

**Оценка рисков  
возникновения лесных  
пожаров в результате  
молниевых разрядов на  
основе грозопеленгации**

**Кулиева Танзиля Далхатовна**



11 класс, МКОУ «Лицей №2», г. Нальчик, Россия

Научный руководитель: Берданова Елена Ивановна,  
педагог дополнительного образования, ГБУ ДО «Эколого-  
биологический центр» Министерства просвещения, науки  
и по делам молодежи КБР

**Лесные пожары – горение растительности,  
стихийно распространяющееся по лесной  
территории**



**Цель: разработка математической  
модели расчета пожароопасности  
на особо охраняемой территории с  
помощью системы**

**Задачи: грозопеленгации**

- ☐ **обработка данных грозопеленгаионной сети в  
режиме реального времени с фиксацией координат,  
типа и силы тока молниевое канала;**
- ☐ **определение вероятности возникновения пожара в  
определенной ячейке**

# Объект

# исследования:

Таблица 2. Распределение территории (тыс. га) по классам пожарной опасности в разрезе лесничеств Госкомлеса КБР

| Лесничество |                                                                                   | Классы пожарной опасности |      |      |       |      |        | Средний класс |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------|------|-------|------|--------|---------------|
|             |                                                                                   | 1                         | 2    | 3    | 4     | 5    | ИТОГО  |               |
| Зольское    |  | -                         | -    | 1,5  | 12,68 | 1,8  | 15,98  | 4,0           |
| Баксанское  |                                                                                   | -                         | -    | 6,9  | 2,96  | 0,1  | 9,96   | 3,2           |
| Майское     |                                                                                   | -                         | -    | 3,8  | 10,47 | 1,3  | 15,57  | 3,8           |
| Эльбрусское |                                                                                   | 1,0                       | 0,5  | 9,5  | 9,58  | 0,2  | 20,78  | 3,5           |
| Чегемское   |                                                                                   | 0,5                       | 0,09 | 4,3  | 9,2   | 1,1  | 15,19  | 3,8           |
| Лескенское  |                                                                                   | -                         | -    | 17,2 | 15,09 | 0,6  | 32,89  | 3,4           |
| Терское     |                                                                                   | -                         | -    | 1,9  | 2,47  | 1,72 | 6,09   | 4,3           |
| Черекское   |                                                                                   | -                         | -    | 17,6 | 20,36 | 1,0  | 38,96  | 3,5           |
| Нальчикское |                                                                                   | -                         | 0,01 | 23,2 | 15,29 | 0,8  | 39,30  | 3,4           |
| Всего:      |                                                                                   | 1,5                       | 0,6  | 85,9 | 98,1  | 8,62 | 194,72 | 3,7           |

Таблица 3. Шкала пожарной опасности в лесу по условиям погоды

| Класс пожарной опасности по условиям погоды | Значение комплексного показателя | Степень пожарной опасности |
|---------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| I                                           | До 300                           | —                          |
| II                                          | От 301 до 1000                   | Малая                      |
| III                                         | От 1001 до 4000                  | Средняя                    |
| IV                                          | От 4001 до 10000                 | Высокая                    |
| V                                           | Более 10000                      | Чрезвычайная               |

Таблица1.Распределение лесов КБР по классам природной опасности

| Классы пожарной опасности лесных участков | Площадь лесов, тыс. га | %     |
|-------------------------------------------|------------------------|-------|
| I                                         | 11,4                   | 3,53  |
| II                                        | 0,69                   | 0,21  |
| III                                       | 85,9                   | 26,59 |
| IV                                        | 98,39                  | 30,45 |
| V                                         | 126,72                 | 39,22 |



# Методы исследования:

☐ Регистрация гроз системой LS8000 («Vaisala») для прогнозирования грозовых пожаров

☐ полевые экспедиции для выявления грозовых следов возгорания на территории ООПТ

☐ Анализ исторических данных (2009-2019 гг.)

