгоритма: выявление областей минимального давления на общем фоне атмосферного давления, расчет лапласиана давления для контроля интенсивности, расчет траекторий с привлечением ведущего потока и положения циклона на  $\pm 1$  шаг по времени. Исследования были проведены для изучения атмосферных процессов Восточного Китая и не отражают особенностей циклогенеза над Приморским краем и прилегающими к нему районами. Предложенный метод позволяет на 10–15 % увеличить число выявляемых циклонов, но в то же время сами авторы признают, что использованный алгоритм «просеивает» волновые и вторичные циклоны, в многоцентровой системе прослеживается лишь один центр [9].

Основной целью настоящей работы являлось исследование изменчивости числа и глубины циклонов разных типов, выходящих на территорию Приморского края, а также перемещения воздушных частиц, вовлеченных в циркуляцию этих циклонов. Полученные результаты могут быть использованы специалистами в области синоптической метеорологии, синоптической климатологии, экологами и другими специалистами.

## Объекты и методы исследований

Исходным материалом для определения происхождения (по географическому признаку) и глубины циклонов послужили ежедневные приземные карты погоды за срок 00 UTC (ВКВ) отдела метеорологических прогнозов Приморского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС). Все обобщения, относящиеся к глубине циклонов, ограничены данным сроком. Карты за другие синоптические сроки использовались для уточнения траекторий циклонов и их идентификации. Период выборки равен 12 годам, с января 2002 г. по декабрь 2013 г. Для построения обратных траекторий воздушных частиц использовалась программа HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model). Траектории строились для высот 0, 500 и 1500 м над поверхностью земли за срок 01 UTC за трое суток, предшествующих выходу циклона, т.е. прослеживался маршрут частиц за предыдущие 72 ч [3]. Траектории воздушных частиц за 2012 и 2013 гг. архивировались за каждые сутки, а за период с 2005 по 2011 г. – только за те сутки, когда регистрировались осадки на юге Приморского края.

Анализ траекторий циклонов проводился для района, ограниченного 40 и 50° с.ш. и 130 и 140° в.д., включающего территорию Приморского края и часть акватории Японского моря (рис. 1). Учитывались циклоны, очерченные хотя бы одной изобарой, в том числе частные и волновые, траектории центров которых пересекали границы выделенного района. Траектория прослеживалась минимум за 3 суток до и после пересечения границ выделенного района. Для всех циклонов фиксировались даты их пребывания в выделенном районе. Архив с данными о положении (координаты центра в целых градусах) и глубине (давление в центре в гектопаскалях) циклонов, вышедших в выделенный район, за каждые сутки указанного периода в срок 00 ВСВ был создан Д.Э. Мухой и Л.И. Мезенцевой.

Архив данных создавался по приземным картам, которые используются для краткосрочного регионального прогноза погоды в отделе метеорологических прогнозов Приморского УГМС. Попытки продлить период выборки с использованием карт сборной кинематики или полушарных карт, имеющих меньшее разрешение, приводили к потере однородности данных.

При создании архива каждому циклону присваивался уникальный номер и статус (тип). Статус циклона определялся траекторией его перемещения относительно выделенной

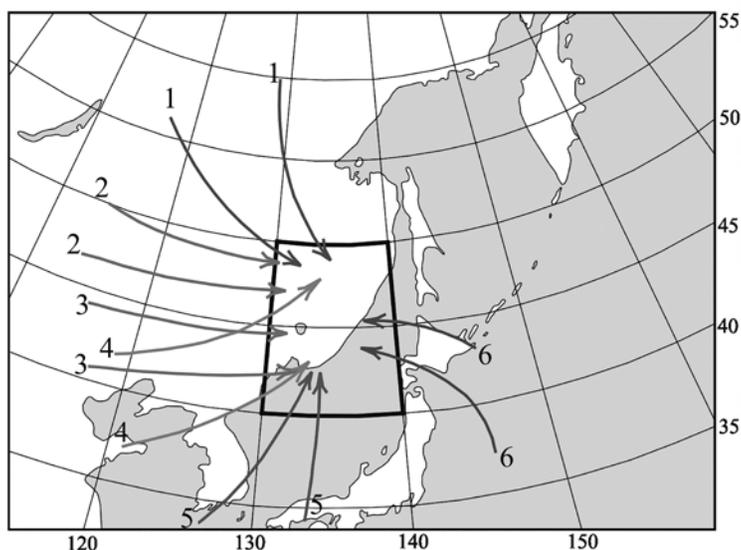


Рис. 1. Район исследования траекторий циклонов (1 – ныряющие, 2 – западные по северу, 3 – западные по югу, 4 – юго-западные, 5 – южные, 6 – восточные)

