

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИЗРЕЖЕННОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПЕРЕЗИМОВКЕ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Самохвалова Елена Владимировна, канд. геогр. наук, доцент кафедры «Лесоводство, экология и безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: kinel_evs@mail.ru

Маслова Галина Яковлевна, зав. отделом озимых культур ГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства Россельхозакадемии».

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76.

E-mail: gnu-pniiss@mail.ru

Ключевые слова: стохастическое, моделирование, изреженность, посевы, условия, перезимовка.

Работа выполнена с целью разработки информационного обеспечения моделирования продуктивности озимой пшеницы. На основе данных полевых наблюдений ГНУ Поволжского НИИСС и агрометеорологической станции Усть-Кинельская за 1983-2012 гг. исследованы вопросы оценки и моделирования сохранности растений при перезимовке в зависимости от агрометеорологических условий зимнего периода. Используются существующие методики прогнозирования изреженности посевов в зависимости от минимальной температуры почвы на глубине узла кущения зимой и состояния растений осенью, оцениваемого показателем кустистости. Для расчета осенней кустистости предложена зависимость от суммы эффективных температур воздуха от даты всходов до прекращения осенней вегетации (коэффициент детерминации 0,61; относительная ошибка расчета 18%). Для реализации используемой методики в любой точке территории в условиях отсутствия соответствующих полевых наблюдений применено стохастическое моделирование температуры воздуха осеннего периода и минимальной за зиму температуры почвы на глубине узла кущения. В результате установлено, что моделируемые временные ряды изреженности посевов в результате вымерзания и выпревания растений хорошо соответствуют фактическим данным полевых наблюдений и оценочным значениям (уровень значимости Хи-квадрат критерия 0,129 и 0,444 соответственно). Расчетная схема реализована на территории Самарской и соседних областей. Полученные результаты свидетельствуют, что на большей части территории риск существенной изреженности посевов при перезимовке (20% и более) находится в пределах 15-20%. Достигнутая точность моделирования сохранности растений при перезимовке обосновывает ее использование для расчета продуктивности озимой пшеницы и анализа биоклиматического потенциала территории.

Перезимовка озимых культур – ответственный период, особенно в условиях Среднего Поволжья, где на фоне сравнительно низкого температурного режима зимнего периода в целом велика пространственно-временная изменчивость агрометеорологических условий (высоты снежного покрова и срока его формирования, глубины промерзания почвы). В результате часто формируются различные неблагоприятные сочетания факторов, вызывающие повреждения и гибель озимых культур. На территории Самарской области основными причинами являются вымерзание и выпревание посевов, приводящие к разной степени изреженности на значительных площадях и снижению урожайности.

Тщательный анализ природного потенциала территории способствует более эффективному его использованию в сельском хозяйстве путем проработки агрометеорологического обоснования мелиоративных мероприятий, агротехнических приемов [1, 7]. В частности, подбор сортов соответствующей морозоустойчивости, оптимизация структуры посевных площадей, применение приемов снежных мелиораций способствуют снижению рисков повреждения растений в зимний период и их гибели. С учетом складывающейся перезимовки культур также принимаются хозяйственные решения относительно проведения весенней подкормки сохранившихся растений, подсева или пересева семенами яровых культур, что позволяет снизить ущерб от неблагоприятных условий.

Решение всех этих вопросов требует оценки комплексного влияния агрометеорологических факторов на зимующие культуры и исследования их пространственно-временной изменчивости [3, 4]. Анализ изреженности посевов в результате вымерзания и выпревания во множестве вариантов погодных условий зимнего периода, характерных для данной территории, формирует статистический ряд показателя и дает возможность при характеристике территории учесть не только средние климатические значения, но и риски их возникновения. Сегодня при возрастающей нестабильности метеорологических процессов, в том числе и в зимний период года, это особенно актуально, поскольку способствует лучшей адаптации агропроизводства к имеющимся условиям [2, 9].