## Базы исследования:

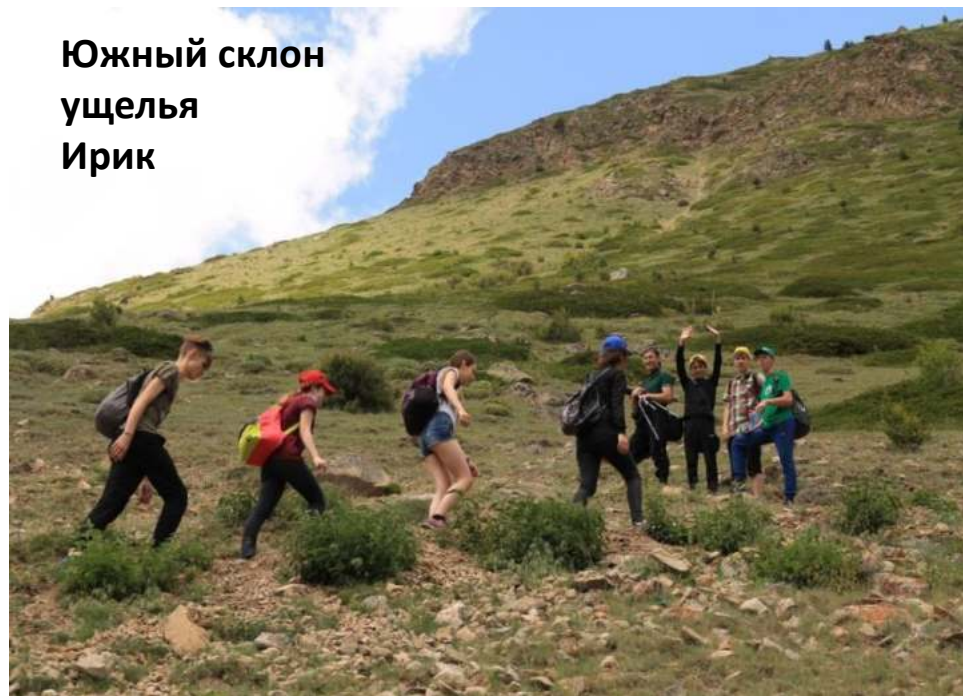
ГБУ ДО  
«Эколого-биологический центр»  
Министерства просвещения, науки и по делам молодежи КБР



ФГБУ «Высокогорный Геофизический институт»  
Росгидромета г. Нальчика,  
отдел стихийных явлений, лаборатория атмосферного электричества



Южный склон  
ущелья  
Ирик





## Методы исследования:



Рис. 1 Схема расположения индикаторов  
грозовой опасности ГПС Росгидромета РФ



Рис. 2 Внешний вид датчиков LS8000



Рис. 3 Карта размещения датчиков «Верея-МР»



Впервые на территории Северного Кавказа  
сделана попытка использования накопленной  
статистики плотности молниевых разрядов для  
вывода эмпирической формулы для расчета  
вероятности риска возникновения лесного  
грозового пожара



# Методы исследования:



Рис.4 Исследуемая зона, разбитая на ячейки с шагом в  $0,1^\circ$

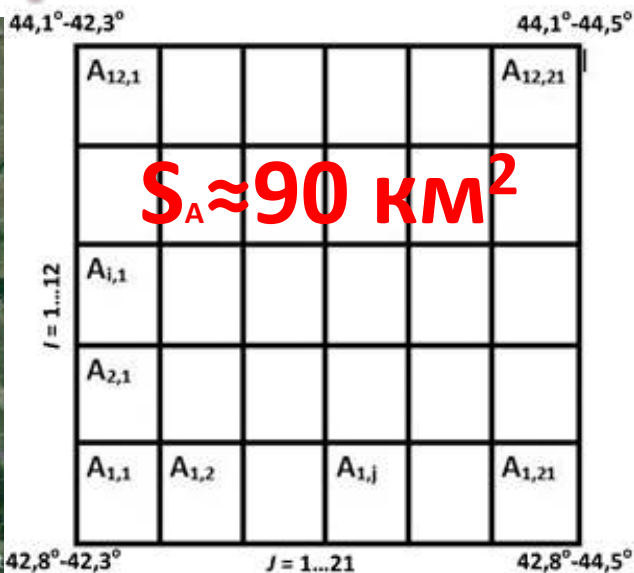


Рис.5 Матрица, где  $i$  – переменная по широте,  $j$  – переменная по долготе

$i$  – номер ячейки по широте. С учетом, что широта меняется в пределах  $[42,8^\circ-44,1^\circ]$ ,  $i$  будет принимать значения от 1 до 12.  
 $j$  – номер ячейки по долготе. С учетом, что долгота меняется в пределах от  $[42,3^\circ-44,5^\circ]$ ,  $j$  будет принимать значения от 1 до 21.

