

УДК 639.311.053.1

Л.А.Гайко
(ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток)

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ХОЗЯЙСТВ МАРИКУЛЬТУРЫ

Непредотвратимые убытки по гидрометеорологическим причинам в морском фермерстве больше, чем в какой-либо другой отрасли народного хозяйства. Основой для принятия хозяйственных решений (определение сроков выставления и количества коллекторов, притопление установок и т.д.) могут являться долгосрочные прогнозы погоды, долгосрочные прогнозы урожайности моллюсков и специализированные прогнозы, связанные с биологией объекта. В работе приводится последовательность составления гидрометеоролого-технологической схемы выращивания моллюсков, которая необходима для наглядности и маневренности в принятии решений согласно полученным прогнозам. Указаны пути нахождения оптимальной стратегии принятия хозяйственных решений. Показано, из чего складывается экономический эффект от использования в практике результатов деятельности гидрометеослужбы.

Gayko L.A. Hydrometeorological maintenance of sea farming // *Izv. TINRO*. — 2004. — Vol. 137. — P. 352–359.

As in agriculture, unavoidable losses due to meteorological causes are significant in the sea farming. Long-term weather forecasts and specialized forecasts (related to biological parameters) could be good grounds for making economic decisions (the time of exposing the collectors, their number, submerging the system, etc.). For better visualization and handle ability of this information, a hydrometeorological-technological diagram for a mollusk farm is recommended. With this diagram, economical decisions are made on the basis of analyzing the matrices of conjugation and utility. Protective measures are expedient only in cases when their value is lower than the possible loss due to adverse weather conditions. Economic effect of using the results of hydrometeorological maintenance is formed due to decrease of production cost, realization of additional product, and prevention or decrease of the losses of production.

Основная особенность гидрометеорологической службы состоит в том, что, не будучи производственной системой, она способствует эффективному использованию производственных возможностей различных отраслей народного хозяйства. Одной из перспективных отраслей народного хозяйства, для которой полный и качественный объем гидрометеорологической информации играет важную роль, является марикультура. Практикой доказано, что деятельность хозяйств марикультуры, расположенные в прибрежной части моря, во многом зависит от хода гидрометеорологических факторов, которые весьма изменчивы как во времени, так и в пространстве.

Пространственно-временное разрешение информации в каждом конкретном случае различно. На практике используются два вида гидрометеорологической информации:

1. Непосредственные измерения значений параметров среды, необходимые при эксплуатации народнохозяйственных объектов и при составлении прогнозов;

2. Рассчитанные (вычисленные) по данным наблюдений средние характеристики, необходимые при планировании и проектировании народнохозяйственных объектов.

Повышение эффективности использования гидрометеорологической информации в народном хозяйстве осуществляется следующими путями:

изучение влияния гидрометеорологических условий на отрасли народного хозяйства, отдельные объекты и мероприятия;

совершенствование форм представления и средств доведения гидрометеорологической информации до потребителя;

повышение точности измерения и расчета гидрометеозаэлементов и параметров;

повышение оправдываемости и заблаговременности гидрометеорологических прогнозов и прежде всего опасных и особо опасных явлений.

Изучение, анализ и учет комплекса этих факторов применительно к деятельности хозяйств марикультуры дают возможность:

— повысить эффективность биотехнологий культивирования объектов;

— прогнозировать условия развития и роста организмов;

— проектировать более прочные, устойчивые и долговечные гидробиотехнические сооружения.

Схемы гидрометеорологического обеспечения хозяйств марикультуры

Основой для принятия хозяйственных решений в марихозяйстве (определение сроков выставления и количества коллекторов, притопление установок и т.д.) могут являться долгосрочные прогнозы погоды, долгосрочные прогнозы урожайности моллюсков и специализированные прогнозы, связанные с биологией объектов культивирования. Для маневренности в принятии решений согласно полученным прогнозам и для наглядности удобно составлять технологическую схему процесса. Автором (Гайко, 1998) была составлена гидрометеоролого-технологическая схема выращивания моллюсков по аналогии с метеоролого-технологической схемой для выращивания риса (Пестерева, 1992). Прежде чем приступить к составлению гидрометеоролого-технологической схемы выращивания моллюсков, необходимо выделить два уровня принятия хозяйственных решений.

