

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ АФТЕРШОКОВ ИНДУЦИРОВАННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ ХИБИНСКОГО МАССИВА

Моторин А.Ю¹., Баранов С.В.^{1,2}

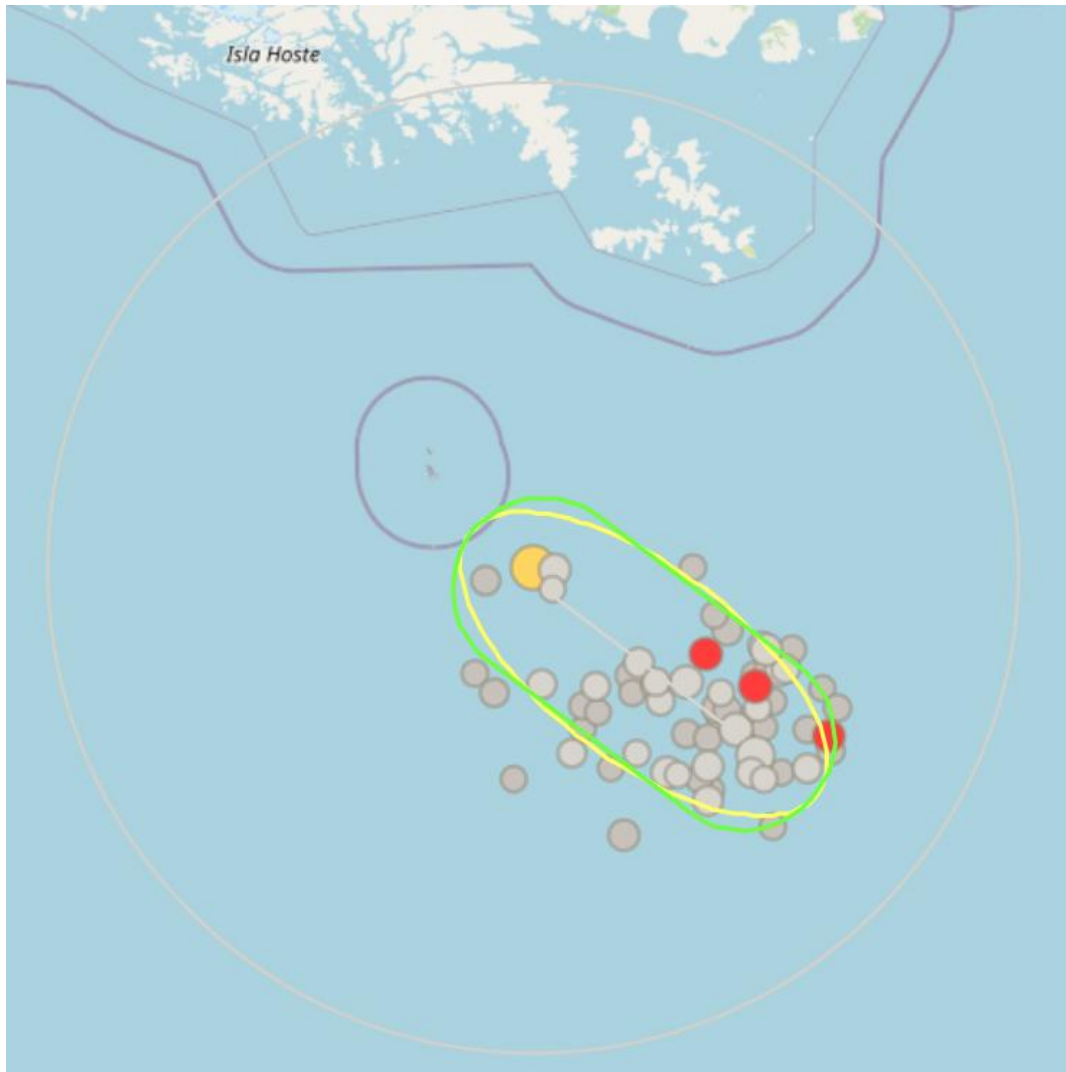
¹Кольский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», ²ИТПЗ РАН

Москва, 2025

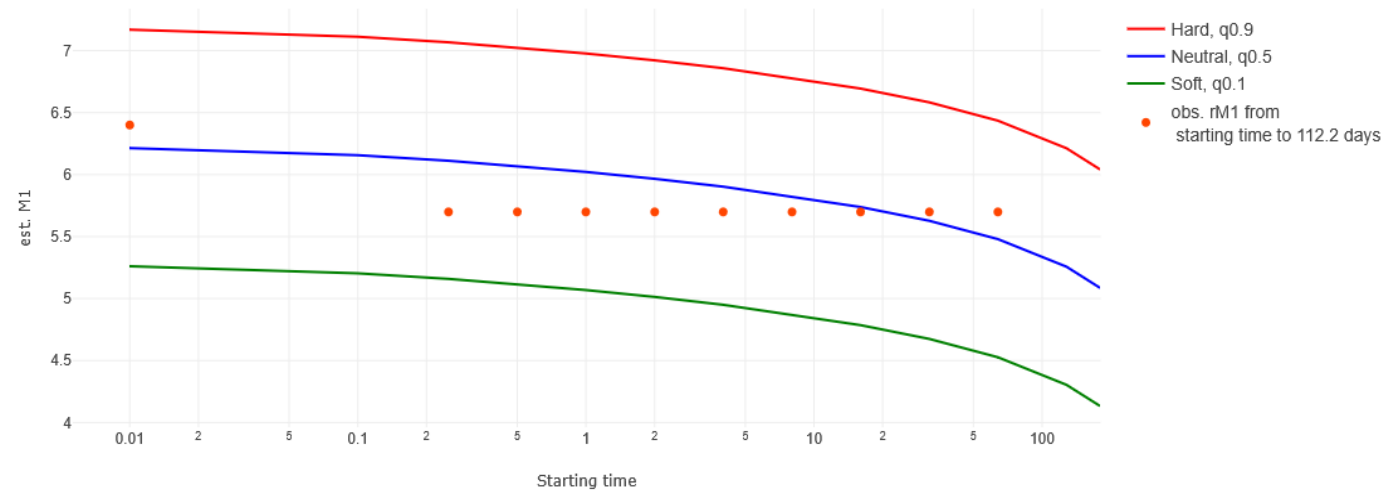
ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ПОВТОРНЫХ ТОЛЧКОВ В СИСТЕМЕ AFCAST

Пример: землетрясение 2025-05-02 12:58:26 M=7.4 в проливе Дрейка, Южная Америка (данные USGS ANSS ComCat)

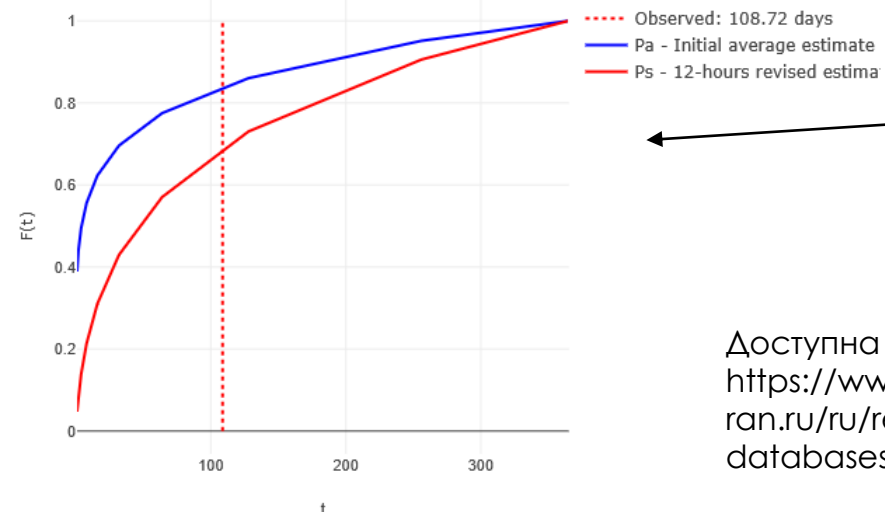
Оценка эпицентральной области афтершоков