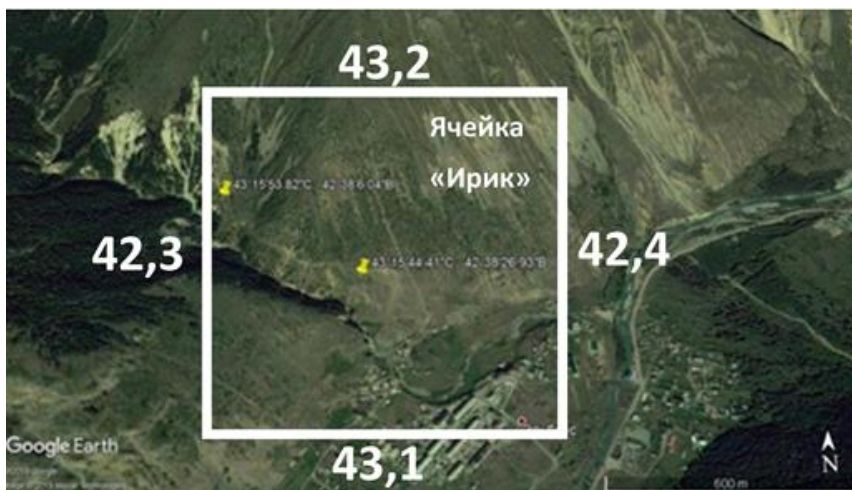


Рис.6 Координаты ударов молний (2018г.) в ячейке «Ирик»



Рис.7 Расположение Ячейки «Ирик» ( $A_{41}$ ) на территории ООПТ Нацпарка «Приэльбрусье»



# Характеристика места исследования

## Ячейки «Ирик» (А<sub>41</sub>)

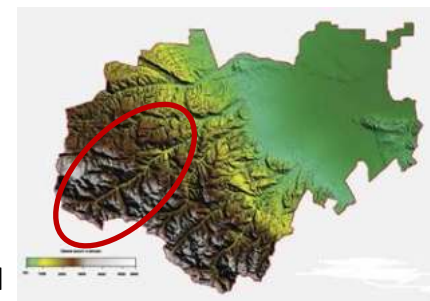
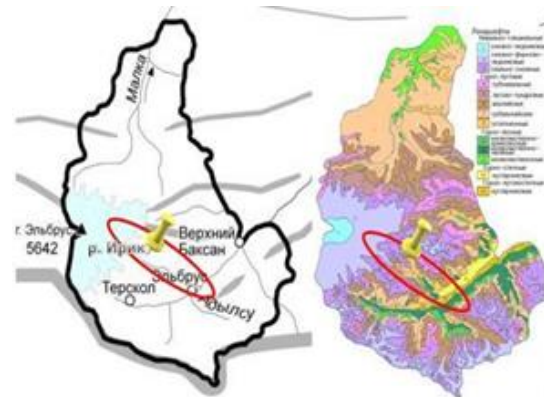
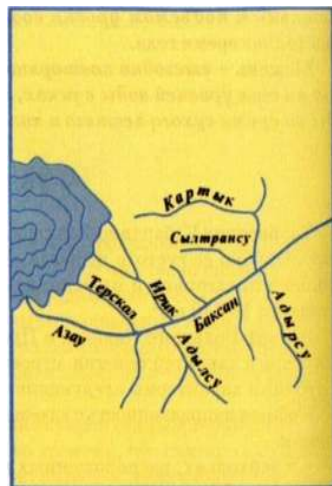


Рис 8 Река Ирик на территории Нацпарка «Приэльбрусье»

