

# $dE/dx$ идентификация в GEM. Часть 2 (466 runs).

## Руфанов И.А. 27 декабря 2021 г.

### 1 Предыстория.

В предшествующем отчете по 86 ранам dedxGem-08Sept.pdf представлены:  
 метод оценки потерь трека по  $n$  минимальным амплитудам;  
 каты на неэффективные зона GEM: HV разделители, мертвые стрипы, пучковое отверстие;  
 поправка амплитуды на длину трека в GEM;  
 зависимость амплитуд и HV из tango от номера рана.

Полный список ранов с изменениями HV docs/SpillsGem/SpillsGem.pdf.

Рисунки интенсивности в спилах по всем ранам в docs/Trigger.

Выступление Андрея Галаванова на VM@N митинге в Алуште:  $\sim 30\%$  рост амплитуды GEM при увеличении температуры на  $5^{\circ}$ .

### 2 Увеличение количества ранов в анализе.

20-SEP-2021 Лалё выложил на /eos/nica/bmn/users/kovachev/efficiency/SIGEM/withcomp/ID 446 файлов. Я добавил к ним еще 20 пропущенных из старых 86:

3772 3786 3789 3807 3813 3816 3817 3829 3849 3863  
 3884 3914 3993 3997 4020 4183 4209 4316 4320 4688.

Полный список 466 ранов:

3756,3759,3762,3763,3765,3766,3767,3768,3770,3772,3774,3775,3777,3778,3781,  
 3782,3783,3784,3785,3786,3789,3790,3791,3792,3793,3796,3797,3799,3800,3805,  
 3807,3808,3810,3811,3812,3813,3815,3816,3817,3819,3820,3821,3826,3828,3829,  
 3833,3834,3843,3846,3849,3850,3851,3852,3853,3855,3859,3860,3861,3862,3863,  
 3865,3866,3867,3868,3871,3872,3880,3881,3884,3885,3889,3891,3893,3894,3896,  
 3898,3899,3902,3903,3905,3906,3907,3908,3911,3914,3915,3919,3920,3922,3926,  
 3928,3931,3932,3939,3940,3942,3950,3951,3952,3954,3956,3958,3959,3961,3962,  
 3963,3965,3967,3969,3971,3974,3976,3977,3978,3979,3980,3981,3983,3986,3988,  
 3989,3990,3991,3993,3994,3997,3998,3999,4000,4001,4002,4004,4006,4008,4009,  
 4014,4015,4017,4019,4020,4021,4022,4023,4024,4026,4037,4038,4039,4040,4041,  
 4042,4043,4045,4046,4047,4048,4049,4050,4052,4053,4054,4055,4056,4057,4058,  
 4061,4064,4066,4074,4076,4078,4081,4083,4086,4087,4088,4089,4090,4092,4096,  
 4097,4098,4111,4113,4130,4131,4132,4134,4138,4139,4140,4141,4142,4143,4144,  
 4145,4146,4147,4157,4159,4160,4161,4162,4164,4165,4168,4169,4170,4171,4173,  
 4174,4179,4181,4182,4183,4188,4189,4192,4194,4195,4197,4198,4200,4201,4202,  
 4203,4206,4207,4208,4209,4210,4211,4212,4213,4214,4216,4219,4220,4221,4222,  
 4224,4225,4229,4230,4232,4233,4236,4239,4240,4241,4242, **4245,4246,4247**, 4251,  
 4252,4255,4257, **4259,4260**,4261,4262,4265,4268,4270,4271,4272,4273,4274,4276,  
 4278,4279,4287,4288,4290,4291,4292,4301,4302,4304,4305,4311,4312,4313,4314,

4315,4316,4317,4318,4319,4320,4321,4322,4323,4324,4325,4327,4329,4331,4334,  
4335,4336,4340,4343,4345,4346,4347,4350,4351,4352,4354,4357,4365,4366,4367,  
4369,4371,4372,4373,4377,4378,4384,4386,4387,4388,4389,4390,4392,4393,4395,  
4396,4397,4398,4399,4400,4410,4412,4413,4420,**4421,4422,4424,4425,4426,4428,**  
**4429,4430,4431,4435,4436,4438,4442,4444,4445,4446,4448,4450,4453,4454,4456,**  
**4457,4458,4459,4460,4461,4464,4469,4470,4471,**4472,4473,4474,4477,4482,4485,  
4486,4488,4489,4490,**4494,4495,4496,4497,4498,**4500,4502,4503,4504,4505,4508,  
**4512,**4514,4519,4520,4521,4529,4534,4535,4537,4538,4539,4540,4541,4548,4551,  
4552,4553,4554,4565,4568,4569,4601,4603,4611,4612,4615,4617,4619,4620,4622,  
4624,4626,4627,4628,4630,4631,4632,4633,4634,4635,4637,4639,4642,4643,4644,  
4647,4649,4652,4654,4655,4656,4658,4660,4661,4662,4663,4664,4665,4669,4670,  
4672,4674,4677,4679,4681,4682,4683,4684,4688,4690,4691,4693,4695,4698,4700,  
4704.

Жирным помечены раны с пониженным HV в последнем GEM, курсивом в 4251-4257 - увеличенное на 100 V HV последнего GEM.

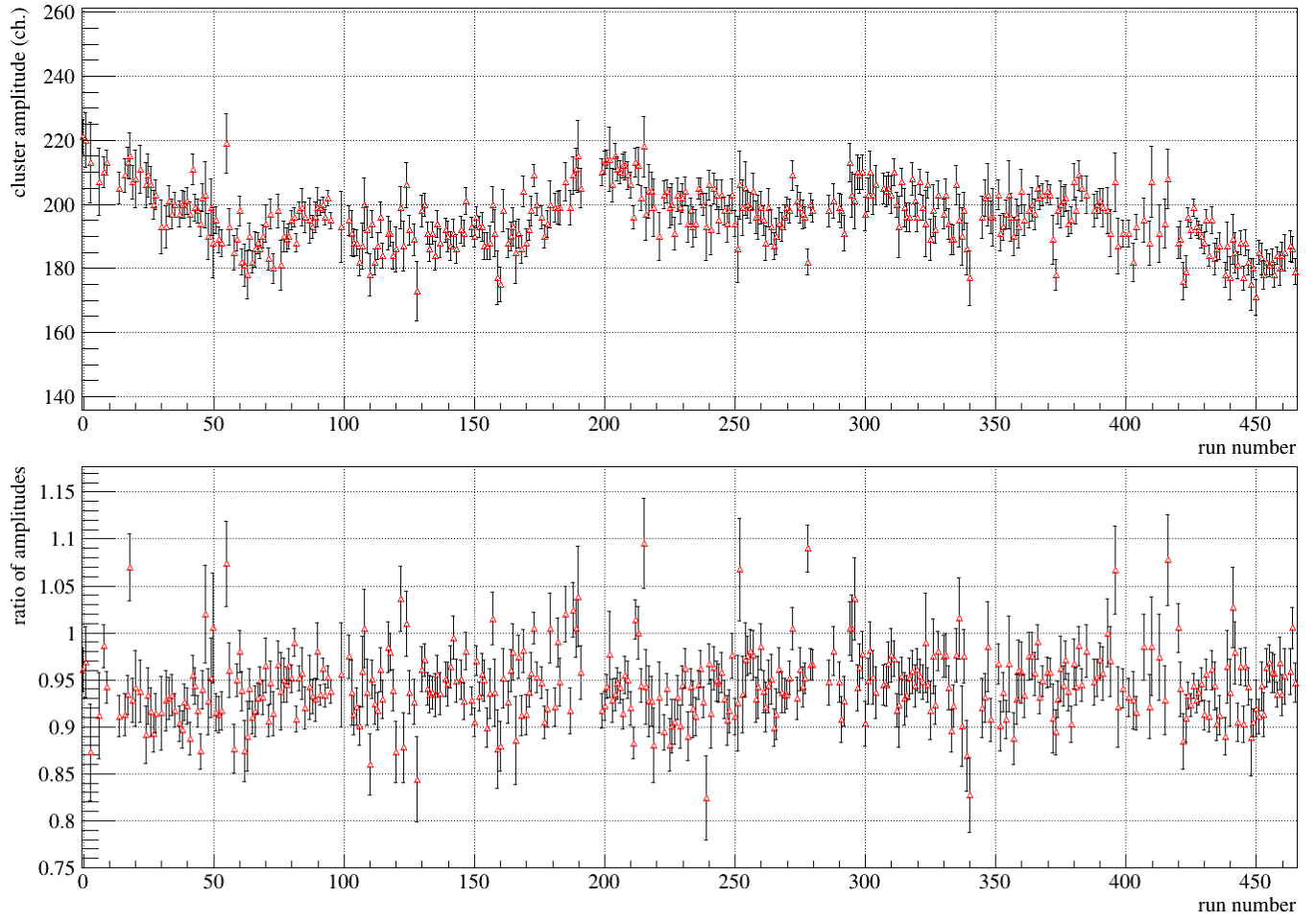


Рис. 1: Амплитуда и отношение амплитуды треков<sup>+</sup> сектора 3 к базовой (сектор 1) в GEM-1.

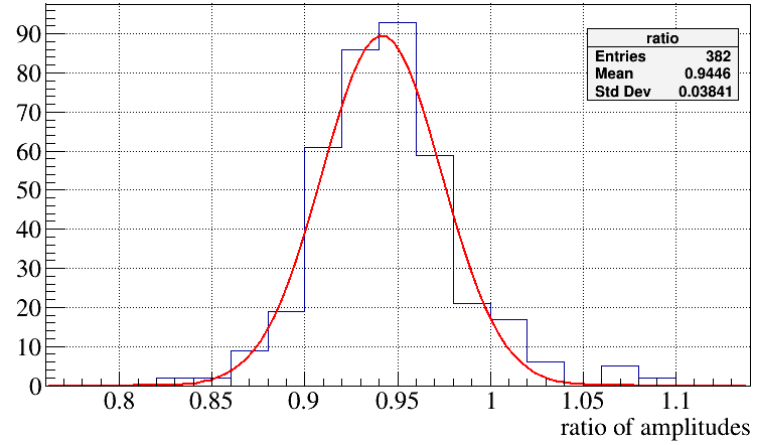
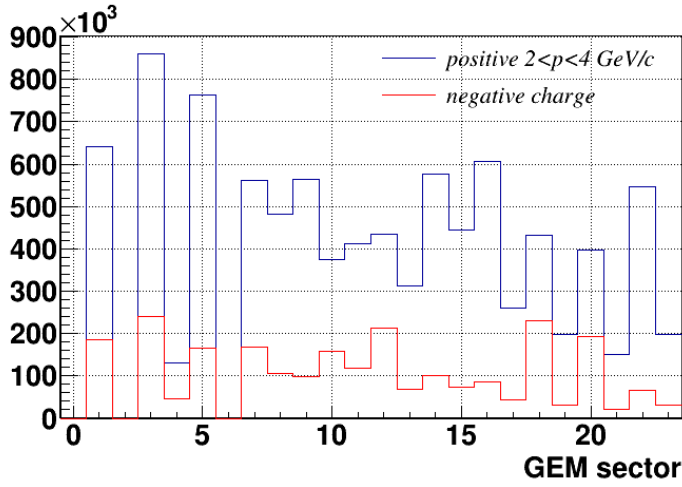


Рис. 2: Слева - Полная статистика по секторам в успешно профитированных ранах. Справа - отношение амплитуда сектора 3 к базовой, измеренное в разных ранах.

	positive tracks				negative tracks			
	0	1	2	3	0	1	2	3
0	-	1.063	-	1	-	1.063	-	1.052
1	1.031	1	-	0.940	-	1.032	-	0.969
2	1.293	1	1.369	0.945	1.337	1.040	1.418	1.010
3	1.448	1.082	1.431	1	1.456	-	1.422	0.963
4	1	0.971	1.036	0.873	1.042	-	1.095	-
5	1.114	0.996	1	0.928	1.179	-	1.039	-

Таблица 1: Отношение амплитуды сектора к амплитуде базового в плоскости.



Рис. 3: Время облучения по uni\_db/examples/Trigger/run\_beam\_info.C. Зеленые линии - часы, синевые - конец суток (24:00).

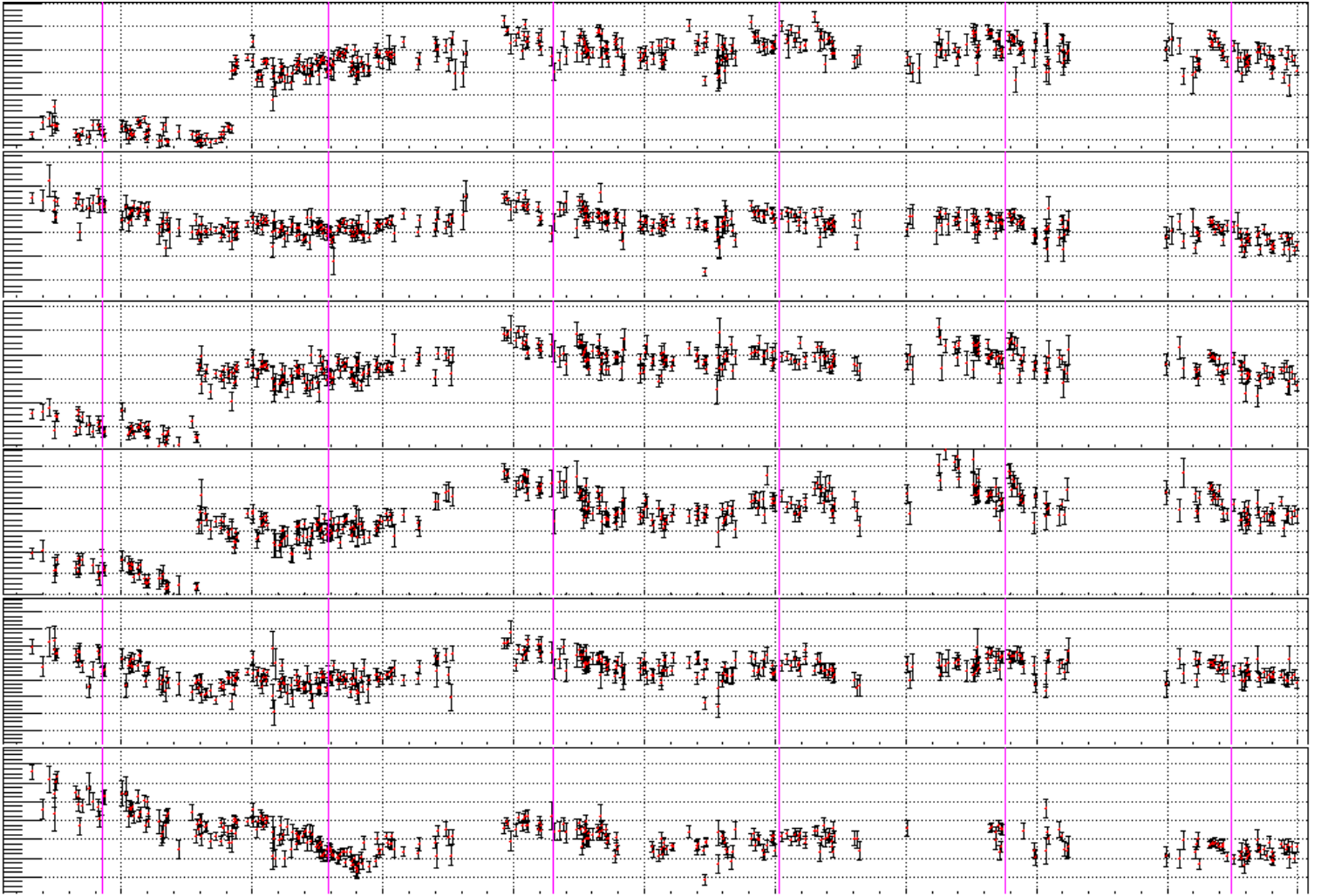


Рис. 4: Амплитудные калибровки базовых секторов всех шести GEM-ов в зависимости от времени облучения. Шкала по  $y$  -  $\pm 30\%$  от среднего. Используются классы `GemGoodHvRun7.h` (проверка GEM на трип HV в выбранном ране) и `ExposeTimeRun7.h` (время начала и конца ране).

