Мониторинг качества функционирования аэрологической сети. Состояние и возможности.

А.Я.Наумов

Центральная аэрологическая обсерватория

Цель мониторинга.

Обеспечение стабильного получения аэрологических данных надлежащего качества в реальных условиях аэрологической сети, т.е.

в соответствии с номинальными точностными и эксплуатационными характеристиками имеющихся технических средств при строгом следовании методике радиозондовых наблюдений.

Основная задача:

Выявить наличие недостоверных данных наблюдений,

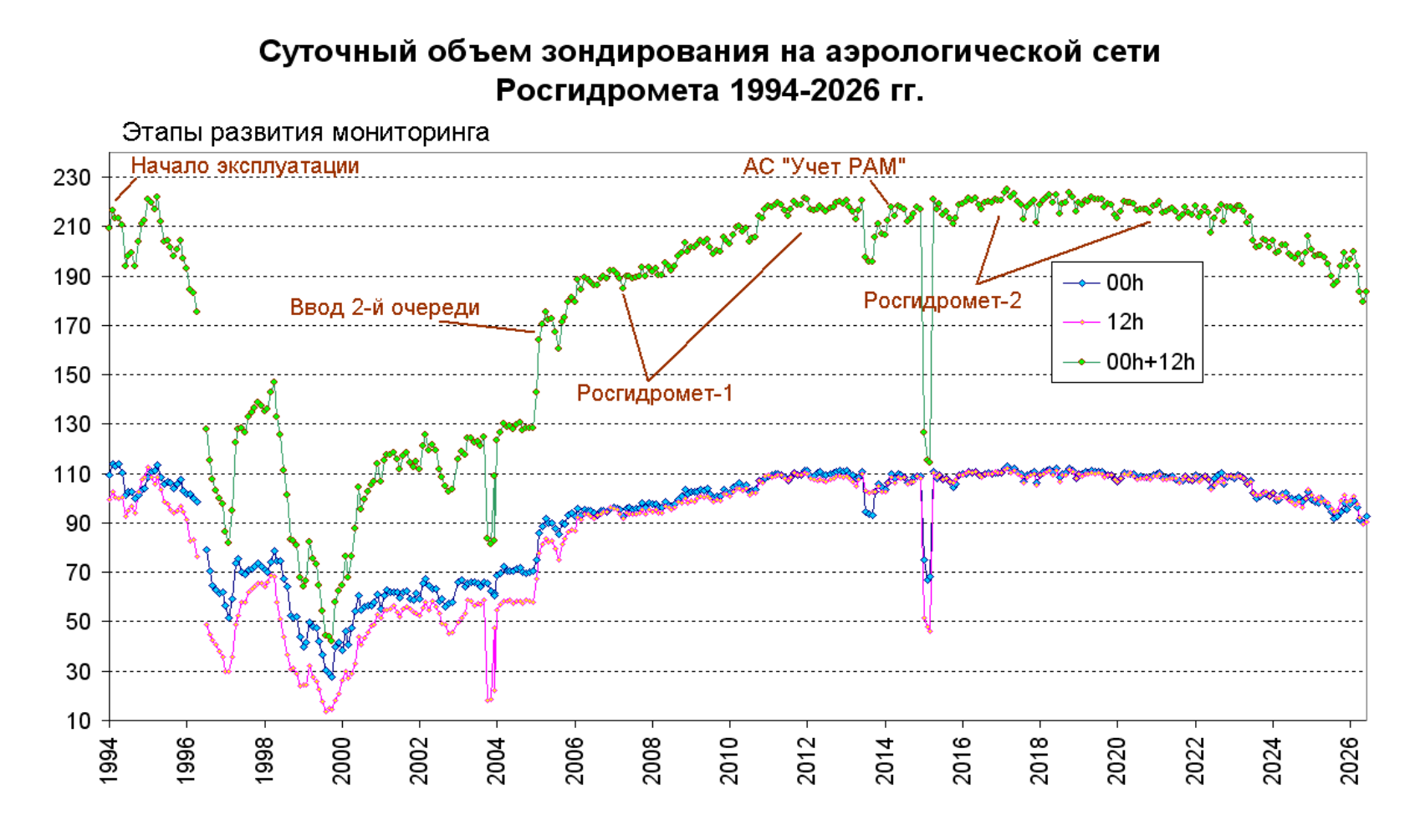
определить системность/случайность,

выяснить причину и

посредством обратной связи с сетевыми подразделениями устранить.