территории. Подобная классификация была предложена В.Л. Архангельским и поддерживалась в более поздних, в том числе региональных, публикациях [7]. Авторами настоящей работы выделено семь типов циклонов в зависимости от района образования и пути перемещения (рис. 1).

Для каждого типа циклонов были рассчитаны следующие характеристики: среднее количество циклонов за период исследования, среднее количество циклонов по месяцам, среднеквадратические отклонения каждой категории, ошибки средних, среднее давление для каждого типа циклонов, среднее давление для каждого типа по месяцам.

Перенос воздушных частиц (обратные траектории) анализировался по признаку направления по шести секторам (сторонам света), которые соответствовали направлениям перемещения циклонов. Северный сектор соответствовал *ныряющим* циклонам; северо-западный – *западным по северу*; западный – *западным по югу*. Обозначение секторов для траекторий юго-западных, южных и восточных циклонов совпадало с типами циклонов. Чтобы получить численные характеристики вклада траектории в выделенный сектор, ей присваивался вес в зависимости от времени пребывания воздушной частицы в соответствующем секторе.

## Результаты и их обсуждение

В период с 2002 по 2013 г. на территорию Приморского края вышло 972 циклона, включая частные и волновые, в среднем 81 циклон в год (рис. 2). Их количество изменялось от 68 (2012 г.) до 101 (2009 г.), дисперсия ряда – 8,1, ошибка среднего близка к 0,9. Последние годы периода исследования, 2010–2013 гг., характеризуются относительным сокращением количества циклонов.

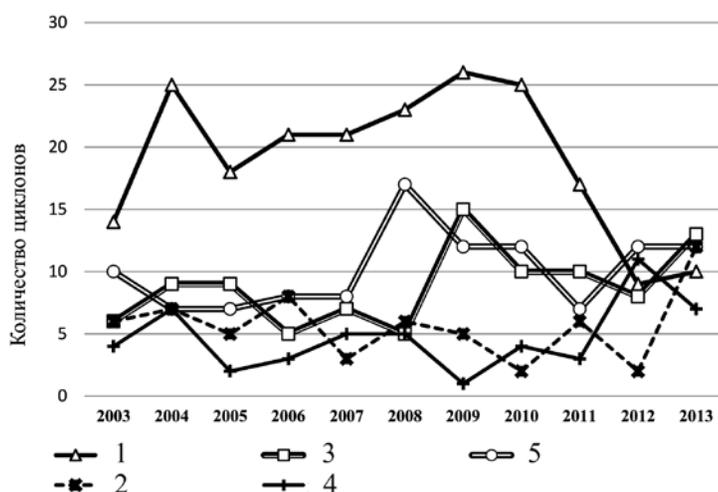


Рис. 2. Многолетний ход числа основных типов циклонов, выходящих в выделенный район в 2002–2013 гг. (1 – юго-западные, 2 – ныряющие, 3 – западные по югу, 4 – южные, 5 – западные по северу)

*Ныряющие* циклоны, перемещаясь над Сибирью, Забайкальем и Амурской областью, изменяют свое направление и выходят в выделенный район. В отдельных случаях такие циклоны могут перемещаться из Якутии. Пройдя территорию Приморского края, ныряющие циклоны, как правило, еще раз меняют направление, поворачивая на северо-восток. *Западные по северу* (по отношению к выделенному району) циклоны зарождаются над Монголией или Забайкальем, пересекают провинцию Хэйлунцзян (Китай) и перемещаются

на Приморский край севернее 45° с.ш. *Западные по югу* циклоны, зарождаясь над территорией Китая, перемещаются на восток, пересекают территорию Приморского края южнее 45° с.ш. Далее по тексту при объединении западных по северу и западных по югу циклонов будем называть их просто *западными*.