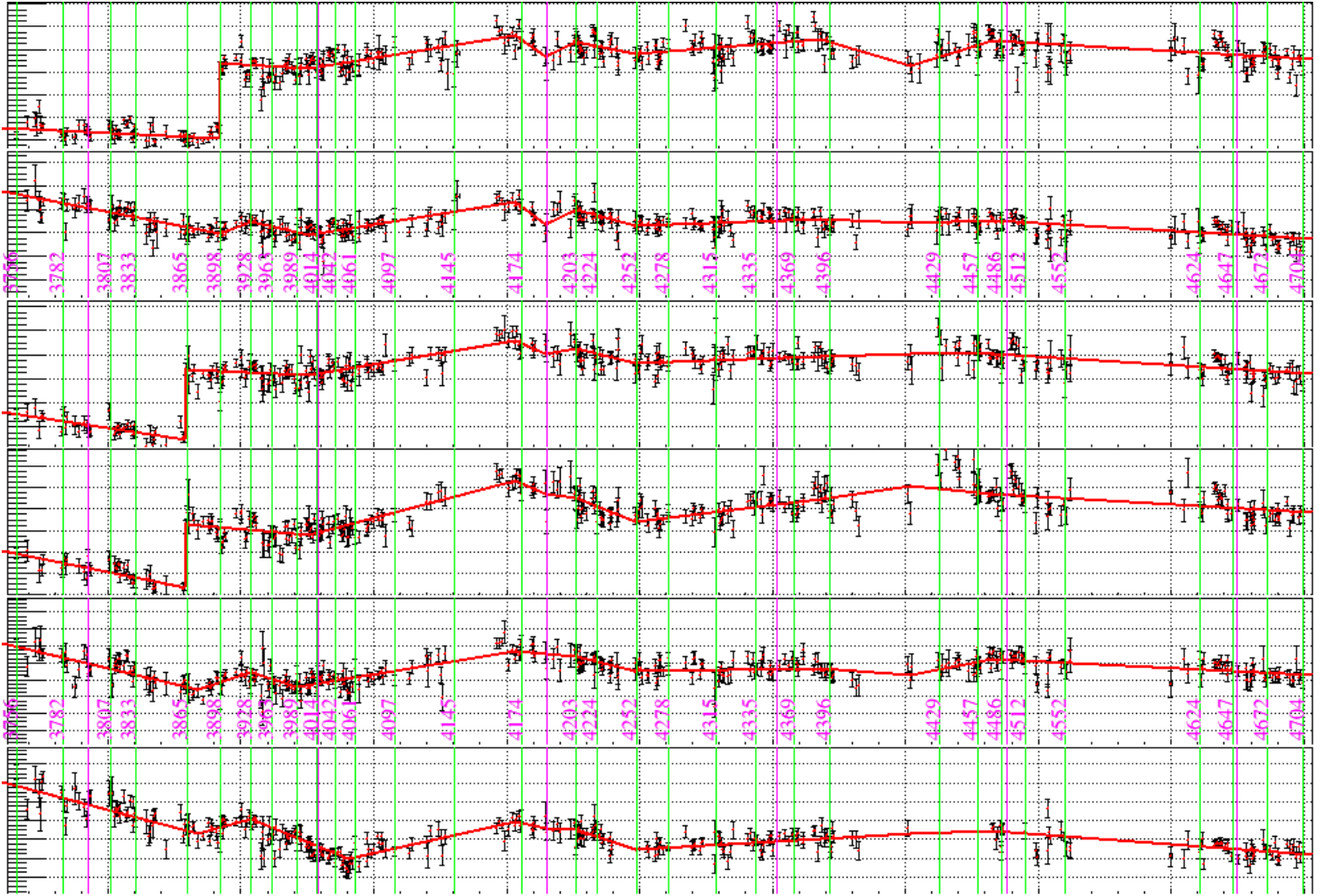


Рис. 5: Сглаженная (polyline) ран-зависимость амплитуд базовых секторов GEM. Использован класс GemLandauFitRun7.h чтения результатов Ландау фита.

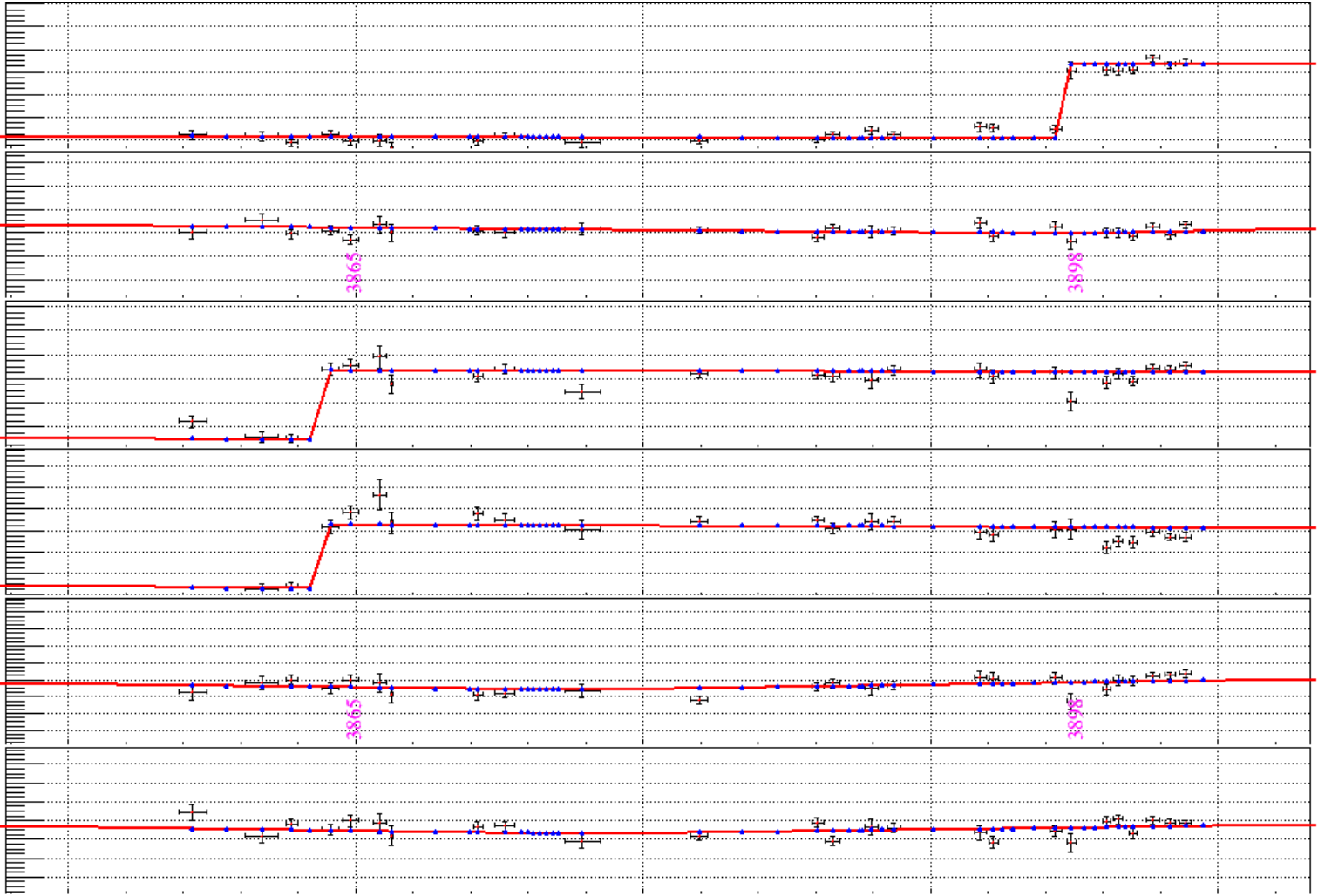


Рис. 6: Синие точки - полученные с помощью класса *GemMPAmplRun7* амплитуды для **всех** номеров ранов, включая несуществующие.



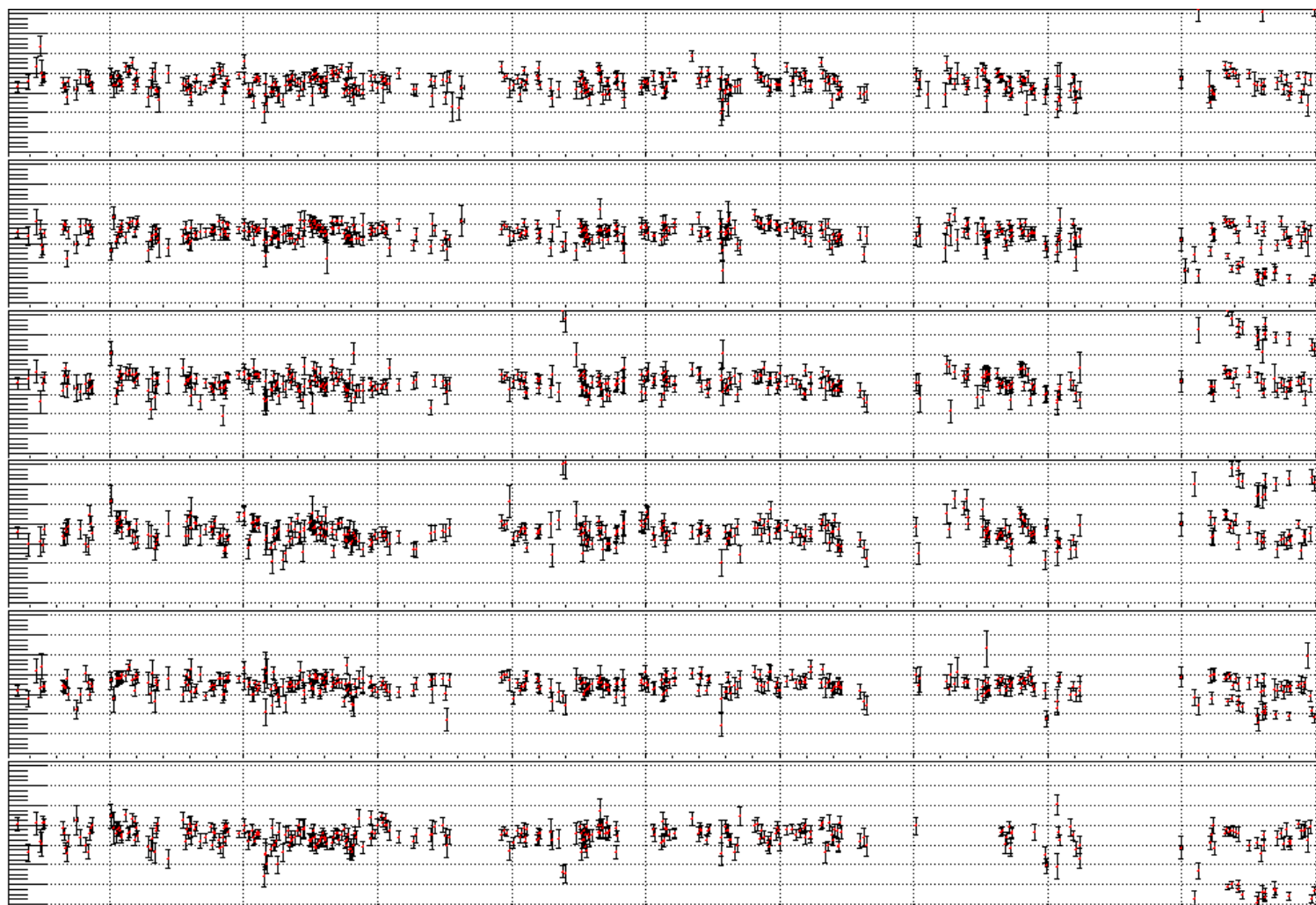


Рис. 7: Результаты фита выровненных по усилению базовых секторов при определении номера рана из `BmnEventHeader::GetRunId()`. Шкала по  $y$  -  $\pm 30\%$  от среднего (250 ch).

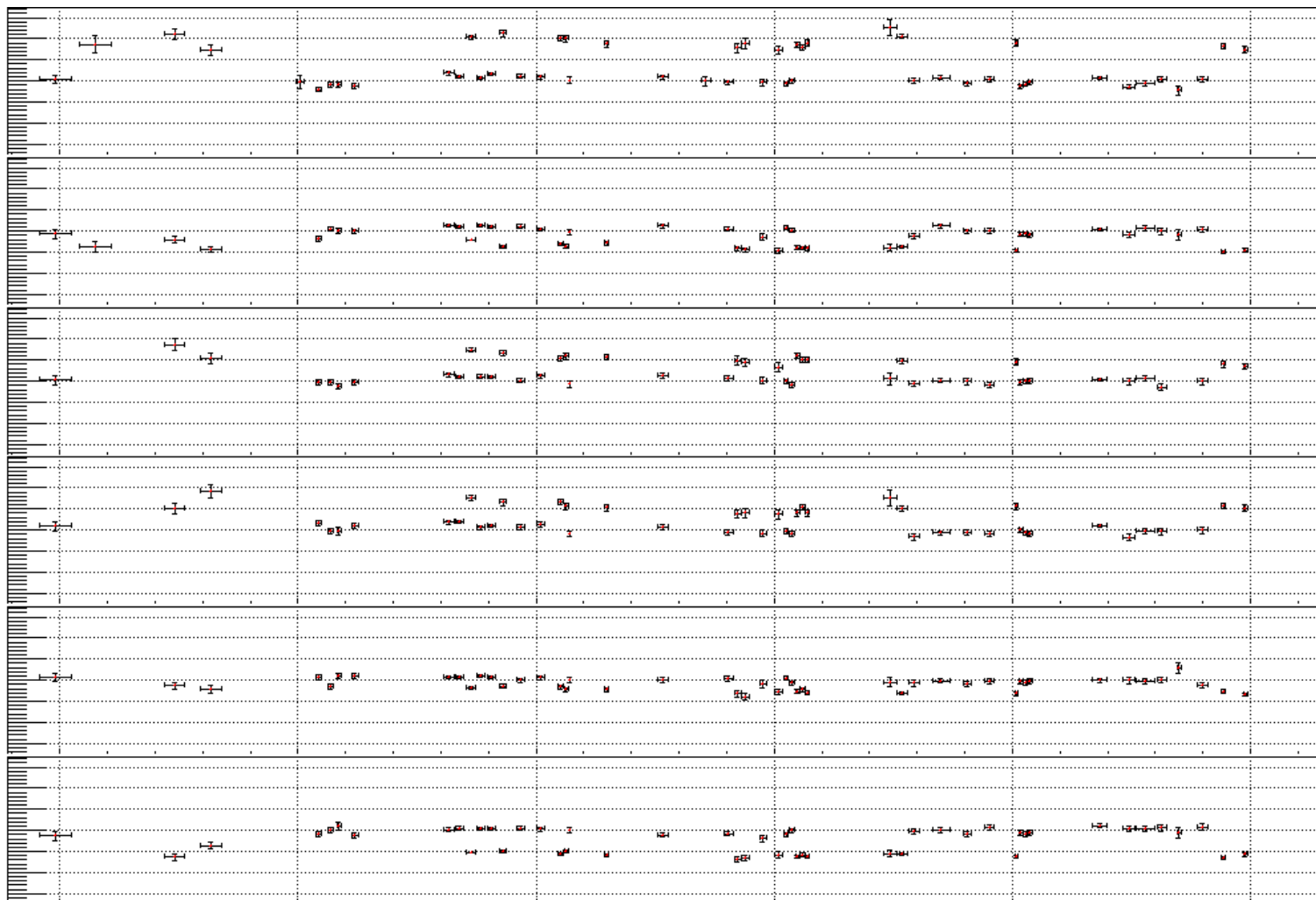


Рис. 8: Результаты фита выровненных по усилению базовых секторов для  $R_{\text{in}} > 4612$ . Шкала по  $y$  -  $\pm 70\%$  от среднего (250 ch). 29-ОCT-2021

