

*Т.В. Старостина, И.Г. Ковригина*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ МЕТОДОВ ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ ОДНОЛЕТНИХ И МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ПО НОВОСИБИРСКОЙ, КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТЯМ И АЛТАЙСКОМУ КРАЮ**

Методы прогноза урожайности однолетних и многолетних трав по Новосибирской, Кемеровской областям и Алтайскому краю разработаны в рамках выполнения региональной темы 1.7.45 Плана НИОКР Росгидромета (авторы – Т.В. Старостина, ФГБУ «СибНИГМИ»; И.Г. Ковригина, ГМЦ ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»; Г.Н. Тюкало, Кемеровский ЦГМС – филиал ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»; Е.И. Янова, Алтайский ЦГМС – филиал ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»).

Методы прогноза урожайности однолетних и многолетних трав базируются на физико-статистических моделях, отражающих связи между урожайностью трав и основными метеорологическими и агрометеорологическими факторами. Испытание методов проводилось по четырем прогностическим моделям, позволяющим прогнозировать урожайность однолетних и многолетних трав на сено и зеленую массу на сроки 1–2 июня и 1–2 июля, отличающимся друг от друга набором показателей метеорологических и агрометеорологических факторов.

Агрометеорологические параметры, используемые в качестве потенциальных предикторов, выбирались из данных наблюдений гидрометеорологических станций. Наиболее важным периодом в формировании урожайности трав является период их цветения (май-июнь). Для построения прогностических моделей были использованы параметры, достаточно хорошо описывающие агрометеорологические условия вегетационного периода.

Основными климатическими факторами роста и формирования урожая многолетних и однолетних трав является тепло- и влагообеспеченность вегетационного периода. С большей достоверностью влагообеспеченность сельскохозяйственных культур характеризуют комплексные показатели увлажнения: показатель увлажнения по Н.В. Гулиновой [1], гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова [2]. Ввиду отсутствия биометрических показателей трав были исследованы связи областной (краевой) урожайности трав с метеорологическими показателями влагообеспеченности осеннего периода предшествующего года и тепло- и влагообеспеченности весенне-летнего периода текущего года [3]. Наибольшую значимость имеют осадки за зимне-весенний и летний периоды. Существенные связи наблюдаются с дефицитом влажности воздуха, а также с показателями увлажнения Н.В. Гулиновой на конец мая и конец июня.

Для выполнения расчетов была разработана технологическая линия, включающая пакет программ для персонального компьютера и материалы информационного обеспечения: программу автоматизированного сбора информации из электронной версии таблиц ТСХ-1 по станциям, программу расчета прогноза урожайности многолетних и однолетних трав по территории Новосибирской, Кемеровской областей и Алтайского края и программу оценки прогноза.

Авторские испытания метода прогноза урожайности многолетних и однолетних трав по территории Новосибирской, Кемеровской областей и Алтайского края проводились на независимом материале 2009–2011 гг. Производственные испытания метода осуществлялись в отделе агрометпрогнозов ГМЦ, в отделе агрометеорологии и агрометеорологических прогнозов Алтайского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС», в ОГСН Кемеровского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» в 2012–2015 гг. в оперативном и квазиоперативном режимах. Анализ и обобщение полученных результатов проводились в отделе агрометпрогнозов Гидрометцентра.

Оценка успешности метода прогноза урожайности трав по территории Новосибирской, Кемеровской областей и Алтайского края проводилась согласно РД 52.27.284-91 [4]. Сравнительная оценка успешности испытываемых методов осуществлялась с инерционными и климатологическими прогнозами, а также с используемыми в настоящее время

в оперативной практике агрометеорологов Центров методами прогноза урожайности многолетних трав на сено по Новосибирской области (автор – Н.В. Гулинова), прогноза урожайности многолетних трав на зеленую массу по Кемеровской области (автор – Г.А. Моисеева, ФГБУ «СибНИГМИ»), прогноза урожайности многолетних трав на сено по территории Алтайского края (автор – Э.Г. Рудычева, СибНИГМИ).

С целью получения более достоверных выводов об испытываемом методе были проанализированы результаты оправдываемости прогнозов за период 2009–2015 гг., включающий авторские и производственные испытания.

К достоинствам новых методов можно отнести следующее:

- методы позволяют прогнозировать урожайность многолетних и однолетних трав на два срока (предварительный и уточненный), что актуально в настоящее время;
- расчеты прогнозов полностью автоматизированы, включая выборку данных из электронной версии таблиц ТСХ-1;
- автоматизирована оценка прогнозов.