*Юго-западные* циклоны формируются над Желтым морем, прибрежными районами Китая (провинциями Аньхой, Чжэцзян, Цзянсу) и Корейским полуостровом, перемещаются на северо-восток. *Южные циклоны* – часто тропического происхождения или образуются вблизи юго-восточного побережья Азии. Выходят по меридиональным траекториям с юга на север, вынося с собой воздух тропического происхождения. *Восточные* циклоны – их траектория нетипична для выделенной территории, наблюдаются крайне редко (в связи с чем статистика для них в статье не приводится), следуют с востока, юго-востока на северо-запад, запад. Была выделена еще одна категория циклонов – *частные* – для зародившихся непосредственно над территорией выделенного района, т.е. местных, а также (изредка) тех, статус которых определить было затруднительно.

Наиболее часто циклоны в выделенный район выходили с юго-запада и запада, в среднем за год на эти направления приходилось 74 % всех случаев выхода циклонов. Для оценки воздействия трансграничного переноса загрязняющих веществ на территорию Приморского края наибольший интерес представляют *юго-западные* и *западные по югу* (выходящие южнее 45° с.ш.) циклоны, которые формируются в загрязненной атмосфере урбанизированных районов Китая. Количество *юго-западных* и *западных по югу* циклонов, которые выходили на Приморье в период исследования, соответственно составляло 31 и 16 % от общего числа.

Динамика циклонической активности в анализируемый период проявилась в увеличении частоты выхода *юго-западных* циклонов в 2008–2010 гг. В 2009 г. было зарегистрировано максимальное количество циклонов (101) всех типов, что определялось большим числом циклонов, перемещающихся с юго-запада и с запада южнее 45° с.ш. В последние годы исследуемого периода частота выхода *юго-западных* циклонов сократилась, достигла минимума в 2012 г. В этот же год отмечалось максимальное количество *южных* циклонов – 12.

По частоте выходов циклоны распределялись в следующем порядке: *юго-западные, западные по северу, ныряющие, западные по югу, южные, частные* и *восточные*; наиболее часто в выделенном районе они регистрировались в феврале и весенние месяцы (табл. 1), а в среднем минимальное их количество – в июне. Кроме *южных* и *частных*, циклоны остальных типов отмечались во все месяцы года. *Западные по югу* и *западные по северу* были наиболее активны в первую половину года, *юго-западные* чаще оказывали влияние на Приморье в мае и октябре, *ныряющие* – в зимние месяцы, марте и апреле.

Таблица 1

Среднее месячное количество циклонов, вышедших в выделенный район (40–50° с.ш., 130–140° в.д.) в 2002–2013 гг.

Тип циклона	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Все	5,9	7,9	7,8	8,0	7,5	4,9	6,7	6,2	5,6	7,2	6,9	6,6
Ныряющие	1,9	2,1	1,7	2,0	0,9	0,7	0,3	0,8	0,6	0,6	0,8	2,2
Западные по северу	1,4	1,9	2,5	2,0	2,0	1,3	1,8	1,3	1,5	1,8	2,0	1,7
Западные по югу	0,7	2,0	1,9	1,5	1,4	0,8	1,1	0,3	0,7	1,1	1,1	0,9
Юго-западные	1,8	1,8	1,4	2,0	2,9	1,8	2,6	2,7	1,5	2,9	2,5	1,3
Южные	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,3	0,8	1,0	1,3	0,6	0,3	0,3
Частные	0,1	0,1	0,3	0,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

Среднее давление в циклонах разного типа в период их нахождения в выделенном районе представлено в табл. 2 (по данным только за синоптический срок 00 ВСВ). Наиболее глубокими были циклоны южной группы – 970–1012 (среднее давление в центре 995) гПа. Следующими за ними по глубине идут *юго-западные* – 975–1022 (1002) гПа. *Западные* и *ныряющие* циклоны менее глубокие; в среднем давление в их центре – 1005–1008 гПа. Давление в центре *западных* циклонов может изменяться от 975 до 1028 гПа, в центре *ныряющих* – от 990 до 1027 гПа.