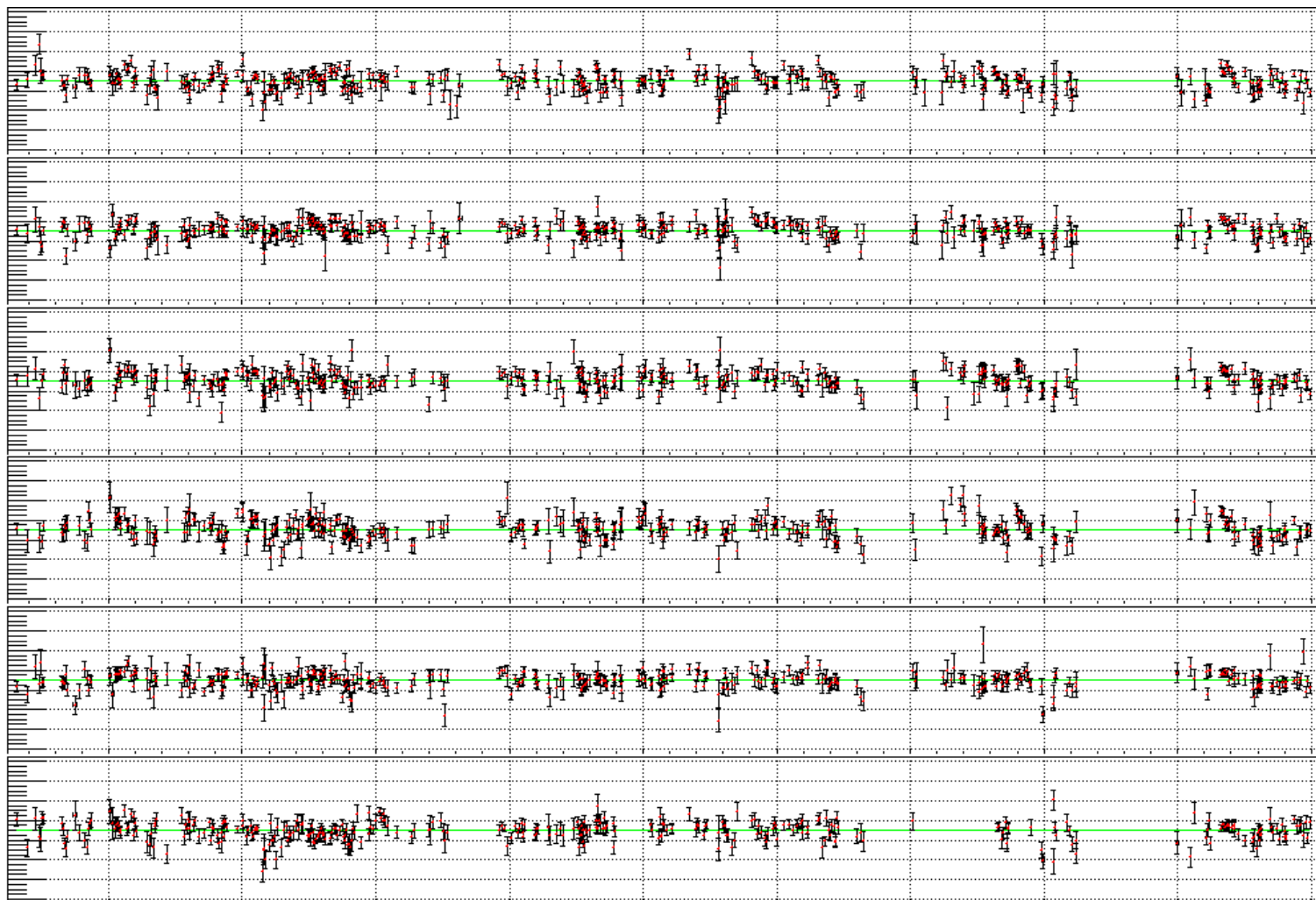


Рис. 9: Результаты фита выровненных по усилению базовых секторов при определении номера рана из названия файла (Скачки усиления были из-за ошибок `BmnEventHandler::GetRunId()`). Шкала по  $y$  -  $\pm 30\%$  от среднего (250 ch). 31-ОCT-2021

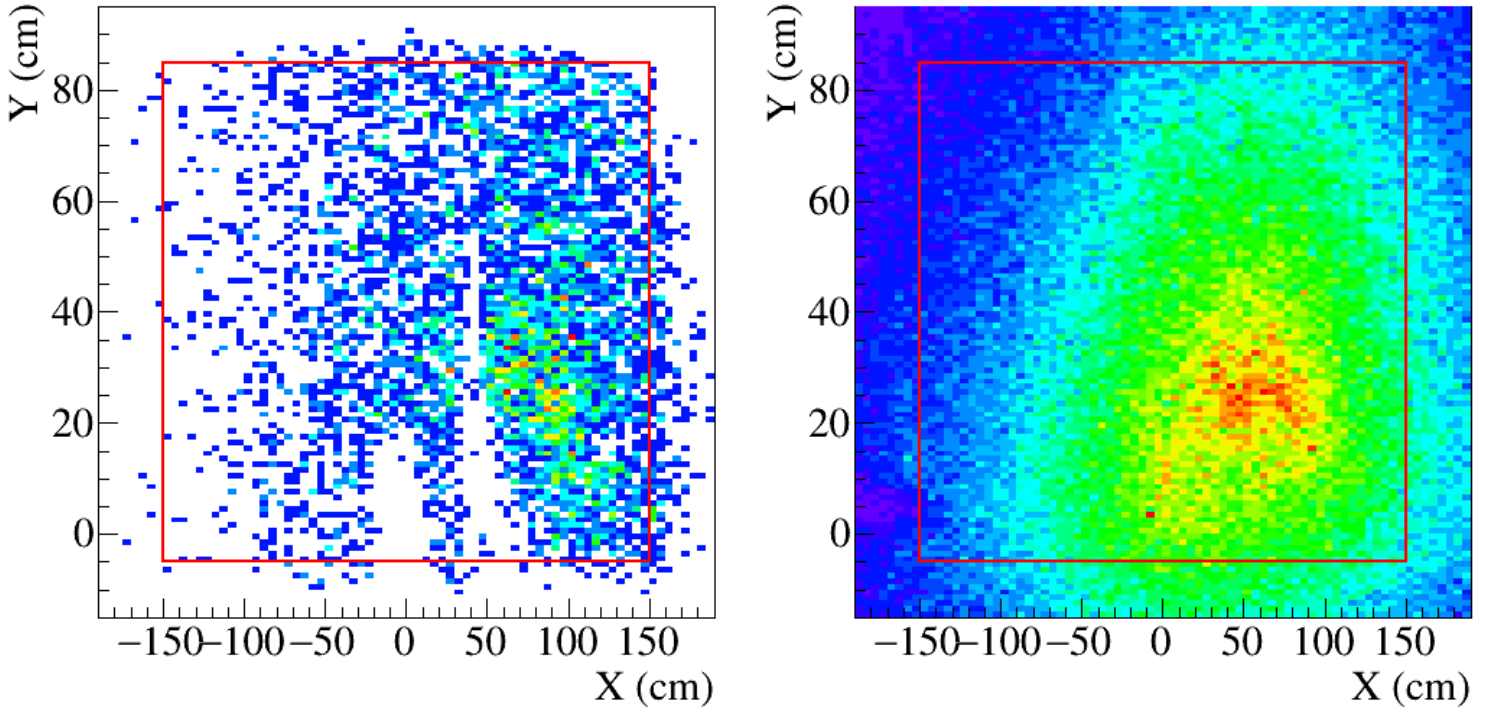


Рис. 10: Попадание в TOF700  $z \approx 700$ ,  $|x| < 150$ ,  $-5 < y < 85$ .

	0	1	2	3	4
measured TOF		+			
$n_{\text{Gem}} \geq 4 \ \& \ n_{\text{Si}} \geq 2$			+		+
$z \approx 700$ , $ x  < 150$ , $-5 < y < 85$				+	+
N	2464k	5413	83k	407k	42.9k
%	100	0.22	3.4	16.5	1.74

Таблица 2: Статистика треков при использовании катов. Run 4649. Полное количество треков - 2464k; треков с измеренным временем 5413 (0.22%). Статус экстраполяции треков в вершину и tof700 убивает 109k треков с  $|pq| \sim 6$ , в основном с  $n_{\text{hits}}=3$  и немного с  $n_{\text{hits}}=4$ .

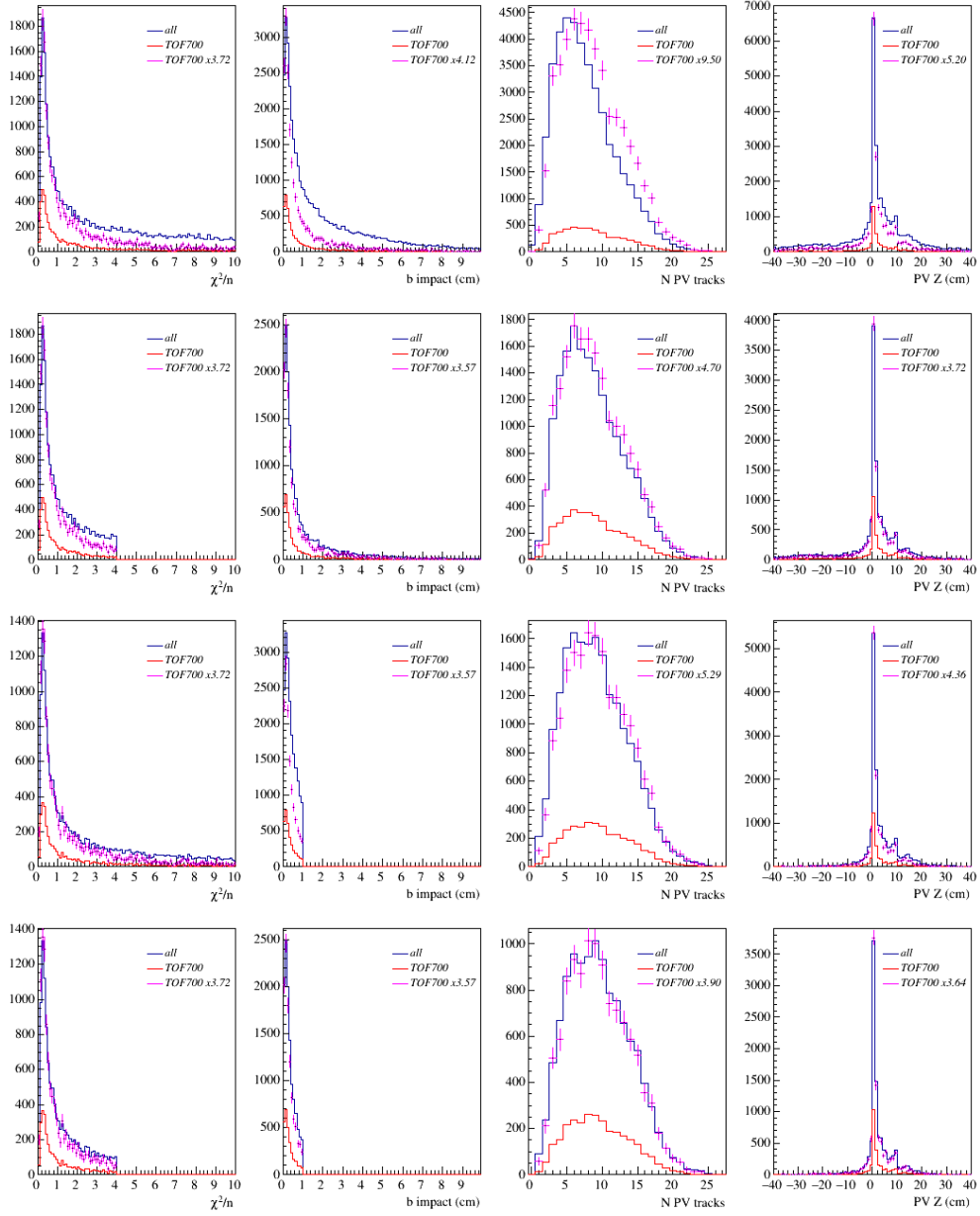


Рис. 11: **Верх:** Сравнение распределений для треков после наложения катов на количество хитов ( $n_{\text{Gem}} \geq 4$  &  $n_{\text{Si}} \geq 2$ ) и попадание в TOF700 ( $z \equiv 700$ ,  $|x| < 150$ ,  $-5 < y < 85$ ). **Ниже:** Накладываются дополнительные каты на  $\chi^2/n$  и прицельный параметр.

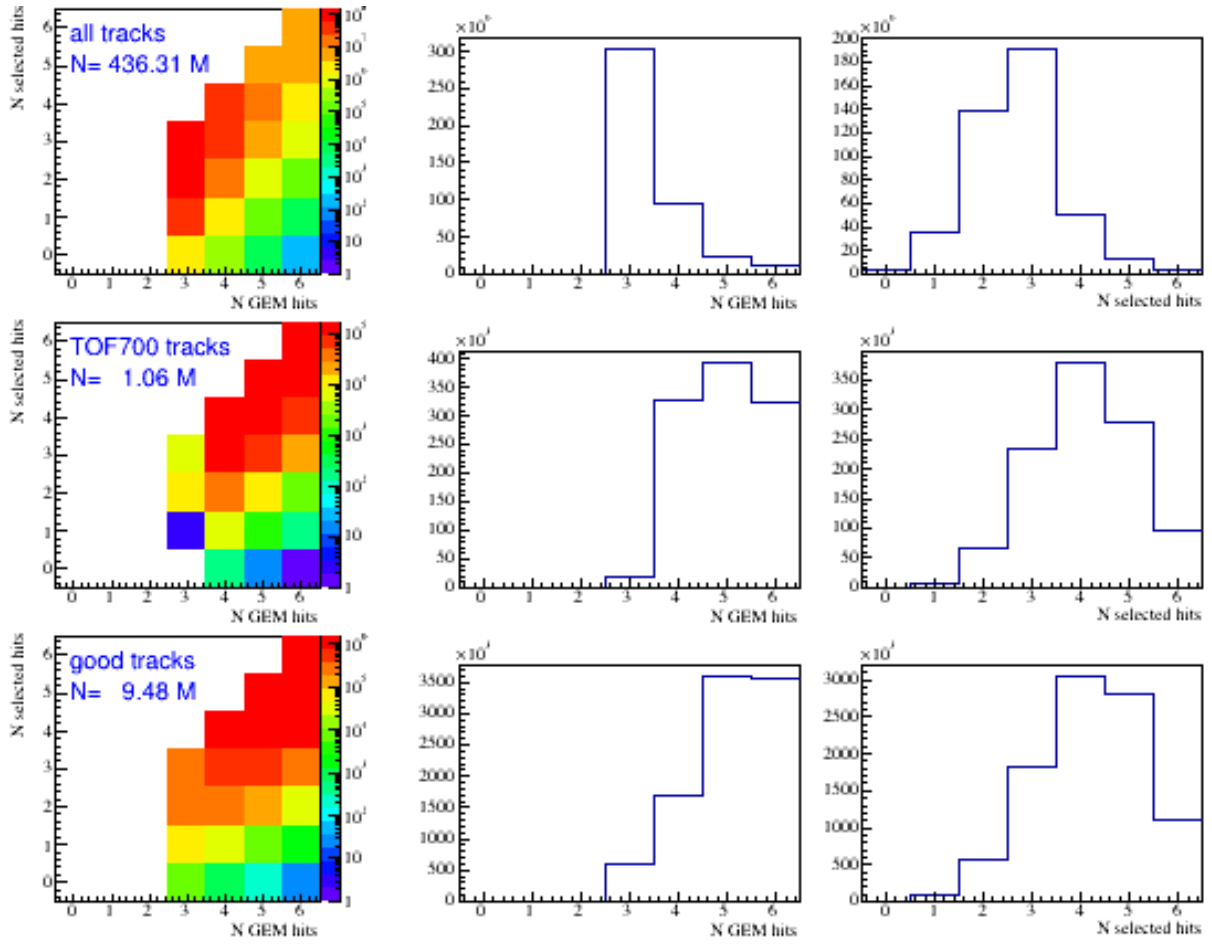


Рис. 12: Количество GEM и отобранных для  $dE/dx$  анализа хитов на треках. 466 рангов. У TOF700 треков около 6% треков с  $N_{SEL} < 3$ , т.е. выпадают из анализа.