История автоматизированной системы качества функционирования аэрологической сети.

Начало разработки 1991 г.



Источники данных и инструменты.

1. **БД мониторинга качества радиозондовых наблюдений, включающих:**
- профили срочных наблюдений;
- результаты комплексного контроля Гидрометцентра РФ на стандартных изобарических поверхностях с признаками возможных ошибок;
- значения поля первого приближения (прогноз) 2-х метеоцентров;
- время поступления телеграмм с наблюдениями.
2. **БД телеграмм НИЛ. Причины не поступления срочных телеграмм.**
3. **Архивы срочных телеграмм BUFR и телеграмм КН-04.**
4. **Сбор, архивация и обобщение (ежеквартально) информации из УГМС :**
- по результатам предполетной проверки радиозондов;
- о причинах отказов радиозондов в полете.
5. **Архивные файлы исходных координатно-телеметрических данных из УГМС (ежеквартально и по запросу).**
6. **БД «Учет РАМ». Обеспеченность АЭ, УГМС и сети в целом расходными аэрологическими материалами.**
7. **Сбор, архивация и обобщение информации о заключенных контрактах по закупке РАМ, размещенная на сайте zakupki.gov.ru (44-ФЗ).**
8. **БД «КАЭ-4». Учетные карточки аэрологических станций.**
9. **Сведения об отказах и неисправностях АРВК (ежемесячно). Паспорт эксплуатации.**

Методология оценки качества радиозондовых данных.

- Основа - статистики отклонений результатов наблюдений «OB» от поля первого приближения «FG», т.е. статистика разности «OB-FG»
- - точность такого поля сопоставима с точностью результатов радиозондирования;
- - стационарном состоянии прогностических схем с непрерывным усвоением ошибки прогноза и результатов измерений мало коррелированны;
- - ошибки прогноза, осредненные за длительный период времени (порядка месяца и более), гладко изменяются в пространстве.
- В качестве поля первого приближения используется результат численной модели прогноза в связке системой непрерывного усвоения данных наблюдений.

Результаты мониторинга статистики отклонений «ob-fg» на стандартных поверхностях, пример 1.

cao-rhms.ru 850 гПа

Статистика значений "наблюдение-минус-прогноз" ("OB-FG").

Аэрологическая сеть Росгидромета. Геопотенциал. 850 ГПа

Июль 2026 года.

предыдущий месяц на верхний уровень

Изобарическая поверхность 850 гПа 500 гПа 300 гПа 100 гПа 50 гПа

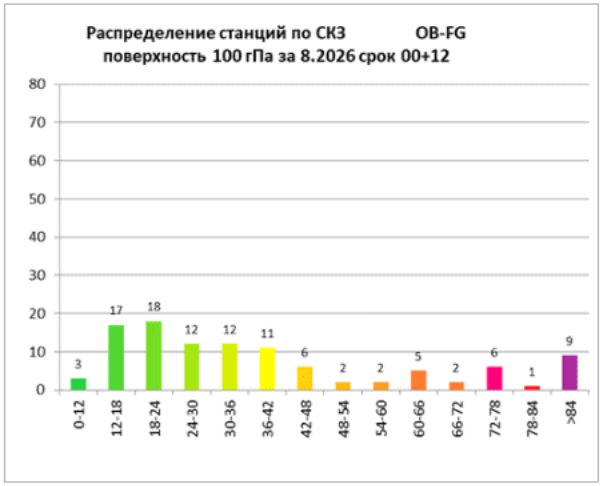
Июль 2026 года.

