

Современные изменения стока малых, средних и крупных рек в бассейне р. Лена, Восточная Сибирь

Лебедева Л.С.

lyudmilaslebedeva@gmail.com

Институт мерзлотоведения им. П.И.
Мельникова СО РАН

Якутск



Заменить на картинки из докладов Росгидромета

In terms of air temperature, not precipitation

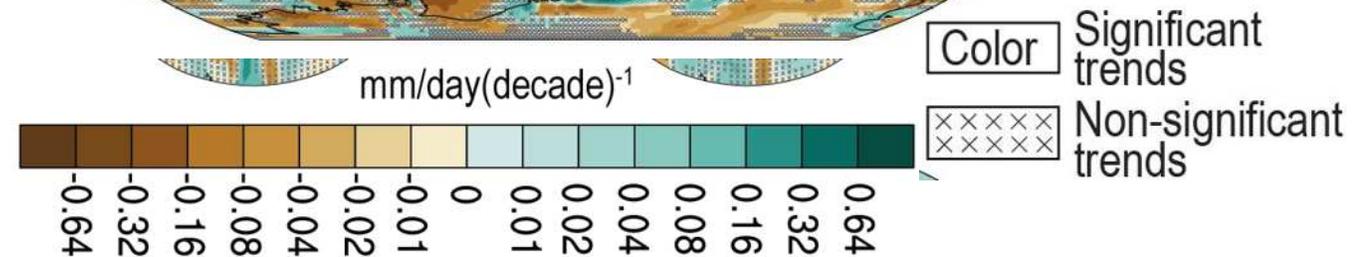
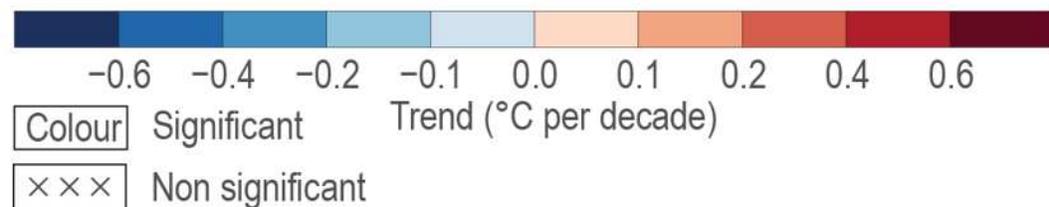
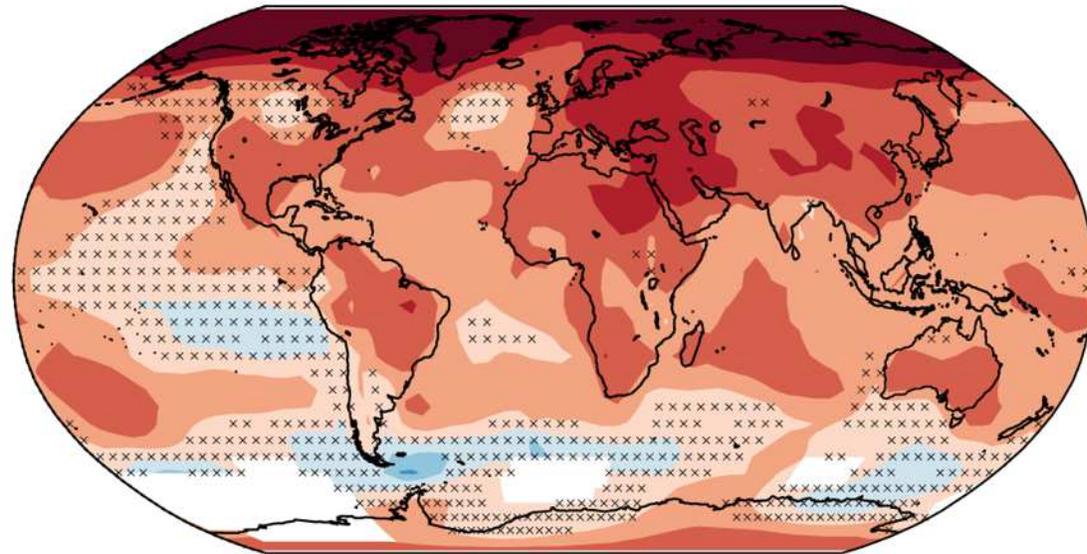
Air temperature change

