

Метеоролого-экономическое моделирование и выбор климатически оптимальных стратегий в сельском хозяйстве (на примере рисоводческой отрасли Дальнего Востока)

В настоящее время юг Российского Дальнего Востока - Приморский край является одним из немногочисленных районов России, где возможно выращивание одной из важнейших крупяных культур - риса. Несмотря на то, что уровень производства риса в последние годы несколько снизился, что характерно и для других зерновых культур, выращиваемых в Приморском крае, увеличение таможенных пошлин, транспортных тарифов и неудовлетворенные полностью потребности рынка в конечном итоге, на наш взгляд, будут способствовать росту производства данной культуры.

Агроклиматические и агрометеорологические условия произрастания риса в Приморском крае изучены достаточно хорошо. Дальнейшее повышение эффективности использования метеорологической информации может быть достигнуто, если она будет помогать в отыскании оптимальных хозяйственных решений различного временного уровня. В свою очередь, оптимальная хозяйственная стратегия или оптимальное хозяйственное решение могут быть определены в результате реализации метеоролого-экономических моделей непрерывного и дискретного типов.

Согласно определения, приведенного в [1], климатически оптимальной является та стратегия, которая обеспечивает получение максимально возможной прибыли или минимальных убытков, при заданном критерии оптимальности.

При отыскании климатически оптимальной стратегии ($S_{\text{опт}}$) по непрерывным моделям исходят из предположения, что на производственную деятельность потребителя влияет некоторый непрерывный метеорологический элемент X , а хозяйственное решения сводятся к разработке мероприятий, рассчитанных на реализацию определенного $X=a$. Функция полезности, характеризующая такую метеоролого-экономическую систему, задается в виде аналитической зависимости $u = u(x, a)$, где x - фактическое значение X .

Задача отыскания климатически оптимальной байесовской стратегии $S_{opt, K}$ сводится к нахождению такого не зависящего от конкретной погоды и не меняющегося от раза к разу значения $a = a_{K, t} = const$, при котором средняя в статистическом смысле полезность

$$u = \int_{-\infty}^{\infty} u(x, a) f(x) dx, \quad (1)$$

достигает своего максимального уровня. Через $f(x)dx$ в (1) обозначен дифференциальный закон распределения X , характеризующий особенности климата, а интегрирование ведется по области возможных значений x .

Применительно к широкому кругу хозяйственных задач влияние погоды на экономику описывается различными функциями потерь r . Наиболее простой из них является кусочно-линейная зависимость следующего вида:

$$r(x, a) = \begin{cases} A_1 (a - x) & \text{при } X \leq a, \\ A_2 (x - a) & \text{при } X > a, \end{cases} \quad (2)$$

где A_1 и A_2 характеризуют экономическую значимость отрицательных и положительных отклонений или A_1 и A_2 - "веса" отрицательных и положительных отклонений, влияющего метеорологического элемента.

Зная характерный вид функции метеорологических потерь и установив закон распределения влияющего климатического элемента, можно отыскать такое $a = a_{K, t}$, при котором средние потери по метеорологическим причинам (R) будут минимальными.

Известно, что для аппроксимации эмпирических распределений многих метеорологических элементов, например, различных температурных характеристик, широко используется закон нормального распределения. Климатический оптимум для метеорологических элементов, подчиняющихся нормальному или гауссовскому распределению, рассчитывается по формуле (3)

$$a_{K, t} = \bar{X} + t_0 \sigma \quad (3)$$

где \bar{X} - среднее многолетнее значение, влияющего метеорологического элемента или его климатическая норма; σ - среднее квадратическое отклонение; t_0 - параметр сдвига, который определяется по табличному интегралу вероят-

ности $\Phi(t)$, с учетом неравнозначности потерь или прибыли у данного потребителя в результате воздействия метеорологического элемента X.

На следующем этапе необходимо определить экономический эффект, который будет иметь потребитель климатической информации за счет применения климатически оптимальной стратегии. Для этого необходимо сравнить величину средних потерь $R_{K\pi}$, полученных при ориентации на оптимальное значение $A = A_{K\pi}$, со средними потерями, которые имели бы место, если бы потребитель применял стандартную стратегию, ориентированную, например, на норму (R_n).