Изобарическая поверхность 850 гПа 500 гПа 300 гПа 100 гПа 50 гПа

Дополнительно Дополнительно Дополнительно

Результаты мониторинга статистики отклонений «ob-fg» на стандартных поверхностях, пример 2.

cao-rhms.ru /100/3_00+12.htm



на верхний уровень >>

поверхность 850 500 300 100 50

ЗСКЗ 100гПа месяц 8 срок 00+12

Ср.знач.	СКО	СКЗ	tot	AE	интервал
0,8	10,6	11,3	164	3	0-12
-2,8	14,2	15,7	906	17	12-18
1,3	17,0	20,9	897	18	18-24
2,4	22,8	26,3	480	12	24-30
7,3	24,7	32,6	611	12	30-36
2,3	30,0	38,0	550	11	36-42
4,9	38,8	45,5	333	6	42-48
-12,4	34,6	50,4	114	2	48-54
-39,6	43,9	58,9	110	2	54-60
25,7	40,9	62,8	290	5	60-66
-1,1	49,7	67,7	86	2	66-72
9,4	57,8	75,0	211	6	72-78
60,7	51,0	79,0	50	1	78-84
-8,9	57,4	108,2	405	9	>84
2,0	29,1	40,1	5207	106	

0-12	12-18	18-24	24-30	30-36	36-42	42-48	48-54	54-60	60-66	66-72	72-78	78-84	>84
1 Барабинск	1 Киров	1 Чара	3 Зея	1 Комсомоль	1 Усть-Баргу	2 Новосибирс	1 Ключи	4 Сеймчан	2 Уфа	1 Охотск	4 Благовещен	1 Павлодар	2 Чита
1 Сухиничи	1 Нижнеудин	1 Александро	1 Хабаровск	1 Ангарск	1 Красный Чи	2 Безенчук	1 Чокурдах	2 Астрахань	1 Петропавло	2 Якутск	1 Могоча		2 Колпашево
1 Тараз(Джам	1 Киренск	2 Тобольск	1 Советская	3 Мурманск	3 Кандалакша	1 Кемь			1 Сад-город		1 О.Беринга		3 Барнаул
	1 Братск	1 Поронайск	1 Им.Э.Г.Крей	1 Салехард	1 Александро	1 Хакасская			1 Жиганск		1 Оренбург		1 Магадан
	1 Омск	1 Им.Е.К.Фед	1 Шойна	1 Сыктывкар	2 Великие Лу	2 Кызыл			1 Алматы		2 Ростов-на-Д		1 Ханты-Мансийск
	1 Пенза	1 Архангельс	3 Волгоград	1 МинВоды	2 Калининграт	1 Мирный					1 Енисейск		1 Саратов
	2 Диксон	1 Каргополь	1 Туапсе	2 Емельянов	1 Туруханск								1 Дальнереченск
	1 Малые Кар	1 Нарьян-Мар	2 Бор	1 Казань	2 Рязань								1 Калач-на-Дону
	1 Вологда	1 Печора	2 Верхоянск	2 Ивдель	1 Оймякон								1 Витим
	1 Ванавара	1 Петрозавод	1 Черский	1 Тикси	2 Алдан								
	1 Верхнее Ду	1 Воейково	1 Зырянка	1 Оленек	1 Костанай								
	1 Долгопрудн	1 Тура	1 Брест	1 Вилюйск									
	1 Бологое	1 Богучаны											
	1 Смоленск	2 Курган											
	1 Актобе(Акт	1 О.Котельны											
	1 Жезказган	1 Олекминск											
	1 Атырау(Гур	1 Караганда											
		1 Кызылорда											

Результаты мониторинга статистики отклонений «ob-fg» на стандартных поверхностях, пример 3.

← Я cao-rhms.ru /yakt/25123_obfg_g.htm

Статистика значений "наблюдение-минус-прогноз", "OB-FG". Геопотенциал.

25123 Черский Август 2026 г. январь-апрель 2026 на верхний уровень

Изобарическая поверхность	00 ВСВ						12 ВСВ						00 +12			
	N	$N_{ош}$	Ср. значение	СКО	СКЗ	Взв.СКЗ	N	$N_{ош}$	Ср. значение	СКО	СКЗ	Взв.СКЗ	Ср. значение	СКО	СКЗ	Взв.СКЗ
850	28	3	4	7	8	27	25	5	2	7	7	23	3	7	7	25
500	28	2	4	12	12	27	25	5	-2	8	8	18	1	11	10	23
300	29	1	6	18	18	29	28	1	-4	15	15	24	1	17	17	27
100	28	0	19	17	26	26	27	0	-24	20	31	31	-2	29	28	28
50	25	0	21	23	31	31	25	0	-33	22	39	39	-6	35	35	35
слой						28						27	-1	22	22	**27**
Типы р/з	62=31						62=31									
Солнце	38	(39,4)		29	(30,2)		-1,8	(-3)		-11,2	(-12,3)					