Precipitation change

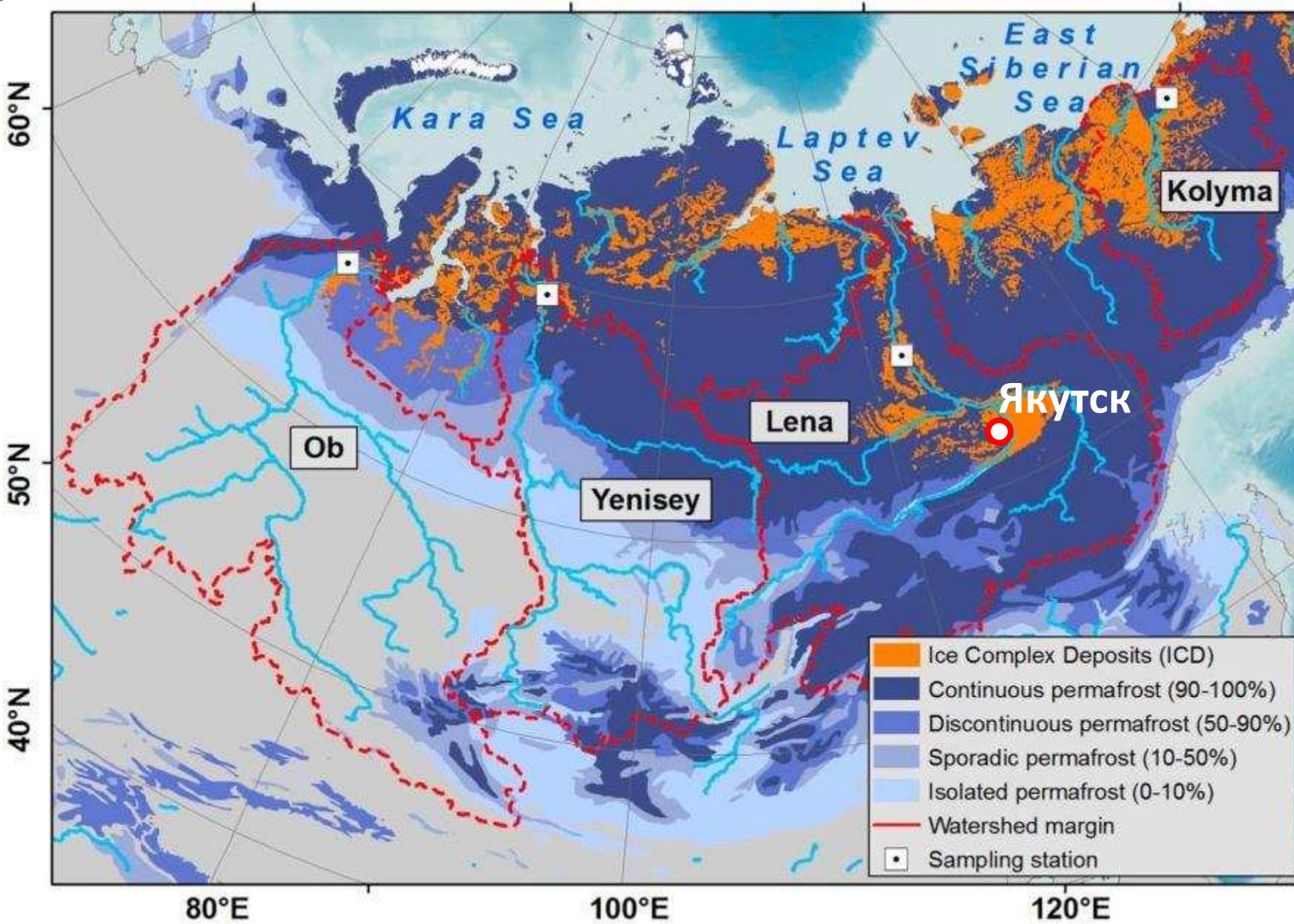
1985–2014

(e) Obs (GPCP)

1981–2020



Все крупнейшие северные реки текут в криолитозоне



Распространение многолетнемерзлых пород (ММП) в бассейнах северных рек

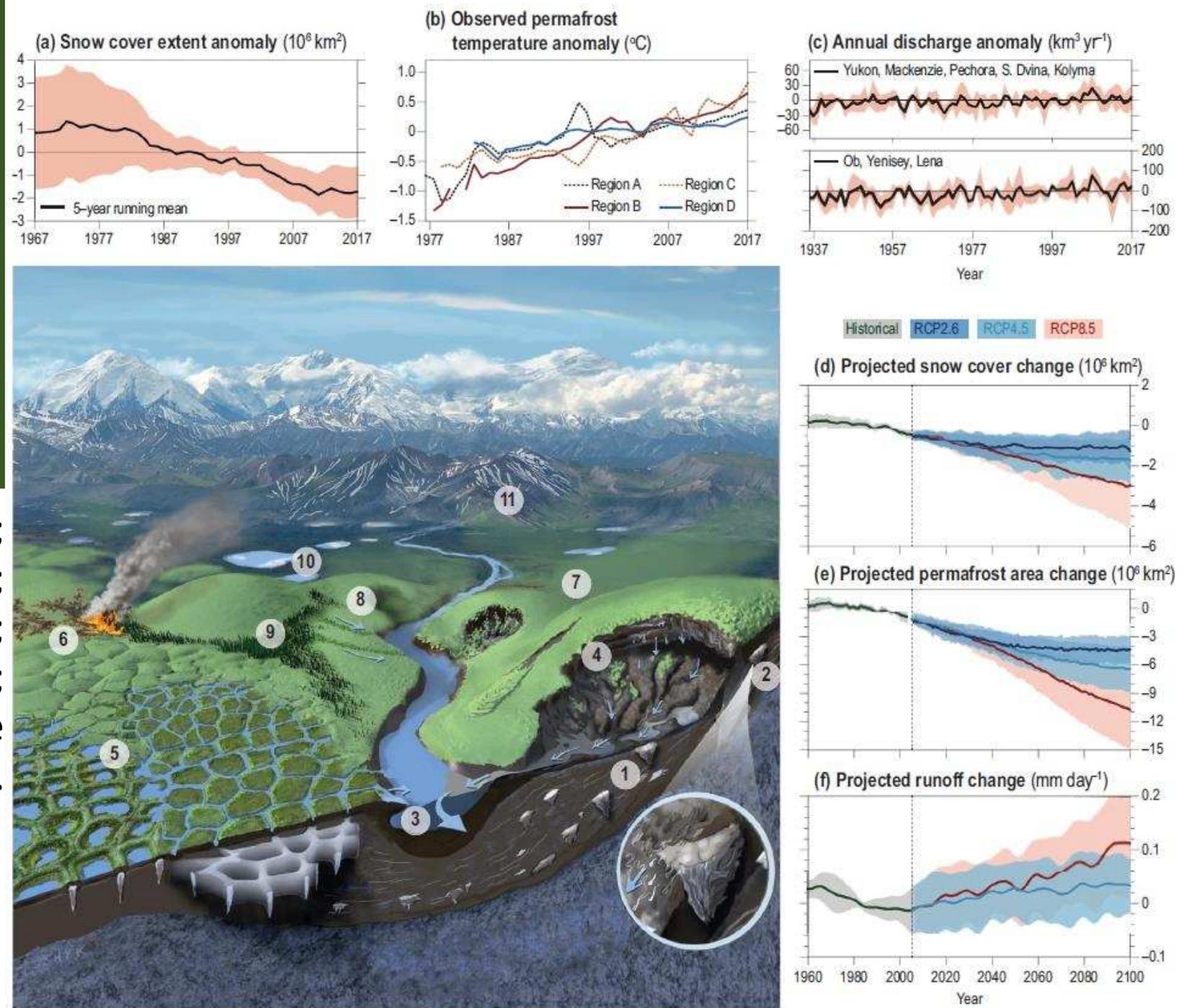
ММП занимает 25% северного полушария и около 60% территории РФ

Wild et al. 2019 Rivers across the Siberian Arctic unearth the patterns of carbon release from thawing permafrost. Proceedings of the National Academy of Sciences, 116 (21) 10280-10285

Изменения климата напрямую влияют на стокоформирование через изменения температуры воздуха и осадков и косвенно – через деградацию ММП

ММП (1); подземные льды (2); речной сток (3); термокарст 4); полигональный рельеф (5); лесные пожары (6); тундра(7); тайга (9); речные и озерные льды (10); снег (11).

Meredith, M. et al. 2019: Polar Regions. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 203–320.