В связи с тем, что полевые наблюдения за состоянием сельскохозяйственных культур, в том числе и в зимний период, организуются лишь для отдельных точек территории, где расположены специализированные агрометеорологические станции или научные учреждения, они не обеспечивают достаточной

детализации территории при анализе пространственной изменчивости условий (учитывая сравнительно редкую сеть таких пунктов и значительное разнообразие природных условий). Для оценки перезимовки в любой точке территории в тех или иных условиях необходимо предварительное восстановление временных рядов метеовеличин на основе соответствующих климатических характеристик, задаваемых по ближайшей метеостанции или путем интерполяции данных нескольких ближайших метеостанций.

Цель исследований – информационное обеспечение моделирования продуктивности озимой пшеницы с учетом оценки сохранности посевов при перезимовке в зависимости от агрометеорологических условий зимнего периода. В **задачи исследований** входили: проверка адекватности и точности существующей методики оценки изреженности посевов в зависимости от складывающихся агрометеорологических условий в период перезимовки; применение метода стохастического моделирования для восстановления временного ряда изреженности и анализ пространственного распределения.

Материалы и методы исследований. Как известно, перезимовка озимых зерновых культур определяется агрометеорологическими условиями осенне-зимнего периода, зимостойкостью возделываемых сортов и состоянием посевов осенью [6]. При моделировании сохранности растений после перезимовки учитываются все эти факторы. В соответствии с рекомендациями [8] для прогноза изреженности посевов озимой пшеницы использованы зависимости:

– в результате вымерзания (U_{fr} , %):

$$\lg(U_{fr}) = 2,661 \lg T_3 - 0,129 \lg K - 1,733, \quad (1)$$

– в результате выпревания (U_{pr} , %):

$$U_{pr} = 6,82 T_3 + 0,22 T_3^2 - 5,14 K + 0,40 K^2 + 59,07, \quad (2)$$

где T_3 – температура почвы на глубине кушения ($^{\circ}\text{C}$); K – кустистость растений осенью (число побегов одного растения).

В связи с отсутствием фактических данных температуры почвы на глубине узла кушения, она была предварительно рассчитана по формуле

$$T_3 = 0,618 \cdot T_{\min} - 0,082 \cdot H + 0,658 \cdot h - 0,008 \cdot h^2 + 0,0007 \cdot P - 0,366, \quad (3)$$

где $T_{\min}$ – минимальная за зиму температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$); H – глубина промерзания почвы (см); h – высота снежного покрова по результатам снегосъемки (см); P – число стеблей на 1 м^2 в период прекращения осенней вегетации [8].

За каждый год произведена оценка минимальной за зиму температуры почвы на глубине узла кушения и на ее основе – изреженности озимой пшеницы при вымерзании и выпревании посевов. Значения метеорологических параметров ($T_{\min}$, H , h) взяты по данным метеостанции «Усть-Кинельская» за период 1983-2012 гг. Использовались также данные полевых наблюдений Поволжского НИИСС (P , K , U) за те же годы на посевах озимой пшеницы сорта Поволжская-86, отличающегося высокой морозостойкостью. В условиях нормального осеннего развития (при формировании ко времени прекращения вегетации 2-3 побегов) критическая температура достигает -18°C .

Результаты исследований. Приведенная методика оценки изреженности в результате суммарного действия вымерзания и выпревания посевов показала хорошее соответствие фактическим данным: уровень значимости T и F тестов составили 0,314 и 0,167 соответственно, коэффициент корреляции – 0,707. Повторяемость повреждения растений при различной изреженности приведена в таблице 1 (уровень значимости критерия хи-квадрат 0,344). Поскольку сохранность растений после перезимовки оценивалась в баллах (от 0 до 5) с точностью до 0,5 баллов, изреженность посевов менее 10% не определялась, повторяемость таких условий рассчитана по остаточному принципу.

