

циенты корреляции по р. Иссыката составляют для июня 0,995, для июля — августа 0,980, по р. Аламедин для июня 0,998, для июля — августа 0,988.

Предварительная апробация разработанных методик показала удовлетворительные результаты, дающие возможность прогнозировать среднесуточные расходы воды по Иссыкату и Аламедину с заблаговременностью 1 сут для всех месяцев (апрель — август) и с заблаговременностью 2 сут за исключением июня с относительной погрешностью до 15% (табл. 3).

Д. Х. САЛИХОВА, Л. Ф. ЛЯХОВСКАЯ

АЭРОСИНОПТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗ СЕЛЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ В БАССЕЙНЕ р. ЗЕРАВШАН

По активности селевой деятельности на территории Узбекистана предгорья Зеравшанской долины уступают лишь Ферганской долине. В [2] рассматривались селеобразующие синоптические процессы в целом для всей республики. В данной статье на материале наблюдений за период с 1950 по 1985 г. более подробно исследованы аэросиноптические условия, приводящие к формированию селей в Самаркандской, Бухарской, Навоийской и Джизакской областях, расположенных в бассейнах рек Зеравшан и Санзар.

Как и для предгорий Ферганской долины [3], основными селеобразующими синоптическими процессами являются холодные вторжения и образование циклонов в средней и верхней тропосфере. Селевые паводки здесь формируются при западных и северо-западных вторжениях как с предшествующим выходом циклонов (типы 1, 2, 3/10 и 1, 2, 3/5), так и без их выхода (типы 10, 5) [1]. Вероятность прохождения селевых паводков при этих процессах в наиболее селеактивном периоде (с марта по май) составляет 21—25% в первом случае и 8—11% во втором случае. Если в предгорьях Ферганской долины роль северных вторжений и затоков с севера в образовании селевых паводков велика (вероятность их в мае — июне 25—40%), то в предгорьях Зеравшанской долины сели формируются при этих процессах только в мае с вероятностью всего 4% (табл. 1).

При высотном циклогенезе над западными и центральными районами Средней Азии селевые паводки чаще возникают за холодными фронтами южнокаспийских, или мургабских, циклонов (тип 8/1, 2), выходящими под интенсивной высотной фронтальной зоной (ВФЗ), окаймляющей циклон на изобарической поверхности 500 гПа (H_{500}) или за холодным фронтом с запада или северо-запада в тылу этих циклонов (тип 8/10, 5). В более редких случаях селевые паводки формируются непосредственно

Вероятность селевых паводков с различным ущербом народному хозяйству при разных синоптических процессах в предгорьях Зеравшанской долины за 1960—1985 гг.

Тип синоп- тического процесса	Март						Апрель						Май					
	Число синопти- ческих процес- сов			Без ущерба с ущер- бом			Число синопти- ческих процес- сов			Без ущерба с ущер- бом			Число синопти- ческих процес- сов			Без ущерба с ущер- бом		
1, 2, 3/10	47	4	2	4	11		46	9	9	4	4		23	4	4	4	4	—
10	26	8					34	6					41	10	2		2	2
1, 2, 3/5	16	13					11	18					5	20	20		20	20
5	14						17						28	7	4		7	7
1, 2, 3/6	4						1						2	50				
6, 6	5						11						26	4				
8	12						29	4		4	4	16	24	25				
1, 2, 3, 7/8	19						43	19		7	5	20	12	33		8		9
8/5, 6, 10	4						10	20		10	2	4	23	17	4			
7	32	25			25	6	28	14		4			20	5				
1, 2, 3	27	7					20	5					6	17	3			3
Всего	159	5		1	5		204	12		4	2	7	187	14				
Всего за март — май																		
Тип синоп- тического процесса	Июнь						Июль						Всего за март — май					
	Число синопти- ческих процес- сов			Без ущерба с ущер- бом			Число синопти- ческих процес- сов			Без ущерба с ущер- бом			Число синопти- ческих процес- сов			Без ущерба с ущер- бом		
1, 2, 3/10	7	2					59						116	6	5	4	6	6
10	54		2										101	8	1		2	2
1, 2, 3/5	34						38						32	16	3	3	3	3
5													59	3	2			
1, 2, 3/6	31						30						7	14				
6, 6	14						8						42	2				
8	2												65	11		2	9	9
1, 2, 3, 7/8	12		7				10			12	10	12	74	16	5	4	14	14
8/5, 6, 10	5												37	19	8		4	4
7													80	7	1		2	2
1, 2, 3													53	9	4			
Всего	152	1		1	1	1	137			1	1	1	666	9	3	2	4	4

под влиянием самого циклона в его южной или западной частях (тип. 8). Вероятность селевых паводков при высотном циклогенезе и его разновидностях в марте — мае — от 13 до 41% (табл. 2).

