

К. А. Семенова^{1}, Е. С. Волкова¹, М. А. Мельник¹*

Природно-климатические опасности, повышающие риски для растениеводства в Западной Сибири

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск,
Российская Федерация
*ksenia_ska@mail.ru

Аннотация. По результатам статистического анализа метеоданных за последний 15-летний период для территории южной тайги Западной Сибири дана оценка природно-климатических факторов, повышающих риски для сферы растениеводства. Отмечается, что основными опасными явлениями для исследуемого региона являются поздние весенние и ранние осенние заморозки, сильные и (или) продолжительные осадки, низкая влажность воздуха, сильные ветры. В комплексе наблюдается увеличение количества случаев опасных и неблагоприятных явлений, но частота их проявления отличается по территории и годам. Отсюда проблема комплексной пространственно-временной оценки таких явлений становится актуальной задачей. Основным методом исследования базируется на вероятностном подходе посредством определения частоты реализации опасного события. Установлено, что проявление опасных природно-климатических явлений носит неоднородный характер. Результаты показывают, что наибольший экономический ущерб местному растениеводству наносят поздние весенние заморозки, но в целом для исследуемой территории не исключается высокая вероятность ежегодного возникновения каждого из факторов.

Ключевые слова: природно-климатические опасности, риски для растениеводства, юг Западной Сибири

K. A. Semenova^{1}, E. S. Volkova¹, M. A. Mel'nik¹*

Natural and climatic hazards that increase risks for crop production in Western Siberia

¹Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia
*ksenia_ska@mail.ru

Abstract. Based on the meteorological data statistical analysis results for the last 15-year period for the territory of the southern taiga of Western Siberia, an assessment of natural and climatic factors that increase risks for the crop production field is given. It is noted that the main dangerous phenomena for the studied region are late spring and early autumn frosts, heavy and (or) prolonged precipitation, low humidity, strong winds. In the complex, there is an increase in the number of dangerous and adverse events cases, but the frequency of their manifestations differs by territory and years. Hence, the complex spatial and temporal assessment problem of such phenomena becomes an urgent task. The main research method is based on a probabilistic approach by determining a dangerous event frequency. It is established that the manifestation of dangerous natural and climatic phenomena is heterogeneous. As a result, late spring frosts cause the greatest economic damage to local crop production. In general, the annual occurrence high probability of each of the factors is not excluded for the study area.

Keywords: natural and climatic hazards, risks for crop production, south of Western Siberia

Введение

Территория южной тайги Западносибирской равнины традиционно считается зоной рискованного земледелия, однако, здесь успешно функционируют агрохолдинги и фермерские хозяйства, возделывающие разнообразные сельскохозяйственные культуры, местное население занимается овощеводством, садоводством и плодоводством. Одним из аспектов повышения рентабельности и сокращения рисков аграрного земледелия является знание о пространственно-временном распределении природно-климатических явлений, наносящих значительный ущерб сельскохозяйственному производству. Росгидромет дает определение опасного природного явления как гидрометеорологического явления, которое по интенсивности развития, продолжительности или моменту возникновения может представлять угрозу жизни или здоровью граждан, а также может наносить значительный материальный ущерб. Под неблагоприятными природно-климатическими явлениями понимаются те явления, которые не достигают критериев опасности, но значительно затрудняют сельскохозяйственную деятельность, наносят ущерб экономике и населению, но в меньшей степени, чем опасные [1].

В последние десятилетия наблюдается рост возникновения опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений (НОЯ) на всей территории России, в том числе и в южной тайге Западной Сибири [2, 3]. Наибольшее увеличение числа НОЯ отмечается в вегетационный период [4], что повышает риски для развития местной системы растениеводства. Для исследуемого региона характерен широкий диапазон НОЯ: поздние весенние и ранние осенние заморозки, сильные и (или) продолжительные осадки, низкая влажность воздуха, высокая ветровая активность.