1. Хозяйственные решения, которые могут быть приняты до начала массового нереста моллюсков.

2. Хозяйственные решения, которые могут быть приняты после выставления коллекторов (до сбора спата).

Основные принципы построения гидрометеоролого-технологических схем (ГМТС) заключаются в следующем:

— ГМТС составляется для определенного технологического процесса (выставление коллекторов, сбор спата и др.);

— в схемах должны быть перечислены основные и альтернативные решения, необходимые для осуществления данного технологического процесса;

— должны быть указаны виды гидрометеорологической, в том числе прогностической, информации, на основе которой могут быть выбраны те или иные хозяйственные решения;

— должны быть определены оптимальные стратегии потребителя в зависимости от выбранного критерия оптимальности;

— должен быть оценен экономический эффект и эффективность различных видов гидрометеорологической информации.

Составленная гидрометеоролого-технологическая схема принятия решений в марикультуре при выращивании приморского гребешка представлена на рис. 1. Пользуясь этой схемой, можно осуществлять планирование хозяйственных мероприятий на основе специализированных долгосрочных прогнозов гидрометеорологических величин, указанных в ней. Но такие прогнозы должны иметь заданную заблаговременность, позволяющую своевременно принять решение и осуществить конкретные действия, иначе, даже в случае их высокой оправданности, их следует считать “бесполезно” оправдавшимися с точки зрения экономической полезности.