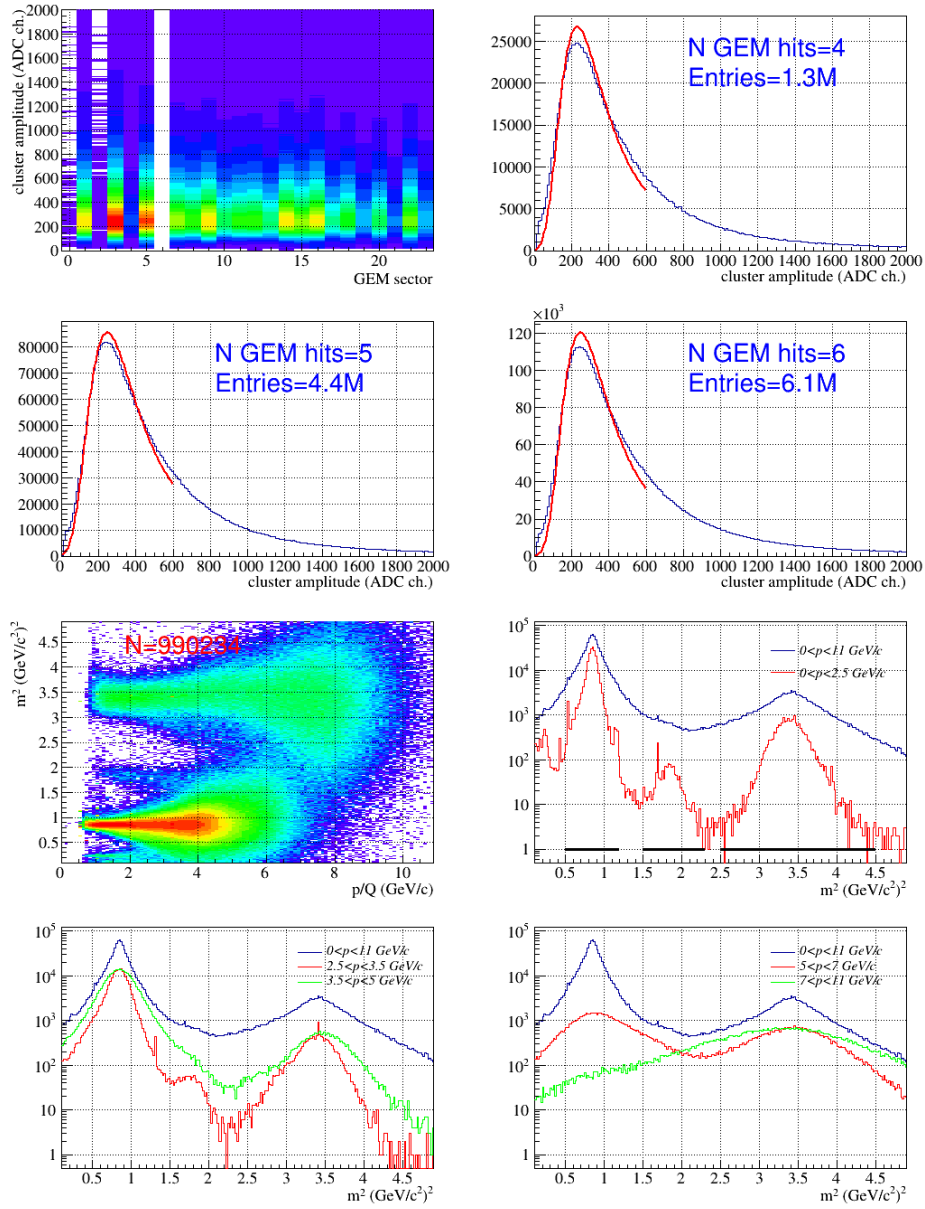


Рис. 13: **Верх:** Амплитуды GEM после коррекций ( $N_{PVT_r} \leq 2$ ,  $|Z_{PV}| < 5$  см,  $b_{imp} < 0.3$  см, goodGemArea). **Ниже:**  $m^2$  vs  $p$ .  $m^2$  пределы идентификации:  $\pi$ : 0.1-0.35); tofPid=1;  $p$ : 0.5-1.2;  $^3He$ : 1.5-2.3;  $He$ : 2.5-4.5.

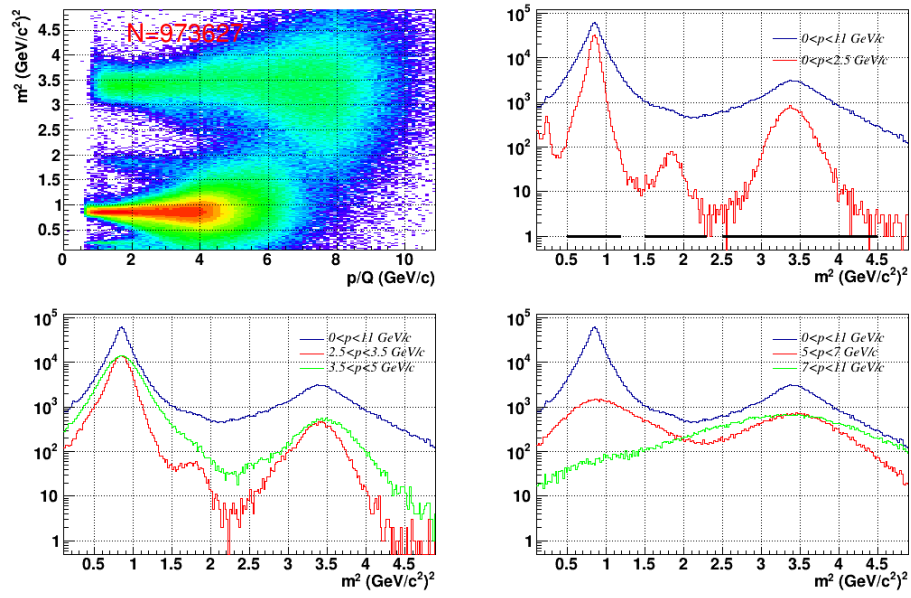


Рис. 14:  $m^2$  vs  $p$ .  $m^2$  пределы идентификации:  $\pi$ : 0.1-0.35);  $\text{tofPid}=1$ ;  $p$ : 0.5-1.2;  ${}^3\text{He}$ : 1.5-2.3;  $\text{He}$ : 2.5-4.5. Выброшен  $\text{run } 4548$  с повторяющимися массами.



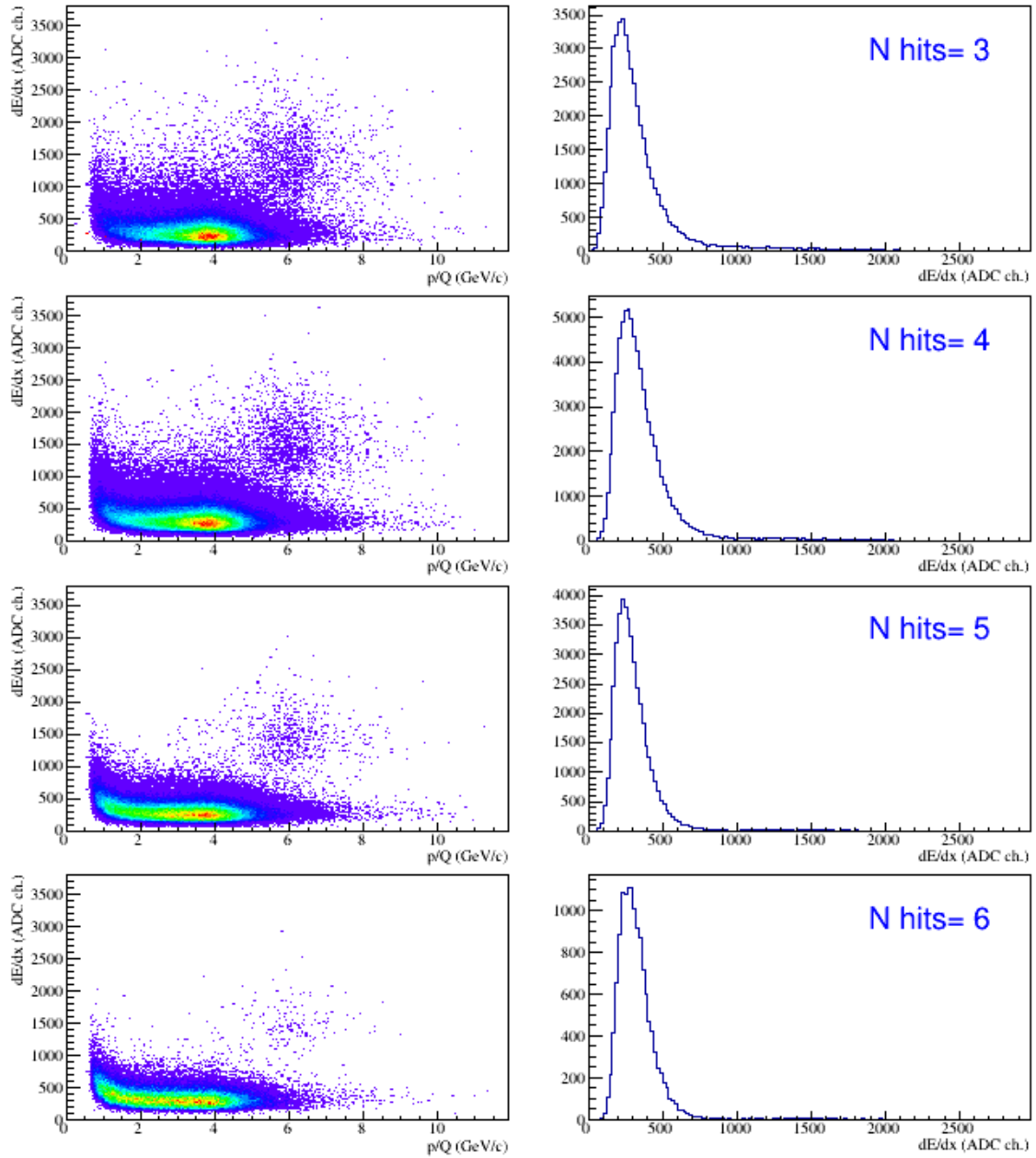


Рис. 15: Protons:  $0.5 < m^2 < 1.2$  ( $\text{GeV}/c^2$ )<sup>2</sup>. Справа:  $4 < p/Q < 9$   $\text{GeV}/c$ .

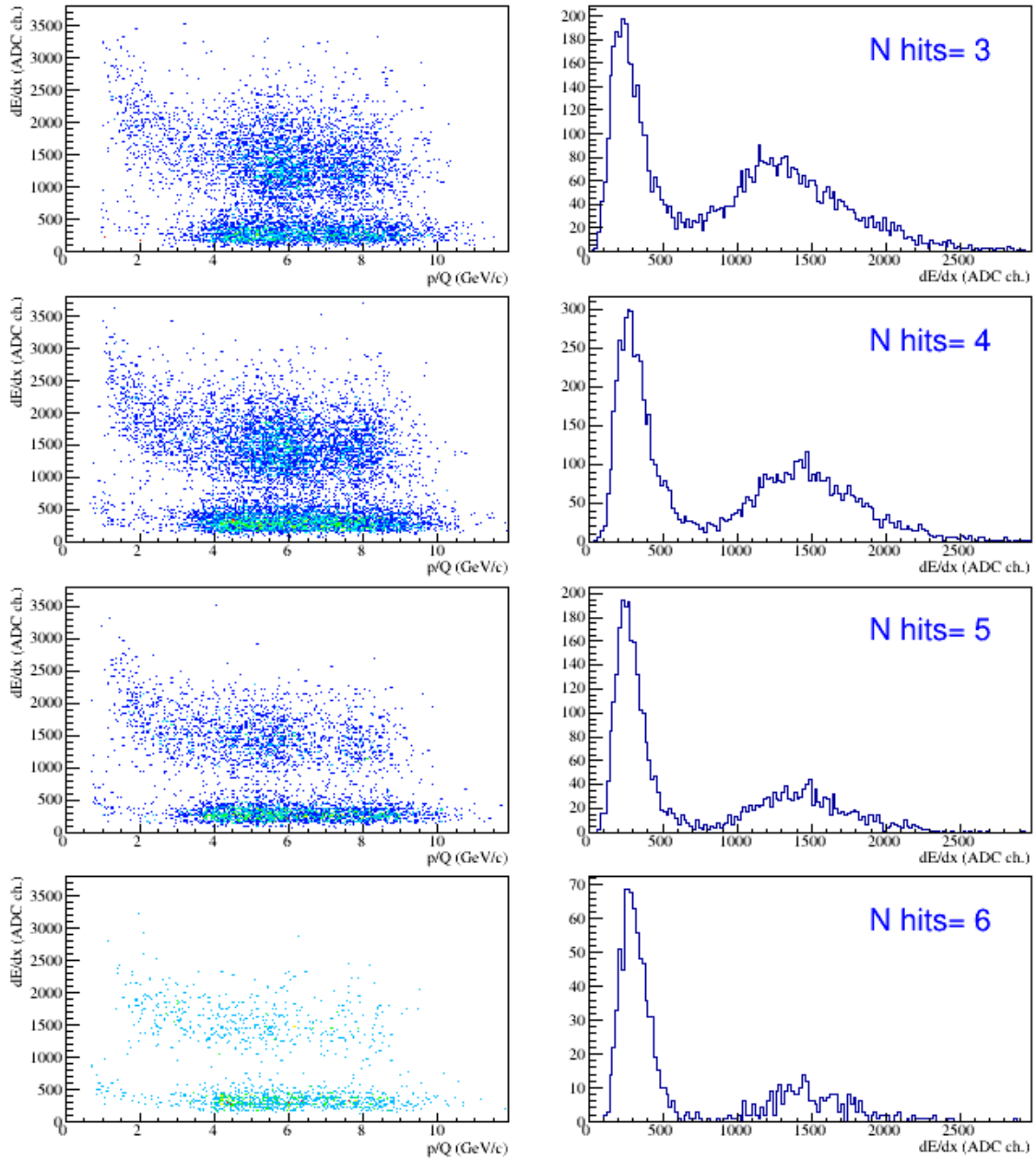


Рис. 16:  ${}^3\text{He}$ :  $1.5 < m^2 < 2.3$  ( $\text{GeV}/c^2$ )<sup>2</sup>. Справа:  $4 < p/Q < 9$   $\text{GeV}/c$ . Похоже,  ${}^4\text{He}$  погибает в этот коридор.