### **Результаты испытаний по Новосибирской области**

По результатам авторской проверки (2009–2011 гг.) методические прогнозы урожайности однолетних трав на зеленую массу и многолетних трав на сено по Новосибирской области по всем моделям в течение трех лет обеспечили хороший результат – средняя оправдываемость 80,3–96,0 %. Лишь в 2009 г. оправдываемость методических прогнозов урожайности однолетних трав на зеленую массу по моделям 1–3 была ниже принятого порога успешности агрометеорологических прогнозов и составила 64,0–75,0 %. Низкая оправдываемость методических прогнозов в 2009 г. в оба срока обусловлена недобором осадков в мае и значительным дефицитом тепла в июне (средняя температура воздуха была ниже нормы на 5...6 °С).

Оценка качества методических прогнозов урожайности однолетних на зеленую массу и многолетних на сено Новосибирской области в годы производственных испытаний (2012–2015 гг.) показала, что оправдываемость методических прогнозов урожайности однолетних трав на зеленую массу оказалась ниже на 5,5–12,3 %, чем в годы авторских испытаний, и составила в среднем 68,9–82,4 %, что на уровне и ниже

порога успешности агрометеорологических прогнозов. Успешность методических прогнозов урожайности многолетних трав на сено за годы оперативной проверки также несколько хуже (на 2,1–9,6 %), но она достаточно высокая (82,8–91,4 %) и соответствует уровню качества агрометеорологических прогнозов.

В годы оперативных испытаний менее удачными были методические прогнозы урожайности однолетних трав на зеленую массу, особенно в 2012 году: прогнозируемая урожайность однолетних трав как в первый, так и во второй срок превысила допустимую погрешность на 5–11 ц/га. Низкая оправдываемость методических прогнозов объясняется крайне засушливыми условиями, сложившимися в весенне-летний период. Средняя оправдываемость методических прогнозов урожайности однолетних трав по Новосибирской области (срок 1–2 июня) в годы оперативных испытаний (2012–2015 гг.) составила 68,9–75,3 %, что выше оправдываемости инерционных и климатологических прогнозов по модели 1 на 0,6–6,7 % соответственно, на 7 % выше инерционных прогнозов и на уровне климатологических по модели 2. В среднем за весь период испытаний оправдываемость предварительных методических прогнозов (на срок 1–2 июня) составила по модели 1 – 73,8 %, по модели 2 – 77,7 %, что выше оправдываемости инерционных (на 5,5–9,4 %) и в случае модели 2 – климатологических (на 2,1 %) прогнозов (табл. 1).

Из методических прогнозов урожайности однолетних трав на зеленую массу по Новосибирской области, составленных в годы производственных испытаний в основной срок (1–2 июля), более успешными были прогнозы, рассчитанные по модели 4, их оправдываемость составила 82,4 %. Абсолютная ошибка прогнозов превысила допустимую погрешность на 2–7 ц/га. Средняя оправдываемость методических прогнозов по модели 4 за весь период проверки составила 85,3 %, это на 7,4 % выше успешности прогнозов, составленных по модели 3.

Оценка качества методических прогнозов урожайности многолетних трав на сено по Новосибирской области в годы производственных испытаний (2012–2015 гг.) показала, что оправдываемость методических прогнозов урожайности многолетних трав была достаточно высокой, как и в годы авторской проверки: в первый срок – 82,8–85,5 %, во второй – 91,3–91,4 %. Неудачными были методические прогнозы, составленные в 2013 г., причем в оба срока. Прогнозируемая урожайность

многолетних трав на сено как в первый, так и во второй срок превысила допустимую погрешность на 0,2–1,3 ц/га.

Таблица 1

**Оправдываемость прогнозов урожайности однолетних  
и многолетних трав по Новосибирской области**

Культура		№ прогностической модели	Оправдываемость			Средняя оправдываемость, %	
			авторские испытания (2009–2011)	производственные испытания (2012–2015)	средняя за период (2009–2015)	инерционные	климатологические
Многолетние травы на сено	предварительный прогноз, 1–2 июня	1	94,5	85,5	89,4		58,4*
		2	92,4	82,8	87,0		
	уточненный прогноз, 1–2 июля	3	93,5	91,4	92,3		78,1*
		4	96,0	91,3	93,3		
Однолетние травы на зеленую массу	предварительный прогноз, 1–2 июня	1	80,3	68,9	73,8	68,3	75,6
		2	80,8	75,3	77,7	68,3	75,6
	уточненный прогноз, 1–2 июля	3	84,9	72,6	77,9	68,3	75,6
		4	89,1	82,4	85,3	68,3	75,6

*Примечание.* \* – Оправдываемость по методу Н.В. Гулиновой.