Ближайшие станции:
О.Айон Омолон Зырянка Чокурдах

N	число наблюдений за вычетом количества грубых ошибок **
$N_{ош}$	количество грубых ошибок
Ср.значение	среднее значение "наблюдение-минус-прогноз" ("OB-FG"), гпм
СКО	среднеквадратическое отклонение значений (СКО) "OB-FG", гпм
СКЗ	среднеквадратичное значение (СКЗ) "OB-FG", гпм
Взв.СКЗ	взвешенное среднеквадратичное значение (ВСКЗ)"OB-FG", гпм
Слой	среднее значение, СКО, СКЗ и ВСКЗ "OB-FG" в слое 850-50 гПа на избранных поверхностях (5 поверхностей), гпм
Типы р/з	используемые типы радиозондов, код*** = количество, соответственно за сроки 00 и 12 ВСВ
Солнце	высота Солнца, рассчитанная для сроков 00 (00+60 мин.),12 (12+60 мин.) ВСВ, в первый и последний день месяца, градус

** Процедуры и критерии мониторинга статистических характеристик качества данных
*** Обзорное письмо «О работе аэрологической сети РФ в 2015 году», раздел «Об использовании кодовых цифр радиозондов», стр.15

Результаты мониторинга статистики отклонений «ob-fg» на стандартных поверхностях, пример 4.

Результаты мониторинга как элементы обратной связи

- публикации в сети Интернет результатов мониторинга наблюдений в виде карт, таблиц и графиков.
- анализ брака срочных наблюдений (вкл. ошибки 2-го рода), обмен письмами с УГМС.
- ранжирование аэрологических станций по качеству данных наблюдений с публикацией на сайте НТЦР ЦАО

Способствуют:

- соблюдению методик наблюдений
- обеспечению надлежащей эксплуатации и обслуживания средств радиозондирования
- проведению консультаций и инспекций,
- совершенствованию мер материального стимулирования
- организации мер по контролю за качеством расходных материалов
- успешному вводу в эксплуатацию новых средств зондирования
- и др.

Ранжирование станций по качеству данных наблюдений, пример 1

cao-rhms.ru cao-rhms.ru/monitor/2026/y/rating_2026.htm

Ранжирование** аэрологических станций по качеству данных наблюдений 2026.