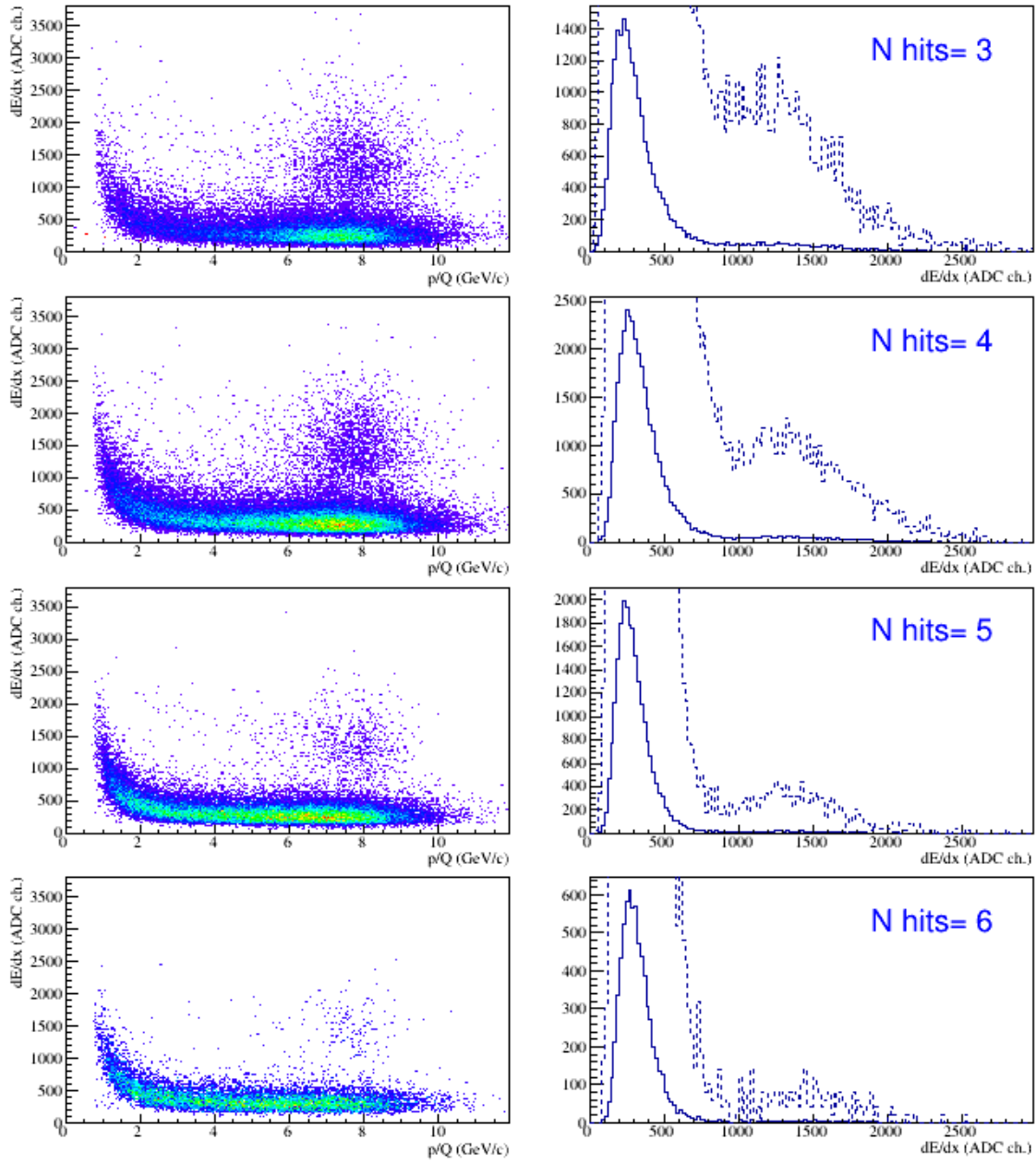


Рис. 17: d and  ${}^4\text{He}$ :  $2.5 < m^2 < 4.5$  ( $\text{GeV}/c^2$ ) $^2$ . Справа:  $4 < p/Q < 9$  GeV/c. Пунктир - гистограмма умножена на 20.

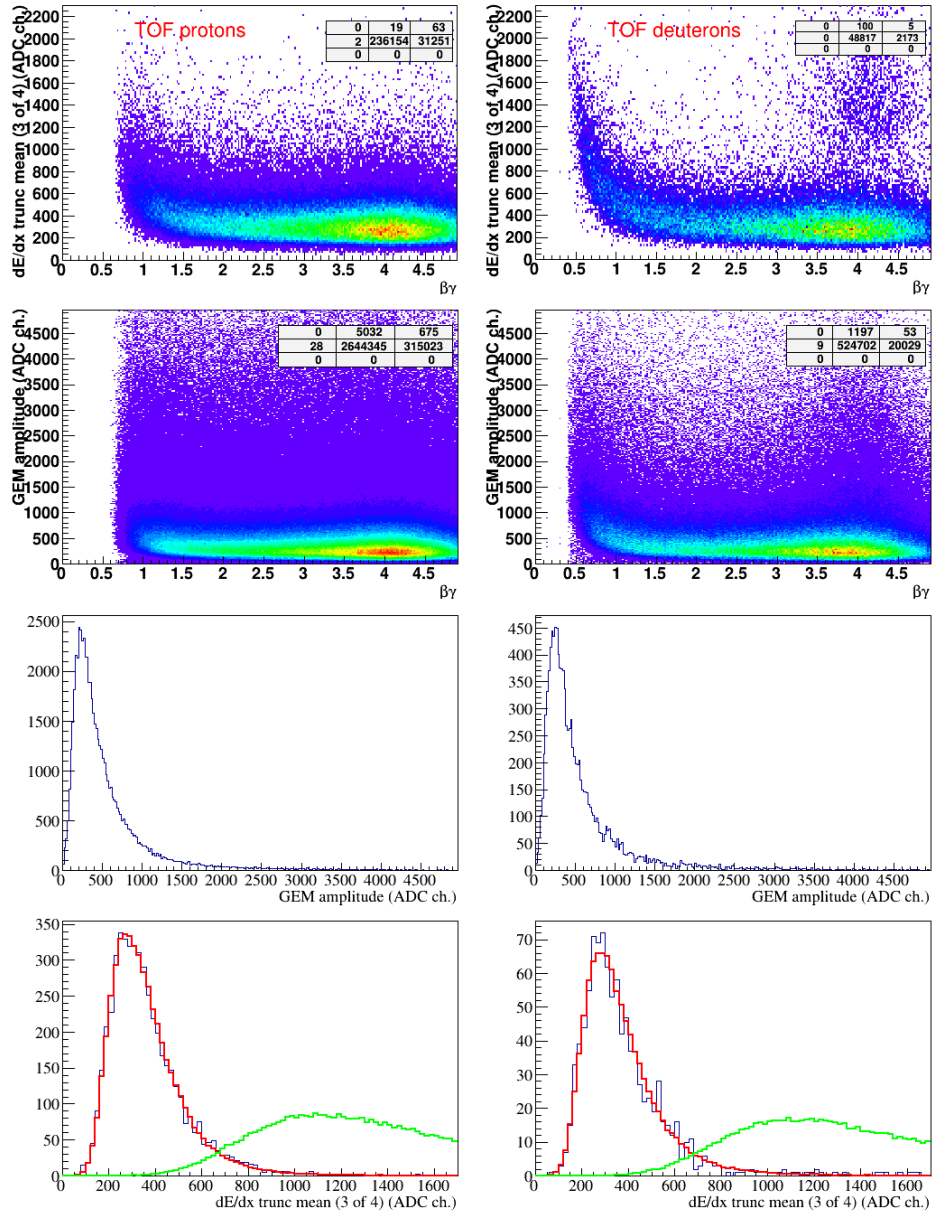


Рис. 18: Оценка энергетических потерь 4-хитовых треков и потери в плоскости GEM для треков, отобранных в TOF-700, как протоны и дейтроны. Нижний ряд: потери трека и разыгрыш из потерь в плоскостях для  $2.5 < \beta\gamma < 2.6$ .

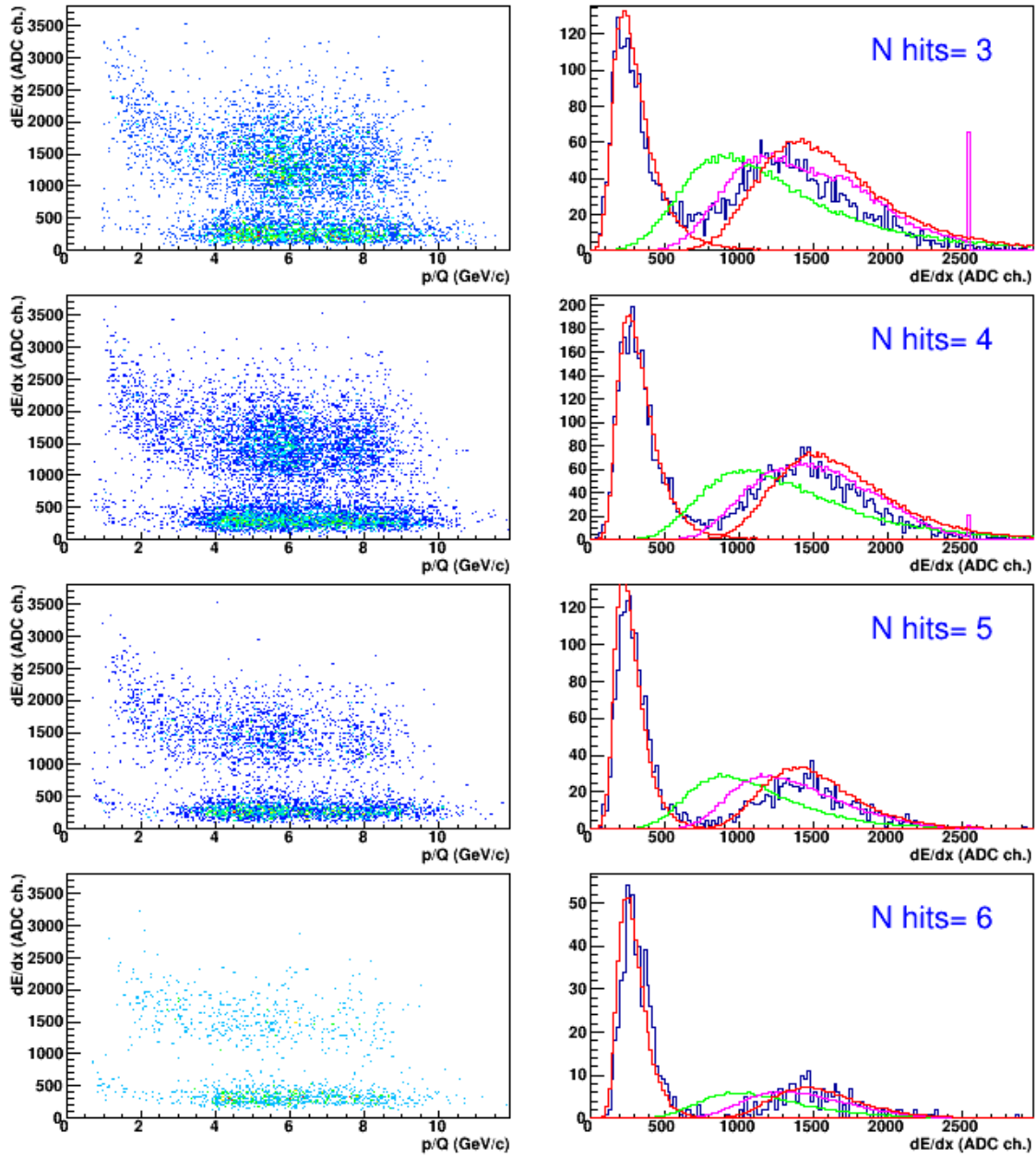


Рис. 19:  ${}^3\text{He}$ :  $1.5 < m^2 < 2.3 \text{ (GeV/c}^2\text{)}^2$ . Справа:  $4 < p/Q < 7 \text{ GeV/c}$ . Зеленый -  $A_d = 4 A_p$ , сиреневый -  $A_d = \text{Min}(4*(A_p + 70), 2548)$ , красный -  $A_d = \sum_4 A_p$ .

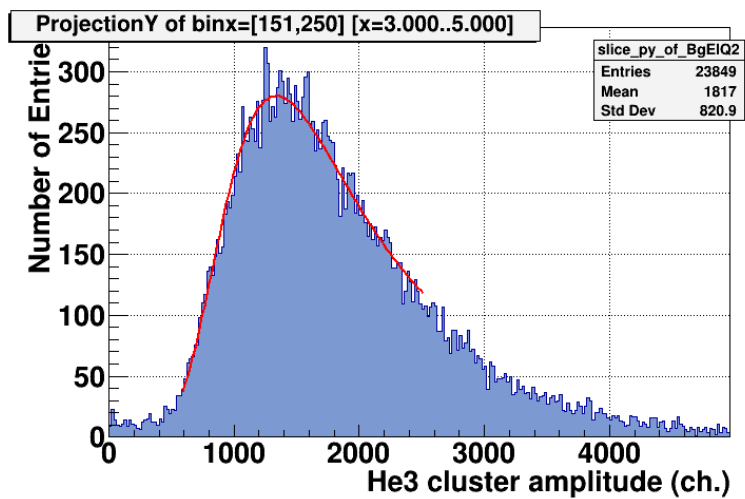


Рис. 20: .

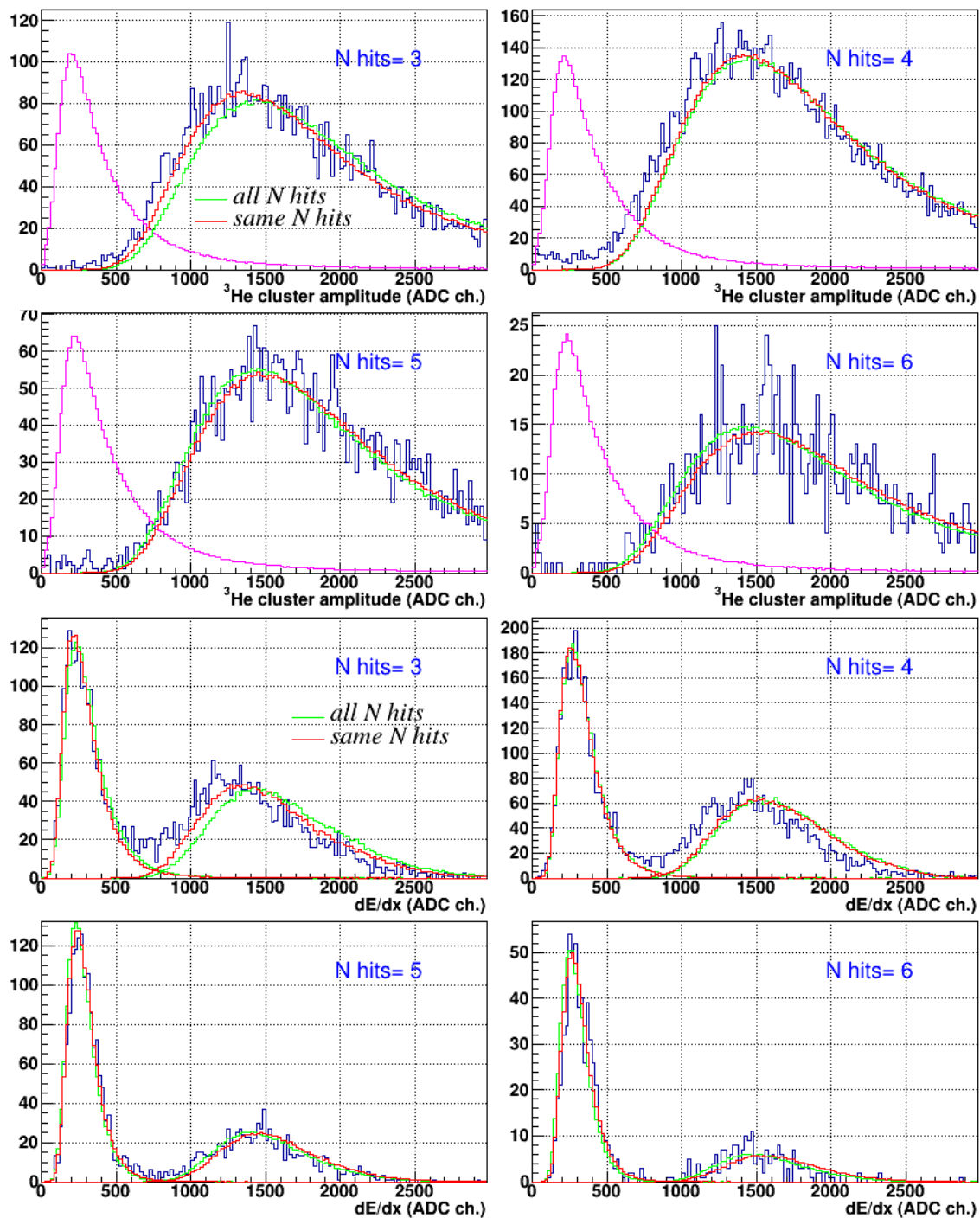


Рис. 21: .