В образовании селей большое значение имеет выход южнокаспийских, или мургабских, циклонов перед вторжением или по периферии высотного циклона на изобарической поверхности H_{500} . Почти в 75% всех случаев (дней) с селями, отмечался их выход. За случай принимался день, когда отмечались сели в одном или нескольких саях.

Анализ синоптических процессов и вероятность селей при этих процессах позволил выявить наиболее селеобразующие синоптические процессы в каждом месяце, что отражено в табл. 1, 2.

В феврале за исследуемый период отмечалось всего 2 случая селевых паводков, вызванных выходом южнокаспийского циклона с последующим северо-западным вторжением и волновой деятельностью (табл. 2).

В марте число дней с селями увеличивается до 31. Селевые паводки с вероятностью 21% формируются при выходе южнокаспийских, или мургабских, циклонов с последующим западным вторжением, с вероятностью 13% — с последующим северо-западным вторжением. При других преобладающих синоптических процессах вероятность селей меньше. Велика вероятность (75%) селей при образовании над территорией Средней Азии на изобарической поверхности H_{500} высотного циклона.

Апрель — самый селеактивный месяц на рассматриваемой территории. Вероятность селей при всех осадкообразующих синоптических процессах увеличивается в 2—3 раза в сравнении с мартом. Так, до 47% повышается вероятность их прохождения при высотных циклонах над территорией Туркмении (типы 8 и 1, 2, 7/8) и до 22% — при волновой деятельности (тип 7).

В мае основные селеобразующие синоптические процессы те же, что и в апреле, но число дней с селями и вероятность их при осуществлении синоптических процессов уменьшается, за исключением северо-западных вторжений, при которых вероятность селей в мае увеличивается до 80%. В июне — июле случаи с селями редки, и с небольшой вероятностью они проходят при высотных циклонах на изобарической поверхности H_{500} и очень редко в июне при западных вторжениях.

За период с 1950 по 1985 г. четвертая часть селей нанесла ущерб народному хозяйству и достигала критериев опасных и особо опасных явлений (ОЯ, ООЯ). Наибольшая вероятность (13—14%) разрушительных селей — в марте — мае при смещении или образовании над западными и центральными районами Средней Азии циклонов на изобарической поверхности 500 гПа, очерчиваемых одной или несколькими изогипсами (тип 8 и его разновидности), а также с вероятностью 6—10% — при западных и северо-западных вторжениях с предшествующим выходом циклонов.

Повторяемость (число случаев) селевых паводков (с различным ущербом) при разных синоптических процессах в предгорьях Зеравшанской долины за 1950—1985 гг.

Месяц	Критерий опасности селевого паводка	Тип синоптического процесса										Всего	
		1, 2, 3/10	10	1, 2, 3/5	5	1, 2, 3/6	6	8	1, 2, 3, 7/8	8/5, 6, 10	7		1, 2, 3
Февраль	Без ущерба										1		1
	С ущербом			1									1
	Всего			1							1		2
Март	Без ущерба	3		2	1				1	1	3	5	16
	С ущербом	3								1		2	6
	ОЯ	3											3
	ООЯ	3								1	2		6
	Всего	12		2	1				1	3	5	7	31
Апрель	Без ущерба	8	2	3			1	2	8	2	4	2	32
	С ущербом	5		2					3	1	2		13
	ОЯ	2						1	2			1	6
	ООЯ	2	1						7	2	1	1	14
	Всего	17	3	5			1	3	20	5	7	4	65
Май	Без ущерба	2	4	2	8	1	2	6	3	6	2	1	37
	С ущербом	1	1	2	1					2			7
	ОЯ	1		1					1				3
	ООЯ		1	1	1			1		4			8
	Всего	4	6	6	10	1	2	7	4	12	2	1	55
Июнь	Без ущерба	1	1										2
	С ущербом	1						1	1				3
	ОЯ												
	ООЯ	1											1
	Всего	3	1					1	1				6
Июль	Без ущерба				1								1
	С ущербом							1					1
	ОЯ									1			1
	ООЯ							1					1
	Всего				1			2		1			4
Август	Без ущерба							1					1
Сентябрь	Без ущерба							1					1
Февраль- сентябрь	Без ущерба	13	7	8	10	1	3	10	12	9	10	8	91
	С ущербом	9	2	5	1			2	4	4	2	2	31
	ОЯ	6		1				1	3	1	3	1	16
	ООЯ	5	3	1	1			2	7	7		1	27
	Всего	33	12	15	12	1	3	15	26	21	15	12	165