В 2013 г. из-за значительного недобора тепла и частого выпадения осадков в вегетационный период складывались крайне неблагоприятные условия для уборки трав на сено. План по заготовке сена был выполнен лишь на 70–80 %. В моделях учитываются тепло и осадки, но в 2013 году большое снижение урожайности трав произошло из-за крайне неблагоприятных условий уборки трав. 2013 год по погодным условиям во время уборки был аномальным. Поскольку такие периоды

встречаются крайне редко, их невозможно учесть при разработке методов и, следовательно, такие годы будут плохо оправдываться.

В среднем за весь период испытаний оправдываемость предварительных методических прогнозов урожайности многолетних трав на сено (на срок 1–2 июня) составила по модели 1 – 89,4 %, по модели 2 – 87,0 %, что значительно выше (на 28,6–31,0 %) оправдываемости используемого в настоящее время метода прогноза урожайности многолетних трав на сено по Новосибирской области (автор – Н.В. Гулинова). Успешность уточненных методических прогнозов (на срок 1–2 июля) составила по модели 3 – 92,3 %, по модели 4 – 93,3 %, что на 14,2–15,2 % выше оправдываемости прогнозов по методу Н.В. Гулиновой (табл. 1).

Решением Технического совета ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» от 27 апреля 2016 г. и ЦМКП от 27 мая 2016 г. рекомендованы к внедрению с 1 июня 2016 года в оперативную практику отдела агромет-прогнозов Гидрометцентра ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» «Методы прогноза урожайности многолетних трав на сено и однолетних трав на зеленую массу по Новосибирской области» в качестве основного на сроки 1–2 июня и 1–2 июля (для многолетних трав на сено – модели 1 и 4, для однолетних трав на зеленую массу – модели 2 и 4).

### **Результаты испытаний по Кемеровской области**

В Кемеровской области в период авторских испытаний (2009–2011 гг.) все методические прогнозы урожайности многолетних трав на сено и зеленую массу оправдались. Средняя оправдываемость методических прогнозов урожайности многолетних трав на сено и зеленую массу колебалась от 77,5 до 91,9 %.

По результатам производственных испытаний (2012–2015 гг.) методов прогнозов урожайности многолетних трав на сено и зеленую массу более успешными оказались методические прогнозы урожайности многолетних трав на сено. Причем в первый срок лучше сработала модель 1, во второй – модель 3. Средняя оправдываемость методических прогнозов, составленных по модели 1, составила 88,4 %, что несколько ниже, чем в годы авторских испытаний, и на 13,2 % выше успешности прогнозов по модели 2 для предварительного срока. Методические прогнозы, составленные во второй срок по модели 3, имели высокую оправдываемость – 90 %, что несколько ниже, чем в годы

авторской проверки (на 4,4 %), но на 16,7 % выше оправдываемости прогнозов по модели 4 (табл. 2).

Таблица 2

**Оправдываемость прогнозов урожайности многолетних трав по Кемеровской области**

Культура		№ прогностической модели	Оправдываемость			Средняя оправдываемость, %	
			авторские испытания (2009–2011)	производственные испытания (2012–2015)	средняя за период (2009–2015)	инерционные	климатологические
Многолетние травы на сено	предварительный прогноз, 1–2 июня	1	92,2	88,4	90,1	88,9	84,7
		2	91,1	75,2	82,0	88,9	
	уточненный прогноз, 1–2 июля	3	94,4	90,0	91,9	88,9	84,7
		4	89,7	73,3	80,3	88,9	
Многолетние травы на зеленую массу	предварительный прогноз, 1–2 июня	1	94,1	73,0	82,1		28,3
		2	94,1	68,8	79,7		
	уточненный прогноз, 1–2 июля	3	94,5	79,5	85,9	68,3	20,8*
		4	94,6	64,6	77,5	68,3	

*Примечание.* \* – Оправдываемость по методу Г.А. Моисеевой

В среднем за весь период испытаний оправдываемость предварительных методических прогнозов урожайности многолетних трав на сено (на срок 1–2 июня) по модели 1 составила 90,1 %, что на 8,1 % выше, чем по модели 2, и на 1,2–5,4 % выше оправдываемости инерционных и климатологических прогнозов. Успешность уточненных методических прогнозов, составленных по модели 3, за все годы испытаний оказалась также выше, чем рассчитанных по модели 4,

и оправдываемость составила 91,9 %, что на 3,0–7,2 % выше оправдываемости инерционных и климатологических прогнозов (табл. 2).

Методические прогнозы урожайности многолетних трав на зеленую массу по Кемеровской области в период оперативной проверки оправдались несколько хуже, чем в годы авторских испытаний. В первый срок оправдываемость моделей 1 и 2 оказалась ниже на 21,1–25,3 %, во второй срок по моделям 3 и 4 – на 15,0–30,0 %. Хуже сработали модели 2 и 4, средняя оправдываемость методических прогнозов за годы производственных испытаний (2012–2015 гг.) составила 68,8 и 64,6 % соответственно, что ниже порога качества агрометеорологических прогнозов.