Прослеживается и сезонная разница в глубине циклонов. Так, циклоны обоих западных типов и ныряющие имеют «правильный» годовой ход с минимумом давления в июле и максимумом в январе, что соответствует годовому ходу атмосферного давления над территорией края. В юго-западных циклонах наиболее низкое давление отмечается в марте и июне, для *южных* минимум давления в их центре наблюдается в марте-апреле. Менее глубокими *юго-западные* циклоны бывают в сентябре-октябре, *южные* – в августе.

Таблица 2

Среднее давление (гПа) в центрах циклонов разного типа, вышедших в выделенный район (40–50° с.ш., 130–140° в.д.), рассчитанное за период 2002–2013 гг.

Тип циклона	Месяц												Среднее
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ныряющие	1015	1012	1005	1005	1002	1001	999	1004	1010	1007	1012	1012	1008
Западные по северу	1013	1010	1003	1002	1000	1000	1001	1001	1003	1008	1008	1013	1005
Западные по югу	1017	1009	1007	1003	1003	1002	1001	1001	1008	1009	1010	1014	1007
Юго-западные	1004	1001	998	1001	999	998	1001	1001	1006	1006	1005	1003	1002
Южные	–	–	985	985	996	997	1000	1001	997	998	997	996	997

Примечание. Здесь и в табл. 3 прочерки означают отсутствие данных.

Как известно, при циклоническом типе атмосферной циркуляции в Северном полушарии воздушные массы перемещаются против часовой стрелки, при этом преобладают вертикальные восходящие движения воздуха. Учитывая, что сам циклон перемещается, траектории переносимых частиц могут иметь сложную форму со значительным сдвигом по высоте.

На рис. 3 приведены обратные траектории воздушных частиц в период приближения циклонов, принесших осадки на юг Приморского края в 2009 г.: 20 июня (19,9 мм), 20 августа (73,7 мм), 6 сентября (22,1 мм) и 15 ноября (10,1 мм). Ниже рисунков обратных траекторий показана изменчивость перемещения воздушных частиц по высоте. В данной работе вертикальная изменчивость траекторий не анализировалась.

Циклоны, вызвавшие осадки 20 июня, 20 августа и 6 сентября, были идентифицированы как *юго-западные*, а 15 ноября осадки определялись прохождением *западного по югу* циклона. На рис. 3, а и 3, б видно, что траектории на высоте 1500 м в течение трех суток находились в пределах юго-западного и южного секторов, траектория за 6 сентября, представленная на рис. 3, в, – в юго-западном и западном секторах. В данном случае направления траекторий воздушных частиц совпадают с типом циклонов, те и другие – юго-западные.

Циклон, вызвавший осадки 15 ноября (рис. 3, г), вышел на Приморье с запада, а обратные траектории на высоте 1500 м находились в восточном секторе по отношению к пункту расчета. Траектории приземные и на высоте 500 м указывают на то, что воздушные массы на этих высотах поступали с севера и северо-запада. В большинстве случаев траектории на высоте 1500 м находятся в секторе, совпадающем с типом циклона, но достаточно часто траектории указывают на вовлечение воздуха из других секторов. В подавляющем большинстве случаев воздушные частицы, особенно в приземном слое и на высоте 500 м, описывают сложные траектории, что определяет их вклад в несколько секторов.