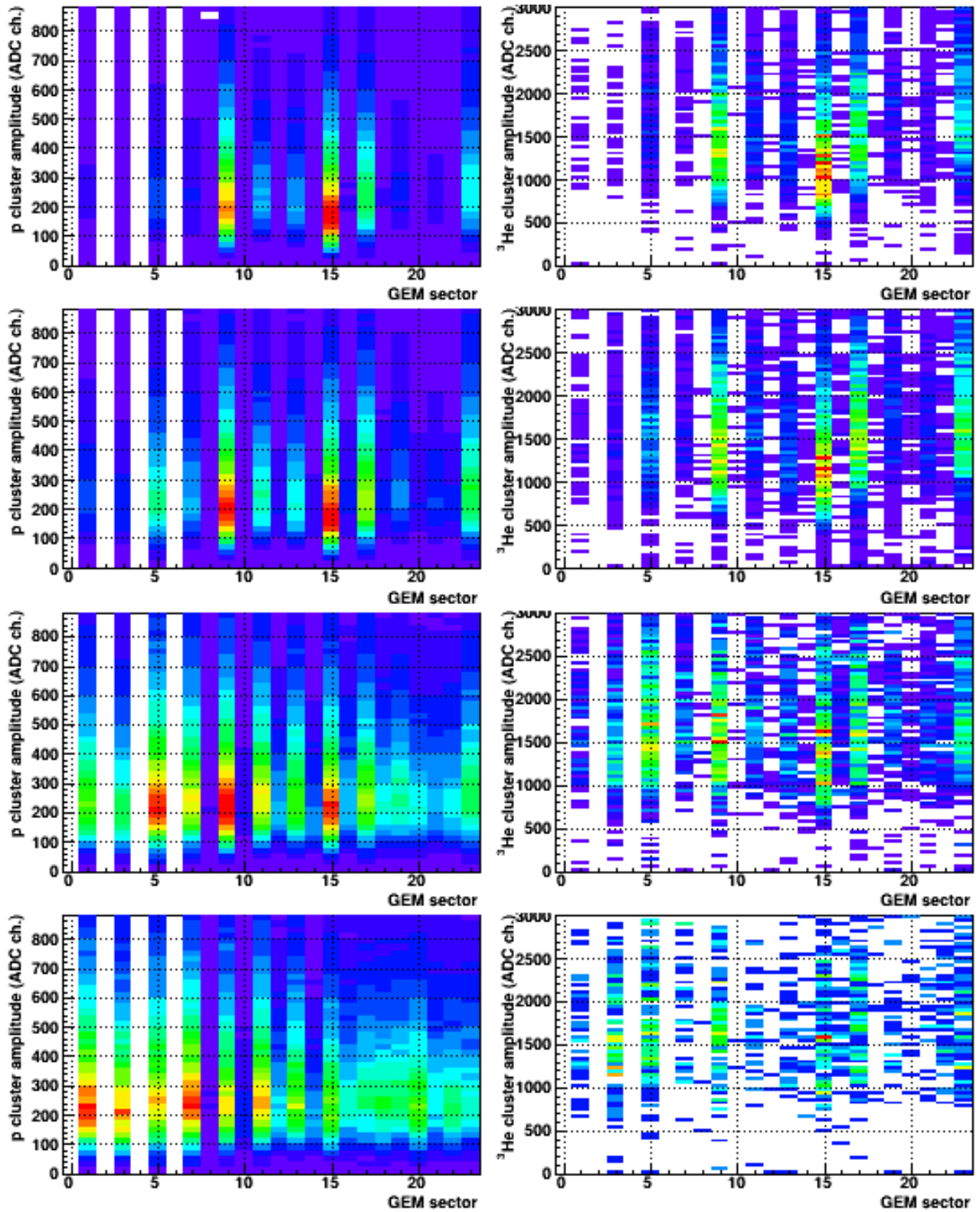


Рис. 22: .



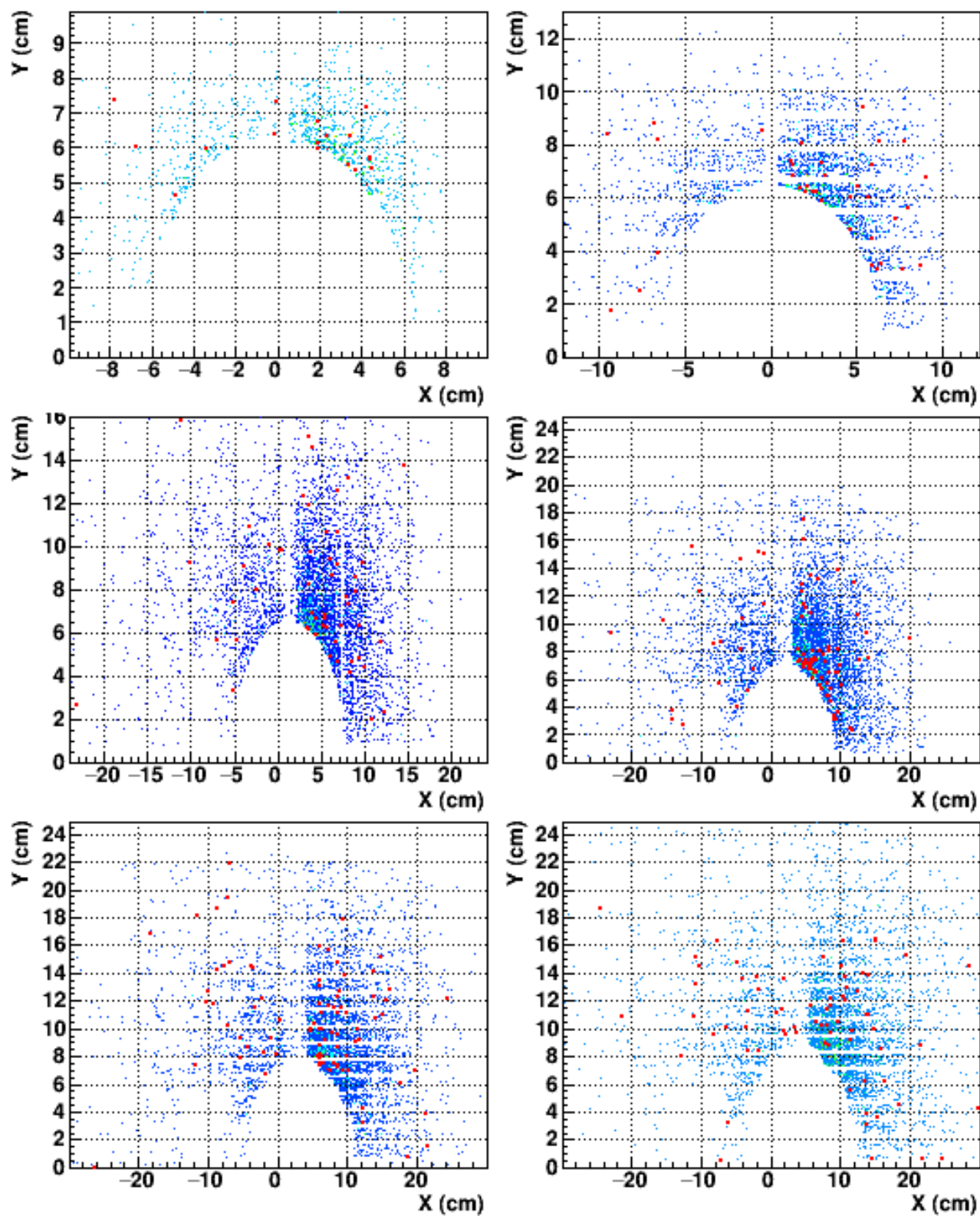


Рис. 23: .

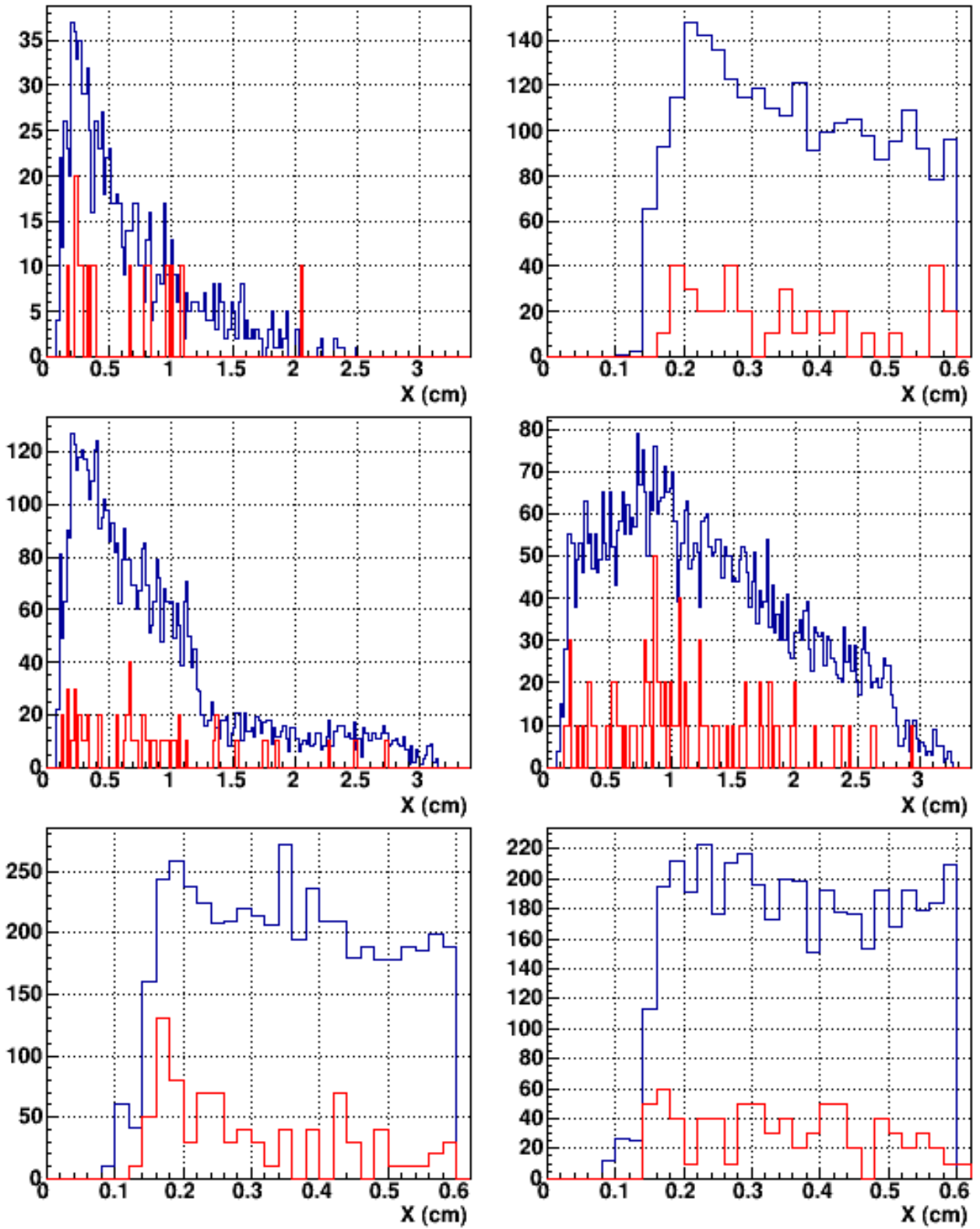


Рис. 24: .

## 2.1 Наложение кластеров.

При сложении 4 однозарядных амплитуд для моделирования двухзарядной вероятность наложения кластеров получается в 4 раза больше, чем она есть в двухзарядном кластере. Простейший способ исправить этот эффект в моделировании - с некоторой вероятностью  $P_3$  суммировать не 4, а 3 однозарядные амплитуды. Более корректный вариант исправления - изначальное подавление наложений сравнением амплитуд прямых и косых стрипов. Но в настоящий момент амплитуды косых стрипов не калибровались.

## 2.2 Кластеры с подавленной амплитудой.

В амплитудных спектрах  ${}^3\text{He}$ , а также в  $d$  при малых  $p$  с  $A > 1000$  ch, оторванных от нуля на 500 ch, есть равномерно распределенная примесь малых амплитуд. Скорее всего эта полка возникает от частиц с большой ионизации в дефектных зонах GEM. Поскольку ширина охранной области подбиралась для основной массы хитов (т.е. мипов), и для них успешно подавляет заниженные амплитуды, она может быть недостаточной для ионов.

Для оценки вклада этого механизма рассмотрены спектры кластеров фрагментационных  ${}^3\text{He}$  с  $dE/dx > 750$  ch и определена доля  $A < 400$  ch для разных  $N_{hits}$ : 3)  $32/7041 = 0.45\%$ ; 4)  $164/11720 = 1.4\%$ ; 5)  $46/4205 = 1.09\%$ ; 6)  $18/1290 = 1.40\%$ . Усредненно  $1.07\%$ . Это значение для полного вклада надо увеличить, т.к. оно получено в области, где амплитуды не перекрываются с нормальными кластерами. Считая, что их  $1.5\%$ , а среднее число отобранных хитов на треке 4, получаем, что они искажают  $6\%$  измерений  $dE/dx$  для фрагментационных треков. Для треков с большей ионизацией их вклад увеличится (?).

Возможны три способа борьбы с такими кластерами: **1)** найти их по большому пространственному отклонению от трека и исключить из анализа; **2)** упрощенно моделировать, исходя из амплитуд нормальных кластеров; **3)** моделировать по MC или в Garfield.

Вторая причина заселенности малых амплитуд - фоновые хиты вместо истинных хитов, попавших в дефектную зону. Этот вариант еще не исследовался.

