

Некоторые характеристики циркуляции воздуха вдоль береговой линии оз. Байкал

М. Ю. Аршинов*, Б. Д. Белан*, Г. А. Ивлев*, А. В. Поданев*,
Е. В. Покровский*, Т. М. Рассказчикова*, Т. К. Складнева*

Приводятся результаты исследования характеристик циркуляции воздуха вдоль периметра котловины оз. Байкал, которая была обнаружена авторами в 1991 г. в ходе самолетного зондирования атмосферы над озером. Выявлено, что круговые движения воздуха в котловине (в слое 200—1300 м, со средней протяженностью 700—1000 м) имеют квазипостоянный характер и мало зависят от изменения синоптической ситуации в регионе и от направления бризовой циркуляции.

Анализ данных самолетного зондирования пограничного слоя атмосферы (на высотах 400 и 900 м) в сентябре 1991 г. позволил выявить особенности циркуляции воздуха вдоль периметра оз. Байкал [2]. Направление движения воздуха вдоль западного побережья имело северную составляющую, вдоль восточного — южную.

Следует отметить, что обнаруженные особенности циркуляции нельзя объяснить только совместным действием местных ветров, начиная от бризов, горно-долинной циркуляции и заканчивая бораподобными, такими как сарма и баргузин [1]. В [2] была высказана гипотеза о том, что такая циркуляция обусловлена сочетанием канального и бризового эффектов.

Повторное самолетное зондирование атмосферы над акваторией оз. Байкал было проведено в июне 1995 г. В то время лед на озере только растаял и вода была еще холодной, склоны же, наоборот, были прогреты. Данные этого зондирования подтвердили наличие круговой (против часовой стрелки) циркуляции воздуха в котловине озера. Однако параметры циркуляции не претерпели ожидавшихся изменений. Это обстоятельство позволило подвергнуть сомнению гипотезу, выдвинутую в [2], относительно вклада бризовой циркуляции. Согласно этой гипотезе, изменение направления бризовой циркуляции должно либо уменьшить интенсивность круговой циркуляции, либо изменить ее направление на противоположное.

В ходе повторного самолетного зондирования было выявлено влияние на круговую циркуляцию в котловине оз. Байкал еще одного фактора — синоптической ситуации в районе озера.

Полеты выполнялись 9 и 14 июня по периметру озера на высотах 400 и 700 м соответственно. В те дни синоптические ситуации в байкальском регионе были разными. 9 июня на изобарической поверхности 850 гПа над участком побережья г. Иркутск — бухта Песчаная наблюдался северо-северо-западный (340°) ветер 12 м/с, а над северной частью озера — юго-юго-восточный (160—180°) ветер 3 м/с. 14 июня на этой изобарической поверхности ветер над акваторией озера был переменным,

* Институт оптики атмосферы Сибирского отделения Российской академии наук.

3—5 м/с, а на АТ-700 над участком от южной оконечности озера до ст. Усть-Баргузин наблюдался северо-западный (290°) ветер 7—10 м/с, а севернее — западный 10 м/с.

Как видно на рис. 1а, б, изменение синоптической ситуации над озером не отразилось на направлении круговой циркуляции, а только привело к изменению скорости движения воздушной массы в его котловине.

В июне 1995 г. самолетное зондирование пограничного слоя атмосферы не проводилось над южной частью озера, а на высоте 400 м и над юго-западной. Тем не менее результаты самолетного зондирования 9 и 14 июня подтвердили наличие круговой циркуляции воздуха, устойчивой к изменению синоптической ситуации над байкальским регионом.

Следующая самолетная экспедиция на оз. Байкал была проведена в ноябре 1996 г. Полет выполнялся вблизи устья р. Селенга (рис. 1в). Вдоль восточного берега озера, севернее и южнее устья реки, были зафиксированы южные потоки (параллельные береговой линии). В непос-

