

УДК 551.578.48
БАК: 25.00.27; 25.00.31

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Статистический метод прогноза снеголавинной активности на юго-западе Магаданской области

М. В. Ушаков,
ФГБУН Северо-Восточный
комплексный
научно-исследовательский
институт им. Н. А. Шило
Дальневосточного отделения
РАН, г. Магадан

Аннотация

Одной из характерных особенностей Магаданской области является ежегодный сход снежных лавин. Для оценки рисков, связанных со снеголавинной активностью, необходимы ее долгосрочные прогнозы. На основе результатов спектрального анализа для юго-запада Магаданской области впервые получен удовлетворительный метод сверхдолгосрочного прогноза снеголавинной активности на весь зимний сезон. По прогностическому уравнению можно составить «расписание» снеголавинной активности на много лет вперед. Оправдываемость проверочных прогнозов составила 68,2%. Вместе с тем надо иметь в виду, что прогностическое уравнение получено по короткому ряду наблюдений, поэтому требуется его уточнение по мере накопления фактического материала.

Ключевые слова: снежные лавины, спектральный анализ, гармоника, оправдываемость прогнозов.

Содержание

Введение

1. Материалы и методы

2. Прогностическая модель и ее верификация

Заключение

Литература

Введение

Значительные помехи в работе автотранспорта Магаданской области создают снежные лавины [1, 2]. В [3] указывалось, что для Арктической зоны России необходима оценка погодно-климатических рисков в экстремальных ситуациях. На основе анализа циклонической активности в северо-западной части Тихого океана в работе [4] были получены оценочные регрессионные связи, характеризующие в определенной мере закономерности динамики последовательных всплесков этой активности. Эти связи представляются достаточно важными. Они дают возможность, хотя и оценочно, иметь представление о характере ближайшей циклонической активности. То есть сделан шаг к оценке погодно-климатических рисков в экстремальных ситуациях, связанных с циклонами, которые воздействуют на Дальний Восток России.

В данной же работе ставится цель разработать метод сверхдолгосрочного прогноза снеголавинной активности на весь зимний сезон на юго-западе Магаданской области, где проложены Тенькинская и Арманская автотрассы. На снеголавинные процессы влияет множество факторов (режим снегонакопления, термические и гидрофизические процессы в снежной толще, ветровой снегоперенос

и др.), и все их учесть практически невозможно. Поэтому в данной работе предлагается использовать статистический метод прогноза. О необходимости статистического анализа для прогнозирования чрезвычайных ситуаций сказано в [5].

Магаданская область расположена на северо-востоке России, на западе она граничит с Хабаровским краем, на северо-западе и севере — с Республикой Саха (Якутией), на северо-востоке — с Чукотским автономным округом, на востоке — с Камчатским краем, с юга область омывается Охотским морем. Характерной особенностью рассматриваемой территории является суровый климат, среднегодовые температуры воздуха ниже 0 °С [6]. Многолетняя мерзлота носит сплошной или прерывистый характер, на побережье Охотского моря — островной [7]. Большая часть территории представляет собой часть Яно-Чукотской горной страны, изрезанную сложной гидрографической сетью. Преобладающие высоты — 500—1500 м.

Снеголавинная активность на автодорогах Магаданской области (данные наблюдений КУГМС)

1. Материалы и методы

В работе использовались данные систематических наблюдений за сходом снежных лавин, производимых Колымским управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (КУГМС). Эти наблюдения с 1995 г. проводятся по единой методике, то есть ряды однородны. В 1997—2002 гг. снеголавинные наблюдения производились под руководством автора настоящей статьи. В качестве показателя снеголавинной активности было принято средневзвешенное количество сошедших за зиму лавин (табл. 1)

$$N = 0,83N_T + 0,17N_A, \quad (1)$$

где N_T — количество сошедших лавин на Тенькинской автодороге; N_A — то же на Арманской автодороге.

Весовые коэффициенты в (1) пропорциональны протяженности участков дорог, подверженных опасности схода лавин.

Таблица 1

Зима, годы	Количество сошедших за зиму лавин		Средневзвешенное количество лавин
	Тенькинская автотрасса	Арманская автотрасса	
1995—1996	49	3	41
1996—1997	36	0	31
1997—1998	18	6	16
1998—1999	14	5	12
1999—2000	47	1	41
2000—2001	7	9	6
2001—2002	21	2	21
2002—2003	13	21	12
2003—2004	50	5	44
2004—2005	24	13	22
2005—2006	34	10	30
2006—2007	26	12	25
2007—2008	79	18	68
2008—2009	20	15	19
2009—2010	12	14	11
2010—2011	50	7	44
2011—2012	7	12	7
2012—2013	6	8	6
2013—2014	35	5	31
2014—2015	38	9	33
2015—2016	48	13	42
2016—2017	24	6	21

Статистические характеристики снеговальной активности

Таблица 2

Среднее	Коэффициент вариации	Отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации	Коэффициент автокорреляции	Однородность	
				по среднему	по дисперсии
25,5	0,60	1,5	0	Да	Да

Несмотря на наблюдающееся глобальное потепление [8, 9], в многолетней динамике показателя снеговальной активности статистически значимого тренда не отмечается.