Таблица 1

Повторяемость изреженности озимой пшеницы под действием условий перезимовки за 1983-2012 гг.

Диапазон изреженности, %		Повторяемость изреженности, %	
начальное значение	конечное значение	фактические данные*	оценочные значения**
0	4,9	71	21
5	9,9		47
10	14,9	8	11
15	19,9	10	10
20	24,9	4	7
25	29,9	7	4
30	34,9	0	0
Сумма		100	100
Критерий Хи-квадрат		2,1748 (уровень значимости 0,344)	

Примечание: * данные полевых наблюдений Поволжского НИИСС; ** результат расчета по данным наблюдений метеостанции «Усть-Кинельская».

С целью пространственной реализации метода в узлах условной пространственной сетки применено стохастическое моделирование минимальной за зиму температуры почвы на глубине кушения на основе статистических характеристик климатического ряда в 400 годо-случаях [5, 11]. Функция распределения моделируемого ряда по климатическим характеристикам метеостанции «Усть-Кинельская» хорошо соответствует оценочной, полученной по данным метеорологических наблюдений (уровень значимости критерия хи-квадрат составил 0,960), что обосновывает использование описанного метода для характеристики изреженности посевов озимой пшеницы при перезимовке.

Для оценки кустистости озимой пшеницы в тех же 400 годо-случаях предложена к использованию линейная зависимость от суммы эффективных температур, накопившихся от даты всходов ко времени прекращения осенней вегетации растений ($\Sigma T_{эф}$):

$$K = 0,015 \cdot \Sigma T_{эф} - 1,0 \quad (4)$$

(коэффициент детерминации – 0,61; относительная ошибка расчета – 18%). Значения суммы эффективных температур рассчитаны по результатам стохастического моделирования средней суточной температуры воздуха в ходе вегетационного периода [10].

С использованием результатов расчета кустистости растений и минимальной температуры почвы на глубине узла кушения получили временные ряды моделируемой изреженности озимой пшеницы при вымерзании и выпревании растений зимой, построены соответствующие функции распределения. Учитывая хорошее соответствие оценочных значений изреженности фактическим данным полевых наблюдений, а также отсутствие фактических данных раздельного учета изреженности в результате вымерзания и выпревания, точность моделирования определялась относительно оценочных значений (рис. 1). Хи-квадрат тест показал хорошее соответствие распределений (уровень значимости критерия составил 0,129 при оценке точности моделирования вымерзания и 0,444 – выпревания).

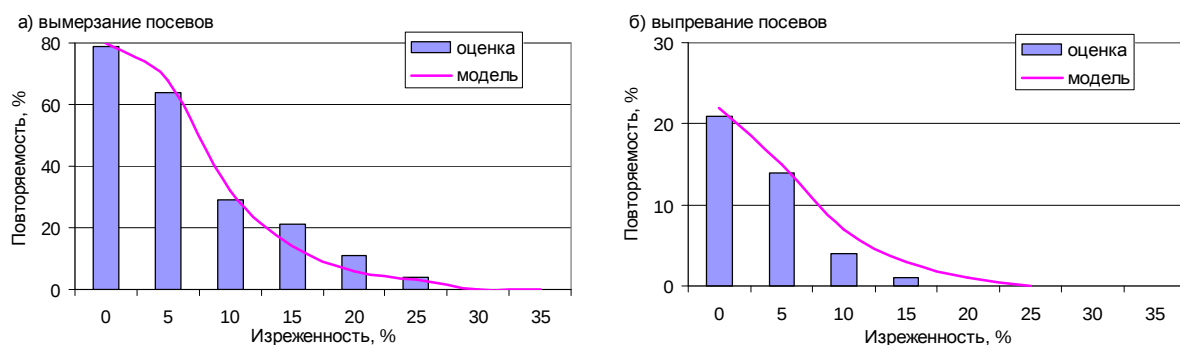


Рис. 1. Функции распределения изреженности озимой пшеницы в результате вымерзания и выпревания посевов («оценка» – результат расчета по данным наблюдений метеостанции «Усть-Кинельская» за 1983-2012 гг.; «модель» – результат расчета на основе восстановления временных рядов метеовеличин)