Оценка магнитуды сильнейшего афтершока M1



Distributions of hazard period

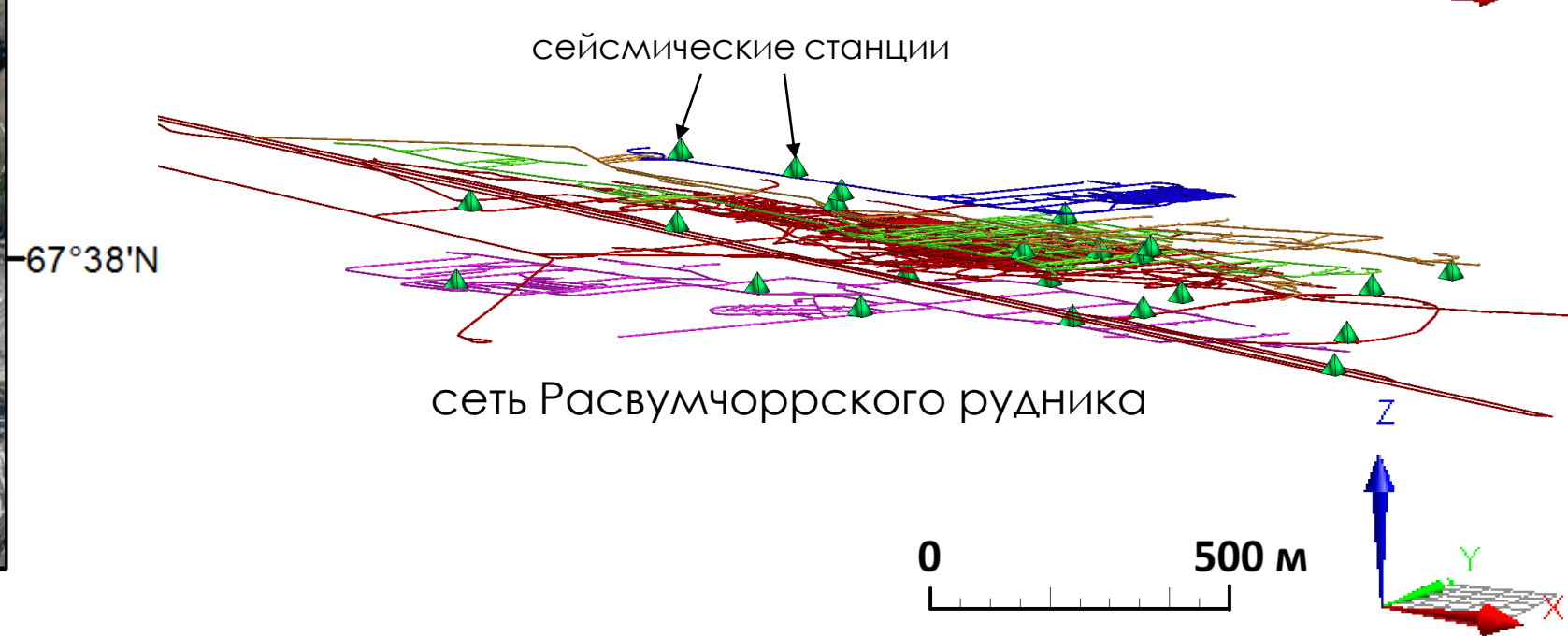
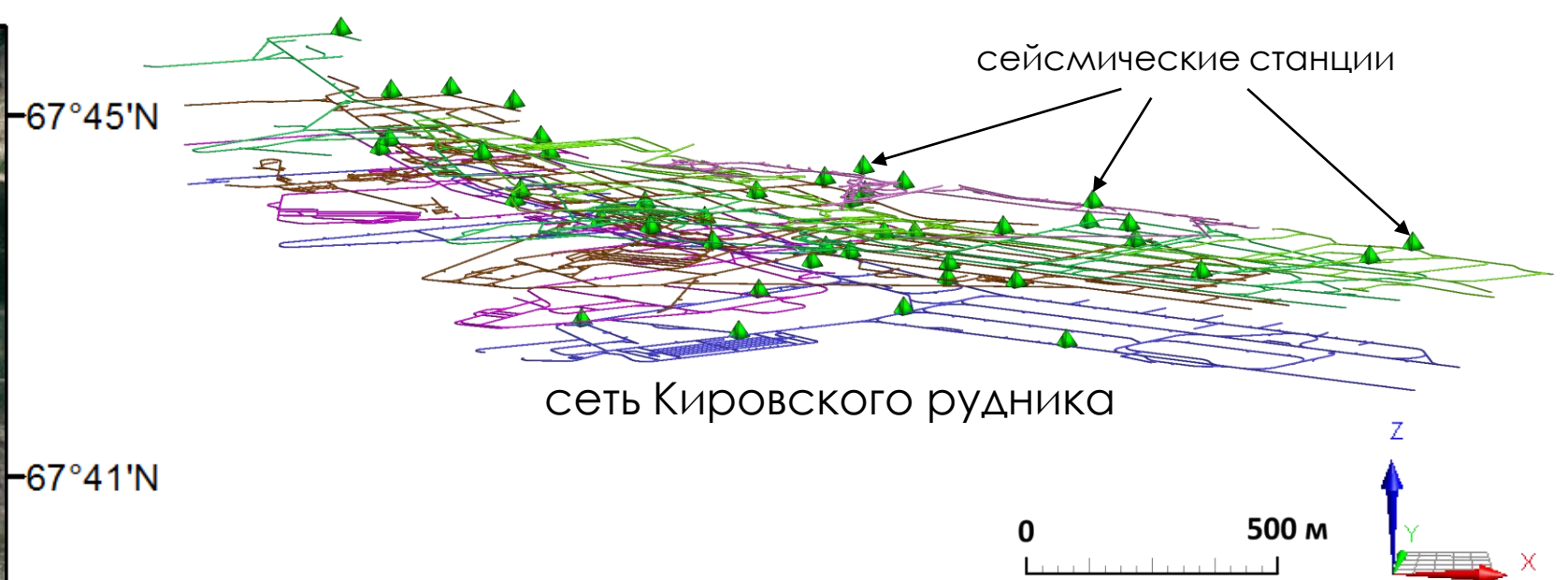