Цели исследования

1. Оценить изменения характеристик стока рек Восточной Сибири на основе многолетних данных со 110 постов:

- Сток по месяцам
- Сток по годам
- Максимальный суточный расход
- Минимальный суточный расход

Малые, средние и крупные реки

2. Выявить закономерности изменений и соотнести их с характеристиками водосборов, в том числе с долей ММП

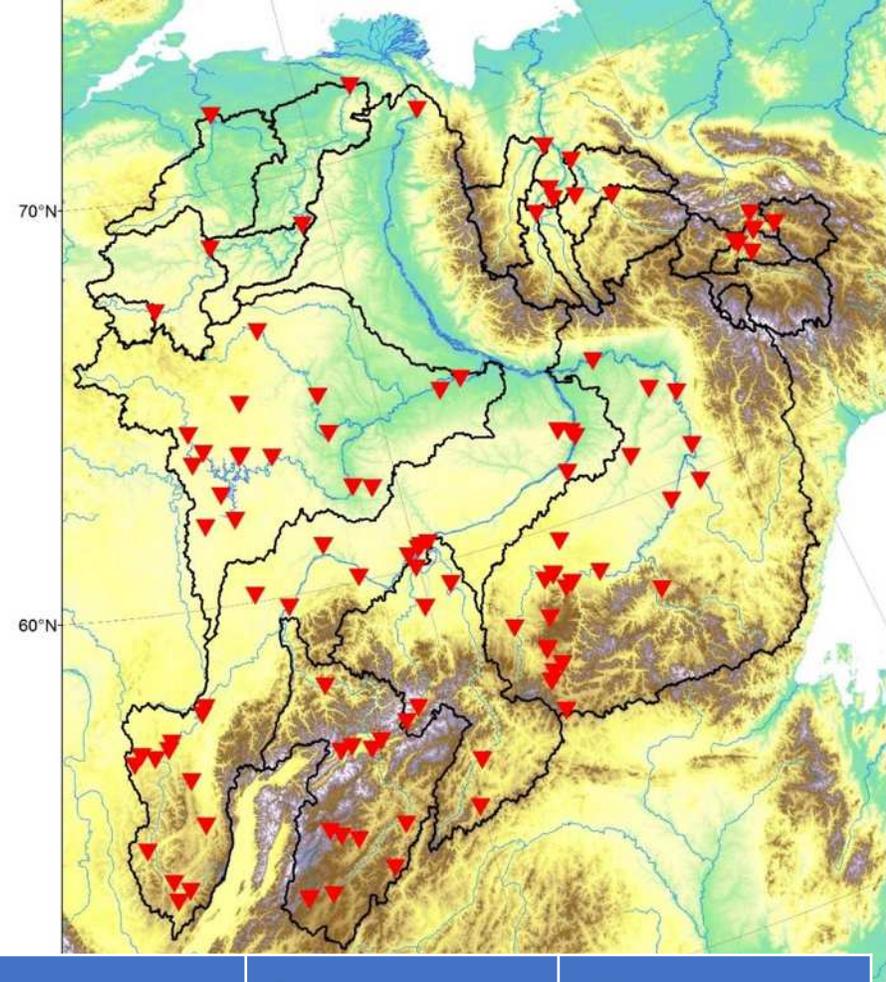
Methods: trend estimation and data analysis

- Evaluation of monotonic trends with **Mann–Kendall and Spearman rank correlation** tests at $p < 0.05$.
- If a serial correlation coefficient $r < 0.20$, the trend is considered reliable. In the case of $r > 0.20$, the “**trend-free pre-whitening**” procedure was carried out. “Whitened” time series were repeatedly tested with a Mann–Kendall nonparametric test.
- The Pettitt test (Pettitt, 1979) was applied to look for the presence of a change point in time series at $p < 0.05$.
- Trend values were estimated with the Theil–Sen estimator (Sen, 1968).
- Data sources: Roshydromet, HydroATLAS (Lehner et al., 2019)

Объекты исследования

110 постов в бассейнах рек Лены, Оленька, Анабара, Яны и Индигирки

Период параллельных наблюдений 44 года
– 1978-2021 гг.



| | Площадь, кв.км | Высота, м н.у.м. | Темп, °С | Осадки, мм/год | Сток, мм/год | Залесенн ость, % | Доля ММП, % |
|---------|-------------------|---------------------|----------|-------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| Мин | 17 | 190 | -18 | 225 | 27 | 8 | 21 |
| Медиана | 14200 | 760 | -8.9 | 400 | 190 | 70 | 89 |
| Макс | 2 500 000 | 1450 | -3 | 660 | 424 | 99 | 100 |

Изменения годового стока

- на **88 постах** значимых трендов нет
- на **15 постах** положительные тренды с медианной величиной **+9.3%/10 лет**, change point – **1998 (1988-2012)**
- на **8 постах** отрицательные тренды с медианной величиной **-8.2%/10лет**, change point – **2010 (1998-2012)**