Моделирование минимальной температуры почвы на глубине узла кушения, кустистости озимой пшеницы и изреженности посевов под действием условий перезимовки выполнено в узлах условной пространственной сетки. Для этого средние многолетние значения температуры почвы на глубине узла кушения определены по данным метеостанций на основе справочников и внесены в базу данных климата; средне-квадратическое отклонение взято по результатам анализа временного ряда для метеостанции «Усть-Кинельская» за 1983-2012 гг. (3,83°C).

Результат совместного действия условий вымерзания и выпревания озимой пшеницы приведен на рисунке 2. На большей части рассматриваемой территории риск существенной изреженности посевов (20% и более) при перезимовке находится в пределах 15-20%, что в целом согласуется с данными В. А. Моисейчик [6]. Лишь на севере и северо-западе территории в условиях более низкого температурного режима зимних месяцев, а также в степных районах юго-восточной части, где высота снежного покрова, как правило, ниже 30 см, повторяемость достигает 25-30% за счет более сильного вымерзания посевов.

Лучшие условия для перезимовки озимой пшеницы складываются вдоль течения реки Волги, оказывающей тепляющее влияние, а также на северо-востоке территории, где мощный снежный покров надежно обеспечивает защиту зимующих культур от вымерзания. И хотя в этих районах несколько возрастает риск выпревания посевов, тем не менее, повторяемость условий со значительной изреженностью посевов не превышает 10%.