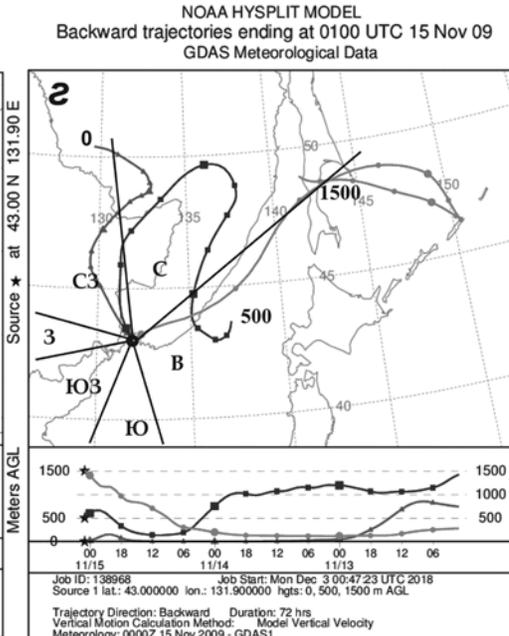
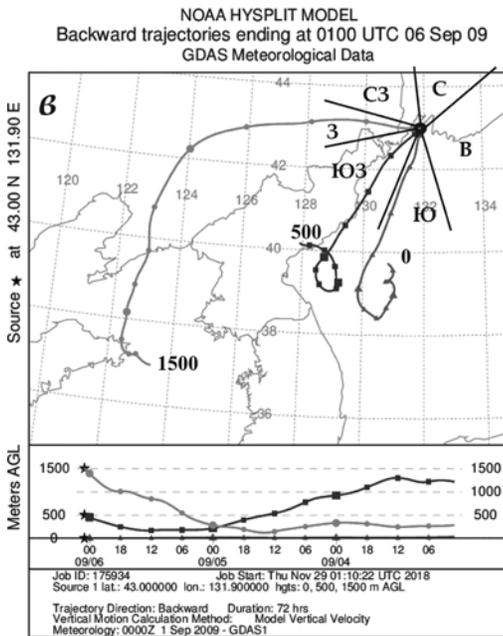
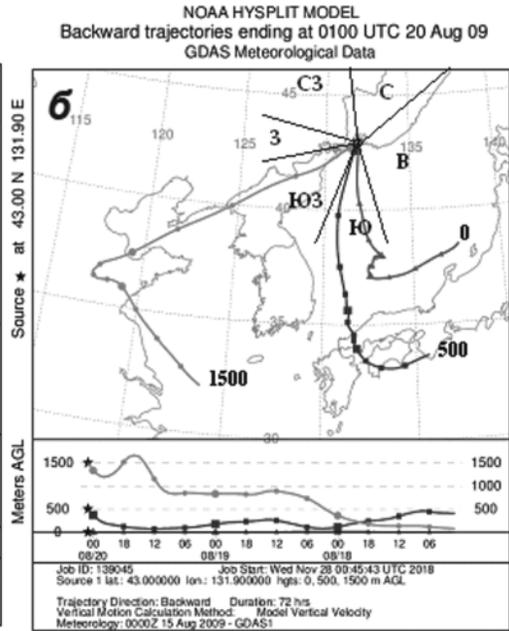
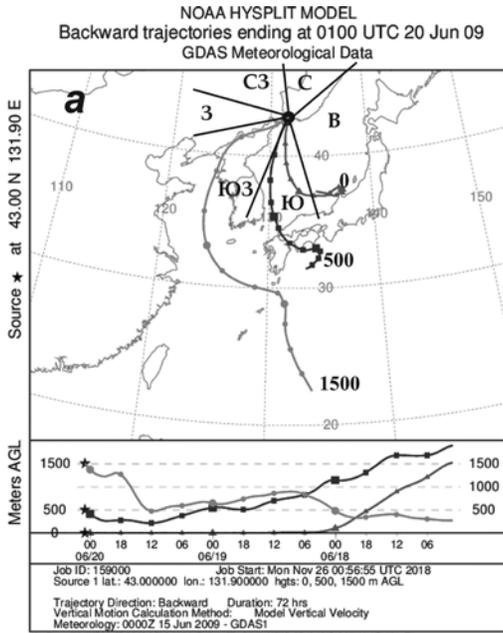


Рис. 3. Обратные траектории воздушных частиц для высот 0, 500 и 1500 м за 20 июня (а), 20 августа (б), 6 сентября (в) и 15 ноября (г) 2009 г.

Результаты оценки весов траекторий на высоте 1500 м по секторам для эпизодов, представленных на рис. 3, приведены в табл. 3.

При расчете вклада траекторий учитывалась предыстория перемещения воздушных частиц за предшествующие 72 ч от момента отбора проб осадков, измеренных в срок 00 ВСВ. Сложная траектория перемещения частиц в пространстве определяет вклад ее весов в несколько секторов. Веса траекторий за каждый месяц и год последовательно складывались. На рис. 4 показана сезонная изменчивость вклада обратных траекторий

Таблица 3

Веса траекторий воздушных частиц в шести секторах  
для высоты 1500 м (40–50° с.ш., 130–140° в.д.)

