

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 551.509.52

Л.Г. Ананова

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ВЛАЖНОСТИ И ДАВЛЕНИЯ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ
НА РАЗВИТИЕ ШКВАЛОВ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Представлены результаты исследований повторяемости температуры, влажности и давления воздуха у поверхности земли при наличии шквалов на юго-востоке Западной Сибири. Исследования выполнены на основе наблюдений за погодой на аэродроме г. Томска. Полученные результаты позволяют модернизировать существующие методы прогноза шквалов.

Одной из актуальных задач метеорологии являются выявление природы опасных явлений погоды (ОЯ), связанных с зонами активной конвекции (ливень, град, шквалы), исследование их повторяемости, условий возникновения и прогнозирования. Актуальность решения этой задачи подтверждают фактические данные об ущербе, причиняемом отраслям экономики конвективными ОЯ. Ущерб исчисляется миллиардами рублей, влечет за собой человеческие жертвы, пагубно влияет на экологию [1].

В последние годы на юге Томской области участились случаи возникновения конвективных ОЯ. В ночь с 9 на 10 июля 2005 г. по южным районам Томской области прошел ураган. Зону примерно в 1000 га охватила сильнейшая гроза с ливнем и ураганным ветром силой до 20–25 м/с. Гроза продолжалась четыре часа, с часу ночи до пяти утра. Ветер с легкостью подрубал стволы берез, осин и даже сосен, а некоторые вырывал с корнем. На трассе Томск–Мельниково было повалено около 40 га леса. В семнадцати населенных пунктах Шегарского и Томского районов были повреждены линии электропередач и прервана подача электроэнергии.

Вечером 17 июня 2007 г. на юго-западные районы Томской области обрушился ураганный ветер с грозой и ливнем, порывы ветра достигали 27 м/с. Сотни километров оборванных электропроводов, вышедшие из строя станции водозабора, тысячи поваленных деревьев. Почти два дня без света оставалось большинство томичей и жителей 142 населенных пунктов в Томском, Кривошеинском, Шегарском и Кожевниковском районах. Самый серьезный урон от стихии понесли Ленинский и Октябрьский районы г. Томска. Около 20 крупных транспортных магистралей были заблокированы. Один человек погиб и более десятка ранены. Согласно официальным данным, в Томской области ущерб составил порядка 40 млн руб. (из них в областном центре – 31 млн руб.).

Анализируя последствия ураганов 10 июля 2005 г. и 17 июня 2007 г., можно сделать вывод, что над южными районами Томской области в эти дни развивалась мощная кучево-дождевая облачность с грозами, сильными ливнями и шквалистыми усилениями ветра до 25–30 м/с. В работе [2] отмечено, что ущерб от ОЯ определяется не только интенсивностью и продолжительностью явления, но и характером местности, над которой оно осуществляется, поэтому исследование местных особенностей формирования шквалов представляется весьма актуальным.

В метеорологии шквалом называется внезапное резкое усиление ветра на 8 м/с и более за короткий промежуток времени, не более 2 мин. Скорость ветра при шквале больше 10 м/с (нередко превышает 25 м/с). Продолжительность швала от одной минуты и более. Наблюдается при кучево-дождевых облаках, грозах, ливнях [3, 4]. Шквал считается опасным явлением погоды, если скорость ветра при шквале (включая порывы) не менее 25 м/с [5].

Материалом для исследования послужили данные регулярных и специальных наблюдений за погодой, взятые из дневников погоды АВ-6. Период исследования составил 14 лет: с 1991 по 2004 г. Всего за исследуемый период были выявлены и рассмотрены 64 случая со шквалами. Шквалы в районе г. Томска наблюдаются с мая по сентябрь, при этом чаще всего отмечаются шквалы умеренной силы (со скоростью ветра от 15 до 19 м/с), сильные шквалы (со скоростью 20 м/с и более) отмечаются редко и составляют около 10% от общего числа случаев [6].

Вероятность возникновения шквалов тесно связана с распределением метеорологических элементов у поверхности земли. Для изучения влияния различных метеорологических элементов на возникновение шквалов в работе исследованы: температура воздуха (T), температура точки росы (Td), парциальное давление водяного пара (e), относительная влажность (f), атмосферное давление, приведенное к уровню моря по стандартной атмосфере (P) в сроки, ближайšie ко времени возникновения швала.