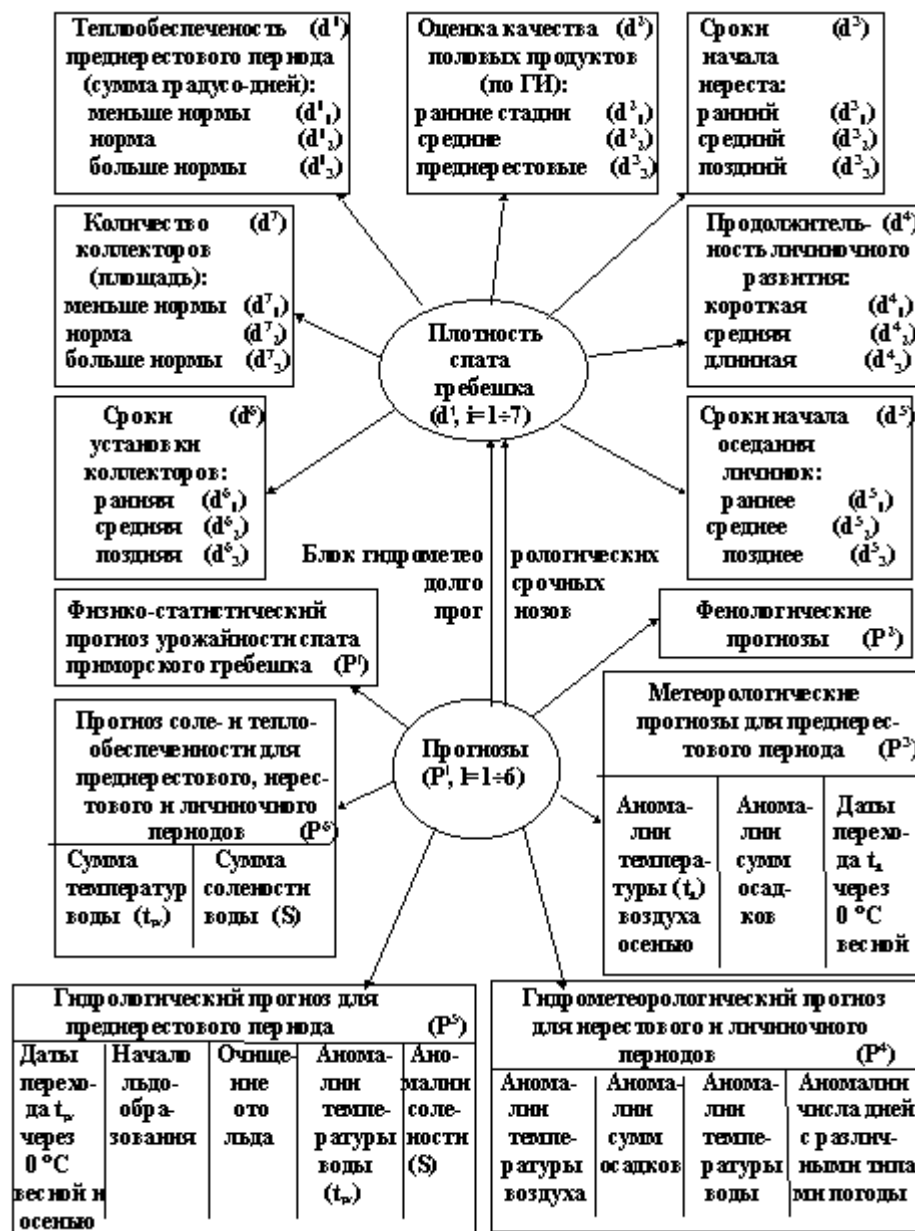


Рис. 1. “Плотность спата гребешка” — гидрометеоролого-технологическая блок-схема хозяйственных решений (d) и гидрометеорологических долгосрочных прогнозов (P), необходимых для их принятия

Fig. 1. “Spat density of scallop” — hydrometeorological-technological block-diagram of the economic decisions (d) and hydrometeorological long-term forecasts (P) necessary to make the resolves

Одной из основных прикладных задач первого уровня принятия хозяйственных решений является оптимизация площадей выставления коллекторов. Для ее успешного решения для конкретной акватории в конкретном году необходимо, чтобы потребитель имел реальную возможность с достоверной заблаговременностью либо подготовить необходимое количество коллекторов для сбора спата и соответственно установок для выставления коллекторов, либо пополнить маточное стадо из других районов. Так, например, физико-статистический прогноз урожайности приморского гребешка, разработанный автором, имеет максимальную заблаговременность 9 мес до уборки урожая или 5 мес до выставления коллекторов (Гайко, 1999, 2002; Gayko, 2000). Ориентируясь на прогноз урожайности до выставления коллекторов (до начала нереста), можно произвести моделирование продуктивности и решить задачу оптимизации структуры площадей под сбор спата.

Теоретические аспекты определения оптимальной стратегии потребителя гидрометеорологической информации в зависимости от выбранного критерия оптимальности рассмотрены в работе Н.А.Багрова (1982). Последовательность нахождения оптимальной стратегии может быть представлена в следующем виде:

- находится транспонированная матрица полезности;
- определяется матрица сопряженности;
- выделяются из каждого столбца матрицы-произведения максимальные или минимальные элементы.

Сумма выделенных элементов определяет среднюю полезность оптимальной стратегии. Например: при низких суммах температур сроки начала нереста оттягиваются, что может привести к некачественному нересту. В таких случаях возможно принятие следующих решений: или выставить больше коллекторов, или пополнить маточное стадо из других бухт. В годы, когда прогнозируются высокие суммы температур, возможен ранний нерест, обильное количество личинок, и для сбора запланированного количества спата потребуется меньше коллекторов. При экстремальных значениях обоих знаков возможно очень низкое количество личинок в планктоне и сбор спата вообще не целесообразен.

Рассмотрим альтернативную ситуацию с помощью гидрометеоролого-экономической модели типа $m \times n = 2 \times 2$, где m — число хозяйственных решений, n — число состояний погоды. С помощью матрицы $||u_{ij}||$ ($i, j=2$) установим, при каких климатических вероятностях

$$\begin{cases} P_1(F_1) = P_1, \\ P_2(F_2) = P_2 = 1 - P_1 \end{cases} \quad (1)$$

следует проводить мероприятие d_1 , при каких предпочтительнее d_2 . Тогда матрица будет иметь следующий вид (табл. 1).