Дата	Сектор (румб)					
	С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	В
20.06.2009	–	–	–	0,5	0,5	–
20.08.2009	–	–	–	1,0	–	–
06.09.2009	–	–	0,5	0,5	–	–
14.11.2009	0,05	–	0,25	0,25	0,3	0,15
15.11.2009	0,1	–	–	–	–	0,9

в разные сектора в 2009 г., который характеризовался высокой активностью юго-западных циклонов (см. рис. 2).

В течение восьми месяцев 2009 г. на высоте 1500 м над поверхностью земли преобладали северо-западные траектории переноса воздуха. Только в июле и августе воздушные частицы чаще перемещались с юго-запада. Преобладание северо-западных траекторий на высоте 1500 м было характерно для большей части рассматриваемого в статье периода. Исключением явился 2007 г., когда доминировали юго-западные и восточные траектории, и 2012 г., когда суммы весов траекторий в северо-западный и юго-западный сектора были равновеликими (рис. 5).

Аналогичный анализ обратных траекторий за 1986, 1987, 1989 гг. был проведен для станции комплексного фонового мониторинга Госкомгидромета в пос. Терней. Учитывались все траектории за каждые сутки года. Результаты анализа показали, что в среднем за год преобладал перенос воздушных частиц из западного сектора по отношению к пункту расчета [4].

Парный корреляционный анализ числа циклонов соответствующих типов и сумм весов траекторий по секторам за 2006–2013 гг. показал наличие непараметрической зависимости. Коэффициент корреляции для *западных по северу* циклонов и северо-западного сектора траекторий составил 0,39, *западных по югу* и западного сектора – 0,42, *ныряющих* и северного – 0,68, *южного* циклона и южного сектора – 0,61. Для *юго-западных* циклонов и юго-западного сектора коэффициент корреляции незначим. Есть различия и по абсолютным величинам. Анализ деятельности циклонов показал, что чаще всего наиболее

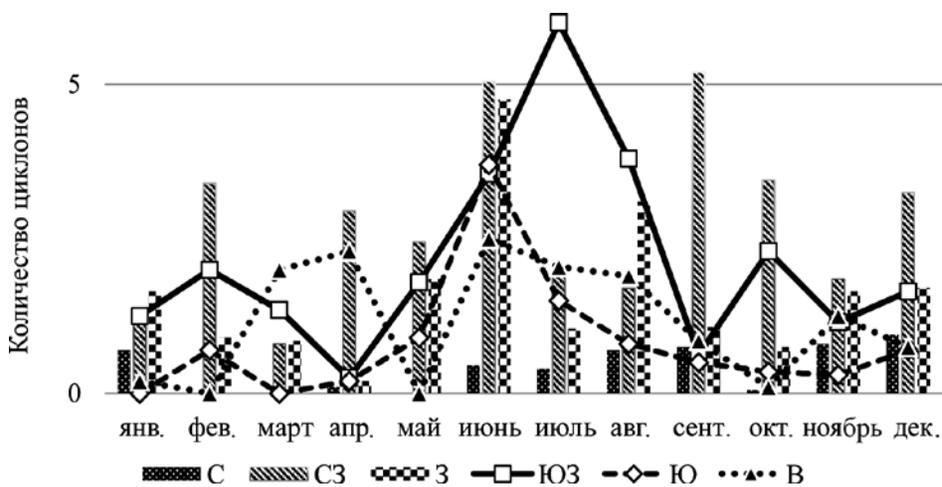


Рис. 4. Сезонная изменчивость сумм весов обратных траекторий воздушных частиц на высоте 1500 м на примере 2009 г. С – северный, СЗ – северо-западный, З – западный, ЮЗ – юго-западный, Ю – южный, В – восточный сектора

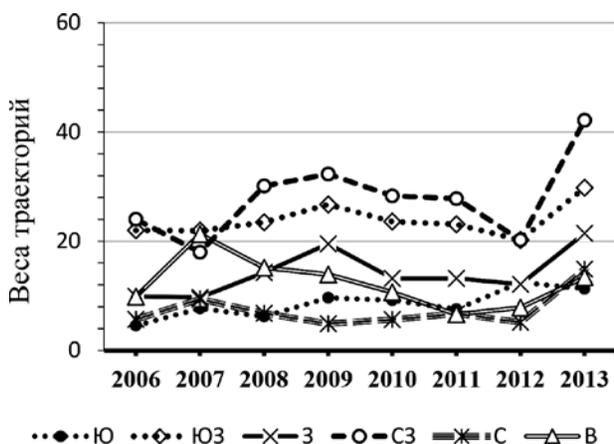


Рис. 5. Многолетний ход изменчивости сумм весов (времени пребывания) траекторий воздушных частиц на высоте 1500 м в различных секторах за 2006–2013 гг.: С – северный, СЗ – северо-западный, З – западный, ЮЗ – юго-западный, В – восточный, Ю – южный

активными были *юго-западные* циклоны, а веса траекторий указывают на преобладание переноса воздуха с северо-запада.