По положению барических образований на H_{500} можно различить четыре следующих типа полей в дни с разрушительными селевыми паводками:

1. Ультраполярная ложбина, ось которой западнее 60-го меридиана. В ложбине может быть циклон. Над центральными районами Средней Азии интенсивная высотная фронтальная зона ВФЗ.

2. Замкнутый циклонический вихрь на H_{500} над Устьюртом и западными районами Туркмении (центры циклонов расположены между 50 и 60° в. д. и 35 и 45° с. ш. Над центральными районами интенсивная высотная фронтальная зона.

3. Циклон на H_{500} в районе Тахтабазара — Чарджоу.

4. Над Средней Азией планетарная высотная фронтальная зона (ПВФЗ) в западном или юго-западном направлениях.

Проведенный анализ синоптических процессов 33 случаев (дней) с селями, зарегистрированных в верховьях Зеравшана на территории Таджикистана, за 1950 — 1985 гг. показал следующее. Сели здесь проходят с марта по август, с наибольшей повторяемостью в мае и июле. Селеформирующие синоптические процессы в основном те же, что и для предгорий Ферганской долины. В марте — апреле основную роль в формировании селей играют выходы циклонов с юга и юго-запада с последующим западным вторжением или выходы этих циклонов под фронтальной зоной, окаймляющей высотные циклоны на H_{500} над центральными и восточными районами Средней Азии.

В мае — августе сели возникают при вторжениях с северо-запада и севера, холодные фронты расположены в передней части высотных ложбин над востоком Средней Азии или при высотных циклонах на 500 гПа, центры которых находятся восточнее 60° в. д.

Выше было показано, что селевые паводки в предгорьях долин рек Зеравшан и Санзар формируются в основном при западных и северо-западных вторжениях и высотных циклонах на H_{500} над западными и центральными районами Средней Азии. Для этих процессов на основе дискриминантного анализа получен метод прогноза селевой опасности в этом районе с заблаговременностью от 12 ч до 2 сут в зависимости от синоптического процесса.

Основные положения метода прогноза селевой опасности с привлечением аэросиноптических данных достаточно полно освещены в [4]. Прогноз селевой опасности в крупном селеактивном районе дается по дискриминантным функциям, полученным на основе статистического анализа и выбора физически обоснованных предикторов. Наиболее показательными для формирования селей оказались термогигрометрические характеристики теплых и холодных воздушных масс при вторжениях и значения температуры и влажности в передней части циклона при высотном циклогенезе над Средней Азией. Эти характеристики выбирались на стандартных изобарических поверхностях 850, 700 и 500 гПа.

Для прогноза селевой опасности в рассматриваемом районе получено несколько видов дискриминантной функции. Здесь приводится одна из них

$$V(x) = 4,28 - 0,123 \sum_{850}^{500} (T - Td)_{т.м} - 0,131 \sum_{850}^{500} (T - Td)_{х.м} + \\ + 0,24 T_{к850 т.м} + 0,048 \sum_0^3 X_{увл}, \quad (1)$$

где $\sum_{850}^{500} T - Td$ — суммарный дефицит влажности в слое 850 — 500 гПа теплой воздушной массы перед фронтом (т. м) и холодной воздушной массы (х.м) за фронтом; $T_{к850 т.м}$ — температура конденсации воздуха перед фронтом сухоадиабатически поднимающегося с уровня 850 гПа до уровня конденсации; $\sum_0^3 X_{увл}$ — сумма осадков (максимальная из наблюдаемых в бассейне) за три дня, предшествующие формированию селевых паводков.