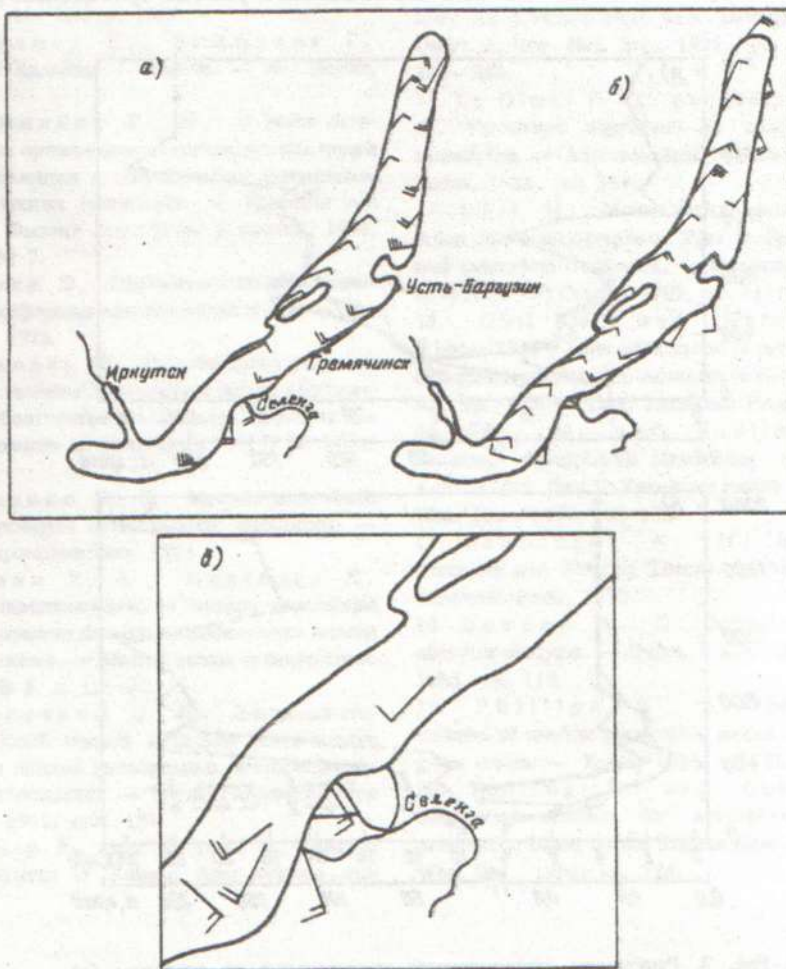


Рис. 1. Скорость и направление ветра вдоль периметра оз. Байкал по результатам самолетных измерений 9 (а) и 14 (б) июня 1995 г. и 2 ноября 1996 г. (в).

редственной близости от устья направление движения воздуха в сторону оз. Байкал было перпендикулярно береговой линии озера. В день полета на изобарической поверхности 850 гПа над байкальским регионом преобладали северо-западные (280—290°) потоки, скорость которых не превышала 10 м/с.

Таким образом, результаты трех экспедиций на оз. Байкал подтверждают, что циркуляция воздуха по периметру оз. Байкал мало зависит от синоптической ситуации над регионом и бризового эффекта.

Однако проведенные наблюдения (самолетные зондирования) были эпизодическими, поэтому по их результатам нельзя получить полной информации о циркуляции воздуха в котловине оз. Байкал, в частности нельзя определить горизонтальную (поперечную) и вертикальную составляющие циркуляционной ячейки; суточную изменчивость циркуляции; распространенность явления по акватории оз. Байкал. Первые ограничения связаны с особенностями движения самолета в атмосфере и ограниченностью по времени беспосадочного нахождения в районе проведения работ.

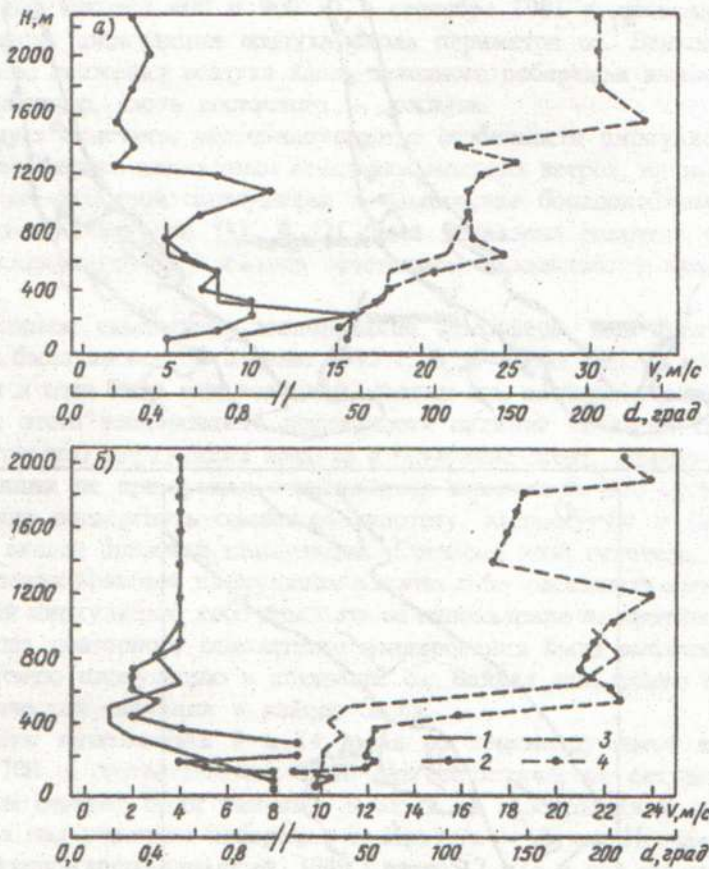


Рис. 2. Результаты шаропилотного зондирования на западном (а) и восточном (б) побережьях оз. Байкал.