Для исследования частотной структуры многолетних колебаний снеговальной активности был проведен спектральный анализ. Спектральная функция $S(T)$ рассчитывалась с использованием весовой функции Хэмминга по формуле [10]

$$S(T) = 1/2\pi +$$

$$+ \sum_{\tau=1}^m [(0,54 + 0,46 \cos(\pi\tau/m))r(\tau)\cos(2\pi\tau/T)] / \pi, \quad (2)$$

где T — период ($T = 1, 2, \dots, m$ лет); τ — сдвиг по времени с дискретностью 1 год; m — максимальный сдвиг по τ ($m = n/2$ лет); n — длина ряда наблюдений; $r(\tau)$ — ординаты автокорреляционной функции.

2. Прогностическая модель и ее верификация

На рис. 1 видно, что в многолетних колебаниях показателя снеговальной активности имеются циклы продолжительностью 2, 3 и 4 года.

Значит, динамику снеговальной активности можно рассматривать как гармонические колебания с гармониками 2, 3, 4 года и наложенным шумом. Эти колебания можно аппроксимировать уравнением

$$N' = 25,6 + 5,65 \cos(2\pi(1997 - i)/2) + 8,94 \cos(2\pi(1998 - i)/3) + 9,20 \cos(2\pi(1999 - i)/4), \quad (3)$$

где N' — прогнозное значение показателя снеговальной активности; i — год начала зимы.

Отсутствие автокорреляции (см. табл. 2) и наличие гармоник в рассматриваемом временном ряду

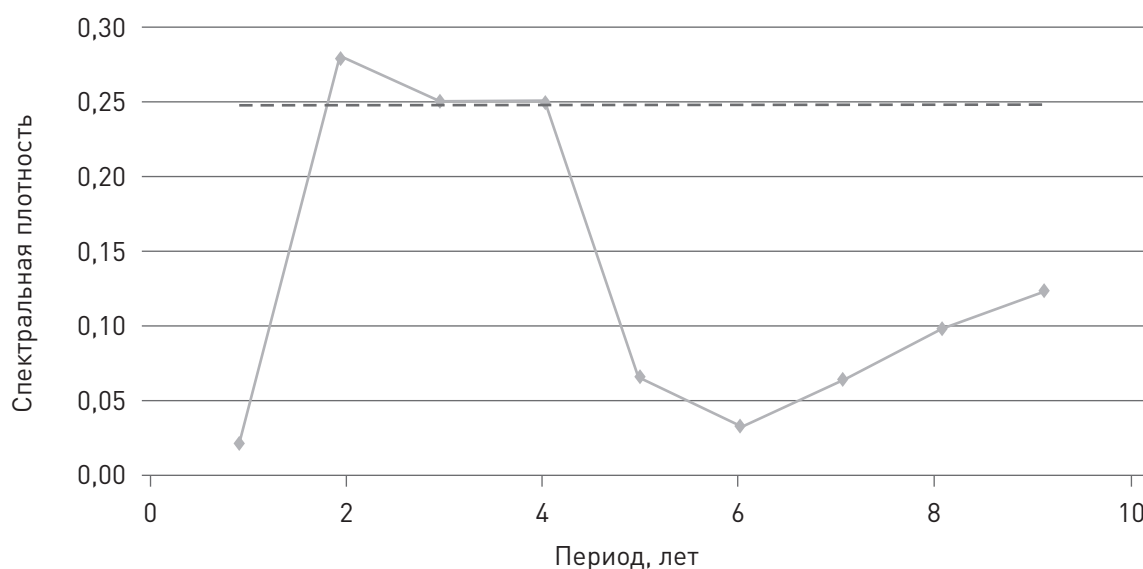


Рис. 1. Спектрограмма колебаний снеговальной активности (пунктиром проведен доверительный уровень 10%)

говорят о том, что сезонная снеголавинная активность представляет собой сложный Марковский процесс [11], а значит, к нему могут быть применимы статистические методы прогноза.

Это уравнение можно использовать как прогностическую модель. Такой подход был успешно использован в работе [12] для прогноза годового стока р. Анадырь.

О качестве прогностической модели можно судить по табл. 3 и рис. 2. Следует отметить, что по-

следние три зимы не использовались при получении уравнения (3), то есть три последних проверочных прогноза сделаны на независимом материале. Общая оправдываемость проверочных прогнозов составила 68,2%, отношение среднего квадратичной ошибки прогноза к стандартному отклонению ряда предиктанта — 0,76. В соответствии с [13] данный метод прогнозов является удовлетворительным.