В среднем за весь период испытаний с 2009 по 2015 г. оправдываемость предварительных методических прогнозов урожайности многолетних трав на зеленую массу (на срок 1–2 июня) по модели 1 составила 82,1 %, уточненных (на срок 1–2 июля) по модели 3 – 85,9 %, что существенно превышает оправдываемость используемого в оперативной практике Кемеровского ЦГМС метода прогноза урожайности многолетних трав на зеленую массу (автор – Г.А. Моисеева). Оправдываемость существующего в оперативной практике Кемеровского ЦГМС метода прогноза урожайности многолетних трав на зеленую массу 28,3 % на первый срок и 20,8 % на второй срок.

Решением Технического совета ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» от 27 апреля 2016 г. и ЦМКП от 27 мая 2016 г. рекомендованы к внедрению с 1 июня 2016 г. в оперативную практику агрометеорологов отдела гидрометеорологического обеспечения Кемеровского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» «Методы прогноза урожайности многолетних трав на сено и зеленую массу по Кемеровской области» в качестве основного на сроки 1–2 июня и 1–2 июля (для многолетних трав на сено и зеленую массу – модели 1 и 3).

### **Результаты испытаний по Алтайскому краю**

По результатам авторской проверки (2009–2011 гг.) методические прогнозы урожайности однолетних и многолетних трав по Алтайскому краю по всем моделям имели высокий результат – средняя оправдываемость составила 81,1–96,0 %. При оперативных испытаниях разработанные модели также показали хороший результат.



В среднем за весь период испытаний с 2009 по 2015 г. оправдываемость предварительных методических прогнозов урожайности многолетних трав на сено по Алтайскому краю (на срок 1–2 июня) по моделям 1 и 2 составила 81,5 и 79,9 %, уточненных (на срок 1–2 июля) по моделям 3 и 4 – 86,5 и 84,6 % соответственно, что значительно выше оправдываемости используемого в оперативной практике Алтайского ЦГМС метода прогноза урожайности сена многолетних трав (табл. 3).

Таблица 3

**Оправдываемость прогнозов урожайности однолетних и многолетних трав по Алтайскому краю**

Культура		№ прогностической модели	Оправдываемость			Средняя оправдываемость, %	
			авторские испытания (2009–2011)	производственные испытания (2012–2015)	средняя за период (2009–2015)	инерционные	климатологические
Многолетние травы на сено	предварительный прогноз, 1–2 июня	1	83,3	80,2	81,5		21,1*
		2	82,2	78,2	79,9		
	уточненный прогноз, 1–2 июля	3	83,1	89,1	86,5	88,9	20,6*
		4	81,1	87,3	84,6	88,9	
Однолетние травы на зеленую массу	предварительный прогноз, 1–2 июня	1	89,6	74,5	81,0	74,3	79,6
		2	87,0	83,9	85,2	74,3	
	уточненный прогноз, 1–2 июля	3	91,1	90,7	90,9	74,3	79,6
		4	96,0	86,0	90,3	74,3	

*Примечание.* \* – Оправдываемость по методу Э.Г. Рудычевой

Оправдываемость методических прогнозов урожайности однолетних трав на зеленую массу за все годы испытаний составила: на первый

срок 81,0–85,2 %, на второй срок 90,3–90,9 %, что выше оправданности инерционных прогнозов на 6,7–16,6 % и климатологических – на 1,4–11,3 % (табл. 3).

Решением Технического совета ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» от 27 апреля 2016 г. и ЦМКП от 27 мая 2016 г. рекомендованы к внедрению с 1 июня 2016 г. в оперативную практику отдела агрометеорологии и агрометпрогнозов Алтайского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» «Методы прогноза урожайности многолетних трав на сено и однолетних трав на зеленую массу по Алтайскому краю» в качестве основного на сроки 1–2 июня и 1–2 июля (для многолетних трав на сено – модели 1 и 3, для однолетних трав на зеленую массу – модели 2 и 3).

### Список литературы

1. *Гулинова Н.В.* Погода и урожай сеяных и луговых трав. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 176 с.
2. *Сеянинов Г.Т.* О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. – 1928. – Вып. 20. – С. 169–178.
3. *Старостина Т.В.* Влияние агрометеорологических условий на формирование зеленой массы и семян многолетних сеяных трав в Свердловской, Челябинской и Курганской областях // Труды ЗапСибНИГМИ. – 1990. – Вып. 91. – С. 69–75.
4. РД 52.27.284-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 150 с.