Величина
тренда,
%/10лет



-13



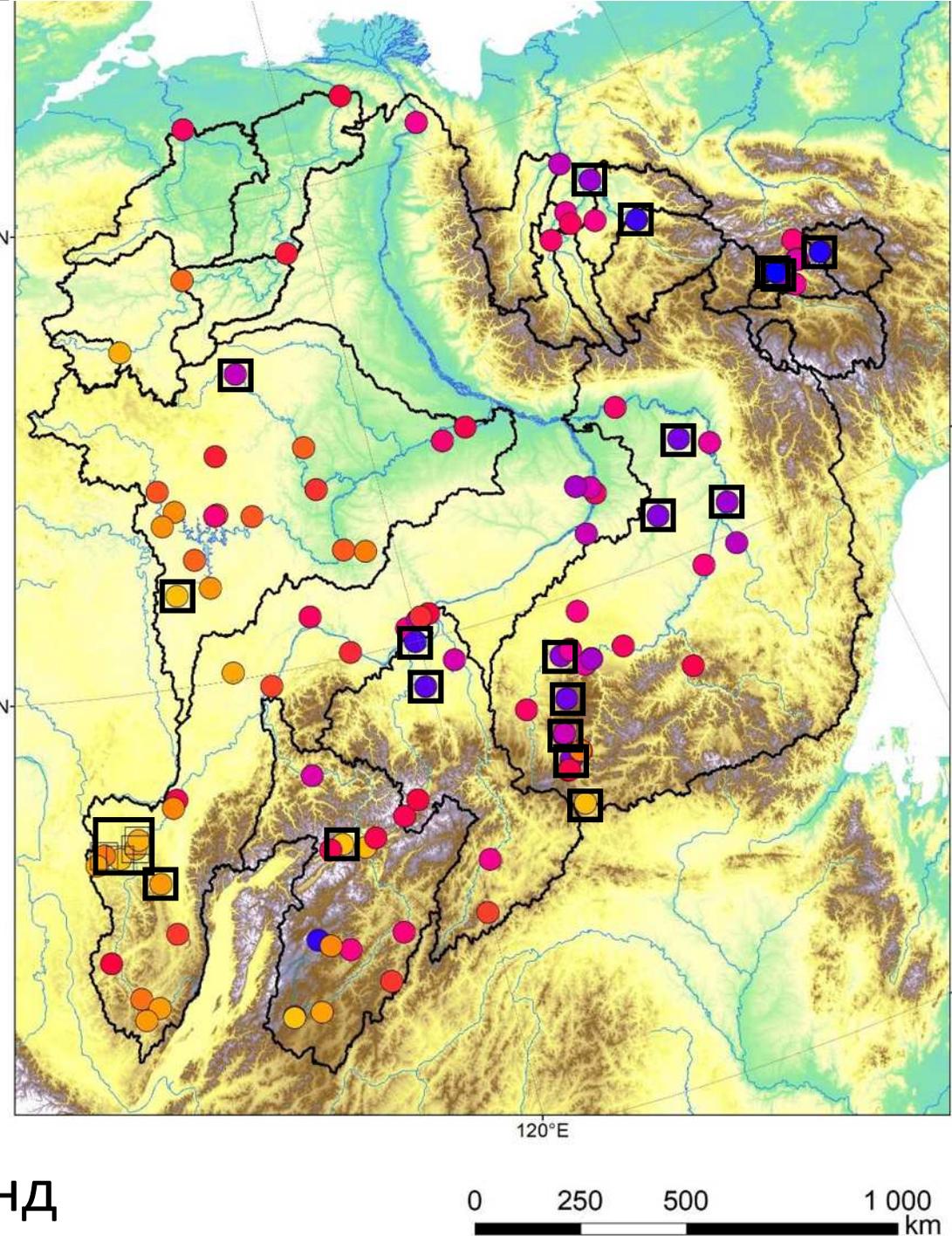
0



+20

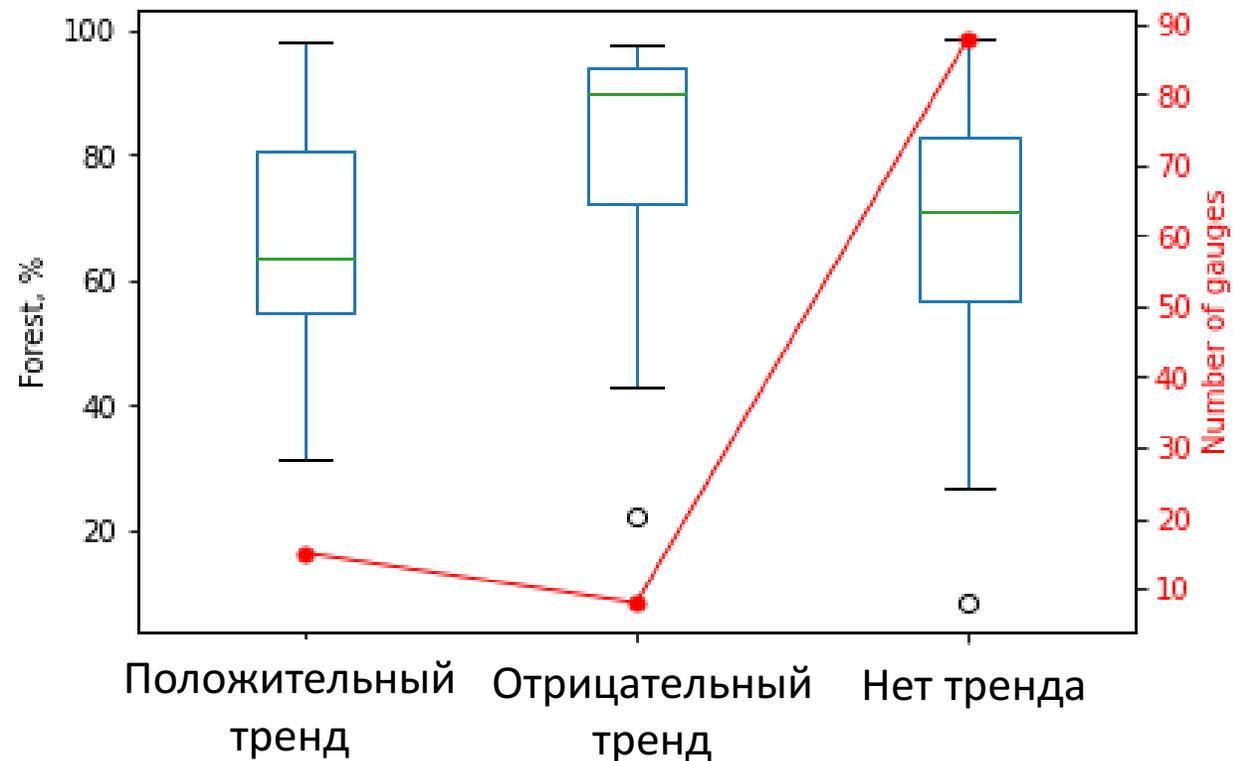


Значимый тренд

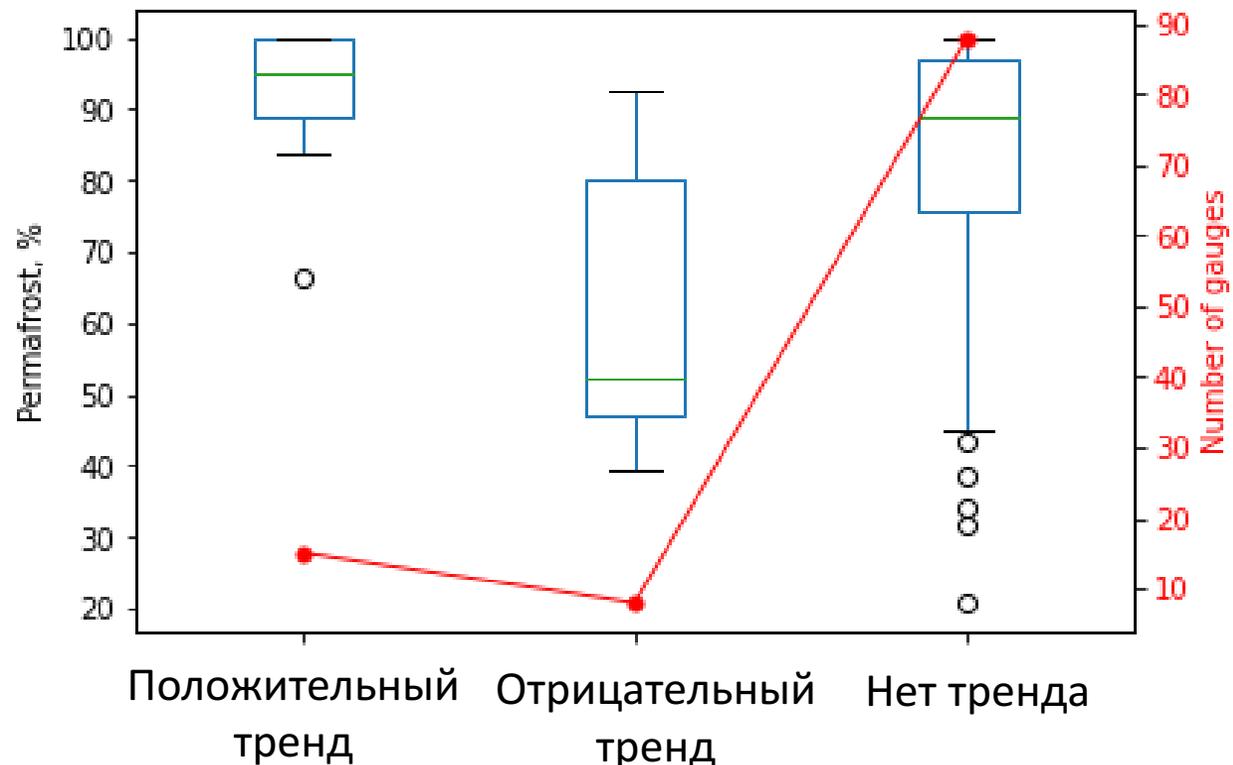


Отличаются ли чем-то бассейны рек с положительными и отрицательными трендами годового стока?