Для прогноза шквалов с заблаговременностью до 9–12 ч российскими и зарубежными учеными разработано множество расчетных методов с использованием различных предикторов [7]. Одними из наиболее важных и часто используемых предикторов являются максимальная температура воздуха (T_{\max}) и максимальное значение температуры точки росы в утренний срок (Td_{\max}). Исследование зависимости повторяемости шквалов от максимальной температуры воздуха изложено в работе [8], поэтому в данной статье будут более подробно рассмотрены изменения значений Td_{\max} при шквалах.

Повторяемость шквалов в зависимости от распределения различных метеорологических элементов рассчитана по месяцам теплого периода года с мая по сентябрь и представлена в табл. 1–4.

Температура воздуха у поверхности земли в момент, ближайший к началу швала, ниже, чем макси-

мальная температура воздуха в день с явлением. Это объясняется тем, что к моменту начала шквала уплотняется облачность, увеличивается ее количество, в большинстве случаев шквалы сопровождаются грозой и ливневыми осадками. Повторяемость шквалов в зависимости от температуры воздуха у земли представлена в табл. 1. Чаще всего (около 40% случаев) шквалы

возникают при температуре 15–20°C. Более половины всех шквалов (53% случаев) возникают при температуре воздуха от 20 до 30°C. Сильные шквалы в летнее время года (июнь–август) отмечаются при повышенной температуре воздуха 25–30°C, в переходные сезоны года (май и сентябрь) – при температуре 10–15°C. В сентябре шквалы отмечаются при $T < 20^\circ\text{C}$.

Т а б л и ц а 1

Зависимость повторяемости шквалов от температуры воздуха у земли, %

$T, ^\circ\text{C}$	Месяц					Слабые и умеренные шквалы	Сильные шквалы	Всего за сезон
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь			
10,0–14,9	1,6	3,1	–	–	3,1	4,7	3,1	7,8
15,0–19,9	9,4	9,4	4,7	12,5	3,1	37,5	1,6	39,1
20,0–24,9	10,9	1,6	12,5	6,2	–	29,7	1,6	31,2
25,0–29,9	4,7	4,7	10,9	1,6	–	18,7	3,1	21,9

Влагосодержание воздуха имеет огромное значение для развития грозовой деятельности и в значительной степени влияет на возникновение шквалов. Поэтому мы рассмотрели различные характеристики влажности, которые используются при прогнозе гроз и шквалов. Повторяемость шквалов в зависимости от парциального давления водяного пара (e , гПа) представлена в табл. 2, повторяемость шквалов в зависимости от максимального значения температуры точки росы в утренний срок (Td_{\max} , °C) дана в табл. 3. Как показывают данные табл. 2 и 3, значения e и Td_{\max} при шквалах имеют хорошо выраженный сезонный ход, от мая к

июлю они повышаются, затем убывают к сентябрю. Большинство шквалов (75% случаев) образуются при высоком влагосодержании воздуха, $10 \leq e \leq 20$ гПа и $10 \leq Td_{\max} \leq 20^\circ\text{C}$. Значения $e > 20$ гПа и $Td_{\max} > 15^\circ\text{C}$ отмечаются только в летние месяцы (июнь–август). Относительная влажность воздуха f при шквалах является наиболее изменчивым параметром из рассмотренных нами параметров влажности. Ее значения при шквалах изменялись от 27% при сухих шквалах до 98% в тех случаях, когда шквалы сопровождались ливневым дождем и градом. Чаще всего шквалы отмечаются при относительной влажности воздуха от 60 до 80%.

Т а б л и ц а 2

Зависимость повторяемости шквалов от парциального давления водяного пара, %

Парциальное давление водяного пара e , гПа	Месяц					Слабые и умеренные шквалы	Сильные шквалы	Всего за сезон
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь			
5,0–9,9	7,8	1,6	–	–	3,1	9,4	3,1	12,5
10,0–14,9	14,1	4,7	1,6	7,8	3,1	28,1	3,1	31,2
15,0–19,9	4,7	10,9	17,2	10,9	–	42,2	1,6	43,8
20,0–24,9	–	1,6	6,2	1,6	–	7,8	1,6	9,4
25,0 и более	–	–	3,1	–	–	3,1	–	3,1

Т а б л и ц а 3

Зависимость повторяемости шквалов от максимального значения температуры точки росы в утренний срок, %

$Td_{\max}, ^\circ\text{C}$	Месяц					Слабые и умеренные шквалы	Сильные шквалы	Всего за сезон
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь			
<0,0	3,1	–	–	–	–	1,6	1,6	3,2
0,0–4,9	3,1	–	–	–	1,6	3,1	1,6	4,7
5,0–10,0	10,9	3,1	–	1,5	3,1	17,2	1,6	18,8
10,0–14,9	9,4	6,3	12,5	9,4	1,6	39,0	–	39,0
15,0 и более	–	9,4	15,6	9,4	–	29,7	4,6	34,3