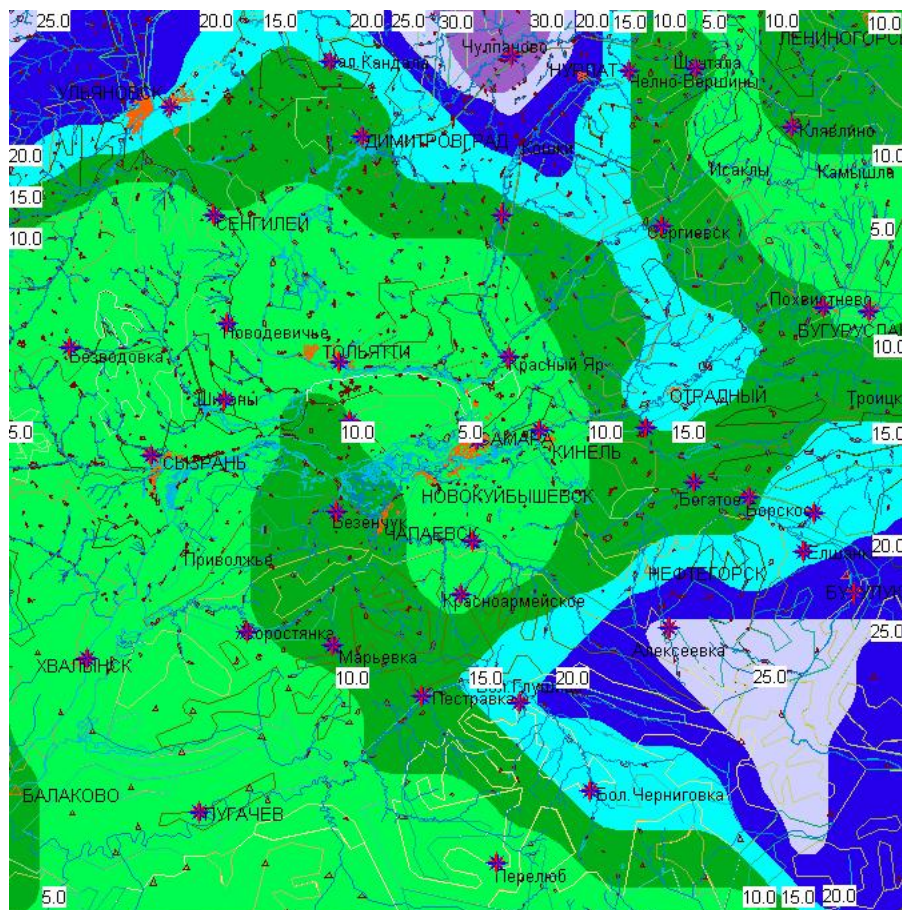


Рис. 2. Риск вымерзания и выпревания озимой пшеницы (% лет)
с изреженностью посевов 20% и более (* – положение метеостанций)

Закключение. Таким образом, полученные результаты подтверждают адекватность примененной схемы моделирования агрометеорологических условий и изреженности озимой пшеницы в результате перезимовки фактическим данным, оценкам других авторов и обосновывают ее применение для математического описания продукционного процесса культуры в условиях Самарской области. Воссозданное множество реализаций вектора метеовеличин обеспечивает моделирование не только климатически обеспеченной урожайности сельскохозяйственных культур, но и ее пространственно-временной изменчивости.

Все это создает предпосылки для более полного и объективного географического анализа благоприятности агрометеорологических условий территории и степени риска возделывания озимой пшеницы в целях обеспечения высокого уровня и устойчивости урожаев, а также экономических показателей агропроизводства.

Библиографический список

1. Гордеев, А. В. Биоклиматический потенциал России: меры адаптации в условиях изменяющегося климата / А. В. Гордеев, А. Д. Клещенко, Б. А. Черняков [и др.]. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 206 с.
2. Жуков, В. А. Стохастическое моделирование и прогноз агроклиматических ресурсов при адаптации сельского хозяйства к региональным изменениям климата на территории России / В. А. Жуков, О. А. Святкина // Метеорология и гидрология. – 2000. – №1. – С. 100-109.
3. Зоидзе, Е. К. О проблеме адекватного агроклиматического обеспечения экономики Российской Федерации в условиях изменений климата / Е. К. Зоидзе, Т. В. Хомякова, З. А. Шостак [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2010. – №8. – С. 73-86.
4. Клещенко, А. Д. Агрометеорологическое и агроклиматическое обеспечение аграрного сектора экономики России // Труды ВНИИСХМ. – 2010. – Вып. 37. – С. 5-21.
5. Кузнецов, П. Ф. Стохастические дифференциальные уравнения: теория и практика численного решения. – СПб. : Изд-во политехнического университета, 2010. – 816 с.
6. Моисейчик, В. А. Влияние глобального изменения климата на агрометеорологические условия перезимовки и формирования урожая озимых зерновых культур в России за последние 50 лет / В. А. Моисейчик, Н. А. Богомолова, А. И. Страшная, Т. А. Максименкова // Труды ВНИИСХМ. – 2007. – Вып. 36. – С. 106-132.
7. Носонов, А. М. Территориальные системы сельского хозяйства. – М. : Янус-К, 2001. – 324 с.

8. Руководство по агрометеорологическим прогнозам / под ред. Е. С. Улановой, В. А. Моисейчик, А. Н. Полевого. – Л. : Гидрометеиздат, 1984. – Т.1. – 308 с.
9. Русакова, Т. И. Исследование климатообусловленных колебаний урожайности основных зерновых культур, их количественная оценка в новых социально-экономических условиях РФ / Т. И. Русакова, В. М. Лебедева, И. Г. Грингоф // Метеорология и климатология. – 2010. – №12. – С. 88-97.
10. Самохвалова, Е. В. Восстановление временных рядов метеовеличин на основе их климатических характеристик применительно к моделированию урожаев // Известия Самарской ГСХА. – 2012. – №4. – С. 45-49.
11. Яглом, А. М. Корреляционная теория стационарных случайных функций. – Л. : Гидрометеиздат, 1981. – 264 с.