Климатически оптимальной стратегии соответствуют средние потери, которые можно выразить следующим соотношением:

$$R_n = R_s \cdot e^{-\frac{t_0^2}{2}}, \quad \text{где } R_s = \frac{A_s + A_n}{\sqrt{2\pi}} \sigma.$$

Ориентация на норму будет являться оптимальной только при $t_0=0$, $R_{K\pi}=R_{cp}$.

Таким образом, при любых t_0 , не равных 0, климатически оптимальная стратегия дает по сравнению с ориентацией на норму известный выигрыш, который в реальных условиях может быть весьма значительным. Оценить экономический эффект при переходе от стратегии, ориентирующейся на норму, к стратегии, рассчитанной на оптимальную климатическую "норму" можно с помощью параметра $\lambda_{K\pi}$ по формуле:

$$\lambda_{K\pi} = \frac{R_s - R_n}{R_s}.$$

Рис является теплолюбивой культурой и произрастает на Дальнем Востоке России вдоль северной границы мирового ареала его распространения. Почвенно-климатические и гидрологические условия данного района позволяют получать достаточно высокие урожаи этой ценной крупаиной культуры. Поскольку агротехника выращивания риса на Дальнем Востоке такова, что рис произрастает под слоем затопления практически в течение всего вегетационного периода, поэтому основным лимитирующим фактором является теплообеспеченность.

Ранее нами было подробно исследовано пространственно-временное распределение, одной из основных характеристик теплообеспеченности - сумм температур выше 10°C (ΣT), по югу Дальнего Востока [3, 4]. Анализ основных статистических характеристик рассеивания временных рядов сумм температур выше 10°C за период с 1938 по 1992 гг. показал, что ΣT подчиняются нормальному закону распределения. Кроме того, установлено, что ΣT , необходимые для формирования высокой урожайности риса в климатических условиях Приморского края изменяются от 2740°C (Анучино) до 2900°C (Свиягино). Соответственно низкая урожайность формируется при ΣT от 2260°C (Астраганка) до 2420°C (Новосельское).

Для построения метеоролого-экономической модели непрерывного типа необходимо определить количественные критерии сумм температур, выше или ниже которых формируются высокие или низкие урожаи риса. При определении количественного критерия для низкого урожая принималась максимальная сумма температур, при которой формировался низкий урожай риса. Соответственно, за количественный критерий высокого урожая была принята минимальная сумма температур, при которой был собран высокий урожай. Качественные критерии сумм температур:

Значения критериев ΣT : для низкого урожая $\Sigma T < 2420^{\circ}\text{C}$;
 для высокого урожая $\Sigma T > 2740^{\circ}\text{C}$.

Практический интерес представляет климатическая обеспеченность высоких ($P_1 \%$) и низких ($P_2 \%$) урожаев (табл.1), рассчитанная как отношение числа лет (n) с суммой температур выше 2740°C и ниже 2420°C к общему числу лет (N):

$$p_i = \frac{n_i, \sum T \geq 2740 C}{N} \quad (4)$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}, \quad \sum T \leq 2420^{\circ}C \quad (5)$$

Ранее, в работе [2], выполненной совместно с Чирковым Ю.И. и Чернышевой Л.С., было проведено районирование зоны рисосеяния по микроклиматообразующим факторам и определены климатические районы (КМР) и климатические микроподрайоны (КМПР).

Как видно из данных табл. 1, формирование низкой урожайности наименее вероятно (10-13 %) в климатическом микроподрайоне (КМПР-46), в то время как высокая урожайность в хозяйствах, расположенных на территории данного КМПР, обеспечена в 33-40% случаев. Для Пограничного и Хороля вероятности осуществления сумм температур, при которых формируется высокая и низкая урожайности равны, а для Астраханки, Новосельского и Яковлевки - они различаются незначительно. Наиболее неблагоприятное распределение P_1 и P_2 наблюдается в Анучино, где в два раза чаще осуществляются годы с низкими суммами температур.