** Процедура ранжирования>> предыдущий год>> следующий год>> на верхний уровень>>

№	Станции	УГМС	Итоговые баллы (текущие среднегодовые)					Итоговые баллы (ежемесячно)									
			Высота	Ветер	Геопотен-циал	План	Общий[1]	янв	февр	март	апр	май	июнь	июль	авг	сент	окт
1	Омск	Обь-Иртышское	92	84	92	99	**369**	375	371	363	359	372	370	373	370	-	-
2	Печора	Северное	99	88	79	100	**366**	379	319	350	374	375	373	377	378	-	-
3	Кандалакша	Мурманское	86	93	85	98	**361**	368	339	350	352	363	381	353	379	-	-
4	Каргополь	Северное	88	79	89	100	**358**	346	342	355	362	369	379	359	352	-	-
5	Киров	Верхне-Волжское	91	69	90	99	**354**	343	323	342	355	359	357	366	381	-	-
6	Тобольск	Обь-Иртышское	86	79	86	100	**352**	355	351	346	351	346	357	354	358	-	-
7	Верхнее Дуброво	Уральское	84	76	88	100	**350**	346	359	358	339	350	340	344	365	-	-
8	Сыктывкар	Северное	89	76	83	99	**349**	350	371	331	347	364	359	343	333	-	-
9	Мурманск	Мурманское	88	74	83	97	**345**	372	357	315	326	350	351	335	351	-	-
10	Бор	Среднесибирское	83	78	83	99	**344**	337	319	350	346	346	358	350	344	-	-
11	Ванавара	Среднесибирское	75	85	85	99	**344**	319	321	305	362	358	362	354	368	-	-
12	Барабинск	Западно-Сибирское	76	83	84	100	**343**	336	332	352	362	330	330	347	357	-	-
13	Хабаровск	Дальневосточное	84	62	92	100	**343**	366	352	345	332	327	333	350	337	-	-
14	Вологда	Северное	84	79	81	99	**343**	338	317	292	330	368	367	364	361	-	-
15	Александровск	Сахалинское	85	75	85	93	**341**	359	345	360	320	266	352	343	340	-	-
16	Москва	ЦАО	84	80	87	87	**339**	338	348	321	327	329	356	323	366	-	-
17	Алдан	Якутское	82	79	79	98	**338**	347	289	335	348	351	347	346	338	-	-
18	Салехард	Обь-Иртышское	92	74	70	100	**337**	372	341	300	331	334	324	345	350	-	-
19	Сухиничи	Центральное	83	82	92	79	**337**	339	344	322	341	331	344	335	338	-	-
20	Ивдель	Уральское	81	80	76	100	**336**	316	314	341	328	324	343	367	352	-	-
21	Кемь	Северо-Западное	81	90	69	99	**336**	354	361	356	343	318	339	279	339	-	-
22	Безенчук	Приволжское	85	75	77	98	**335**	346	329	348	347	364	322	300	327	-	-
23	Им.Е.К.Федорова	Северное	72	91	83	91	**334**	342	321	347	339	340	323	316	334	-	-
24	Бологое	Центральное	82	87	82	85	**334**	346	357	295	309	306	347	345	353	-	-
25	Им.Э.Г.Кренкеля	Северное	84	80	85	84	**333**	336	299	340	355	342	333	323	323	-	-
26	Тикси	Якутское	89	76	68	98	**332**	336	328	329	370	374	334	290	292	-	-
27	Сеймчан	Колымское	86	81	67	99	**332**	280	332	325	354	354	339	339	327	-	-
28	Магадан	Колымское	85	75	69	100	**330**	323	367	336	358	354	325	291	288	-	-
29	Петрозаводск	Северо-Западное	80	82	71	96	**328**	360	360	346	274	291	328	294	356	-	-
30	Нижнеудинск	Иркутское	58	76	94	99	**327**	340	327	303	307	327	347	336	331	-	-
31	Олекминск	Якутское	83	87	60	100	**327**	331	263	287	335	347	347	343	356	-	-
32	Тура	Среднесибирское	84	76	66	99	**325**	273	287	323	352	348	318	322	371	-	-
33	Киренск	Иркутское	68	83	84	90	**324**	306	306	320	327	356	317	-	330	-	-
34	Братск	Иркутское	65	72	89	97	**324**	351	325	306	281	327	327	331	337	-	-
35	Усть-Баргузин	Забайкальское	85	72	86	77	**323**	367	304	358	273	310	310	307	288	-	-
36	Оймякон	Якутское	81	74	67	100	**322**	312	302	320	329	347	341	309	314	-	-
37	Уфа	Башкирское	80	79	64	100	**321**	333	341	325	293	322	315	303	340	-	-

Ранжирование станций по качеству данных наблюдений, пример 2

cao-rhms.ru Процедура ранжирования аэрологических станций

Процедура ранжирования аэрологических станций

Станции ранжируются по общему итоговому баллу, расчитанному по каждой станции, ежемесячно и за год.

Вычисление итогового балла производится по следующих параметрам:

- H - средняя высота зондирования, км
- W - среднеквадратичное значение "наблюдение-минус-прогноз" для вектора ветра в слое 1000-100 гПа, м/с
- G - взвешенное среднеквадратичное значение "наблюдение-минус-прогноз" для геопотенциала в слое 1000-100 гПа, гпм
- P - выполнение плана зондирования, %

Формула расчета итогового балла за месяц по одному из параметров:

- (Значение АЭ - Худшее значение сети)/(Лучшее значение сети - Худшее значение сети)*100%

Итоговые баллы за календарный месяц года по каждому параметру расчитываются на основе столбцов б1), ж), е) и а) сводных таблиц показате функционирования аэрологической сети РФ (пример сводной таблицы).