Различия в полученных результатах объясняются несовпадением траекторий перемещения центров циклонов и воздушных частиц, вовлеченных в их циркуляцию на разных высотах. Совместный анализ результатов реализованных подходов позволил выявить общую тенденцию изменчивости как траекторий циклонов, так и воздушных частиц. Проведенные исследования показали устойчивую зависимость между траекториями циклонов и обратными траекториями воздушных частиц для *ныряющих* и *южных* типов циклонов, т.е. выходящих на территорию Приморского края с северо-запада, севера и юга. Одним из результатов проведенного исследования является создание архива с данными о положении и глубине циклонов и карт обратных траекторий, которые будут использоваться в процессе исследований изменчивости химического состава осадков. Архив карт обратных траекторий позволит уточнить предыстории перемещения воздушных частиц и оценить потенциальное воздействие подстилающей поверхности (в том числе антропогенное) на формирование примесей атмосферы и, в конечном счете, химический состав осадков.

### Заключение

В результате проведенного исследования была оценена частота выхода на территорию Приморского края циклонов (*ныряющих, западных по северу, западных по югу, юго-западных, южных, восточных и частных*), формирующихся в различных географических районах. Активность циклонов различных типов варьировала год от года. За 12-летний период наиболее активными были *юго-западные* циклоны, в среднем за год на этот тип приходился 31 % от общего их числа. Наиболее часто в выделенный район циклоны выходили в феврале и весенние месяцы. В среднем меньшее их количество регистрировалось в июне. Сезонная изменчивость среднемесячного давления для *западных по югу, юго-западных* и *ныряющих* циклонов характеризовалась его понижением от зимних месяцев к летним с минимумом в июне–июле. Для *южных* циклонов характерен обратный годовой ход их глубины – давление в центре *южных* циклонов растет к середине лета и в июле–августе достигает максимума. В среднем наиболее глубокими были *южные* циклоны, а наименее глубокими – *ныряющие*.

Выявлена устойчивая зависимость между траекториями циклонов и обратными траекториями воздушных частиц за предшествующие 72 ч для *ныряющих* и *южных* типов циклонов. Создан архив данных о положении и глубине циклонов и карт обратных траекторий, которые будут использоваться в процессе исследований химического состава осадков в зависимости от происхождения (типа) циклонов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский В.Л. Пути и скорости перемещения циклонов и антициклонов в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке // Тр. ДВНИГМИ. 1956. Вып. 1. С. 97–113.
2. Гаврилова М.К. Климат холодных регионов земли. Якутск: Изд-во СО РАН, 1998. 206 с.
3. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 774 с.
4. Кондратьев И.И. Трансграничный атмосферный перенос аэрозоля и кислотных осадков на Дальний Восток России. Владивосток: Дальнаука, 2014. 299 с.
5. Кубай Б.В., Мендельсон Э.А., Цурикова Т.В. Изменяется ли климат в Приморском крае? Владивосток: Примгидромет, 2012. 129 с.
6. Мамедов Э.С., Павлов Н.И. Тайфуны. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 139 с.
7. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. 2, вып. 5. Дальний Восток. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 175 с.
8. Mukha D.E., Kondrat'ev I.I., Mezentseva L.I. Transboundary transport of acid precipitation by cyclones of East Asia to South of the Russian Far East // Geography and Natural Resources. 2012. Vol. 33, N 2. P. 119–124.
9. Yingxian Zhang, Yihui Ding, Qiaoping Li. A climatology of extratropical cyclones over East Asia during 1958–2001 // Acta Meteorologica Sinica. 2012. Vol. 26, iss. 3. P. 261–277.