Таблица 1
Матрица полезности 2×2
Table 1
Matrix of utility 2×2

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

Примечание. d_1 — решение выставить меньше коллекторов, ориентируясь на погоду F_1 (сумма температур выше 324°C); d_2 — решения выставить больше коллекторов или пополнить маточное стадо, ориентируясь на погоду F_2 (сумма температур ниже 324°C); u_{11} , u_{12} , u_{21} , u_{22} — элементы матрицы, имеющие смысл доходов или потерь.

Статистически средние доходы или потери u_{klj} , отвечающие выбранной стратегии, определяются по формуле:

$$U_{klj} = \sum_{i=1}^m U(F_i, d_j)P(F_i). \quad (2)$$

Процедура отыскания климатически оптимальной стратегии заключается в вычислении величин u_{klj} для всех $j = 1, \dots, n$ и нахождении среди них максимума, если u_{ij} имеет смысл дохода, или минимума, если u_{ij} — потери. Запишем выражения для величин u_{kl1} и u_{kl2} , отвечающих климатологическим стратегиям S_{kl1} и S_{kl2} :

$$\begin{cases} U_{kl1} = u_{11}P_1 + u_{21}P_2, \\ U_{kl2} = u_{21}P_1 + u_{22}P_2. \end{cases} \quad (3)$$

Тогда при $u_{kl1} > S_{kl2}$ предпочтение отдается стратегии S_{kl1} , и, наоборот, если решение d_1 — выставить меньше коллекторов, ориентируясь на погоду F_1 , а d_2 — выставить больше коллекторов или пополнить маточное стадо, ориентируясь на погоду F_2 , то по Е.Е.Жуковскому (1981) между величинами должны существовать соотношения:

$$\begin{aligned} u_{11} &> u_{12}, \\ u_{21} &< u_{22}. \end{aligned} \quad (4)$$

С учетом этих неравенств стратегия S_{kl1} оказывается эффективнее стратегии S_{kl2} .

Прогнозы гидрометеорологических величин, перечисленных в гидрометеоролого-технологической схеме, разрабатываются и составляются в гидрометеоцентрах. Поэтому, для того чтобы эта схема работала, хозяйствам марикультуры надо наладить взаимодействия с гидрометеоцентром, обслуживающим данную территорию.

Разработка практических рекомендаций по повышению эффективности использования режимной и прогностической информации для рентабельного ведения марихозяйств

Непредотвратимые убытки по гидрометеорологическим причинам в морском фермерстве, так же как и в сельском хозяйстве, больше, чем в какой-либо другой отрасли народного хозяйства. Важной задачей совершенствования системы управления производством, особенно сельскохозяйственным, является выбор оптимальных хозяйственных решений, направленных на получение максимально возможной прибыли. Уменьшить долю ущерба по этой причине можно путем более эффективного гидрометеорологического обеспечения.

Но при этом наблюдается парадоксальная проблема: с одной стороны, в настоящее время существует большое число всевозможных гидрометеорологических прогнозов, а с другой — практически полностью отсутствуют специальные разработки или методические пособия для потребителей о том, как их использовать. Существует мнение, что учитывать все необходимые характеристики распределения прогнозируемых величин должны сами прогнозисты, а потребителю сообщались бы категорические прогнозы (Волконский, Волконский, 1985). Но такая схема гидрометеорологического обеспечения сельского хозяйства, в том числе и марихозяйств, на наш взгляд неприемлема, так как решения принимает гидрометеоролог-прогнозист, а отвечать за конечный результат принятия этих решений будет производственник. По мнению Н.М.Пестеревой (1992), наиболее приемлемой в настоящее время является схема обеспечения гидрометеорологической информацией сельскохозяйственного производства, которая не требует существенного вложения дополнительных затрат и представлена на рис. 2.