Общий итоговый балл за месяц расчитываются как сумма итоговых баллов по четырем параметрам с учетом весового коэффициента значимости, который регулирует влияние аэрологов на конечный результат по каждому параметру.
Весовой коэффициент для параметра выполнение плана (kP) составляет 1.0, ветра(kW) равен 0.8, а для геопотенциала(kG) и высоты (kH) раве 1,1.

Накопленный за год общий итоговый балл рассчитается как взвешенное среднемесячное значение, т.е. как сумма месячных значений итоговых баллов с учетом количества выпусков в месяц - X и весовых коэффициентов значимости.

Если обозначить накопленные итоговые баллы по каждому параметру как H (высота), W (ветер), G (геопотенциал), P (выполнение плана), n - ч месяцев, тогда

- H = (H1*X1 + H2*X2+..+Hn*Xn) / (X1+X2+..Xn),
- W = (G1*X1 + H2*X2+..+Wn*Xn) / (X1+X2+..Xn),
- G = (G1*X1 + G2*X2+..+Gn*Xn) / (X1+X2+..Xn),
- P = (P1*X1 + P2*X2+..+Pn*Xn) / (X1+X2+..Xn),

и, окончательно суммируя, Общий накопленный балл = H*kH + W*kW + G*kG + P*kP

Пример:
Станция N показала среднюю высоту зондирования 28,3 км, среднеквадратичное значение "наблюдение-минус-прогноз" для вектора ветра в с 1000-100 гПа 3,5 м/с, взвешенное среднеквадратичное значение "наблюдение-минус-прогноз" для геопотенциала в слое 1000-100 гПа 37 гпм и 100% выполнение плана зондирования.
При этом лучшие значения по сети составили 32,7 км, 2,7 м/с, 17 гпм и 100%.
Худшие 7,8 км, 6,3 м/с, 87 гпм и 54%.

Итоговый балл по параметру высота равен: H= 1,1*(28,3-7,8)/(32,7-7,8)*100=90,6
По параметру ветер: W= 0,8*(3,5-6,3)/(2,7-6,3)*100=62,2
По геопотенциалу: G= 1,1*(37-87)/(17-87)*100=78,6
По выполнению плана зондирования: P= 1,0*(100-54)/(100-54)*100=100

Итоговый общий балл по правилам округления составит 331.

Новые возможности мониторинга.