Таблица 1

Средние многолетние суммы температур (ΣT , °C) и климатически оптимальные a_{KL} суммы температур, соответствующие a_{KL} средние потери R_{KL} и экономический эффект λ_{KL}

Станция	КМ ПР	ΣT , °C	σ	K	$\Phi(t)$	t_{00} , °C	a_{KL} °C	R_{KL}	λ_{KL} °C
Астраханка	2 а	2605	172	0,84	0,043	19	2624	31,3	0,01
Пограничный	2 в	2600	204	1,00	0,000	0	2600	37,5	0,00
Халкидон	3 б	2627	154	0,35	0,240	100	2727	24,3	0,19
Новосельское	4 а	2600	157	0,82	0,046	19	2619	26,1	0,01
Лесозаводск	4 б	2623	170	0,35	0,240	111	2734	19,3	0,19
Свиягино	4 б	2664	164	0,33	0,252	117	2781	27,2	0,22
Кировский	4 б	2654	152	0,31	0,260	108	2762	30,3	0,22
А.учино	5 б	2539	154	2,07	-0,170	-68	2471	25,8	0,09
Яковлевка	5 в	2617	152	0,81	0,050	20	2637	22,9	0,01
Хороль	2 б	2598	164	1,00	0,000	0	2598	28,9	0,00

Примечания. Условные обозначения: $K=P_2/P_1$, где P_2 - вероятность осуществления $\Sigma T \leq 2420$ °C, P_1 - вероятность осуществления $\Sigma T \geq 2740$ °C, $\Phi(t)$ - табличный интеграл вероятности; t_0 - параметр слива, КМПР- климатический микроподрайон.

Функция потерь в данном случае определялась как кусочно-линейная зависимость в виде

$$r(x, a) = \begin{cases} A_1 (a - x) & \text{при } x \leq 2420, \\ A_2 (x - a) & \text{при } x \geq 2740, \end{cases}$$

где A_1 и A_2 - "веса" положительных и отрицательных отклонений, в данном случае - вероятности сумм температур выше 2740°C и ниже 2420°C .

Для определения климатически оптимальной стратегии ($a=a_{\text{opt}}$) использовано выражение (3). Параметр сдвига t_0 определялся по формуле в соответствии с [6]:

$$\phi(t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1-K}{1+K}, \quad \text{где } K = \frac{A_1}{A_2},$$

Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Для определения значимости параметра сдвига t_0 было проведено его сравнение с ошибкой среднего (δ), определяемой по стандартной формуле

$$\delta = \frac{\sigma}{\sqrt{N-1}},$$

где N - размер исходной выборки. Величина $t_0\sigma$ на большинстве метеорологических станций превышает ошибку измерения в несколько раз, что также является важным аргументом в пользу ориентации, при определении климатически оптимальной стратегии, на исправленные средние многолетние суммы температур [5].

Затем рассчитывались соответствующие a_{opt} средние потери (R_{opt}) и экономический эффект (λ_{opt}) при переходе от стратегии ориентации на норму (\bar{X}) к стратегии ориентации на климатически оптимальную норму (см. табл. 1).

Как видно, выигрыш, который получается в результате применения климатически оптимальной стратегии тем больше, чем значительно различая в весовых коэффициентах A_1 и A_2 . Если одни отклонения имеют вероятность осуществления вдвое больше, чем другие ($K<0,5$), то переход от ориентации на среднюю многолетнюю норму к принятию решений в расчете на оптимальное значение $a=a_{\text{opt}}$ приводит к снижению средних потерь примерно на 20%. При $K=1$, экономический эффект равен 0.

Данные табл. 1 могут быть использованы при разработке или корректировке схем рационального размещения рисоводческих хозяйств с учетом климатообразующих факторов Дальнего Востока, а также для выбора климатически оптимальной стратегии при определении нормы высева семян, сроков сева и других агротехнических приемов.

Климатически оптимальной ($S_{\text{кл}}$)_{опт} считается та стратегия, при которой предписываемое ею хозяйственное решение обеспечит достижение максимального урожая, либо максимально возможной прибыли или минимальных убытков. Практически нахождение ($S_{\text{кл}}$)_{опт} сводится к перебору всевозможных вариантов хозяйственных решений d_j с последующим сопоставлением полученных результатов. Поскольку основными, возделываемыми в Приморском крае сортами риса, являются Новосельский и Дальневосточный, то с практической точки зрения целесообразно определить климатически оптимальные нормы высева семян и сроки сева.

Решить такую задачу возможно при помощи метеоролого-экономической модели другого типа, а именно - дискретной модели.

Метеоролого-экономическая модель дискретного типа (табл.2) описывается матрицей размерности ($M \times N$), элементы которой $u_{ij} = u(F_i, d_j)$ ($i=1, \dots, m$, $j=1, \dots, n$) характеризуют доходы или потери, отвечающие всевозможным парам (F_i, d_j) .