Оценка длительности
опасного периода с
афтершоками Mm – 2

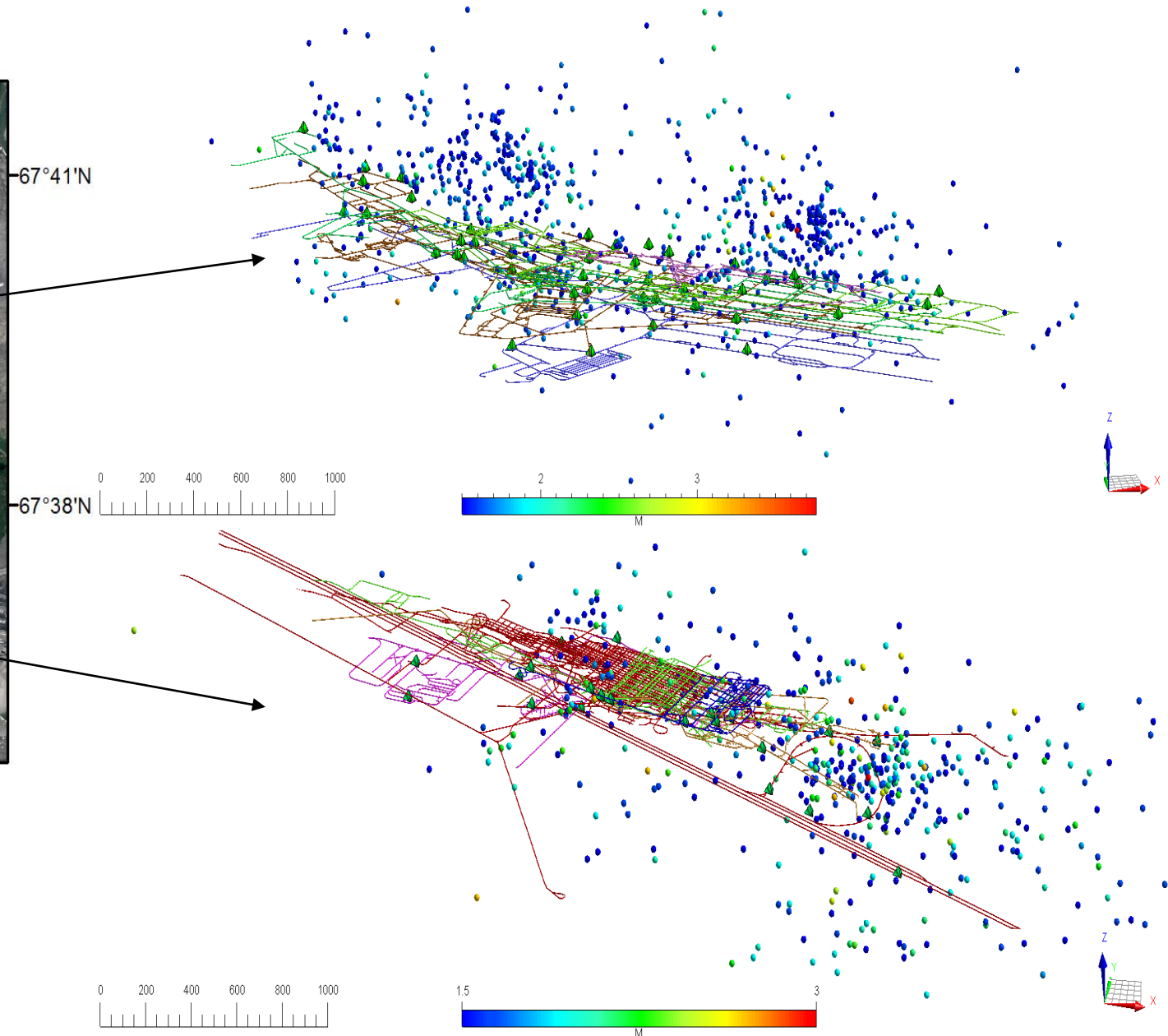
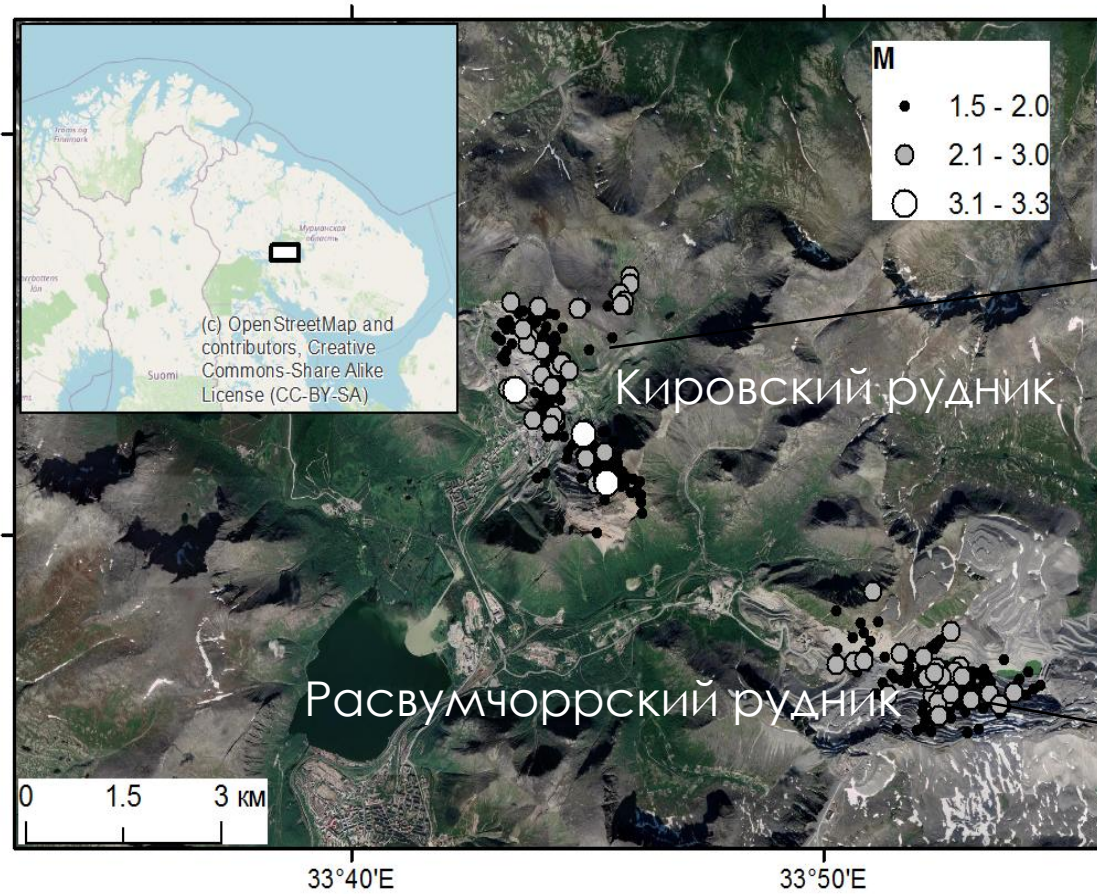
Доступна по адресу:
<https://www.itpz-ran.ru/ru/resultaty/maps-and-databases/afcast/>



СЕТИ СТАНЦИЙ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ХИБИНАХ



СЕЙСМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ НА ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКАХ КФ АО «АПАТИТ» С 1996 ПО 2020 гг.



ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «AFTERSHOCK»

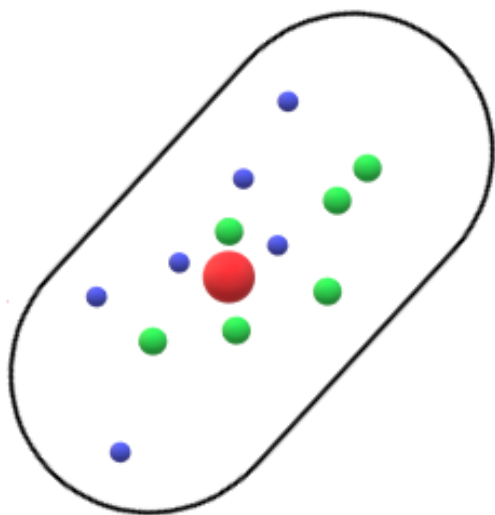
ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

ИС «AFTERSHOCK»

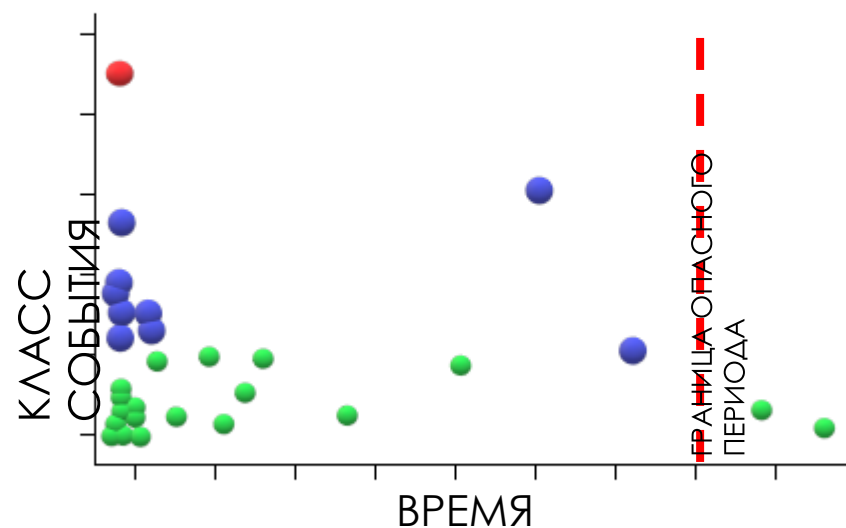
БД АСКСМ



ОЦЕНКА ОБЛАСТИ
ПОВТОРНЫХ ТОЛЧКОВ



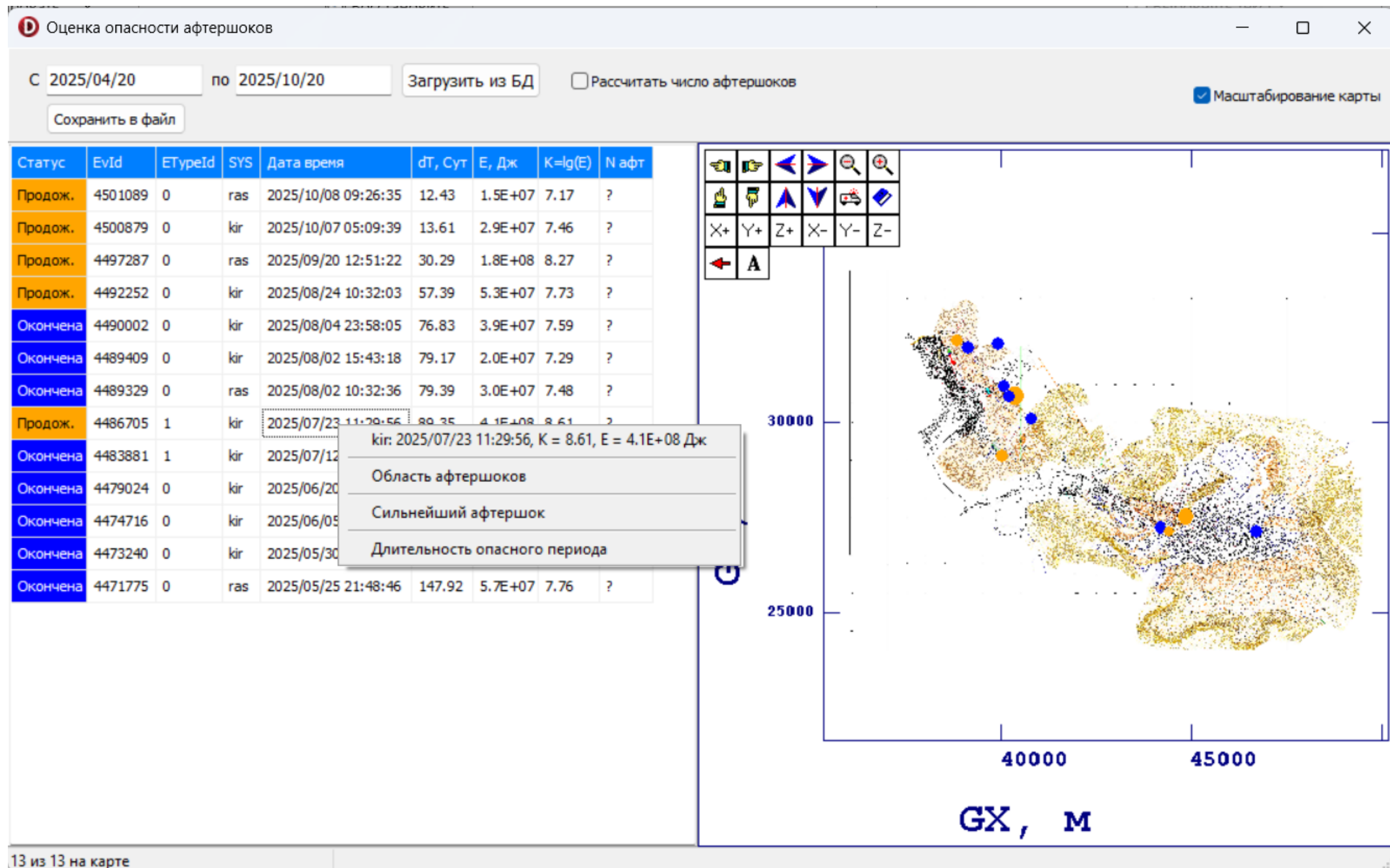
ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОСТИ
ОПАСНОГО ПЕРИОДА