Залесенность, %



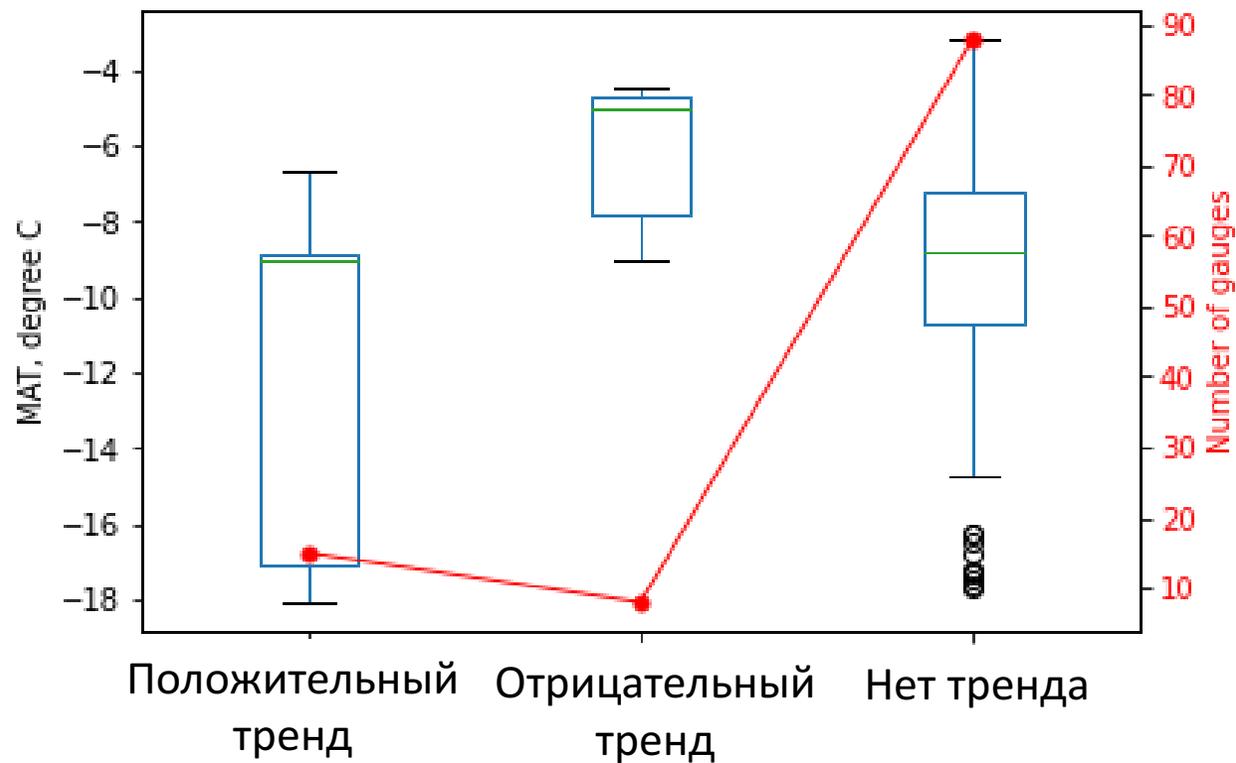
Доля ММП, %



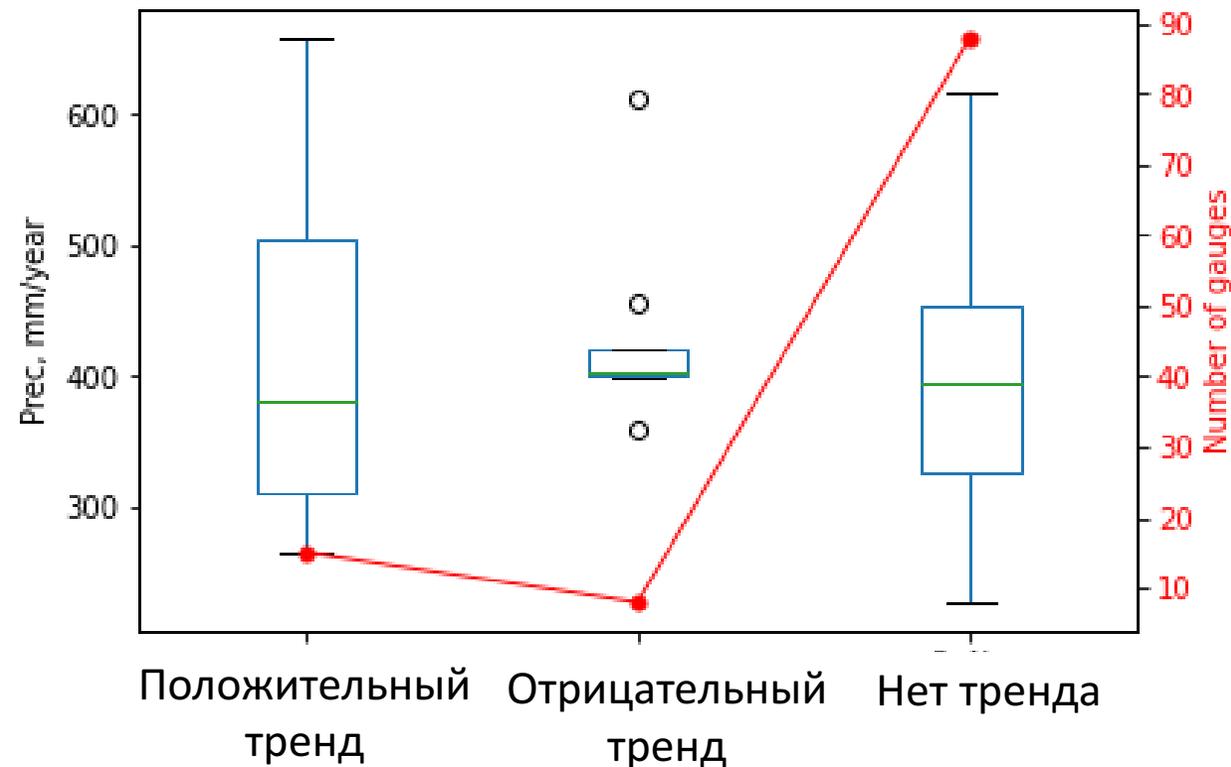
Как правило, бассейны рек с отрицательными трендами годового стока более залесённые и с меньшей долей ММП

Отличаются ли чем-то бассейны рек с положительными и отрицательными трендами годового стока?

Температура воздуха, °C



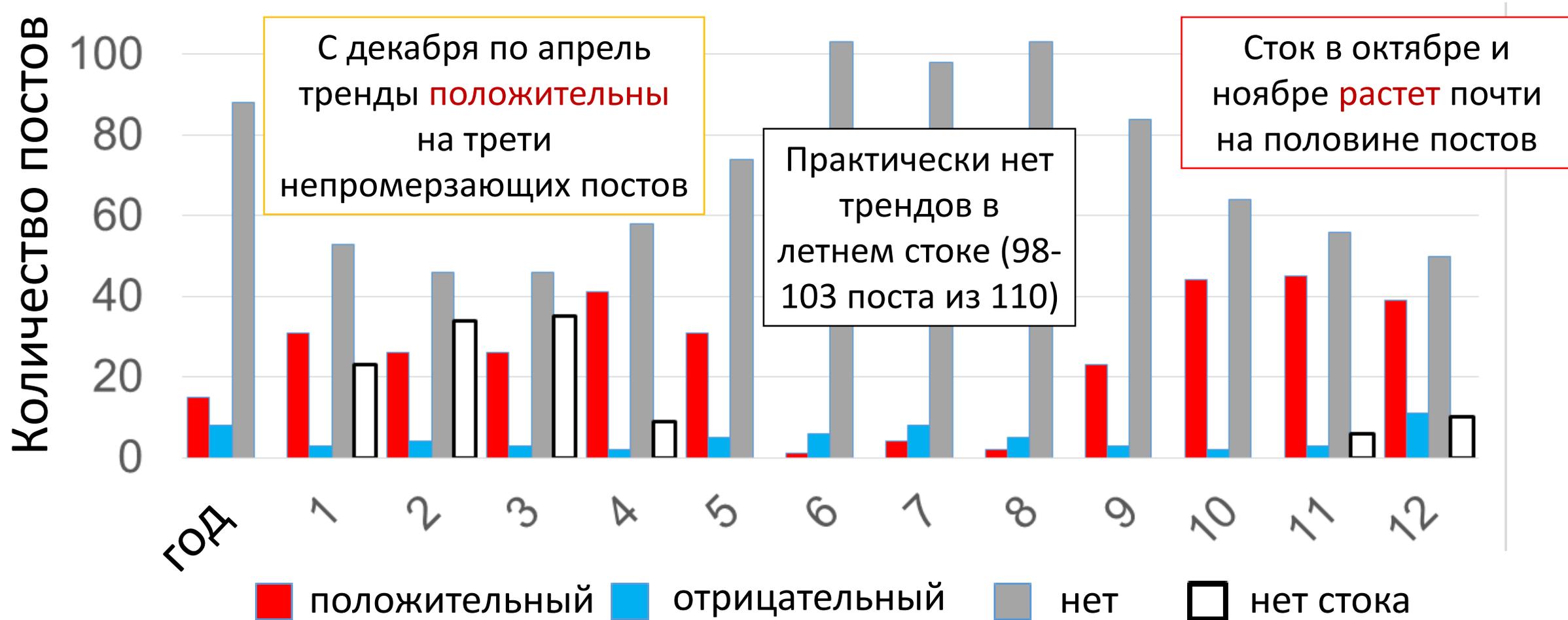
Осадки, мм/год



Как правило, бассейны рек с отрицательными трендами годового стока имеют более высокую температуру воздуха, а по количеству осадков не отличаются