Благоприятным для развития шквалов на юго-востоке Западной Сибири является пониженный фон атмосферного давления. Повторяемость шквалов в зависимости от атмосферного давления у поверхности земли, приведенного к уровню моря по стандартной атмосфере (P , гПа), приведена в табл. 4. 61% шквалов

отмечались при $P < 1005$ гПа, из них четвертая часть (26% случаев) – при давлении воздуха менее 1000 гПа. Такое низкое атмосферное давление отмечается на территории Западной Сибири, как правило, вблизи центров циклонов. В то же время атмосферное давление воздуха (P , гПа) при шквалах в районе

г. Томска изменялось в широких пределах от 986,7 гПа (отмечено 5 июля 1997 г.) до 1019,2 гПа (отмечено 23 мая 1997 г.). Чаще всего (34% случаев) шквалы наблюдаются при $1000 \leq P < 1005$ гПа.

Результаты исследования параметров температуры, влажности и давления при шквалах в районе г. Томска хорошо согласуются с результатами, полученными ранее Р.А. Ягудиным [9] для Новосибирска.

Для более удобного использования полученных результатов при прогнозировании шквалов нами были рассчитаны и представлены в форме таблицы статистические характеристики метеорологических элементов при шквалах на юго-востоке Западной Сибири (табл. 5) для разных месяцев теплого периода года.

В табл. 5 представлены максимальные, минимальные, средние значения и стандартное отклонение.

Таблица 4

Зависимость повторяемости шквалов от атмосферного давления у поверхности земли, приведенного к уровню моря, %

P, гПа	Месяц					Слабые и умеренные шквалы	Сильные шквалы	Всего за сезон
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь			
<990,0	1,6	–	3,1	–	–	3,1	1,6	4,7
990,0–994,9	3,1	3,1	–	1,6	1,6	6,2	3,1	9,4
995,0–999,9	–	–	6,2	4,7	1,6	12,5	–	12,5
1000,0–1004,9	7,8	10,9	9,5	6,2	–	32,8	1,6	34,4
1005,0–1009,9	6,2	4,7	6,2	4,7	1,6	21,8	1,6	23,4
1010,0–1014,9	3,1	–	3,1	3,1	1,6	9,4	1,6	10,9
>1015	4,7	–	–	–	–	4,7	–	4,7

Таблица 5

Статистические характеристики метеорологических элементов при шквалах на юго-востоке Западной Сибири

Месяц	Значение метеоэлемента	Метеорологические элементы						
		T, °C	Td, °C	f, %	e, гПа	T _{max} , °C	Td _{max} , °C	P, гПа
Май	Максимальное	26,3	14,1	70,0	16,1	32,4	14,9	1019,2
	Минимальное	14,0	0,6	27,0	6,4	15,5	–3,8	989,4
	Среднее	20,3	8,6	48,6	11,4	23,2	8,0	1005,4
	Стандарт. отклон.	4,0	3,6	13,3	2,7	4,9	5,3	8,5
Июнь	Максимальное	28,6	17,9	96,0	20,5	29,7	16,8	1006,9
	Минимальное	11,0	6,5	42,0	9,7	12,4	7,0	991,3
	Среднее	19,5	13,2	69,4	15,4	21,8	13,8	1001,5
	Стандарт. отклон.	6,0	3,3	16,9	3,1	5,8	3,0	4,7
Июль	Максимальное	27,4	21,7	90,0	26,0	31,6	19,7	1014,0
	Минимальное	19,0	12,8	42,0	14,8	22,2	10,3	986,7
	Среднее	23,6	17,0	67,8	19,6	26,4	15,5	1002,4
	Стандарт. отклон.	2,9	2,8	13,7	3,5	2,8	2,2	7,3
Август	Максимальное	25,2	19,5	98,0	22,6	29,0	17,7	1011,2
	Минимальное	15,8	8,9	46,0	11,4	18,2	9,9	994,2
	Среднее	19,9	14,1	71,2	16,3	23,8	13,8	1002,8
	Стандарт. отклон.	3,0	2,8	17,6	2,9	3,4	2,6	5,1
Сентябрь	Максимальное	17,4	9,5	77,0	11,9	20,7	12,5	1010,6
	Минимальное	10,9	6,0	47,0	9,4	11,4	3,5	991,6
	Среднее	14,6	7,5	64,0	10,5	16,1	6,9	1001,2
	Стандарт. отклон.	2,8	1,5	14,1	1,1	3,8	3,9	8,5
Всего за сезон	Максимальное	28,6	21,7	98,0	26,0	32,4	19,7	1019,2
	Минимальное	10,9	0,6	27,0	6,4	11,4	–3,8	986,7
	Среднее	20,7	12,9	63,5	15,4	23,5	12,3	1003,0
	Стандарт. отклон.	4,5	4,6	17,2	4,4	4,8	4,8	6,9

В результате исследования получены средние значения температуры (T_{cp}), температуры точки росы (Td_{cp}), парциального давления водяного пара (e_{cp}) при шквалах выше средних многолетних значений этих же параметров, рассчитанных за период с 1991 по 2000 г.