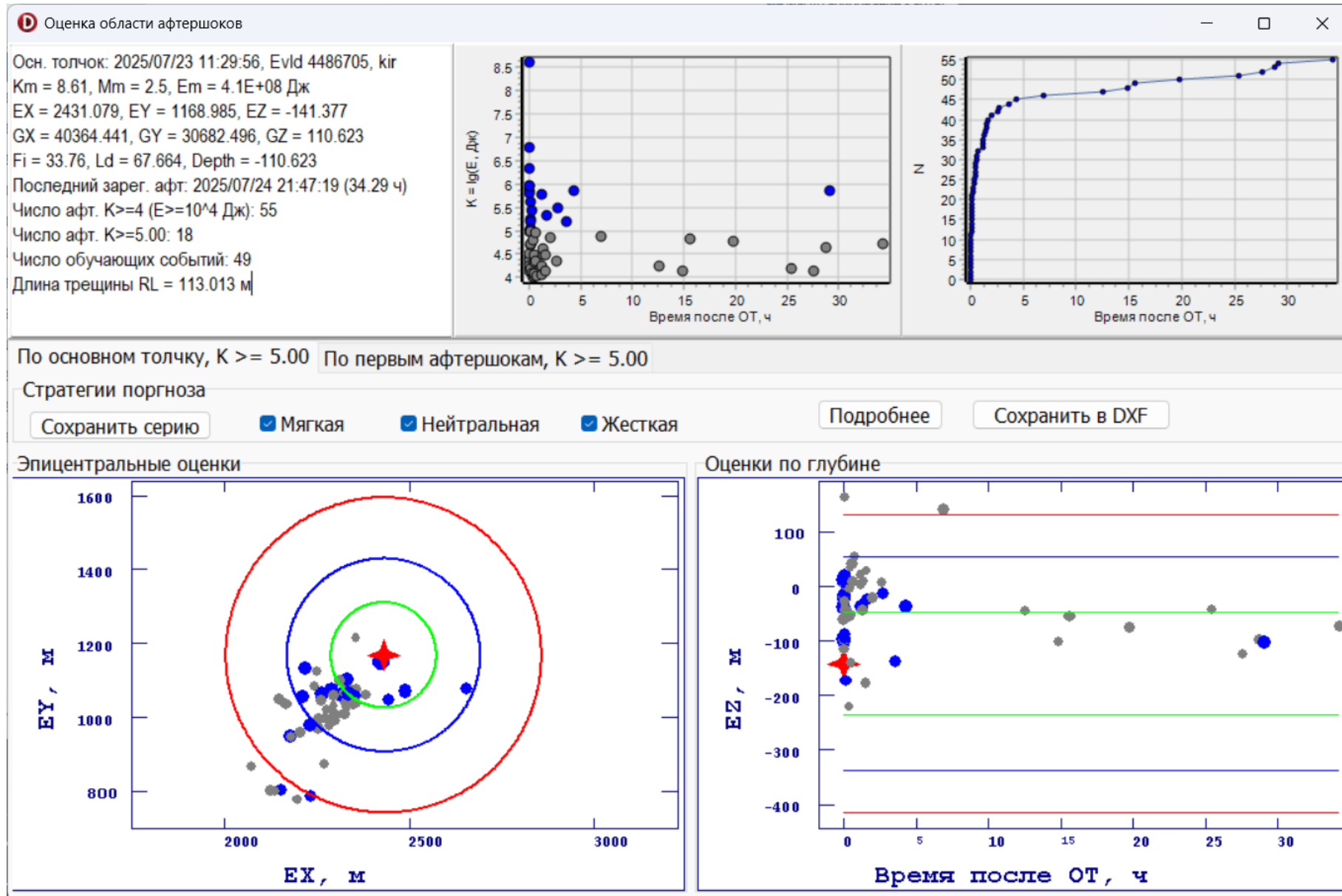
ОЦЕНКА КЛАССА
СИЛЬНЕЙШЕГО АФТЕРШОКА



ИС «AFTERSHOCK»: ГЛАВНОЕ ОКНО ПРОГРАММЫ

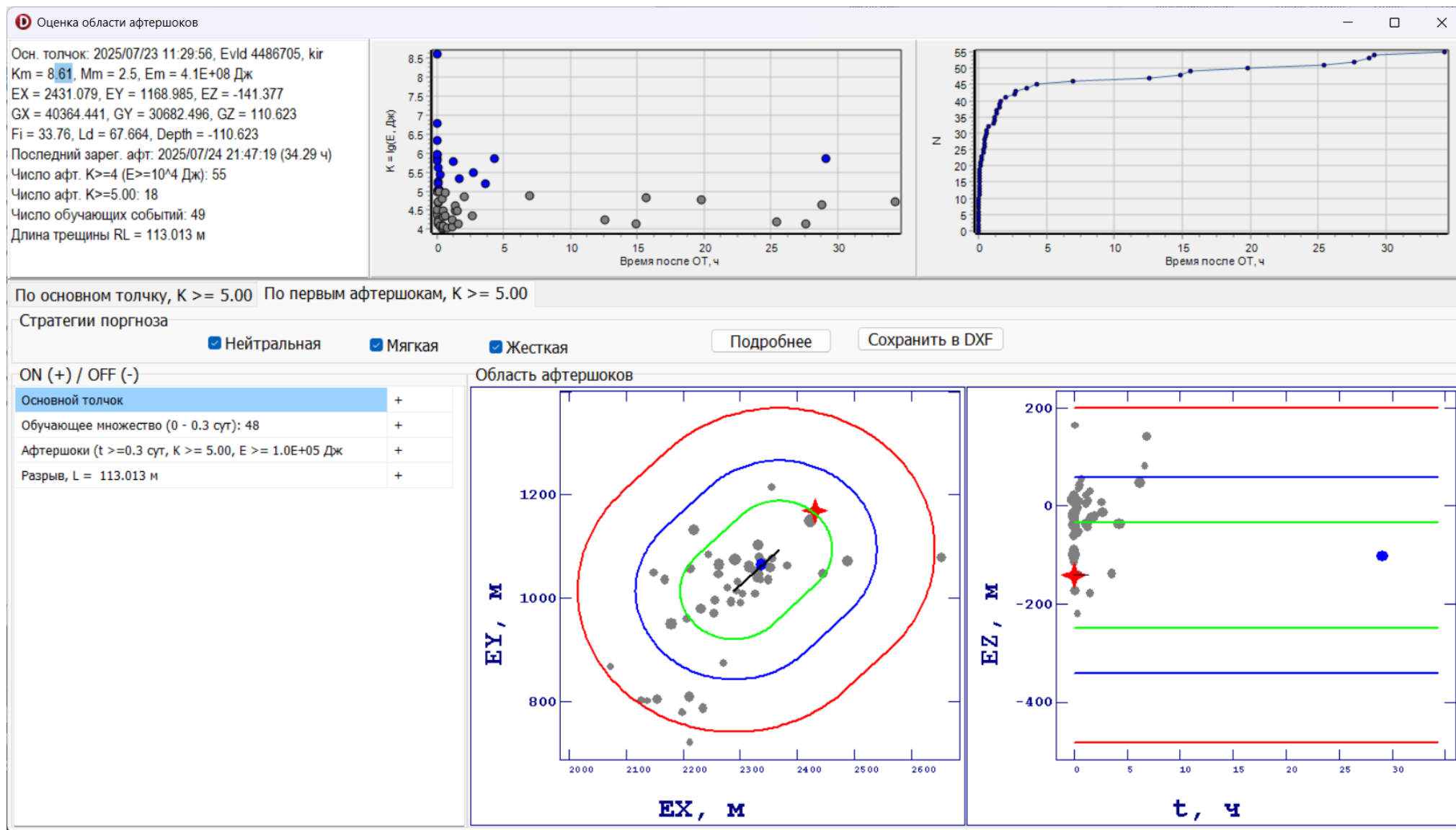


ИС «AFTERSHOCK»: ОЦЕНКА ОБЛАСТИ ПОВТОРНЫХ ТОЛЧКОВ ПО ОСНОВНОМУ ТОЛЧКУ



Границы областей определяются по методу «трех стратегий»
Красная звезда – основной толчок – центр области;
Синие окружности – афтершоки с $K \geq 5$; серые окружности – афтершоки с $K \geq 4$