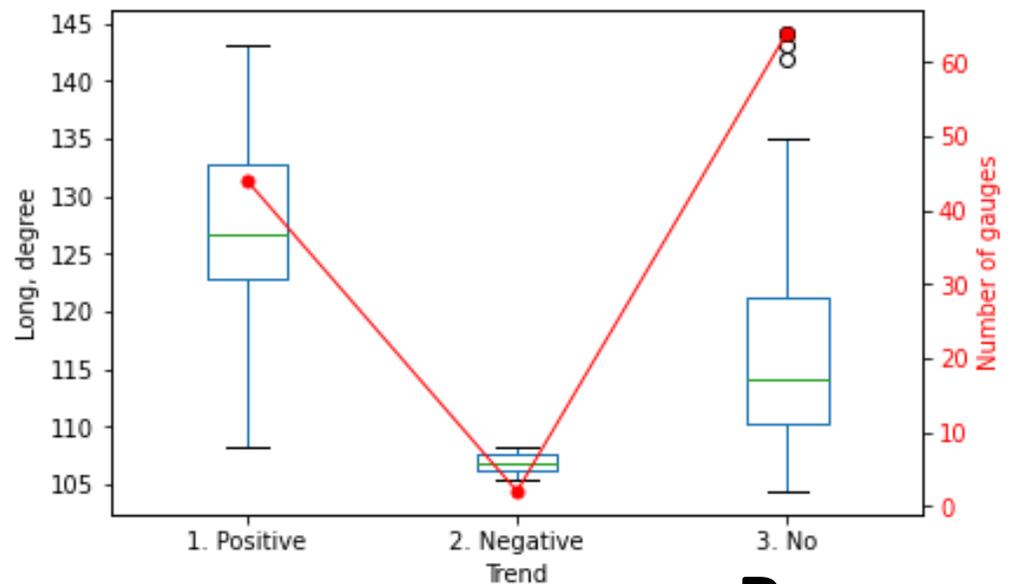
Изменения стока по месяцам имеют сезонность

Количество постов с **отрицательными**, **положительными** трендами, отсутствием трендов и отсутствием стока по месяцам



Изменения в стоке за октябрь

- На 64 постах значимых изменений нет
- На 44 постах сток растет, медиана величин тренда $+14.6\%/10$ лет, change point – 2001
- На двух постах сток уменьшается