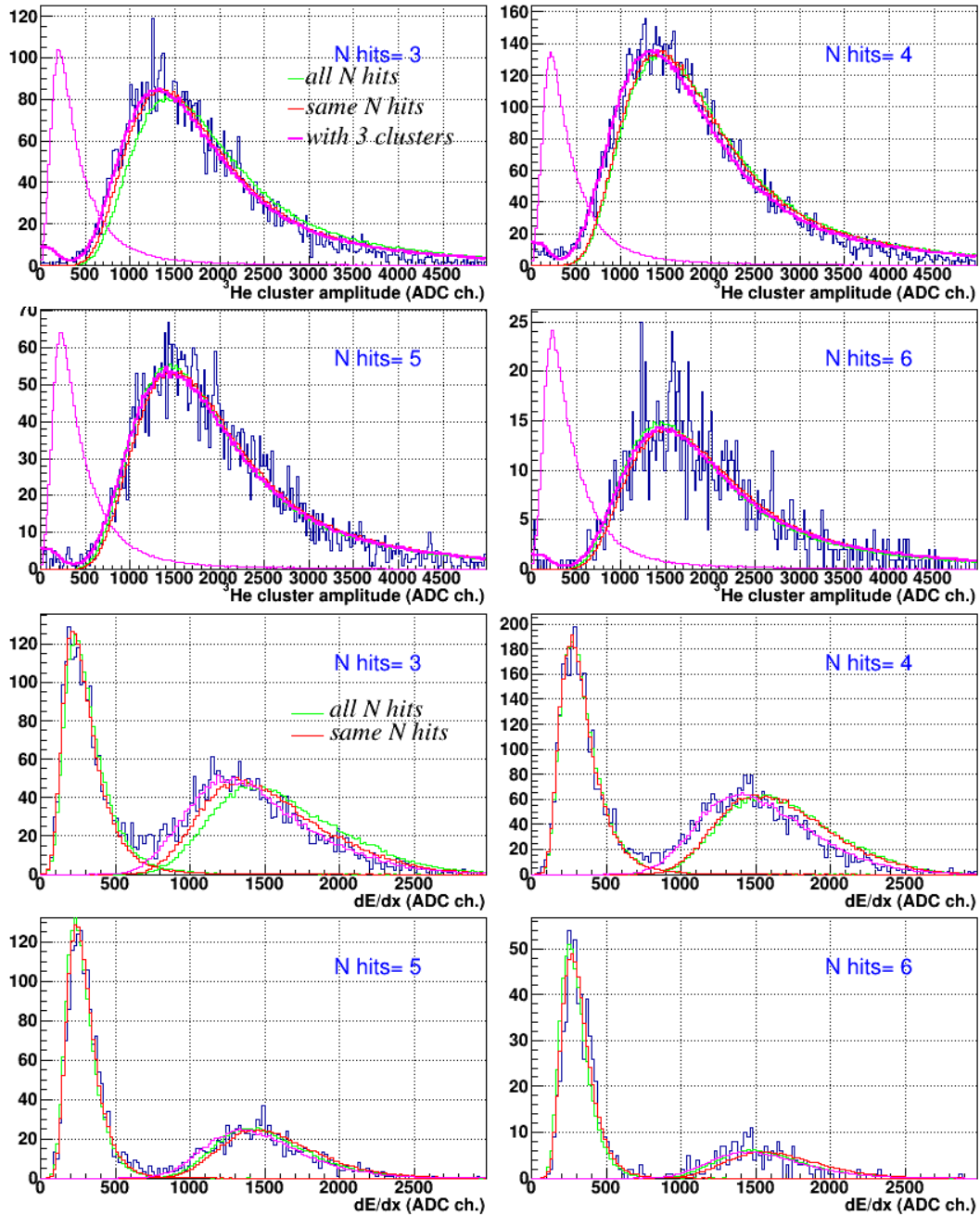


Рис. 25: Частичное суммирование двузарядных амплитуд по трем однозарядным кластерам. Доля троек в **кластерах**:  $N_{hits} = 3$ ) 0.1; 4) 0.2; 5) 0.1; 6) 0.1. Для малых амплитуд реализован (2): для 1.5% нормальных амплитуд разыгрывается дополнительный кластер  $A = \text{Rndm}() * A_{Clust} * \text{Erfc}(0.15 / (0.15 * \sqrt{2}))$ . Доля троек в **треках**:  $N_{hits} = 3$ ) 0.2; 4) 0.25; 5) 0.2; 6) 0.2.

### 2.3 Сравнение амплитуд $p$ и $d$ .

$\beta\gamma$  спектр  $d$  Q1TM.C - TruncMean для 1 и 2 - зарядных треков от  $\beta\gamma$  из протонных или дейтериевых потерь BgElProt или BgElDeut(NHits) (binSize=0.02, т.е. 18.76 MeV/c для протонов).

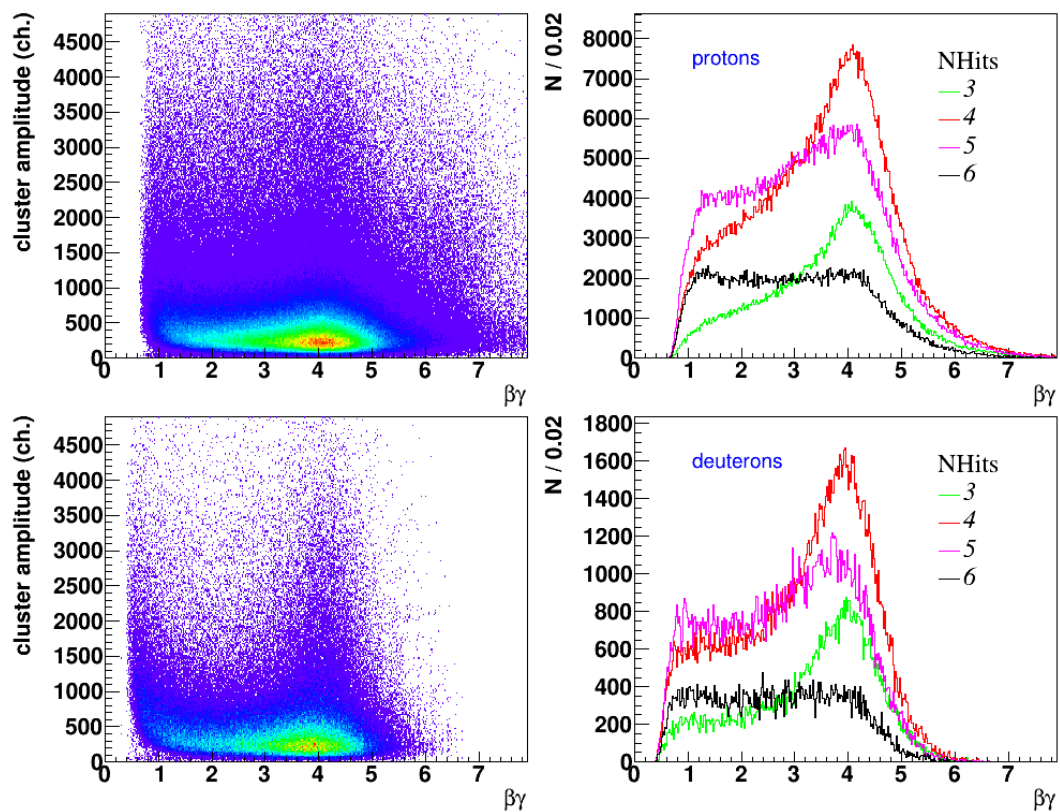


Рис. 26:

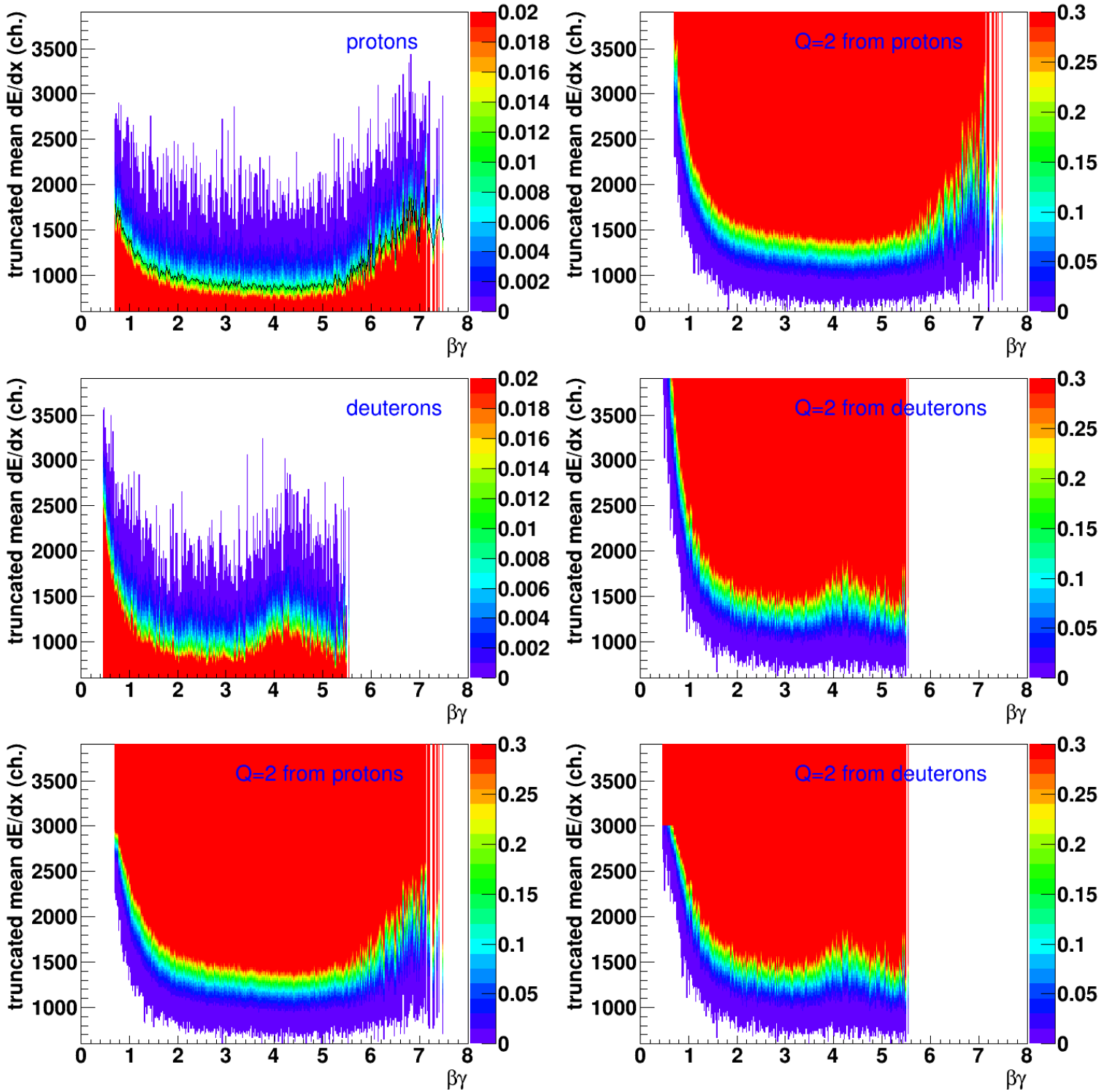


Рис. 27: Вероятности энергетических потерь однозарядных частиц (слева) и смоделированных по их спектрам двухзарядных (справа) для треков с 4 отобранными хитами. Снизу - *max* амплитуда кластера 3000 ch.

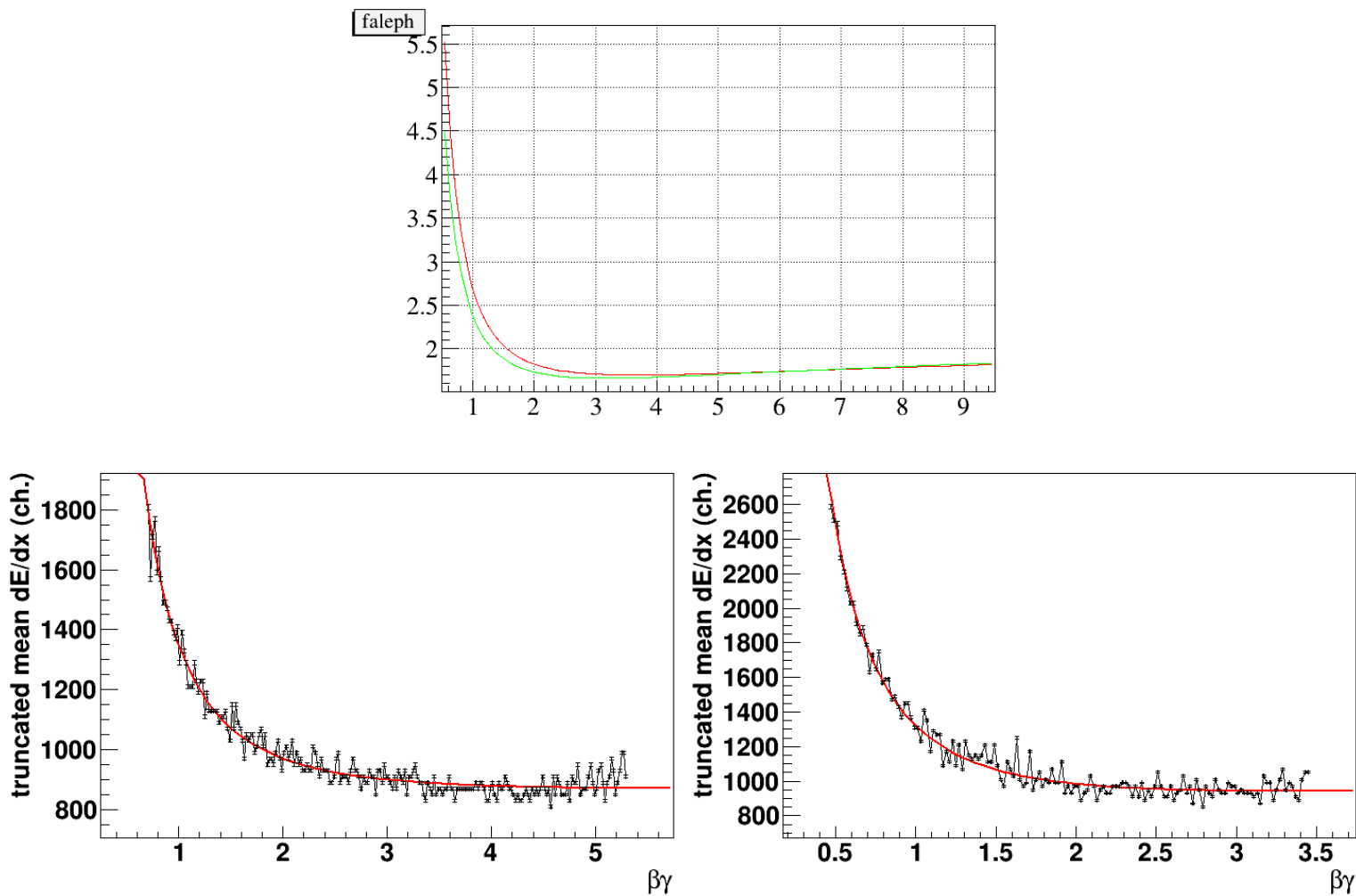


Рис. 28: Q1TM.C для 1%  $p$  и  $d$ .  $p_{beam}/m_p=4.2957$ . Фит ALEPH.

Энергия пучка из elog: Ar - 3.2, Kr - 2.6 GeV. Импульс: 4.0305 и 3.4116 GeV/c.

Цель: отобрать  $p$  и  $d$  треки, кластеры из которых, можно использовать в моделировании спектров.

Метод: b211201M/Q1TrackTMMax.C.