Методы и материалы

Для оценки интенсивности, частоты и пространственного распределения НОЯ по выбранным выше показателям проанализирован массив метеорологических данных по 30 метеостанциям с 2005 по 2020 гг. [5], расположенным в южнотаежной зоне Западной Сибири, за период с 1 мая по 30 сентября, когда здесь идет активная вегетация многих сельхозкультур.

Все перечисленные негативные факторы проанализированы по критериям двух уровней: критерию опасного явления и критерию неблагоприятного явления [6]. В результате были вычислены среднегодовые и среднемесячные значения по каждому фактору. С целью выявления сроков, имеющих наибольшее значение риска, получено вероятностное распределение возникновения различных НОЯ по месяцам вегетационного периода. Вероятность возникновения природно-климатической опасности вычислялась посредством определения частоты реализации опасностей по отношению к их возможному числу. Изучение воздействия комплекса опасных условий на сельскохозяйственное землепользование базируется на исследовании проявления оцениваемого вида угроз по месяцам вегетационного периода, что дает возможность выделить совокупный вклад каждого параметра.

Результаты

По величине максимального ущерба для растениеводства на юге Западной Сибири на первый план выходят поздние весенние и ранние осенние заморозки

[7]. Результаты многолетнего анализа массива метеоданных указывают на то, что даты поздних весенних заморозков воздуха отмечаются в последней декаде мая для всех южно-таежных районов. Вероятность возникновения заморозков в мае и сентябре достигает 100 %. В таблице 1 представлены результаты расчетов вероятности возникновения комплекса НОЯ по метеостанциям, относительно равномерно расположенным с запада на восток на исследуемой территории. Из рисунка 1 видно, что среднегодовое число дней с поздними весенними заморозками варьирует по территории от 3 дней (Томск) до 10 дней (Пудино). Распределение заморозков изменяется также по годам и имеет сильную изменчивость [8].

Таблица 1

Распределение вероятности возникновения комплекса опасных и неблагоприятных явлений по месяцам вегетационного периода

Показатель НОЯ	Месяц	Ялуторовск	Тобольск	Кыштовка	Пудино	Томск	Маринск
Вероятность возникновения заморозков	V	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	VI	0,00	0,00	18,75	25,00	6,25	12,50
	VII	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	VIII	0,00	6,25	18,75	37,50	6,25	0,00
	IX	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Вероятность дней с интенсивными осадками	V	33,33	14,29	52,94	35,29	76,47	70,59
	VI	83,33	100,00	76,47	70,59	76,47	70,59
	VII	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	VIII	100,00	57,14	58,82	88,24	82,35	76,47
	IX	16,67	28,57	25,53	52,94	35,29	35,29
Вероятность дней с низкой влажностью воздуха	V	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	VI	100,00	87,50	100,00	100,00	100,00	100,00
	VII	62,50	31,25	50,00	56,25	68,75	81,25
	VIII	31,25	31,25	31,25	31,25	25,00	43,75
	IX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Вероятность дней с ветром	V	100,00	100,00	100,00	100,00	92,86	100,00
	VI	100,00	100,00	90,91	30,00	28,57	81,82
	VII	100,00	72,73	54,55	40,00	7,14	36,36
	VIII	88,89	36,36	18,18	10,00	14,29	72,73
	IX	77,78	63,64	27,27	30,00	35,71	72,73

Поздние весенние заморозки с понижением температуры воздуха ниже 0°C достаточно опасны: угнетаются всходы картофеля, кукурузы, повреждаются побеги овощных, плодовых и яровых культур, высаженных в открытый грунт, что приводит к ощутимому снижению их урожайности, а в некоторых случаях к потере урожая. Ранние осенние заморозки могут возникать с вероятностью в диапазоне от 6,25% (Тобольск, Томск) до 37,5 % (Пудино) в конце августа. В сентябре среднегодовое число дней с осенними заморозками составляет от 2 (Ялуторовск) до 6 (Пудино) [9]. Их влияние на растительность не так пагубно, как урон от поздних весенних заморозков, но также требует внимания.