Пороговое значение $R=0$. Селевая опасность ожидается, если значение функции $v(x) > 0$. На обучающей выборке оправдываемость прогнозов $P=90\%$, показатель успешности $Q=0,82$, критерий успешности метода по сравнению со случайным прогнозом $H=0,82$. На независимой выборке соответственно $P=87\%$, $Q=0,82$, $H=0,73$. Помимо дискриминантных функций, прогноз селевой опасности можно составить по графику с двумя наиболее информативными предикторами. На рис. 1 дано графическое представление дискриминантной функции

$$V(x) = 2,039 + 0,37 T_{к850 т.м} - 0,19 \sum_{850}^{500} (T - Td)_{х.м}. \quad (2)$$

Для разработки метода прогноза селевой опасности в предгорьях рек Зеравшан и Санзар при высотных циклонах на H_{500}

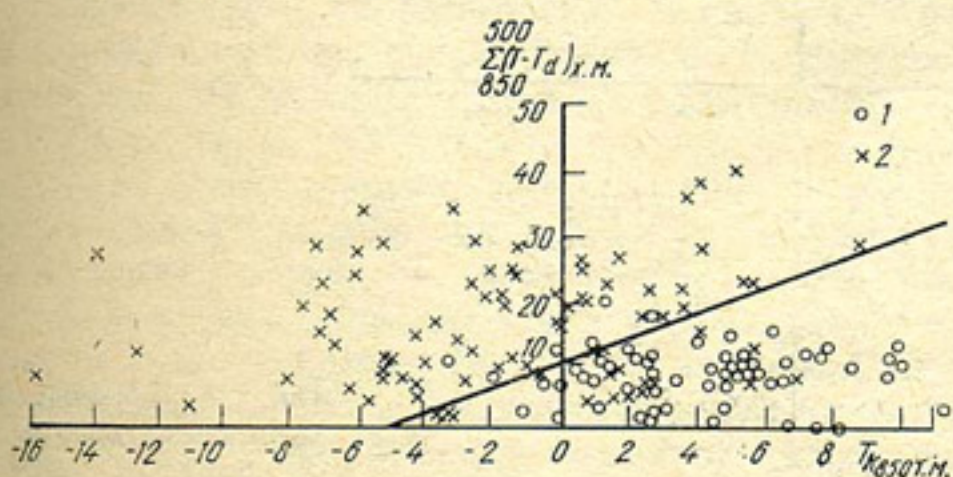


Рис. 1. Графическое представление дискриминантной функции (2) для прогноза селевой опасности при холодных вторжениях:

1 — случай с селями, 2 — случай без селей

был использован тот же набор предикторов, что и для предгорий Ферганской долины [4], только значения термогигрометрических характеристик воздушных масс выбирались по данным радиозондирующих станций, расположенных ближе к Зеравшанской долине, а именно Чарджоу или Ташкент.

Пошаговый перебор всех предикторов показал, что наибольшее влияние на образование селей оказывают следующие предикторы: $T_{\kappa_{850}}$ — температура конденсации водяных паров воздуха, поднимающихся с уровня 850 гПа до уровня конденсации; T_{500} — температура на изобарической поверхности 500 гПа; $\sum_{500}^{850} T - Td$ — суммарный дефицит точки росы в слое 850 — 500 гПа;

ΔH — разность геопотенциала в центре циклона и на его периферии. Все характеристики взяты в передней части циклона.

На основе выбранных информативных предикторов построена дискриминантная функция для прогноза селевой опасности при высотном циклогенезе

$$V(x) = 5,183 + 0,438 T_{\kappa_{850}} + 0,27 T_{500} - 0,028 \sum_{850}^{500} (T - Td) + 0,015 \Delta H, \quad (3)$$

где на зависимой выборке $P=90\%$, $Q=0,86$, $H=0,80$; на независимой выборке $P=80\%$, $Q=0,75$, $H=0,55$. Заблаговременность прогноза 12 — 24 ч.