cao-rhms.ru vihr-marl/27713/Vihr-Marl_23-25_Sd.htm

Структура СКО по дальности в зонах при удалении до100 км

Средние значения СКО по зоне. **Вероятность, %.** ..на верхний уровень

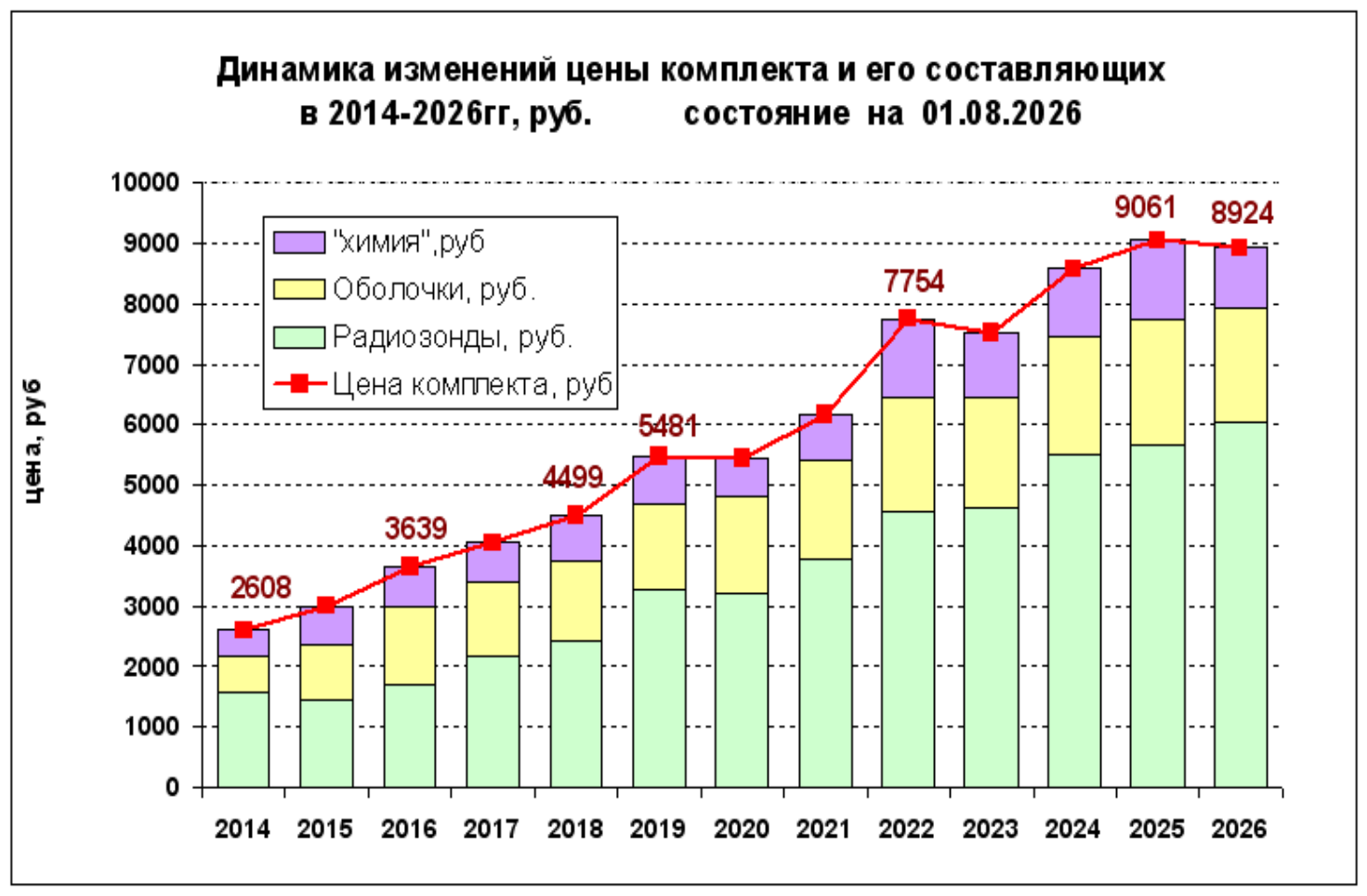
Долгопрудный, 27713. МАРЛ. 2023

> 40 м	18	3	3	5	2	6	10	6	14	16	29	50	47
30-40м	17	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6
25-30м	7	2	0	0	2	2	0	2	2	3	3	8	0
20-25м	13	6	3	3	0	0	8	4	14	11	32	21	24
15-20м	33	44	48	32	38	41	48	60	44	51	26	17	18
10-15м	12	45	45	60	59	49	34	29	26	19	10	4	0
5-10м	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
0-5м	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
зона	0 - 1 км	1 - 2 км	2 - 5 км	5 - 10 км	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 - 10
N вып.	60	62	62	63	63	63	62	52	43	37	31	24	17

Долгопрудный, 27713. "Вихрь". 2023

> 40 м	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	8	17
30-40м	0	2	0	0	0	0	2	2	2	5	0	8	11
25-30м	0	2	0	0	2	2	0	0	2	5	13	8	17
20-25м	2	5	0	2	3	0	7	20	11	23	9	16	6
15-20м	0	8	5	5	2	10	16	9	20	5	16	12	17
10-15м	7	15	19	13	22	19	26	19	13	18	31	20	17
5-10м	52	29	21	46	44	51	33	43	40	38	22	28	17
0-5м	38	39	56	35	27	19	16	7	9	5	6	0	0
зона	0 - 1 км	1 - 2 км	2 - 5 км	5 - 10 км	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 - 10
N вып.	42	59	63	63	63	63	61	54	45	40	32	25	18

Оценка случайных погрешностей измерения координат радиозонда на основе архивных файлов позволит оценивать качество сопровождения радиозонда в полете. Методика оценки основана на использовании сравнения измеренных значений дальности и угловых координат с аппроксимирующей эмпирической кривой.

Спасибо за внимание !

Результаты мониторинга расходных материалов