Рис. 9 Сосновые леса ущелья Ирик

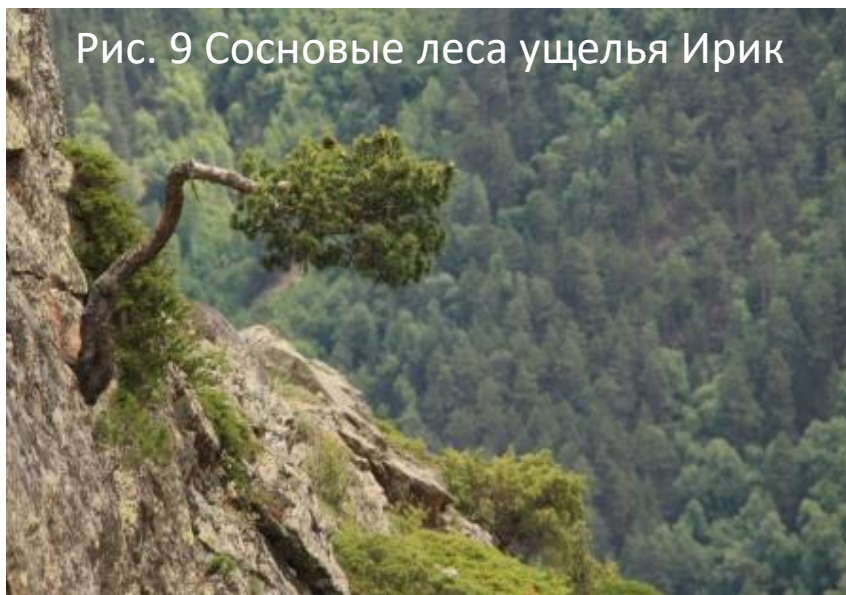


Рис 10 Очаг в ущелье Ирик, июнь 2018

# Объект

# исследования:

Таблица 2. Распределение территории (тыс. га) по классам пожарной опасности в разрезе лесничеств Госкомлеса КБР

| Лесничество       |                                                                                   | Классы пожарной опасности |      |            |             |      |        | Средний класс |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------|------------|-------------|------|--------|---------------|
|                   |                                                                                   | 1                         | 2    | 3          | 4           | 5    | ИТОГО  |               |
| Зольское          |  | -                         | -    | 1,5        | 12,68       | 1,8  | 15,98  | 4,0           |
| Баксанское        |                                                                                   | -                         | -    | 6,9        | 2,96        | 0,1  | 9,96   | 3,2           |
| Майское           |                                                                                   | -                         | -    | 3,8        | 10,47       | 1,3  | 15,57  | 3,8           |
| <b>Эльбурское</b> |                                                                                   | 1,0                       | 0,5  | <b>9,5</b> | <b>9,58</b> | 0,2  | 20,78  | <b>3,5</b>    |
| Чегемское         |                                                                                   | 0,5                       | 0,09 | 4,3        | 9,2         | 1,1  | 15,19  | 3,8           |
| Лескенское        |                                                                                   | -                         | -    | 17,2       | 15,09       | 0,6  | 32,89  | 3,4           |
| Терское           |                                                                                   | -                         | -    | 1,9        | 2,47        | 1,72 | 6,09   | 4,3           |
| Черекское         |                                                                                   | -                         | -    | 17,6       | 20,36       | 1,0  | 38,96  | 3,5           |
| Нальчикское       |                                                                                   | -                         | 0,01 | 23,2       | 15,29       | 0,8  | 39,30  | 3,4           |
| Всего:            |                                                                                   | 1,5                       | 0,6  | 85,9       | 98,1        | 8,62 | 194,72 | 3,7           |

Таблица 3. Шкала пожарной опасности в лесу по условиям погоды

| Класс пожарной опасности по условиям погоды                                         |     | Значение комплексного показателя                                                    |                  | Степень пожарной опасности |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------|--|
|  | I   |  | До 300           | —                          |  |
|                                                                                     | II  |                                                                                     | От 301 до 1000   | Малая                      |  |
|                                                                                     | III |                                                                                     | От 1001 до 4000  | Средняя                    |  |
|                                                                                     | IV  |                                                                                     | От 4001 до 10000 | Высокая                    |  |
|                                                                                     | V   |                                                                                     | Более 10000      | Чрезвычайная               |  |

Рис 10 Очаг в ущелье Ирик

Таблица1.Распределение лесов КБР по классам природной опасности

| Классы пожарной опасности лесных участков |                                                                                     | Площадь лесов, тыс. га | %     |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|
| I                                         |  | 11,4                   | 3,53  |
| II                                        |                                                                                     | 0,69                   | 0,21  |
| III                                       |                                                                                     | 85,9                   | 26,59 |
| IV                                        |                                                                                     | 98,39                  | 30,45 |
| V                                         |                                                                                     | 126,72                 | 39,22 |