Кроме заморозков значительный вклад в структуру опасных природных явлений по частоте проявлений вносят интенсивные и продолжительные осадки. Сильные потоки воды размывают почву и оголяют корни, повреждают завязи, побеги и всходы. Затяжные осадки приводят к переувлажнению почвы, растения угнетаются, становятся подвержены болезням. Ливневая активность на территории южной тайги западносибирской равнины обладает неоднородным пространственным распределением: для Тюменской области среднегодовое количество дней с ливнями для разных метеостанций варьирует от 52 (ст. Ялуторовск) до 106 (ст. Тобольск) в год. Высокую степень опасности представляют дни с суммой осадков, превышающей 20 мм/сутки, однако отмечается [10], что такие дни имеют относительно случайное пространственно-временное распределение. Распределение по месяцам вегетационного периода вероятности возникновения дней с осадками более 15 мм/сутки представлено в таблице 1. Сильные осадки ежегодно отмечаются со стопроцентной вероятностью в июле месяце, а по станции Ялуторовск вероятность возникновения этого вида опасности сохраняется и в августе (табл. 1) при этом среднемесячные значения составляют 1,8 и 1,3 дня соответственно (рис.1). Высокие показатели ливневой опасности фиксируются также для станции Томск в июле, здесь среднемесячное значение превышает 1,65 день. Сильные проливные дожди в большинстве случаев сопровождаются усилением ветровой активности, а в редких случаях градом.

Губительное влияние для сельскохозяйственных культур в регионе оказывает низкая влажность воздуха. Основной ущерб, наносимый весенней засухой, сосредоточен в быстром и сильном пересыхании верхнего плодородного слоя почвы, что усугубляет неблагоприятные условия первого периода роста яровых зерновых культур [11]. Анализ изменения количества дней с относительной влажностью воздуха менее 35 % в вегетационный период указывает на постоянное их увеличение. На рисунке 1 показано, что наибольшее количество дней с низкой влажностью воздуха регистрируется в мае месяце и варьируется от 12 до 15 дней ежегодно по всем репрезентативным метеостанциям. Но к началу июля и весь август для всей исследуемой территории риск этой угрозы уменьшается и в сентябре не проявляется. Значения показателя низкой влажности воздуха имеет неоднородное территориальное распределение и, главным образом, сопряжено с местным рельефом и близостью крупных водных объектов. Преимущественно высокие значения среднегодового количества дней с относительной влажностью ниже 35% в вегетационный период отмечаются на метеостанции Викулово Тю-

менской области и Мариинск Кемеровской области и составляют 28,5 и 26,9 дней соответственно (табл. 1).