В.И. Слущким в «Климатической характеристике аэропорта Томск (Богашево)» [10]. Средняя температура воздуха при шквалах в июне, июле и августе выше средних многолетних значений на 4°C, в мае – на 10°C и в сентябре – на 6°C [10. С. 104]. Средние климатиче-

ские значения температуры воздуха для Томска ниже средней температуры при шквалах на 5–11°C. Климатические значения по температуре воздуха и упругости водяного пара получены из монографии «Климат Томска» [11] и «Научно-прикладного справочника по климату СССР» [12]. Однако, несмотря на значительные превышения над климатическими и средними многолетними значениями, средняя температура воздуха при шквалах на юго-востоке Западной Сибири (20,7°C) ниже, чем средняя температура воздуха при шквалах на юге Прибалтики (23°C) [13. С. 45]. Средние значения упругости водяного пара при шквалах в районе г. Томска также выше климатических значений на 3–6 гПа, в

мае эта разница максимальна и составляет 6 гПа [11, 12]. Среднее атмосферное давление при шквалах ниже среднего многолетнего для аэропорта Томск на 6–15 гПа, причем в июле разница между ними меньше, чем в сентябре и мае [10. С. 118].

Благоприятные условия для возникновения шквалов на юго-востоке Западной Сибири создаются при повышенной температуре (T , T_{\max}) и влажности (e , Td , Td_{\max} , f) воздуха и пониженном атмосферном давлении (P).

Результаты работы позволят модернизировать существующие методы прогноза шквалов и могут использоваться в оперативной работе Гидрометцентрами и авиаметеорологическими станциями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева А.А., Глушкова Н.И. Особенности развития стихийных конвективных явлений и их прогноз // Тр. ГМЦ России. Л.: Гидрометеоздат, 2000. Вып. 330. С. 90–97.
2. Васильев А.А., Глушкова Н.И., Латчева В.Ф. Повторяемость конвективных явлений в атмосфере, приводящих к стихийным бедствиям // Метеорология и гидрология. 1994. № 2. С. 15–19.
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам // Метеорологические наблюдения на станциях. Л.: Гидрометеоздат. Ч. 1, вып. 3. 1985. 300 с.
4. Перечень неблагоприятных гидрометеорологических явлений – РД № 02.05. – 4/2 от 16.01.2004 г. Разработано в Западно-Сибирском межрегиональном территориальном управлении по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Новосибирск, 2004. 14 с.
5. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. СПб.: Гидрометеоздат, 2002. 42 с.
6. Ананова Л.Г. Ветровые характеристики шквалов в районе г. Томска // V Международный симпозиум «Контроль и реабилитация окружающей среды»: Матер. симп. / Под общ. ред. М.В. Кабанова, А.А. Тихомирова. Томск, 2006. С. 108–109.
7. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 301 с.
8. Ананова Л.Г. Зависимость повторяемости шквалов от максимальной температуры воздуха // Материалы девятой Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: экология, надежность, безопасность». Томск: Изд-во ТПУ, 2003. Т. 2. С. 141–144.
9. Ягудин Р.А. Синоптико-метеорологические и термодинамические условия возникновения шквалов в районе Новосибирска // Тр. НР ГМЦ. Л.: Гидрометеоздат, 1971. Вып. 5. С. 128–142.
10. Климатическая характеристика аэропорта Томск (Богашево): Справочник / Сост. В.И. Слущкий. Томск, 2005. 222 с.
11. Климат Томска / Под ред. С.Д. Кошинского, Л.И. Трифионовой, Ц.А. Швер. Л.: Гидрометеоздат, 1982. 176 с.
12. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3 // Многолетние данные. Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. Ч. 1–6, вып. 20. 718 с.
13. Буз А.И. Условия образования шквалов на юге Прибалтики // Анализ и прогноз особо опасных явлений погоды / Тр. ГМЦ СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1973. Вып. 105. С. 36–53.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 2 июля 2007 г.