Рис. 2. Общая схема обеспечения потребителя прогностической информацией

Fig. 2. A general scheme of providing the user with the prognostic information



Наиболее слабыми звеньями этой схемы являются оценка системы "потери—выгода", прогноз хозяйственных действий и рекомендации по оптимальному использованию прогноза. Хозяйственные решения в данном случае возможно принять на основе анализа матрицы сопряженности и матрицы полезности или потерь. Пример построения матрицы сопряженности приведен в табл. 2.

Таблица 2
Матрица сопряженности состояния погоды F_i
и возможных текстов прогноза P_s

Table 2

Matrix of conjugating the weather state F_i
and the possible texts of the forecast P_s

F_i	P_s			ΣF_i
	P_1	P_2	P_3	
F_1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_{10}
F_2	n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_{20}
F_3	n_{31}	n_{32}	n_{33}	n_{30}
ΣP_s	n_{01}	n_{02}	n_{03}	N

Примечание. n_{10} — фактическое осуществление благоприятной для моллюсков фазы или градации погоды; n_{20} — осуществление градации в пределах средних многолетних значений; n_{30} — осуществление неблагоприятной фазы погоды; P_s — прогноз состояний моллюсков (начало нереста, количество личинок в планктоне); P_1 — прогноз "ранний нерест" или "большое количество личинок в планктоне"; P_2 — прогноз "норма"; P_3 — прогноз "поздний нерест" или "малое количество личинок в планктоне"; n_{is} — элементы матрицы; N — общее число прогнозов; $n_{is}(i = s)$ — число случаев оправдавшихся прогнозов; $n_{is}(i \neq s)$ — число случаев неоправдавшихся прогнозов.

Физический смысл величины F_i и ее количественные критерии могут быть весьма различны: длительные дожди, резкие скачки температуры воды, прохождение тайфунов и другие опасные стихийные и гидрометеорологические явления. Соответственно и действия, которые могут быть предприняты потребителем, весьма разнообразны: раньше или позже выставлять коллекторы; выставлять на большей площади, как обычно или меньшее количество и т.п. Схему "затраты—ущерб" можно представить с помощью квадратной матрицы потерь (табл. 3).

Таблица 3
Матрица потерь

Table 3

Matrix of losses

F_i	d_j	
	d_1	d_2
F_1	C	L
F_2	C	0

Примечание. F_i — элементы погоды; d_j — действия; C — стоимость защитных мероприятий; L — ущерб потребителя.

Защитные мероприятия имеют смысл только в тех случаях, когда их стоимость ниже возможного ущерба от неблагоприятных погодных условий. Поэтому в данной альтернативной схеме всегда должно выполняться условие: $0 < C < L$ или $0 < C/L < 1$.

Повышение эффективности использования гидрометеорологической информации осуществляется следующими путями:

- 1) изучением влияния гидрометеорологических условий на отрасли народного хозяйства, отдельные объекты и мероприятия;
- 2) совершенствованием форм представления и средств доведения гидрометеороинформации до потребителя;
- 3) повышением точности измерения и расчета гидрометеорологических параметров;
- 4) повышением оправдываемости и заблаговременности прогнозов гидрометеорологических явлений.

Для оценки эффективности прогнозов также можно составить матрицу сопряженности по типу табл. 2. При этом прогнозы p_{12} называются ошибки-промахи или ошибки риска, а p_{21} — ошибки перестраховки.

Экономическая эффективность режимной и прогностической информации характеризует степень пользы от применения гидрометеорологической информации и является важным экономическим показателем. Коэффициент эффективности определяется как соотношение экономического эффекта и затрат на его получение. Экономический эффект от использования в практике результатов деятельности гидрометеослужбы получается (Городецкий, Сивопляс, 1979): от снижения себестоимости работ или продукции; от реализации дополнительного продукта, созданного отраслями народного хозяйства; от предотвращения или сокращения ущерба народного хозяйства от неблагоприятных гидрометеорологических явлений.