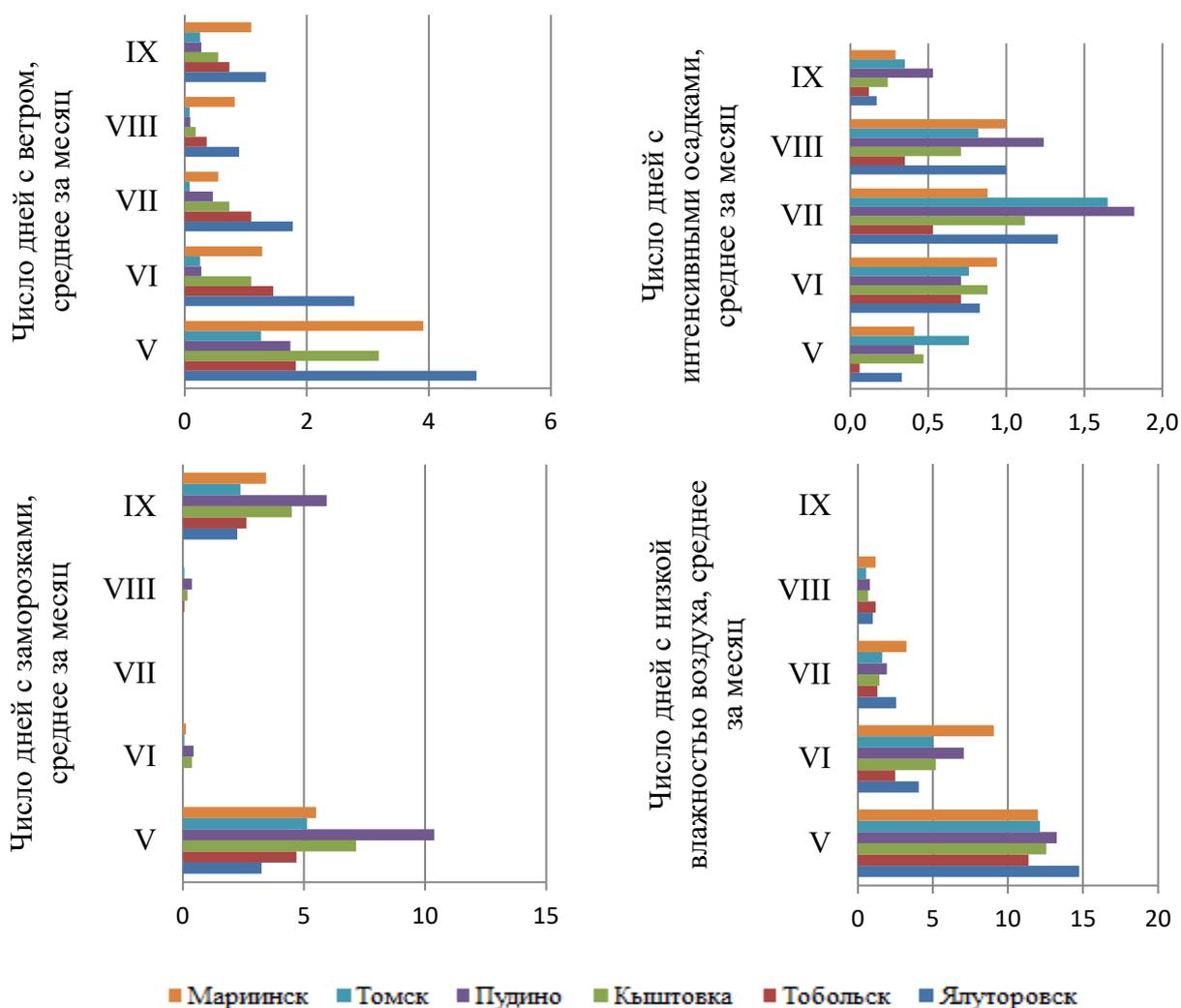


Рис. 1 Среднегодовые показатели числа дней комплекса опасных и неблагоприятных явлений по месяцам вегетационного периода

Еще один не менее значимый рискоформирующий показатель воздействия комплекса опасных условий на сельскохозяйственное землепользование – сильный порывистый ветер. Наибольшая вероятность проявления сильных ветров высока в мае по всем станциям, в июне ветровая активность чаще наблюдается в западной части южной тайги. На северо-востоке дней с сильным ветровым потенциалом меньше, но отмечается их устойчивый рост. Максимальное среднегодовое количество дней с сильными ветрами (4,8 дней) зафиксировано в мае на станции Ялуторовск (рис.1). Этот негативный фактор наносит существенный урон растениеводству в виде повреждения и полегания посевов, ведет к интенсивному испарению влаги с почвенного покрова. Сильный ветер механически повреждает плодовые деревья и разрушает постройки, теплицы, линии электро-

передачи и связи. Существенное воздействие он оказывает на формирование эрозийных процессов почвенного покрова [12]. В пожароопасный период ветровая активность является определяющим условием при стихийном и катастрофическом распространении лесных пожаров.