Прогноз селевой опасности при высотных циклонах можно давать также по графику (рис. 2), построенному на основании уравнения с двумя предикторами

$$V(x) = 4,059 + 0,499 T_{\kappa_{850}} + 0,234 T_{500}. \quad (4)$$

Метод прогноза селевой опасности проходит производственные испытания в отделе гидропрогнозов Гидрометеорологического центра Узбекского УГКС. В 1986 г. оправдываемость прогнозов селевой опасности при холодных вторжениях составила 95%; из

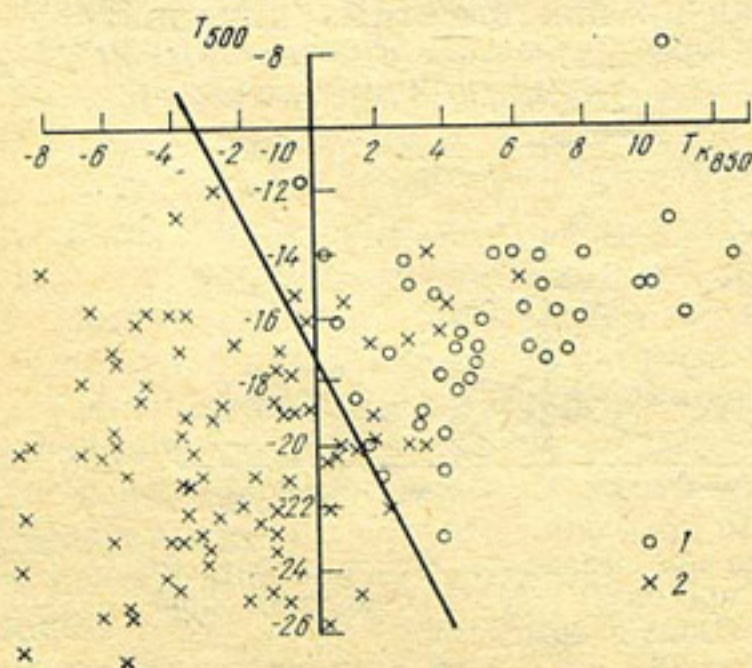


Рис. 2. Графическое представление дискриминантной функции (4) для прогноза селевой опасности при высотном циклогенезе над Средней Азией:
1, 2 см. рис. 1

22 прогнозов не оправдался один. При высотном циклогенезе оправдываемость 70%, из 10 прогнозов не оправдалось три, причем в двух случаях были сильные осадки, но сообщений о селях не поступило.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаев В. А., Джорджио В. А. Синоптические процессы Средней Азии. — Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1957. — 477 с.
2. Ляховская Л. Ф. Анализ физико-географических, метеорологических и синоптических условий распространения селей на территории Узбекистана. — Труды САНИИ Госкомгидромета, 1986, вып. 119(200), с. 65 — 71.
3. Салихова Д. Х. Аэросиноптические условия формирования разрушительных селевых паводков в предгорьях Ферганской долины. — Труды САНИИ Госкомгидромета, 1986, вып. 119(200), с. 72 — 74.
4. Салихова Д. Х., Ляховская Л. Ф. Метод прогноза селевой опасности в предгорьях Ферганской долины. — Труды САНИИ Госкомгидромета, 1986, вып. 119(200), с. 75 — 78.

Л. Ф. ЛЯХОВСКАЯ

СЕЛЕВАЯ ОПАСНОСТЬ В ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕЕ КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ

Селеактивная зона Ташкентской области представлена предгорным и среднегорным районами бассейнов рек Чирчик (зона 1600 — 3100 м над ур. м. и Ахангаран (зона 1200 — 2500 м).

Предгорья и горы Ташкентской области интенсивно осваиваются человеком: строятся гидроэлектростанции, развивается горнорудная промышленность, расширяется сеть спортивно-оздоровительных лагерей и зон отдыха трудящихся, строятся транспортные магистрали, широко развит туризм.

В селеопасных районах области проводятся активные противо-селевые мероприятия — лесомелиоративные работы (например, в урочище Акташ), которые снижают опасность возникновения селей, но не ликвидируют ее полностью. В связи с этим необходим прогноз и своевременное предупреждение о селевой опасности, которые если не обеспечат полное предотвращение ущерба, то позволят принять меры для его сокращения.

Для решения поставленной задачи использовался архив данных о селях и селеформирующих факторах (суточная сумма осадков, среднесуточная и минимальная температуры воздуха, термогигрометрические характеристики воздушных масс над бассейном перед фронтом и за холодным фронтом) за период 1950 — 1985 гг.

Таким образом, с целью использования наиболее информативных предикторов для прогноза селевой опасности обобщены материалы наблюдений за тридцатилетний период. Всего за рассматриваемый период в Ташкентской области наблюдалось 76 селевых паводков, из которых 51 приходится на бассейн р. Чирчик и 25 — на бассейн р. Ахангаран.