# Результаты и обсуждение

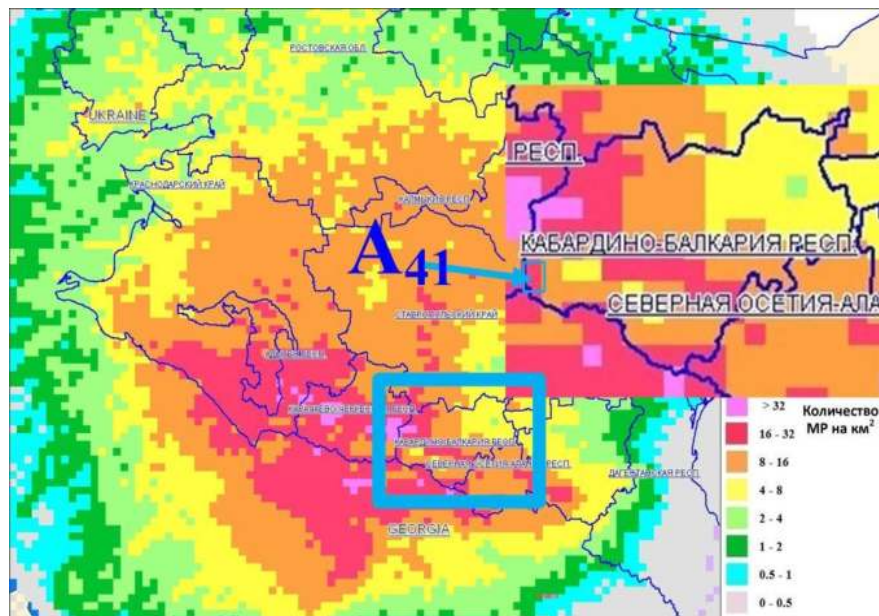


Рис.11 Интегральная плотность грозовой активности за период 2009-2019 гг. на территории Северного Кавказа и в частности, КБР

Таблица 4.

Вид и диапазон молниевых разрядов  
за 2009-2019 гг. в Ячейке  $A_{41}$

| Вид молниевых<br>Разрядов | Параметры тока МР |               |             |             |          |
|---------------------------|-------------------|---------------|-------------|-------------|----------|
|                           | кол-во            | min<br>(кА)   | max<br>(кА) | med<br>(кА) | ср. (кА) |
| Положительные             | 941               | +3,9          | +157,0      | +8,6        | +11,6    |
| Отрицательные             | 3 363             | <b>-209,1</b> | -3,7        | -10,4       | -13,9    |

«Исторический» максимум силы тока МР  
для ячейки  $A_{41}$   $|I_{\max 41}| = 209 \text{ кА}$

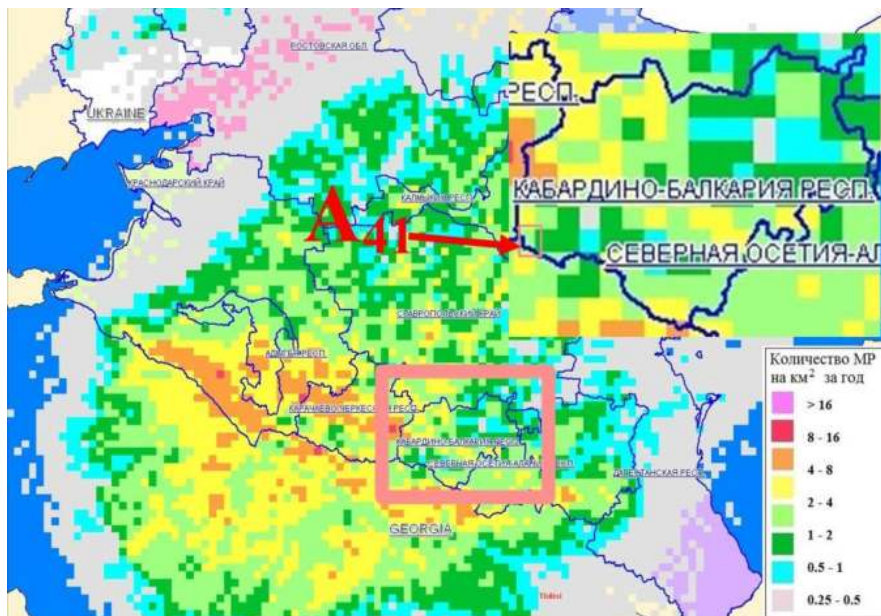


Рис.12 Интегральная плотность грозовой активности за 2018 г на территории Северного Кавказа и в частности, КБР

Таблица 5.

Вид и диапазон молниевых разрядов  
за 2018 г. в Ячейке  $A_{41}$

| Вид молниевых<br>Разрядов | Параметры тока МР |               |             |             |             |
|---------------------------|-------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
|                           | кол-во            | min<br>(кА)   | max<br>(кА) | med<br>(кА) | ср.<br>(кА) |
| Положительные             | 128               | +4,0          | +41,1       | +8,0        | +9,0        |
| Отрицательные             | 231               | <b>-209,1</b> | -4,2        | -10,5       | -15,2       |

В 2018г максимальная сила тока МР  
 $|I_{\max 41}|_{2018} = 209 \text{ кА}$

# Результаты и обсуждение

## Алгоритм реагирования

для определения вероятности возникновения грозового пожара используется ряд независимых друг от друга данных:

в 1 приближении вероятность возникновения пожара от МР в определенной ячейке  $A_{ij}$ :

$$P_{ij}(\text{усл.пог.}) = \begin{cases} P_{ij}(\text{усл.пог.}) = 1, & \text{если КППО} > 3 \text{ (4 000)} \\ P_{ij}(\text{усл.пог.}) = 0,2 \cdot \text{КППО}, & \text{если КППО} \leq 3 \text{ (4000)} \end{cases}$$

$$P_{ij} = \alpha \cdot P_{ij}(\text{усл.пог.}) \cdot P_{ij}(\text{гор-ти}) \cdot P_{ij}(I)$$

$$P_{ij}(\text{гор-ти}) = 1/K_{ij}, \text{ где } K_{ij} = \{1,2,3,4,5\}$$
$$P_{ij}(I) = \begin{cases} P_I = 1, & I \geq I_{\max} \\ P_I = I/I_{\max}, & I \leq I_{\max} \end{cases}$$

$\alpha$  – коэффициент пропорциональности

Где

- ❑ «эффективный» удар молнии в конкретной ячейке, информацию о которой дает ГПС;
- ❑ комплексный показатель пожарной опасности (КППО) в лесу по условиям погоды – информация от Росгидромета;
- ❑ класс горимости растительности – из Лесного плана Кабардино-Балкарской Республики.

❑  $P_{ij}(I)$  - вероятность возникновения пожара в зависимости от силы тока в канале МР.

❑  $P_{ij}(\text{усл.пог.})$  – вероятность возникновения пожара, связанная с погодными условиями (КППО);

❑  $P_{ij}(\text{гор-ти})$  – вероятность возникновения пожара, связанная с горимостью растительности ( $K_{ij}$ );





# Результаты и обсуждение

## Расчет вероятности возникновения пожара растительности от грозы в Ячейке «Ирик»

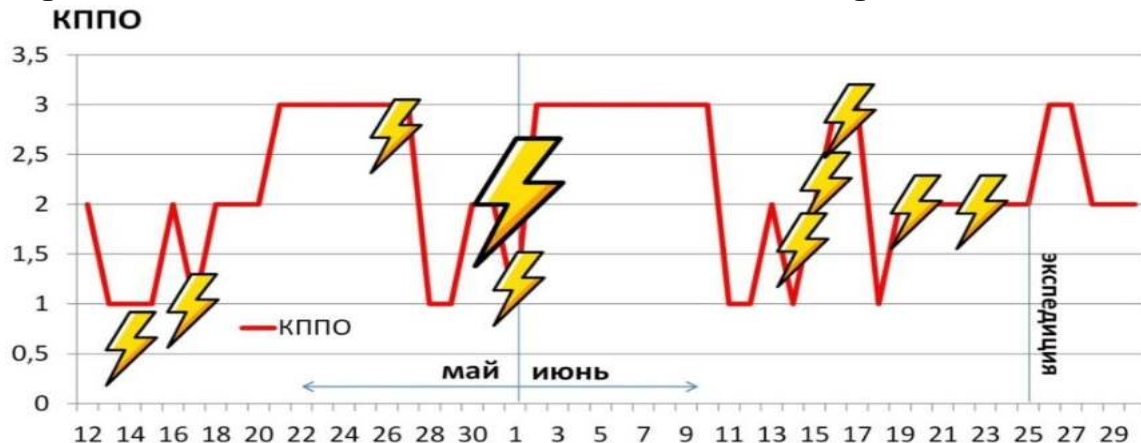


Рис. 13 Данные комплексного показателя пожарной опасности (КППО) в лесу по условиям погоды за период май-июнь 2018г. в Эльбруском районе КБР

Таблица 6. Данные грозовой активности в Эльбруском районе за период май-июнь 2018г.

| дата                  | Май 2018 |     |     |      |        | Июнь 2018 |      |     |       |       |       |            |
|-----------------------|----------|-----|-----|------|--------|-----------|------|-----|-------|-------|-------|------------|
|                       | 04       | 14  | 16  | 26   | 31     | 01        | 14   | 15  | 16    | 20    | 22    | 25*        |
| Кол-во                | 8        | 2   | 1   | 8    | 4      | 1         | 25   | 10  | 10    | 5     | 10    | 31         |
| Ус.ед.<br>тах МР      | 430      | 736 | 866 | 3429 | -11300 | -233      | 1359 | 756 | 4 230 | 3 753 | 1 242 | 1 836      |
| $I_A$ (кА)<br>(x18,5) |          |     |     | 63,4 | 209,1  |           | 25,1 |     | 78,3  | 64,3  | 23,0  | с 19<br>ча |

$$K_{41} = 3,5$$



$\square P_{ij}(\text{усл.пог.})$  – вероятность возникновения пожара, связанная с погодными условиями (КППО);



$\square P_{ij}(I)$  - вероятность возникновения пожара в зависимости от силы тока в канале МР;



$\square P_{ij}(\text{гор-ти}) = 1/K_{ij}$  вероятность возникновения пожара, связанная с горимостью растительности ( $K_{ij}$ ).