**TmLandauFit.C** - аккуратный фит  $\beta\gamma$ -slices, как делалось для gun-зависимостей в RunsLandauFit.C.

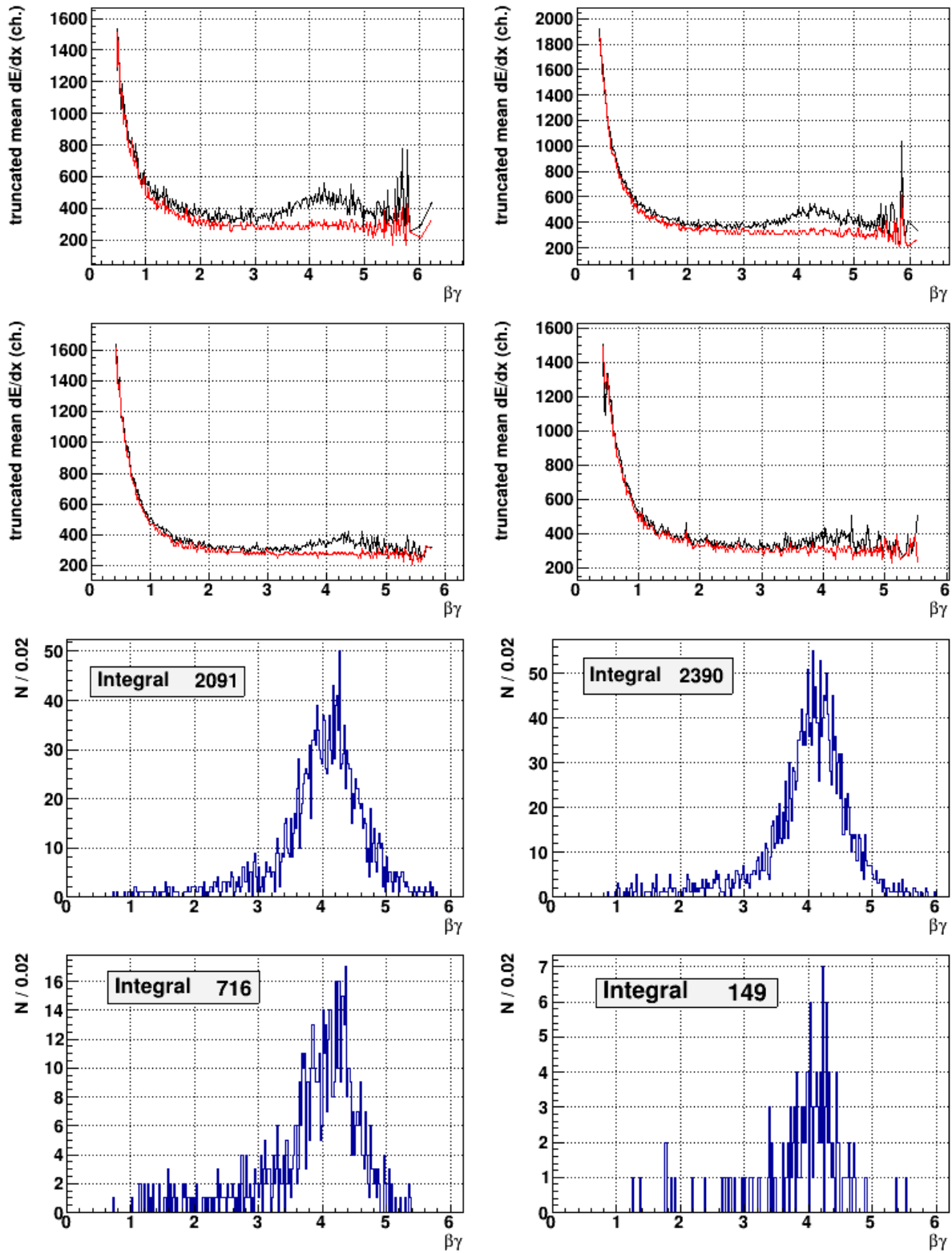


Рис. 29: TmMedian.C. Средние и медианные ТМ  $dE/dx$  при  $m^2$  отборе  $d$ . Количество событий с  $dE/dx$  более трех медианных.



### Алгоритм проверки двухзарядности.

#### Разделение ${}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$ .

При  $p/Q < 7 \text{ GeV}/c$  (см. рис. 14), если  $m^2 < 2.5$ , проверяем  ${}^3\text{He}$ , в противном случае -  ${}^4\text{He}$ .

${}^3\text{He}$  не может давать  $p/Q > 7 \text{ GeV}/c$ , и второе пятно на рис. 19 явно относится к  ${}^4\text{He}$ .

Предварительно можно поставить рубленную границу, затем аккуратно подобрать ф-цию  $m^2(p/Q)$ .

#### Идентификация ${}^3\text{He}$ .

До  $p/Q < 3 \text{ GeV}/c$   ${}^3\text{He}$  идентифицируется по  $m^2$  с незначительным фоном (см. также рис. 19), который достаточно вычищается простым катом  $dE/dx(p/Q)$  без необходимости моделирования распределения  $f(dE/dx)$ .

При  $p/Q > 3 \text{ GeV}/c$  моделируется  $dE/dx(p/Q)$  из распределений для  $d$  с тем-же величинами  $\beta\gamma$ .

#### Идентификация ${}^4\text{He}$ .

До  $\beta\gamma < 1$   ${}^4\text{He}$  отсутствует в наших данных (см. предварительную оценку выхода на рис. 29), поэтому анализировать эту область нет смысла.

При  $\beta\gamma > 1$  медианное  $dE/dx(\beta\gamma)$  меняется в не очень большом диапазоне от 500 до 300 ch, поэтому можно выбирать широкие бины по  $\beta\gamma$  и в спектрах  $d$  хватит статистики для моделирования  $f(dE/dx)$ .

#### Цель и метод моделирования.

1) Как показано на рис. 25 для  ${}^3\text{He}$  и на рис. 17 для  ${}^4\text{He}$ ,  $dE/dx$  распределения однозарядных и двухзарядных треков частично перекрываются. Моделирование позволяет предсказать поведение  $dE/dx$  на краях распределений и оценить вклады однозарядных и двухзарядных треков в области перекрытия.

2) Амплитуды кластеров однозарядных треков зависят только от  $\beta\gamma$ . При фиксированном  $\beta\gamma$  можно создать набор кластеров, перебирая которые в разных комбинациях, получить  $dE/dx$  распределения с очень большой статистикой и оценить, как далеко тянется  $dE/dx$  хвост однозарядных треков.

3) При одинаковой величине  $\beta\gamma$  потери двухзарядных частиц в четыре раза больше однозарядных. В идеальном случае кластер двухзарядной частицы можно моделировать, как сумму четырех однозарядных. На практике количество наложений кластеров в сумме четырех однозарядных в четыре раза больше, чем в двухзарядных, что создает заметный сдвиг в моделировании (рис. 25).

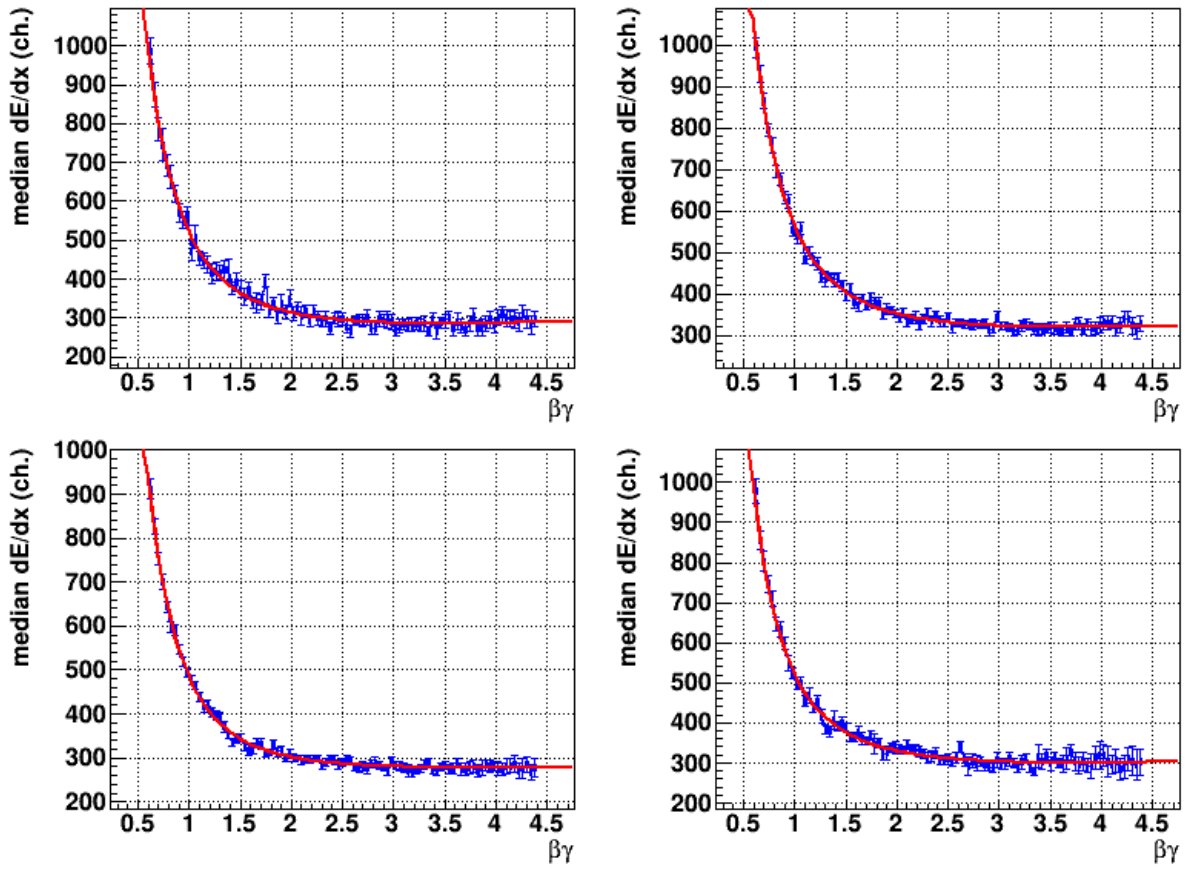


Рис. 30: TmMedian.C. Медианные ТМ  $dE/dx$  при  $m^2$  отборе  $d$ .

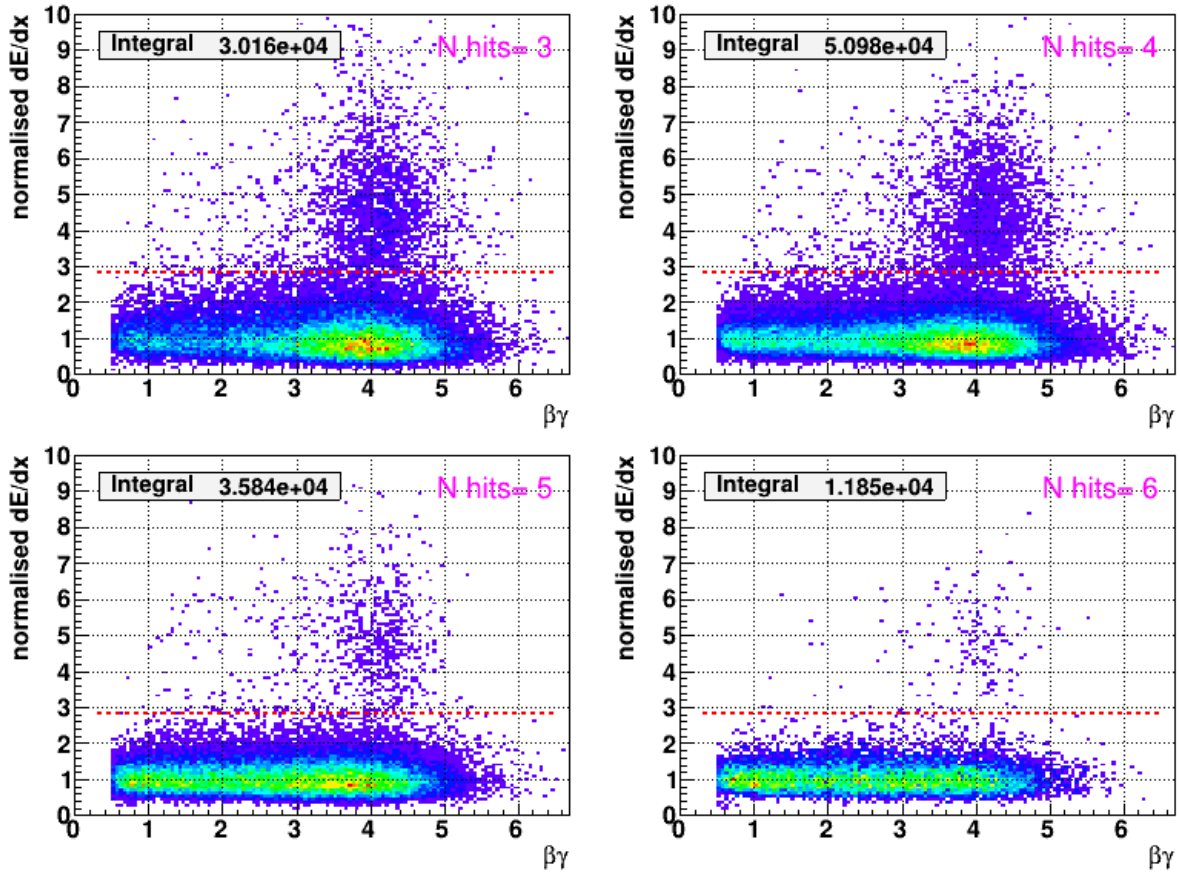


Рис. 31: TmNorm.C. Отнормированные на медианные ТМ  $dE/dx$  при  $m^2$  отборе  $d$ . Порог  $d$  при  $y=2.8125$ .

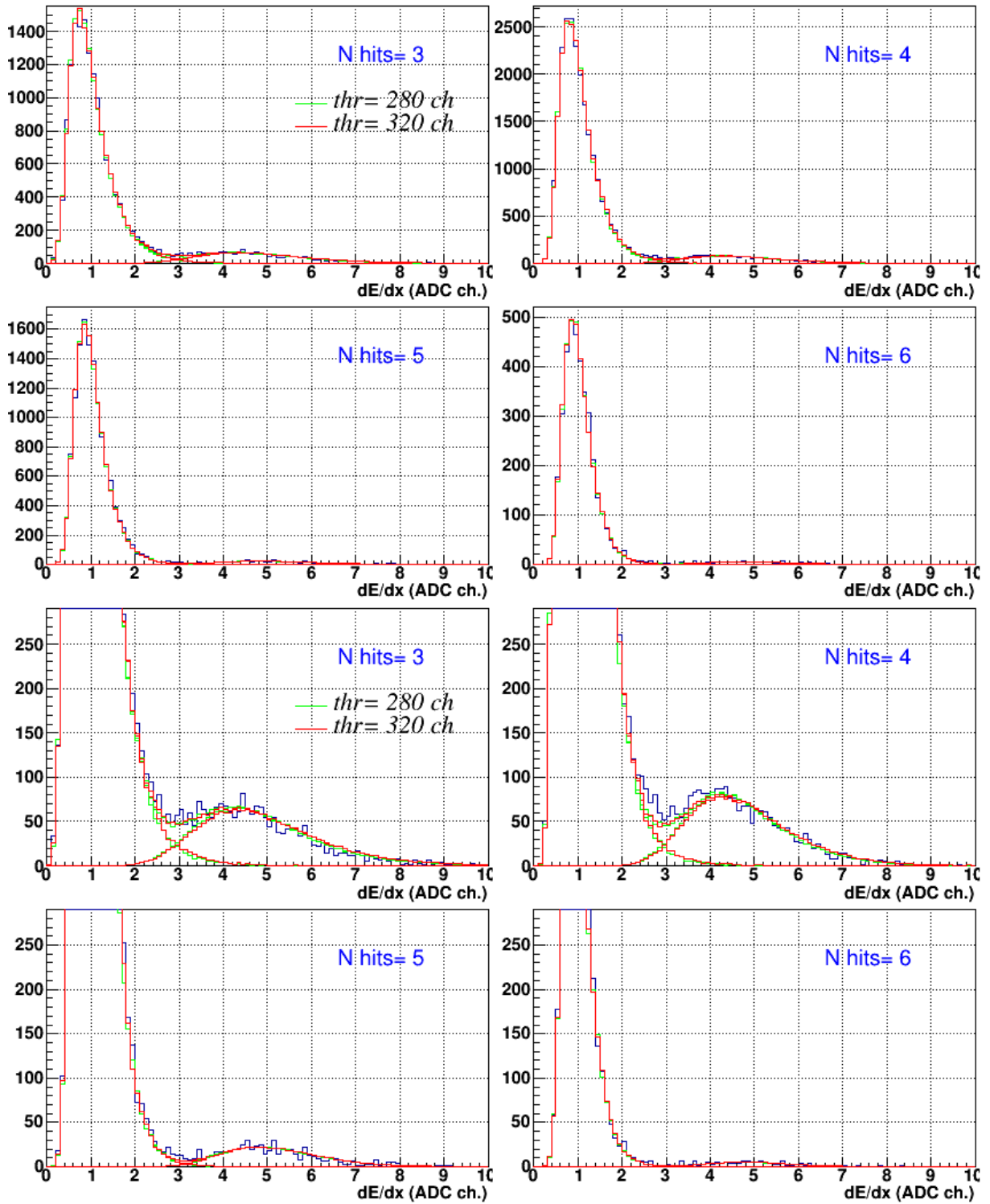


Рис. 32: Q2CombDeut.C. Порог  $d$  при  $y=2.8125$  и  $3.2$ .