Кроме матрицы полезности), необходимо знать природные повторяемости возможных состояний погоды F_i ($i=1, \dots, m$), т.е. должна быть задана совокупность вероятностей

$$P(F_1), P(F_2), P(F_3), \dots, P(F_i), \dots, P(F_m).$$

Определение этих величин является предметом климатологических исследований.

Если обозначить через $S_{\text{кл},j}$ климатически оптимальную стратегию, смысл которой состоит в том, что вне зависимости от погодных условий всегда принимается одно и то же хозяйственное решение d_j , то в соответствии с байесовским подходом, можно утверждать, что средние доходы (или потери), отвечающие выбранной стратегии $S_{\text{кл},j}$, будут определяться по формуле

$$U_{j_{KL}} = \sum_{i=1}^n u(F_i, d_j) P(F_i) \quad (6)$$

Отыскание климатически оптимальной стратегии сводится к вычислению величин U_{Klj} для всех $j=1, \dots, n$ и нахождения среди них максимума, если U_{ij} - доходы, и минимума, если U_{ij} - потери. Отвечающая этому экстремуму стратегия и будет климатически оптимальной, обозначаемой в дальнейшем как S_{KL} .

Таблица 2

Общий вид матрицы полезности,
размерности (2x2)

F_i	d_j	
	d_1	d_2
F_1	u_{11}	u_{12}
F_2	u_{21}	u_{22}

где F_i - состояние погоды ($i=2$), d_j - хозяйственныe решения ($j=2$).

Для определения климатически оптимальной нормы высева семян были составлены матрицы средних урожаев риса при различных нормах высева семян (d_j) в зависимости от теплообеспеченности (F_i) периода вегетации (табл. 3).

Для сорта Новосельский лучшие результаты по всем градациям сумм температур получают на посевах средней густоты (от 0,23 до 0,24 т/га). При низких суммах температур особенно не выгодно создавать густые посевы (от 0,26 до 0,30 т/га), так как урожай в этом случае составляет всего 0,85 т/га.

Для сорта Дальневосточный также лучшие результаты дает стратегия ориентирования на средние нормы высева семян, за исключением лет с очень высокими суммами температур (более 2740 °C), когда наибольшие урожай получают на редких посевах. Это объясняется биологическими особенностями куль-

туры риса. Использование стратегии ориентации на высокие нормы высева семян для обоих сортов риса при любых суммах температур экономически не эффективно не только с точки зрения урожайности, но и с учетом себестоимости производства риса. Стоимость семян в структуре себестоимости производства риса по данным [6] составляет от 12,4 до 17,5 %.

Таким образом, климатически оптимальным решением практически для всей зоны рисосеяния юга Дальнего Востока является норма высева семян от 0,23 до 0,24 т/га. Низкие урожаи риса Новосельский наиболее вероятны на редких посевах, а сорта Дальневосточный - на густых.

Таблица 3

Средняя многолетняя урожайность риса (т/га) в зависимости от теплообеспеченности вегетационного периода и нормы высева семян

Суммы температур, °C	Посевы			
	Редкие	Средней густоты	Густые	
	Норма высева семян, т/га			
	0,20-0,22	0,23-0,24	0,25-0,26	0,27-0,30
<i>Сорт Новосельский</i>				
Более 2740	2,03	3,01	2,56	2,40
От 2420 до 2740	2,29	2,54	2,52	2,50
Менее 2420	1,90	2,01	1,53	0,85
<i>Сорт Дальневосточный</i>				
Более 2740	3,18	2,90	2,62	2,15
От 2420 до 2740	2,73	2,92	3,05	2,03
Менее 2420	1,86	2,21	2,06	1,50

Экономический эффект, получаемый от правильного планирования густоты посевов, можно увеличить, если отказаться от применения единых норм высева семян и перейти к их территориальной дифференциации в соответствии

с распределением сумм температур по различным микроклиматическим подрайонам исследуемой территории.

Это требует решения задачи районирования оптимальных стратегий по характеристикам климата. Принимая за основу матрицу полезности, необходимо найти область значений вектора вероятностей состояния погоды

$$P(F) = \{P(F_1), P(F_2), \dots, P(F_m)\},$$

внутри которой оптимальна та или иная стратегия S .