# Результаты и обсуждение

## Расчет вероятности возникновения пожара растительности от грозы в Ячейке «Ирик»

Таблица 7. Расчет вероятности возникновения пожара растительности от грозы в Ячейке «Ирик» в 2018г (май-июнь)

| Дата                       | 26.05.18                                                                              | 31.05.18                     | 14.06.18                | 16.06.18                | 20.06.18                | 22.06.18                |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| КППО/класс                 | 3                                                                                     | 2                            | 1                       | 3                       | 2                       | 2                       |
| КППО/балл                  | 4 000                                                                                 | 1 000                        | 300                     | 4 000                   | 1 000                   | 1 000                   |
| $P_{41}(\text{усл. пог.})$ | $= 0,2 \cdot \text{КППО}, \text{ если } \text{КППО} \leq 4000$                        |                              |                         |                         |                         |                         |
|                            | 0,6                                                                                   | 0,4                          | 0,2                     | 0,6                     | 0,4                     | 0,4                     |
| $I_A \text{ (кА)}$         | $63,4 < I_{\text{ма}}$                                                                | $209,1 \geq I_{\text{макс}}$ | $25,1 < I_{\text{ма}}$  | $78,3 < I_{\text{ма}}$  | $64,3 < I_{\text{ма}}$  | $23,0 < I_{\text{ма}}$  |
| $P_{41}(I)$                | $P_I = I/I_{\text{ма}}$                                                               | $P_I = 1$                    | $P_I = I/I_{\text{ма}}$ | $P_I = I/I_{\text{ма}}$ | $P_I = I/I_{\text{ма}}$ | $P_I = I/I_{\text{ма}}$ |
|                            | 0,3                                                                                   | 1                            | 0,1                     | 0,4                     | 0,3                     | 0,1                     |
| $P_{41}(\text{гор-ти})$    | $= 1/K_{ij} = 1/3,5 = 0,286$                                                          |                              |                         |                         |                         |                         |
| $P_{41}$                   | $= \alpha \cdot P_{41}(\text{усл. пог.}) \cdot P_{41}(\text{гор-ти}) \cdot P_{41}(I)$ |                              |                         |                         |                         |                         |
|                            | $\alpha \ 0,051$                                                                      | $\alpha \ 0,114$             | $\alpha \ 0,006$        | $\alpha \ 0,069$        | $\alpha \ 0,034$        | $\alpha \ 0,011$        |
| $\alpha \approx 8,74^*$    | 0,446                                                                                 | 1                            | 0,052                   | 0,603                   | 0,297                   | 0,096                   |

$$*P_{41} = \alpha \cdot P_{41}(\text{усл. пог.}) \cdot P_{41}(\text{гор-ти}) \cdot P_{41}(I) = \alpha \cdot 0,4 \cdot 0,286 \cdot 1 = 1$$

Откуда,  $\alpha_{41} \approx 8,74$





# Выводы

- ❑ Впервые для прогнозирования грозовых пожаров на территории Северного Кавказа используются данные о молниевых разрядах, полученных ГПС «Vaisala» в ФГБУ «ВГИ» (Высокогорный геофизический институт)
- ❑ Проанализированы «исторические» данные плотности МР за период 2009-2019 гг. на территории КБР
- ❑ Предложена вероятностная модель риска возникновения лесного пожара по причине действия гроз
- ❑ Рассчитана вероятность возникновения пожара растительности от грозы для конкретной ячейки
- ❑ В ходе эксплуатации данной модели будут уточняться поправочные коэффициенты, что позволит повысить достоверность предсказания пожаров
- ❑ Данная модель будет особенно эффективна для территорий с большими массивами леса (Сибирь, Дальний Восток), где часты пожары, вызванные грозами

# БЛАГОДАРНОСТЬ

**Гузиеву Хусейну Юсуповичу**, к.б.н, зав. отдела естественных наук ГБУ ДО «ЭБЦ», руководителю Молодежного клуба РГО «ЮНЭК» за организацию горного мероприятия в ущелье Ирик