Годовой экономический эффект ($\mathcal{E}$, руб.) от снижения себестоимости продукции отрасли народного хозяйства в результате использования гидрометеороинформации рассчитывается по формуле (Городецкий, Сивопляс, 1979):

$$\mathcal{E} = [(C_1 + E_n \times K_1) - (C_2 + E_n \times K_2)] \times A_2, \quad (5)$$

где C_1 — себестоимость единицы продукции отрасли народного хозяйства, руб.; C_2 — себестоимость единицы продукции после применения гидрометеороинформации впервые или качественно новой гидрометеороинформации, руб.; A_2 — годовой объем производства продукции отраслей народного хозяйства с применением гидрометеороинформации, натуральные единицы; K_1 и K_2 — удельные капиталовложения, т.е. стоимость работ, затраченных соответственно на получение старой и новой гидрометеорологической информации и отнесенная, соответственно, к количеству продукции отрасли, полученной в результате использования старой и новой гидрометеорологической информации, руб.; E_n — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, равный 0,15.

Оценку экономической эффективности стоимости содержания станций и постов, которые потребителю необходимо было бы открыть и содержать, если требуемая информация не была бы получена в Гидрометфонде, а также стоимость последующей камеральной и климатологической обработки наблюдений, можно произвести по формуле приведенных затрат (Смирнов, 1978):

$$\mathcal{E}_\Phi = E_n \times [(M_n - M_{па}) \times A - \Phi], \quad (6)$$

где M_n — приведенные затраты на изыскания в течение n лет в данном регионе и обработку данных под проект до использования материалов Гидрометфонда, эквивалентные содержанию q станций за n лет; $M_{па}$ — то же после использования материалов Гидрометфонда; E_n — нормативный коэффициент эффективности (0,10–0,15); A — число потребителей в год; Φ — приведенные затраты на содержание первичных материалов Гидрометфонда за год.

Литература

- Багров Н.А.** Объединение нескольких прогнозов // Метеорол. и гидрол. — 1982. — № 8. — С. 5–12.
- Волконский Н.Ю., Волконский Ю.Н.** Оптимальная организация специализированного обеспечения прогнозами // Метеорол. и гидрол. — 1985. — № 12. — С. 12–19.
- Гайко Л.А.** Особенности гидрометеорологического режима залива Петра Великого и физико-статистический метод прогноза урожайности культивируемых моллюсков в заливе Посыета: Дис. ... канд. геогр. наук. — Владивосток, 1998. — 276 с.
- Гайко Л.А.** Прогноз урожайности молодежи моллюсков в хозяйствах марикультуры физико-синоптико-статистическим методом // Современные проблемы океанологии шельфовых морей России: Тез. докл. междунар. конф. — Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2002. — С. 31–34.
- Гайко Л.А.** Прогноз урожайности молодежи приморского гребешка *Misuchopecten yessoensis* (Jay) в хозяйствах марикультуры южного Приморья физико-статистическим методом (Японского моря) // 11-я Всерос. конф. по промысл. океанологии: Тез. докл. — М.: ВНИРО, 1999. — С. 71.
- Городецкий О.А., Сивопляс Г.Г.** Организация, планирование гидрометеорологических работ и основы экономики. — Л.: Гидрометеиздат, 1979. — 110 с.
- Жуковский Е.Е.** Метеорологическая информация и экономические решения. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — 302 с.
- Пестерева Н.М.** Обоснование схемы синоптико-статистического метода прогноза урожая риса до посева // Региональные вопросы синоптической метеорологии и климатологии / ДВГУ. — Владивосток, 1992. — Вып. 4. — С. 1–82. — Деп. в ИЦ ВНИИГМИ МЦД, № 171.
- Смирнов А.В.** Опыт расчета экономической эффективности использования первичных материалов гидрометфонда СССР // Вопросы гидрометеорологии Северо-запада СССР: Сб. работ Ленинградской гидрометобсерватории. — Л.: Гидрометеиздат, 1978. — С. 42–55.
- Gayko L.A.** The use of long-term physical and statistical methods to forecast yield of mollusks on marine farms // North Pacific Marine Science Organization (PICES): Ninth Annu. Meet.: Abstracts. — Hakodate, Hokkaido, Japan, 2000. — P. 55–56.

Поступила в редакцию 4.03.04 г.