Таким образом, на основе уравнения (3) можно составить «расписание» снеголавинной актив-

*Проверочные прогнозы снеголавинной активности по уравнению (3)
(допустимая ошибка 11)*

Таблица 3

Зима, годы	Количество лавин за зиму		Ошибка прогноза	Оправдываемость прогноза
	по прогнозу	фактическое		
1995—1996	18	41	–23	Оправдался
1996—1997	15	31	–16	Не оправдался
1997—1998	18	16	2	Оправдался
1998—1999	29	12	17	Не оправдался
1999—2000	36	41	–5	Оправдался
2000—2001	15	6	9	Оправдался
2001—2002	31	21	10	Оправдался
2002—2003	15	12	3	Оправдался
2003—2004	36	44	–8	Оправдался
2004—2005	29	22	7	Оправдался
2005—2006	18	30	–12	Не оправдался
2006—2007	15	25	–10	Оправдался
2007—2008	49	68	–19	Не оправдался
2008—2009	15	19	–4	Оправдался
2009—2010	18	11	7	Оправдался
2010—2011	29	44	–15	Не оправдался
2011—2012	36	7	29	Не оправдался
2012—2013	15	6	9	Оправдался
2013—2014	31	31	0	Оправдался
2014—2015	15	33	–18	Не оправдался
2015—2016	36	42	–6	Оправдался
2016—2017	29	21	8	Оправдался
Оправдываемость				68,2%



Рис. 2. Расчетная и фактическая снеголавинная активность

сти на юго-западе Магаданской области на много лет вперед. Так, например, повышенная снеголавинная активность ожидается в 2019, 2023, 2027 гг. (см. рис. 2).

Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что многолетние колебания снеголавинной активности на юго-западе Магаданской области содержат 2-, 3- и 4-летнюю цикличность. На основе этого удалось получить удовлетворительное уравнение для сверхдолгосрочного прогноза снеголавинной активности. Оправдываемость проверочных прогнозов составила 68,2%, отношение среднего квадратичной ошибки прогноза к стандартному отклонению ряда предиктанта — 0,76. Вместе с тем надо иметь в виду, что прогностическое уравнение получено по короткому ряду наблюдений, поэтому требуется его уточнение по мере накопления фактического материала.

Сверхдолгосрочные прогнозы снеголавинной активности помогут региональным властям при составлении бюджетов на 1—3 года, позволят за-

благовременно приготовить силы и средства для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных со сходом снежных лавин.

Литература

1. Шубин В.С. К прогнозу лавинной опасности вдоль Тенькинской автодороги в районе снеголавинного поста Дондычан // Тр. 2-го Всесоюз. сов. по лавинам. Л.: Гидрометеиздат, 1987. С. 100—107.
2. Булгаков А.Б., Шубин В.С. Перспективы защиты автомобильных дорог Магаданской области от снежных лавин // Тр. 3-го Всесоюз. сов. по лавинам. Л.: Гидрометеиздат, 1989. С. 33—36.
3. Акимов Т.А., Соколов Ю.И. Риски чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне России // Проблемы анализа риска. Т. 7. 2010. № 4. С. 26—49.
4. Ярошевич М.И. Вариант представления «циклонической опасности» — основы системы оценок циклонического риска // Проблемы анализа риска. Т. 11. 2014. № 4. С. 28—39.
5. Фалеев М.И. О развитии статистических методов анализа для целей прогнозирования и управления рисками // Проблемы анализа риска. Т. 10. 2013. № 2. С. 4—7.

6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3, ч. 1—6, вып. 33. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 566 с.
7. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток / Ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 515 с.
8. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 1: Изменение климата. М.: Росгидромет, 2008. 277 с.
9. Ушаков М.В. Современные изменения термического режима в районе Государственного природного заповедника «Магаданский» // Тр. КарНЦ РАН. 2017. № 4. С. 93—98.
10. Шелутко В.А. Численные методы в гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 239 с.
11. Шелутко В.А. Статистические модели и методы исследования многолетних колебаний стока. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 160 с.
12. Ушаков М.В. Норма и изменчивость годового стока р. Анадырь // Вестник СВНЦ ДВО РАН, 2016. № 1. С. 59—65.
13. Наставление по службе прогнозов. Разд. 3. Ч. I. Служба гидрологических прогнозов. Прогнозы режима вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 193 с.

Сведения об авторе

Ушаков Михаил Вилорьевич: кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук (СВКНИИ ДВО РАН)

Количество публикаций: 75

Область научных интересов: пространственно-временные колебания речного стока, гидрологические прогнозы и расчеты, изменения климата

Контактная информация:

Адрес: 685000, г. Магадан, ул. Портовая, д. 16

Тел.: +7 (4132) 63-00-75

E-mail: mvilorich@narod.ru