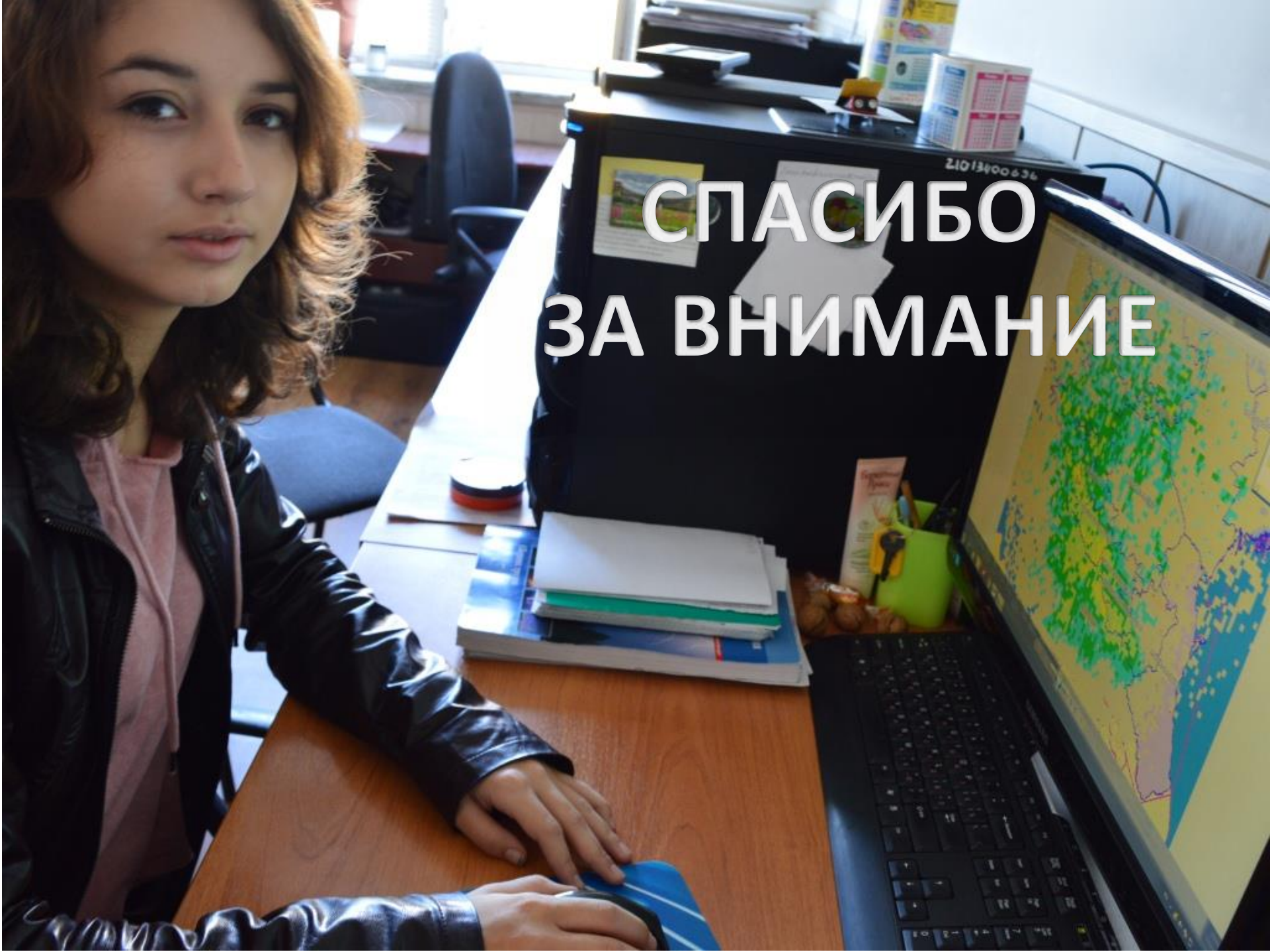


**Кулиеву Далхату Данияловичу**, старшему научному сотруднику, заведующему лаборатории атмосферного электричества ФГБУ ВГИ Росгидромета РФ за оказанную помощь при изучении карт плотностей грозовой активности

**Бердановой Елене Ивановне**, педагогу дополнительного образования ГБУ ДО «ЭБЦ», моему научному руководителю.







**СПАСИБО  
ЗА ВНИМАНИЕ**