Построение области оптимальности для всей совокупности допустимых стратегий имеет важное практическое значение, так как дает возможность найти отвечающие различным условиям оптимальные решения, не прибегая каждый раз к новым расчетам и сопоставлениям величин средних полезностей.

Результаты районирования климатологически оптимальной стратегии в зависимости от нормы высева семян для сортов риса Новосельский и Дальневосточный приведены соответственно в табл. 4. Для обоих сортов наибольшие по зоне рисосеяния, рассчитанные климатические урожай при современном уровне агротехники, отмечаются в центральной части. В восточной и западной частях эти величины практически одинаковы. Из рассмотренных сортов риса наиболее урожайным является сорт Дальневосточный.

Погодные условия юга Дальнего Востока характеризуются крайней неустойчивостью, особенно весной и в первой половине лета, когда на юго-восточными районами Дальнего Востока наблюдается первая стадия летнего дальневосточного муссона. С одной стороны, учитывая ограниченные теплоресурсы этой территории, необходимо производить посевы риса в ранние сроки, с другой стороны, наиболее благоприятные среднесуточные температуры воздуха в период посев-всходы должны находиться в пределах: от 11 до 14 °С, что противоречит стратегии посева риса в ранние сроки. Поэтому выбор климатологически оптимальных сроков сева также имеет важное практическое значение.

В табл. 5 приведены сведения о средних многолетних урожаях по сортам 119 всех зон рисосеяния в зависимости от сроков сева. При суммах температур выше 2420°С наибольшие урожай сорта Новосельский получают на посевах, произведенных в период с 10 по 20 мая. В холодные годы (при суммах темпера-

Таблица 4

Средняя многолетняя урожайность u_{kl} (т/га) риса сорта Новосельский и Дальневосточный по отдельным климатическим микроподрайонам ($KMPP$) в зависимости от нормы высева семян (H_n)

$KMPP$	$u_{kl,1}$		$u_{kl,2}$		$u_{kl,3}$		$u_{kl,4}$	
	H_n 0,20- 0,22 т/га	в среднем по зоне	H_n 0,23- 0,24 т/га	в среднем по зоне	H_n 0,25- 0,26 т/га	в среднем по зоне	H_n 0,27- 0,30 т/га	в среднем по зоне
Сорт Новосельский								
<i>Западная часть зоны рисосеяния</i>								
2a	2,14		2,55		2,32		2,12	
2в	2,11		2,40		2,17		1,88	
2б	2,18	2,14	2,57	2,54	2,38	2,32	2,25	2,12
3б	2,15		2,63		2,41		2,25	
<i>Центральная часть зоны рисосеяния</i>								
4а	2,18		2,53		2,35		2,18	
4б	1,94	2,10	2,73	2,62	2,53	2,44	2,39	2,39
4б	2,19		2,61		2,43		2,31	
<i>Восточная часть зоны рисосеяния</i>								
5а	2,15		2,48		2,31		2,07	
5б	2,16	2,16	2,43	2,48	2,25	2,30	2,05	2,09
5в	2,16		2,54		2,34		2,17	
Сорт Дальневосточный								
<i>Западная часть зоны рисосеяния</i>								
2а	2,66		2,79		2,60		2,07	
2б	2,71		2,84		2,73		2,07	
2в	2,46	2,65	2,67	2,79	2,43	2,62	2,06	2,07
3б	2,77		2,86		2,71		,08	
<i>Центральная часть зоны рисосеяния</i>								
4а	2,65		2,82		2,69		2,06	
4б	2,89	2,77	2,98	2,88	2,87	2,78	2,16	2,09
4б	2,77		2,87		2,78		2,07	
<i>Восточная часть зоны рисосеяния</i>								
5а	2,62		2,78		2,64		2,06	
5б	2,52	2,60	2,74	2,77	2,60	2,64	2,05	2,06
5в	2,66		2,80		2,67		2,06	

тур ниже 2420°C) наиболее целесообразно производить посевы в более ранние сроки. Для сорта Дальневосточный установлены аналогичные зависимости.

Климатически оптимальной стратегией, обеспечивающей получение наибольших урожаев риса практически по всем климатическим микроподрайонам зоны рисосеяния, являются сроки сева во вторую декаду мая.

Таким образом, метеоролого-экономическое моделирование позволяет выбрать оптимальные стратегии и решить ряд практических задач по рациональному размещению посевов сельскохозяйственных культур в зависимости от микро- и мезоклиматических условий, а также объяснить, в определенной мере, ошибки, связанные с планированием при размещении, например, рисоводческих хозяйств в Приморском крае.