Обсуждения

Полученные в ходе исследования данные коррелируют с выводами некоторых ученых о нарастании количества случаев проявления ОЯ и НОЯ за последние десятилетия и их негативного влияния на сферу растениеводства [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]. Впрочем, в научной литературе встречаются и полярные мнения. Так, например, французские ученые не подтверждают исторически возросшей уязвимости системы французского растениеводства к климатическим угрозам [20].

Проведенный авторами пространственно-временной анализ подтверждает существенную значимость выделенных опасных климатических параметров на сферу растениеводства исследуемой территории. Снижение урожайности яровых зерновых культур, картофеля и плодово-овощных культур открытого грунта напрямую связано с развитием условий риска в весенне-летний период. Распределение этих факторов дает неоднородную структуру и зависит от географического положения и особенностей подстилающей поверхности.

Заключение

Результаты показывают, что основные опасности для растениеводства на территории южной тайги Западной Сибири инициированы заморозками, которые наносят наибольший экономический ущерб сельскохозяйственному комплексу. В мае возможность заморозков максимальная, при этом риск возникновения данной опасности сохраняется до середины июня. В начале лета возможны заморозки с вероятностью 6-25%, в июле такая вероятность отсутствует. В конце августа она вновь возрастает до 37,5%. Риски, связанные с интенсивными осадками, увеличиваются с конца июня, достигая максимума в июле, и снижаются к середине августа. Большой опасности подвержены северные районы исследуемой территории, так вероятность ливней в июле для южной тайги Томской области составляет 55%, а для Тюменской – 46%. Стоит отметить, что в июне и начале июля сильные осадки часто сопровождаются градом, что многократно усиливает риски растениеводства. Исследование ветровой активности показало, что за последние годы значительно увеличилось количество случаев с сильными ветрами. Ветры со скоростью более 15 м/с отмечаются ежегодно на всей исследуемой местности с различной интенсивностью, и обладает ярко проявленной сезонностью. Наибольшему риску влияния сильных ветров подвержена Тюменская область, здесь возможность их возникновения в мае превосходит 60% и сохраняется в пределах 40-50% до конца июля. Высокие показатели низкой влажности воздуха наблюдаются в мае и первой половине июня.

Исследование авторов ориентировано на детализацию степени воздействия оцениваемого опасного явления на возделывание растительной продукции. Рас-

пределение вероятности возникновения каждого фактора по месяцам вегетационного периода дает возможность не только извлечь информацию о его вероятном неблагоприятном воздействии на выращиваемые культуры, но и оценить риск для каждой фенологической фазы формирования растения. Совокупный анализ воздействия всех вероятных опасных факторов разрешает оценить промежуток вегетационного периода с преобладанием наибольших рисков. Это позволит вовремя провести ряд предупредительных мер с целью сокращения ущербов в сфере растениеводства.

Благодарности

Исследование поддержано Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание ИМКЭС СО РАН, регистрационный номер проекта 1022042600048-9-1.5.1