Величина
тренда, %/10лет



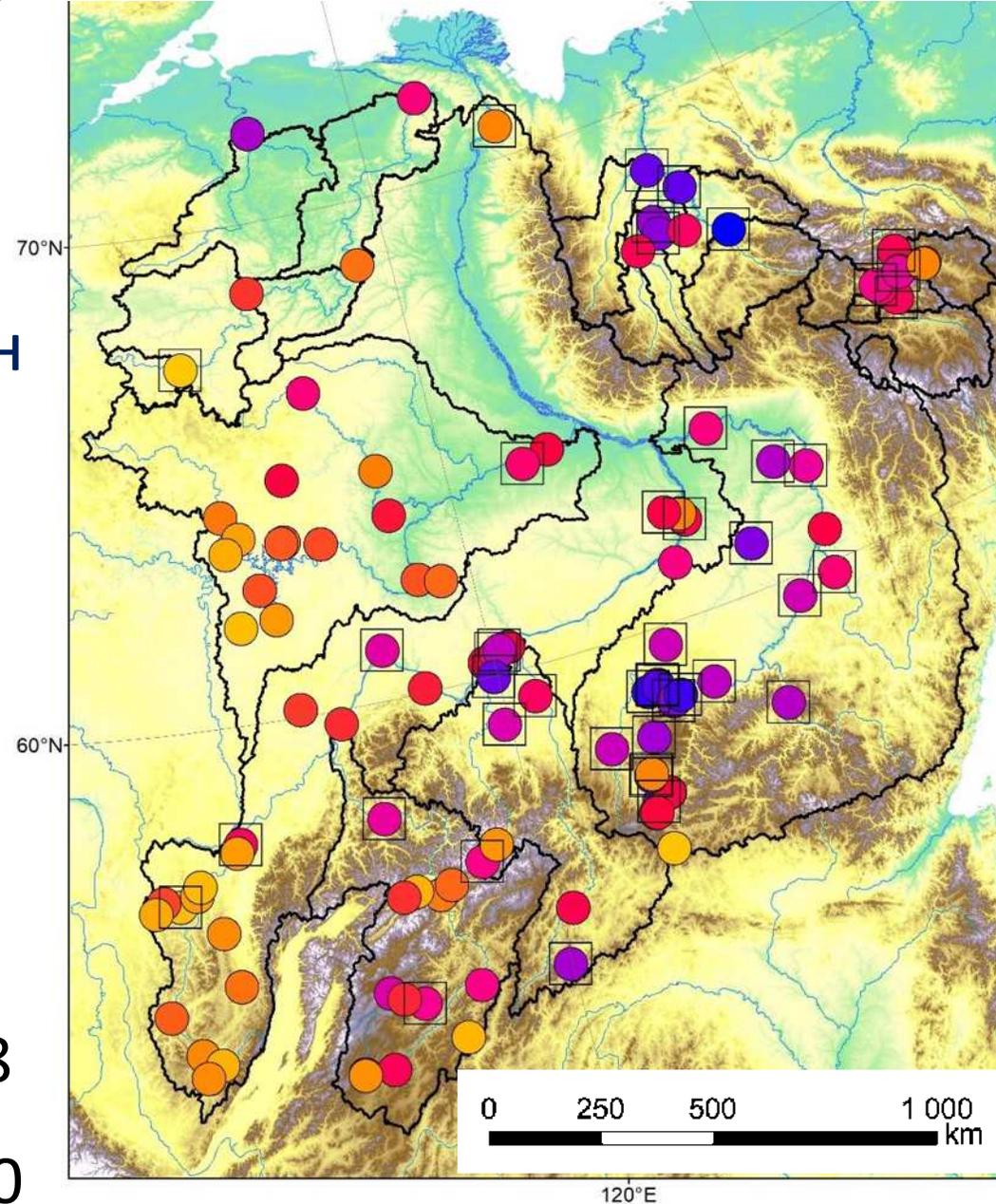
-18