Таблица 5

Средняя многолетняя урожайность риса (т/га)
в зависимости от теплообеспеченности
вегетационного периода и сроков сева

Сумма температур, °C	1-10 мая	11-20 мая	21-31 мая
<i>Сорт Новосельский</i>			
Более 2740	2.53	2.82	2.50
От 2420 до 2740	1.80	2.66	2.42
Менее 2420	2.46	1.91	1.36
<i>Сорт Дальневосточный</i>			
Более 2740	2.50	2.71	2.50
От 2420 до 2740	2.03	3.08	2.88
Менее 2420	2.22	2.18	1.62

В южной части зоны рисосеяния, менее благоприятной по климатическим условиям (КМПР-1-3) [2], сосредоточено около 69% посевых площадей риса. Наиболее крупные хозяйства им. 50-летия комсомола Приморья (8.8 % посевых площадей), Вадимовский (9.2%), Луговой (4.6%), Новодевичанский

(10,9%), построенные за последние 15 лет, располагаются в южной части зоны рисосеяния в третьем микроклиматическом районе с наиболее неблагоприятными почвенно-климатическими условиями. В то время, как в наиболее благоприятной по климатическим условиям центральной части (КМИР-4) расположены всего несколько рисоводческих хозяйств, общая посевная площадь под рисовыми чеками в них составляет 8350 га, т.е. всего 17,9% от общих площадей, отведенных под эту ценную крупяную культуру. Это является, на наш взгляд, одной из причин снижения валового сбора риса, наблюдавшегося в начале 80-х годов.

Метеоролого-экономическое моделирование, к сожалению, еще достаточно редко используется в агрометеорологических исследованиях, однако возможности его чрезвычайно велики как в теоретическом, так и в практическом аспектах. Это позволяет надеяться, что исследования такого рода займут достойное место в агроклиматологии и агрометеорологии Дальнего Востока.

Список литературы

1. Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения.- Л.: Гидрометеоиздат, 1981.
2. Чирков Ю.И., Чернышева Л.С., Пестерева Н.М. Районирование рисосекущей зоны Приморского края по микроклиматообразующим факторам // Метеорология и гидрология.-1982.-№ 11.
3. Чирков Ю.И., Пестерева Н.М. О влиянии различных типов погоды на урожай риса в Приморском крае // Метеорология и гидрология.-1983.-№ 5.
4. Пестерева Н.М. Долгосрочный синоптико-статистический метод прогноза теплообеспеченности вегетационного периода // Тр. ДВНИГМИ.-1988.Вып. 141
5. Пестерева Н.М. Методические указания о принятии хозяйственных решений по данным о климате.- Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1987.
6. Чирков Ю.И.. Пестерева Н.М. Использование ресурсов климата и погоды в рисоводстве.- Л.: Гидрометеоиздат, 1990

Метеоролого-экономическое моделирование и выбор климатически оптимальных стратегий в сельском хозяйстве (на примере рисоводческой отрасли Дальнего Востока) /Пестерева Н.М./ // Труды ДВНИГМИ, 1997.-Вып. 147.- С.90-102.

Приморский край, является одним из немногочисленных районов России, где возможно выращивание одной из важнейших крупяных культур - риса.

Отсутствие климатически оптимальных стратегий привело к значительным недостаткам в размещении посевных площадей: в западной части зоны рисосеяния, менее благоприятной по климатическим условиям, сосредоточено около 69% посевных площадей риса

Повышение эффективности использования метеорологической информации в рисоводческой отрасли может быть достигнуто при определении и принятии оптимальных хозяйственных решений различного временного уровня. Для чего необходима реализация метеоролого-экономических моделей непрерывного и дискретного типов. Эти модели могут быть использованы при разработке или корректировке схем рационального размещения рисоводческих хозяйств с учетом климатообразующих факторов Дальнего Востока, а также для выбора климатически оптимальной стратегии при определении нормы высева семян, сроков сева и других агротехнических приемов.

Рассматриваются возможности определения экономического эффекта, который будет иметь потребитель климатической информации за счет применения климатически оптимальной стратегии; даны рекомендации по срокам сева и нормам высева семян для различных сортов риса в зависимости от микро- и мезоклиматических условий.

Табл. 5. Библ. 6.