1, 2 — скорость ветра; 3, 4 — направление; а) бухта Песчаная, 10 августа 1997 г., зондирование в 17 ч (1, 3) и 21 ч (2, 4); б) п. Греничниск, 14 августа 1997 г., сроки зондирования 15 ч (1, 3) и 18 ч (2, 4).

Второе обусловлено невозможностью полетов вдоль береговой линии оз. Байкал в темное время суток.

Поэтому в 1997 г. была проведена экспедиция для экспериментального определения геометрических параметров вихревой ячейки и суточного изменения циркуляции над оз. Байкал. В ходе экспедиции удалось осуществить широпилотное зондирование базисным методом в двух точках побережья оз. Байкал: на западном побережье, в бухте Песчаная (рис. 2а), и на восточном, п. Гремячинск (рис. 2б). На рисунках хорошо видно, что на западном побережье озера направление ветра на высотах 500—1400 м имеет выраженную восточную составляющую, а на восточном побережье на высотах 600—1200 м в направлении ветра преобладает юго-юго-западная составляющая. На высоте более 1500 м направление ветра соответствует синоптической ситуации в дни запусков шаров-пилотов.

Эти аэрологические данные позволили сделать оценку вертикальной протяженности ячеек циркуляции. Оказалось, что и западная и восточная ячейки имеют протяженность 700—1000 м, их нижняя граница находится на высоте 200—500 м, верхняя — 900—1200 м, выше 1500 м круговая циркуляция не наблюдается.

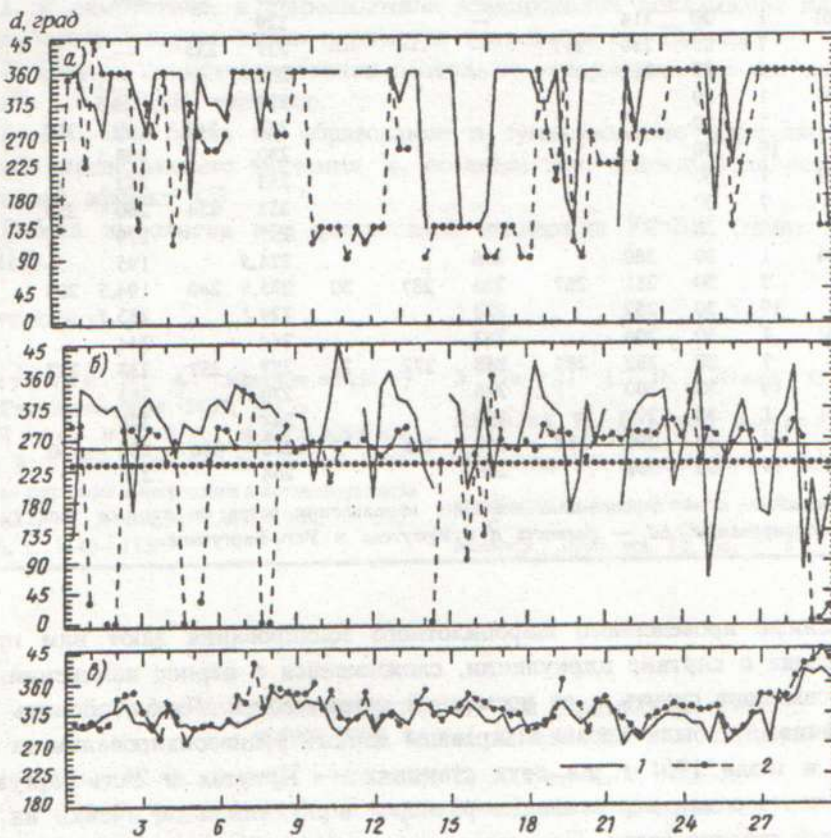


Рис. 3. Месячный тренд направления ветра на разных высотах на ст. Иркутск (1) и Усть-Баргузин (2) в январе 1961 г.

а) 0 м; б) 500 м; в) 3461 м.

Среднемесячные значения направления ветра (град) на разных высотах на станциях Иркутск и Усть-Баргузин в январе и июле 1961 г.