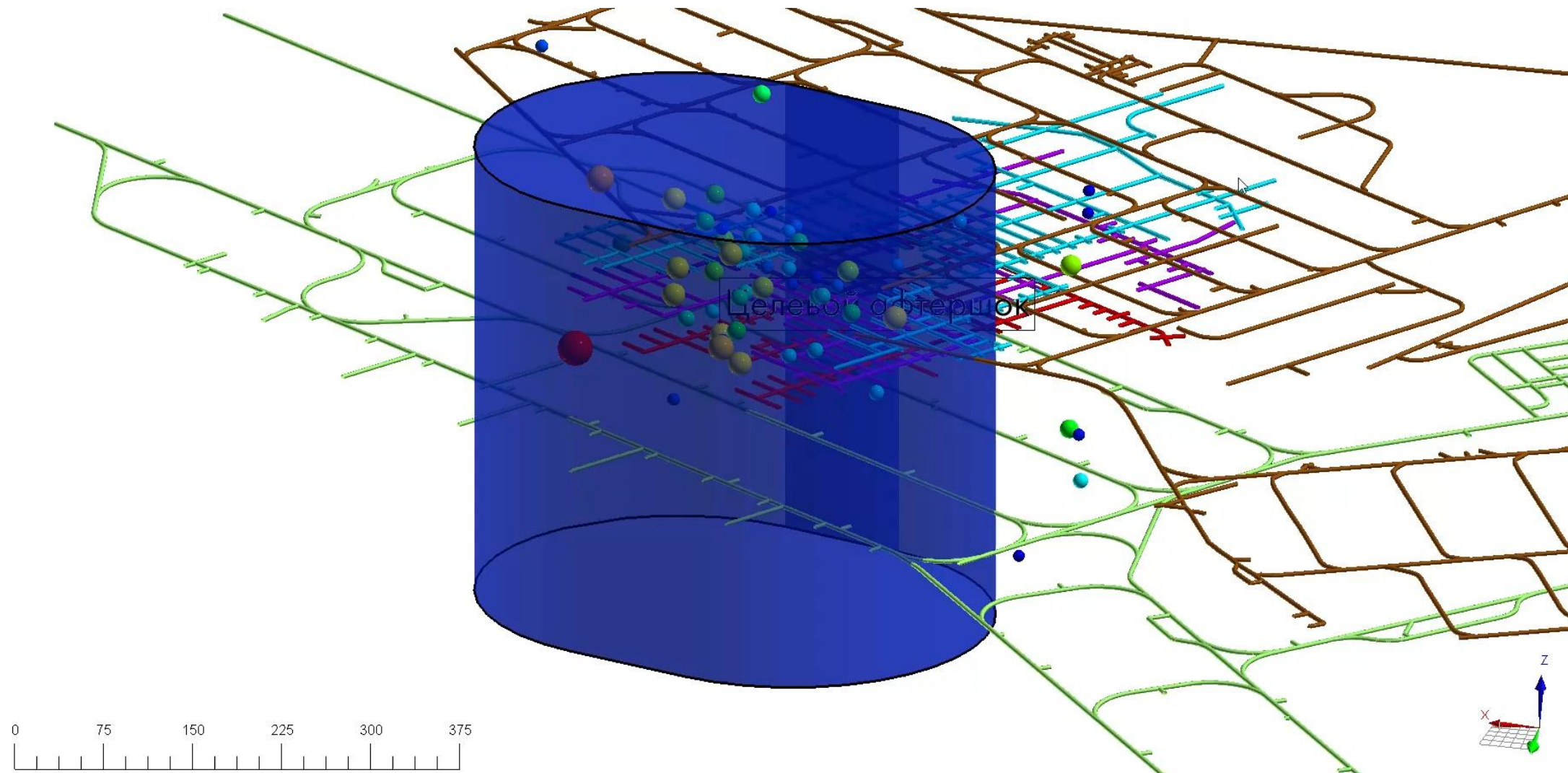
ИС «AFTERSHOCK»: ОЦЕНКА ОБЛАСТИ ПОВТОРНЫХ ТОЛЧКОВ ПО ПЕРВЫМ АФТЕРШОКАМ



ИС «AFTERSHOCK»: ЭКСПОРТ ОЦЕНКИ ОБЛАСТИ ПОВТОРНЫХ ТОЛЧКОВ В ГГИС

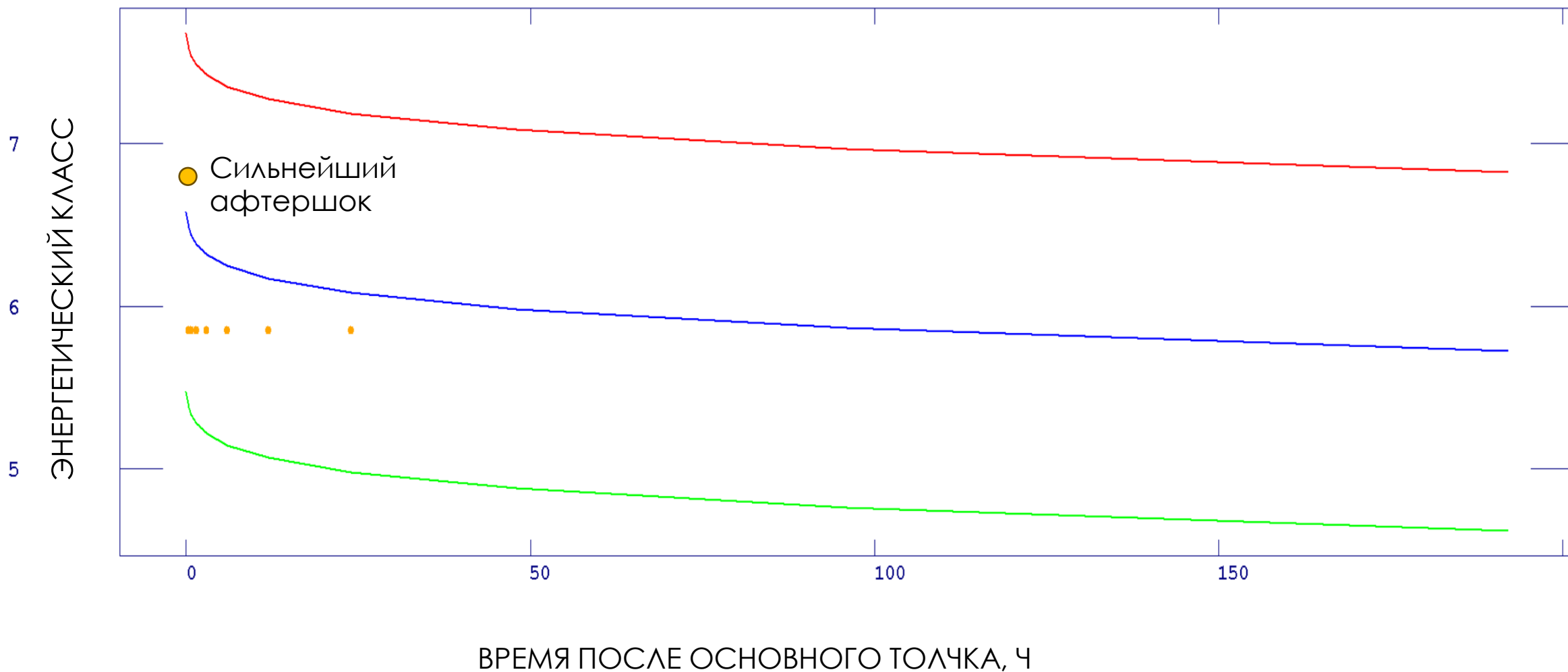
СЕЙСМИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ 23 ИЮЛЯ 2025 11:29:56 K=8.61 И ЕГО АФТЕРШОКИ, КИРОВСКИЙ РУДНИК

НЕЙТРАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ



ИС «AFTERSHOCK»: ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КЛАССА СИЛЬНЕЙШЕГО АФТЕРШОКА ПО ДАННЫМ ОБ ОСНОВНОМ ТОЛЧКЕ

Сильнейший афтершок после ОТ 2025/07/23 11:29:56 произошел спустя 2 минуты
Класс сильнейшего афтершока $K1 = 6.80$

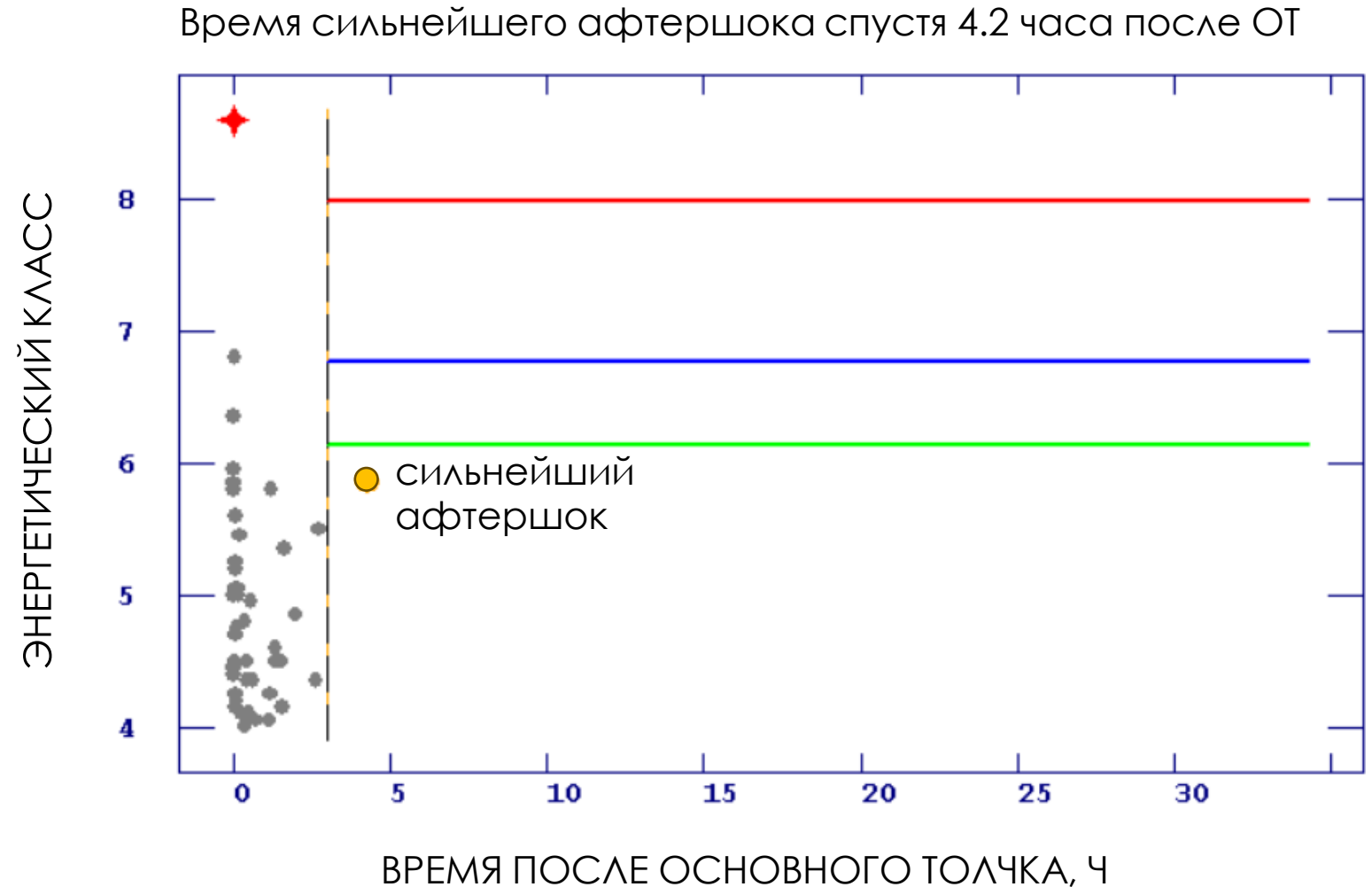


ИС «AFTERSHOCK»: ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КЛАССА СИЛЬНЕЙШЕГО АФТЕРШОКА ПО ДАННЫМ О ПЕРВЫХ АФТЕРШОКАХ

Обучающее множество содержит:
26 афт. с $M \geq 4.00$ за время 3 ч после
ОТ

Фактическая магнитуда сильнейшего
афт.:
 $K1 = 5.85 (7.4E+05) \text{ Дж}$

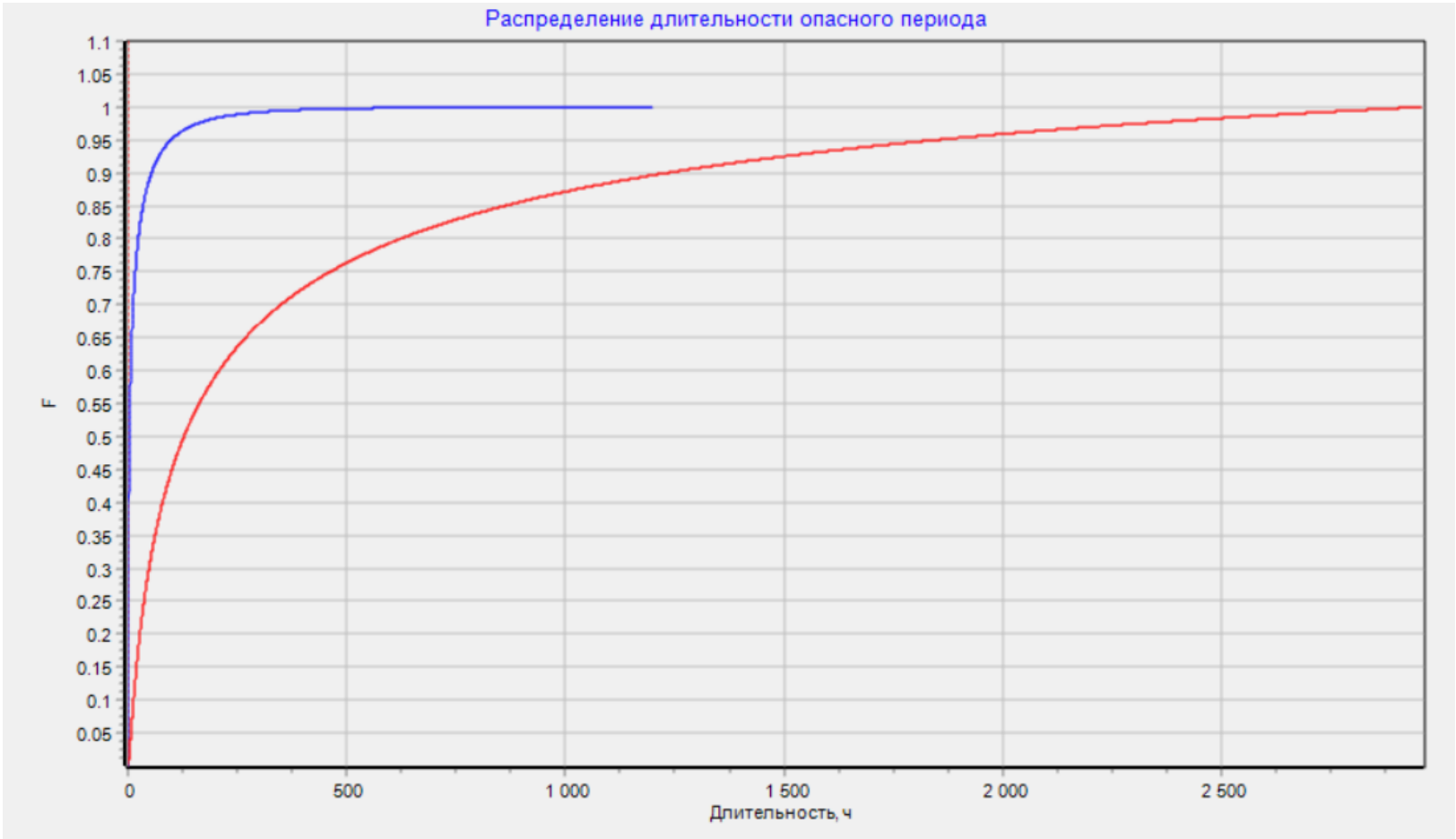
Оценка $K1$ (50%) = 6.8 ($5.9E+06 \text{ Дж}$)
Оценка $K1$ (10%) = 6.1 ($1.4E+06 \text{ Дж}$)
Оценка $K1$ (90%) = 8.0 ($9.7E+07 \text{ Дж}$)