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гидрометцентр России. Типовой перечень и критерии опасных метеорологических явлений [Электронный ресурс]. – URL: <https://meteoinfo.ru/hazards-definitions> (дата обращения: 25.04.2023).
2. Осипов В. И. Оценка и управление природными рисками // Геоэкология. – 2007. – № 3. – С. 201–211.
3. Воронина Л. В., Сергеев А. А. Климат и экономика на современном этапе развития мирового хозяйства // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 3(31). – С. 137-145.
4. Коршунов А. А., Шаймарданов М. З., Шаймарданова И. Л. Гидрометеорологическая безопасность и устойчивое развитие экономики России для обслуживания потребителей: результаты статистического анализа опасных условий погоды [Электронный ресурс] // Труды ВНИИГМИ–МЦД, 2010. – Вып. 174. – Режим доступа: <http://meteo.ru/publications/112-trudy-vniigmi/349-trudy-vniigmi-mts-d-vypusk-174-2010-g>.
5. Расписание погоды. rp5.ru [Электронный ресурс]. – URL: http://rp5.ru/Архив_погоды_ (дата обращения: 12.08.2021).
6. Мельник М.А., Волкова Е.С. Специфика критериев опасных и неблагоприятных природно-климатических явлений для сферы аграрного природопользования южной тайги Западной Сибири // Проблемы региональной экологии. – 2016. – №5. – С.64-70.
7. Коршунова Н.Н., Давлетшин С.Г. Климатические характеристики заморозков на территории России // Труды ВНИИГМИ–МЦД. – 2020. – Вып. 186. – С. 5–20.
8. Воронина Л.В., Зарубина А.В. Исследование заморозков как экологически опасных явлений // Вестн. Сиб. гос. ун-та геосистем и технологий. – 2010. – № 2 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-zamorozkov-kak-ekologicheskii-opasnyh-yavleniy-1> (дата обращения: 20.04.2023).
9. Волкова Е.С., Мельник М.А. Заморозки в южной тайге Западной Сибири как фактор риска для сферы растениеводства // География и природные ресурсы. – 2023. – Т. 44. – № 1. – С. 67-75.
10. Огурцов Л.А., Чередыко Н.Н., Волкова М.А., Журавлев Г.Г. Динамика показателей экстремальности климата на территории Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. – 2016. – Т. 29. – № 8. – С. 633-639.
11. Венцкевич Г.З. Сельскохозяйственная метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1952. – 324 с.
12. Евсеева Н.С., Ромашова Т.В. Опасные метеорологические явления как составная часть природного риска (на примере юга Томской области) // Вестник Томского государственного университета. – 2011. – № 353. – С. 199-204.

13. Соколов Ю.И. Риски экстремальных погодных явлений // Проблемы анализа риска. Том 15. – 2018. – № 3. – С. 6-21.
14. Шарапова А.А., Кужевская И.В., Каштанова К.А., Поляков Д.В. Характеристики экстремальных осадков на территории Западной Сибири // Географический Вестник. – № 3(42). – 2017. – С. 88-98.
15. Харюткина Е.В., Логинов С.В., Усова Е.И., Мартынова Ю.В., Пустовалов К.Н. Фундаментальная и прикладная климатология. – 2019. – №2. – С. 45-65. DOI: 10.21513/2410-8758-2019-2-45- 65
16. Mendelsohn R. The Impact of Climate Change on Agriculture in Developing Countries // Journal of Natural Resources Policy Research – 2009. – Vol. 1. – No. 1. – P. 5-19. DOI: 10.1080/19390450802495882
17. Duchenne-Moutien RA, Neetoo H. Climate Change and Emerging Food Safety Issues: A Review. // J Food Prot. – 2021. – No.1. – No. 84(11). – P. 1884-1897. DOI: 10.4315/JFP-21-141. PMID: 34185849
18. Pulatov B, Linderson M, Hall K, Jönsson A. Modeling climate change impact on potato crop phenology, and risk of frost damage and heat stress in northern Europe // Agricultural and Forest Meteorology. – 2015. – No 214. – P. 281-292. DOI: 10.1016/j.agrformet.2015.08.266
19. Schaap Ben F, Reidsma P, Verhagen J, Wolf J. Participatory design of farm level adaptation to climate risks in an arable region in The Netherlands // European Journal of Agronomy, 2013. – No. 48 – P. 30-42.
20. Schauburger B. Makowski D. Ben-Ari T. Boé J. Ciais P. No historical evidence for increased vulnerability of French crop production to climatic hazards // Agricultural and Forest Meteorology. – 2021. – V. 306. DOI: 10.1016/j.agrformet.2021.108453.

© К. А. Семенова, Е. С. Волкова, М. А. Мельник, 2023