Высота, м	Время		Январь					Июль				
			Иркутск		Усть-Баргузин		Δd	Иркутск		Усть-Баргузин		Δd
	ч	мин	\bar{d}	\bar{d}	\bar{d}	\bar{d}		\bar{d}	\bar{d}	\bar{d}	\bar{d}	
0	1	30	69		124			103		67		
	7	30	79	71	130	121	-50	146	137	171	151	-14
	19	30	66		109,5			163		214		
100	1	30	216		174			226		169		
	7	30	219	223	177	181	42	240	237	220	218	19
	19	30	234		193			244		266		
200	1	30	235		189			244		217		
	7	30	247	241	190	193	48	252	241	249	242	-1
	19	30	241		201			226		261		
500	1	30	274,5		258,5			251		182		
	7	30	245	259	222	233	26	263	247	204	205	42
	19	30	258		217,5			227		230		
761	1	30						252		212		
	7	30						263	247	247	235	12
	19	30						225		246		
961	1	30	214		—			229		—		
	7	30	220	217	—	—	—	237	235	—	—	—
	19	30	218		—			238		—		
1061	1	30						237		202,5		
	7	30						263	243	199	214	28
	19	30						230		238,5		
1361	1	30						253		252		
	7	30						252	254	240	257	-3
	19	30						257		279		
1461	1	30	280		256			224,5		195		
	7	30	261	267	226	237	30	265,5	240	194,5	208	32
	19	30	262		228			229,5		233,5		
1961	1	30	296		282			244		244		
	7	30	282	293	258	272	21	257	257	233	247	10
	19	30	300		276			270		283		
2461	1	30	297		296			244		275		
	7	30	299	298	300	295	3	255	256	230	260	-4
	19	30	303		288			268		276		

Примечание. \bar{d} — осредненные значения направления ветра по данным трех сроков радиозондирования; Δd — разность \bar{d} в Иркутске и Усть-Баргузине.

Данные проведенного шаропилотного зондирования дают нам представление о картине циркуляции, сложившейся в период измерений, но не позволяют судить о ее временной устойчивости. Чтобы оценить эту устойчивость, были проанализированы данные радиозондирования за январь и июль 1961 г. на двух станциях — Иркутск и Усть-Баргузин. Они подтвердили вертикальные размеры циркуляционной ячейки на восточной стороне озера. При этом станция Иркутск рассматривалась как контрольная по отношению к станции Усть-Баргузин.

Для наглядности на рис. 3 приводится месячный тренд направления ветра на высотах 0, 500 и 3461 м в Иркутске и Усть-Баргузине. Хорошо прослеживается хаотичность направления ветра на высоте 0 м и прак-

тически полное совпадение направления ветра в свободной атмосфере. На графике для высоты 500 м изображены две линии, показывающие среднее направление ветра в течение месяца. Разность Δd между средними значениями направления ветра в Иркутске и Усть-Баргузине равна 26° . Учитывая западно-восточный перенос, преобладающий в этом регионе, мы получили согласованные результаты с предыдущими экспериментами.

В таблице представлены разности среднемесячных значений направления ветра на этих станциях. Сопоставление данных по двум станциям показывает, что режимы ветра над ними в слое 200—1500 м существенно различаются. На ст. Усть-Баргузин направление ветра на этих высотах имеет четко выраженную южную составляющую. В данных за июль из общей согласованной картины выбиваются только значения Δd на высотах 761 и 1361 м. В данных же за январь значения на этих высотах отсутствуют. Пока остается непонятной природа происхождения этих отклонений. Можно лишь отметить, что во время летней экспедиции 1997 г. (см. рис. 2) наблюдалось подобное же изменение циркуляции на этих высотах. Возможно, это компенсирующие движения на границах циркуляционных ячеек.

В заключение работы подведем итоги:

1. И самолетное, и шаропилотное зондирования показывают наличие циркуляции воздуха вдоль периметра котловины оз. Байкал.
2. Данные радиозондирования позволяют утверждать, что это явление имеет постоянный характер.
3. Влияние бриза на образование и существование циркуляции не носит определяющего значения, и, по-видимому, основным является канальный эффект [3].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 97-05-64219).

Литература

1. Бурман Э. А. Местные ветры. — Л., Гидрометеоздат, 1969, 324 с.
2. Зуев В. Е., Антонович В. В., Белан Б. Д. и др. Феномен круговой циркуляции в котловине озера Байкал. — Доклады РАН, 1992, т. 325, № 6, с. 1146—1150.
3. Garrat I. R., Hess G. D., Physick W. L., and Bougeault P. The atmospheric boundary layer — advances in knowledge and application. — Bound. Layer Meteorol., 1996, vol. 78, pp. 9—37.

Поступила
29 VII 1998

SOME CHARACTERISTICS OF AIR CIRCULATION ALONG THE BAIKAL COASTLINE

M. Yu. Arshinov, B. D. Belan, G. A. Ivlev, A. V. Podanev,
E. V. Pokrovskii, T. M. Rasskazhikova, and T. K. Sklyadneva

The results of the study of air circulation along the perimeter of the Lake Baikal basin are presented. The circulation was found from the airborne sounding of the atmosphere over the lake in 1991. It is established that the circular air motion in the lake basin (in a layer of 200—1500 m with a mean depth of 700—1000 m) is quasi-stationary and only slightly depends on variations of a synoptic situation in the region and on the direction of breeze circulation.