ИС «AFTERSHOCK»: ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОПАСНОГО ПЕРИОДА С $K \geq K_m - 2.5$

Основной толчок 2025/07/23 11:29:56 $K = 8.61$
Опасный период с афтершоками $K \geq 6.11$ закончился сразу
но спустя 30 часов произошло событие $K = 5.9$

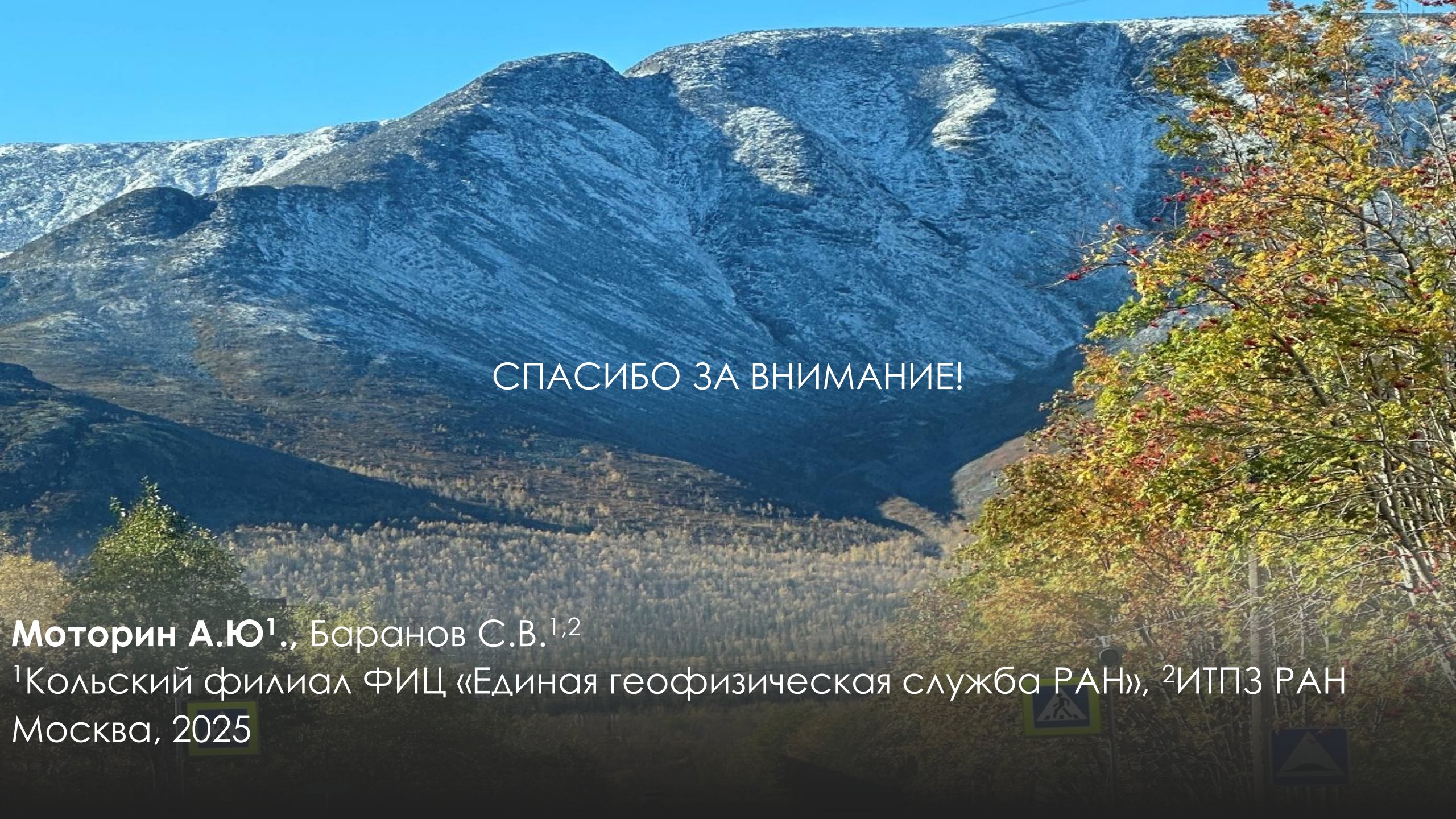
ВЕРОЯТНОСТЬ



ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СЕРИИ НЕ БОЛЕЕ, Ч

Вероятность	По ОТ, ч	По афт, ч
0.10	0.0	12.7
0.25	0.4	36.5
0.50	3.4	127.9
0.75	16.6	462.0
0.90	53.6	1231.7

1. Моторин, А.Ю. Оценка области повторных толчков по первым афтершокам на месторождениях Хибин / А.Ю. Моторин, С. В. Баранов // Физика Земли. — 2024. — № 6. — С. 164—177.
2. Motorin A., Baranov S. Distribution of Strongest Aftershock Magnitudes in Mining-Induced Seismicity // Frontiers in Earth Science. — 2022. — May 1. — Vol. 10. — P. 902812.
3. Baranov S.V., Shebalin P.N., Zhukova S.A., Motorin A.Y., Fedorov I.A. Influence of Rock Watering on Post-Seismic Activity: A Study on the Khibiny Massif // Russian Journal of Earth Sciences. 2023. no. 6. pp. 1-16.
4. Моторин А.Ю., Жукова С.А., Баранов С.В., Шебалин П.Н. Воздействие обводненности среды на продуктивность природно-техногенной сейсмичности (на примере Хибинского массива) // Физика Земли. - 2024. - №2. - С. 14-25.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Моторин А.Ю¹., Баранов С.В.^{1,2}

¹Кольский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», ²ИТПЗ РАН
Москва, 2025