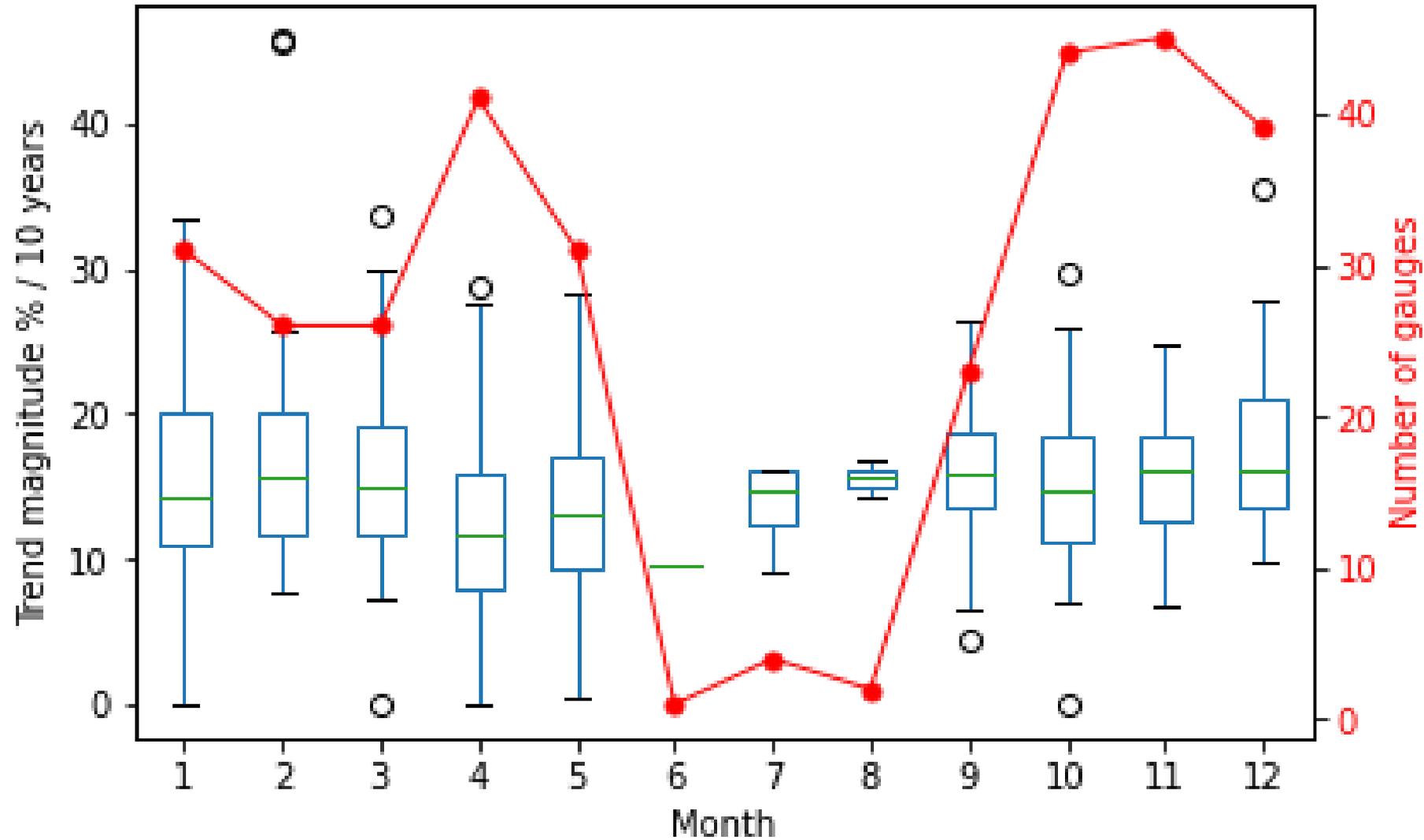
+30



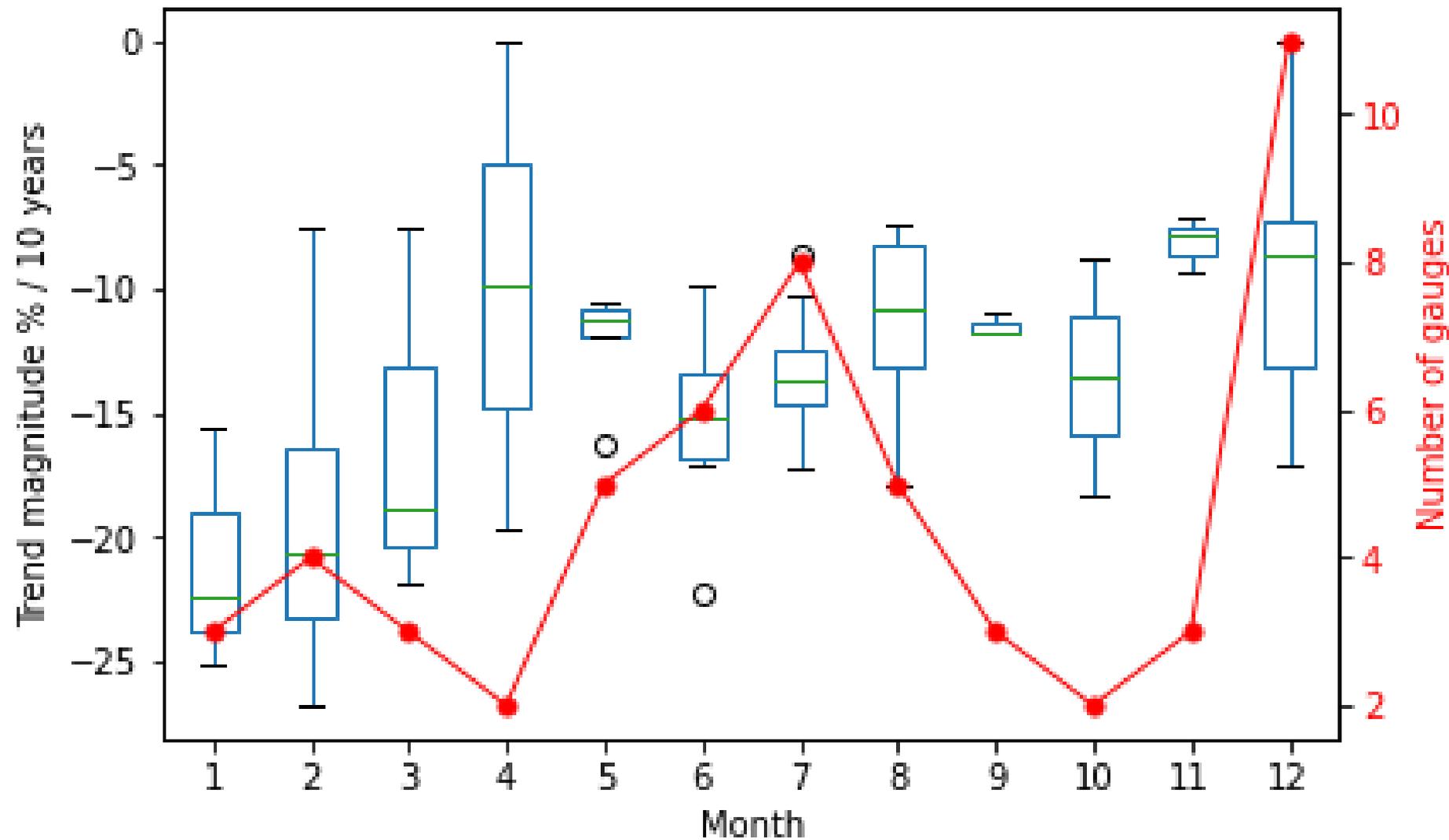
Тренд значимый



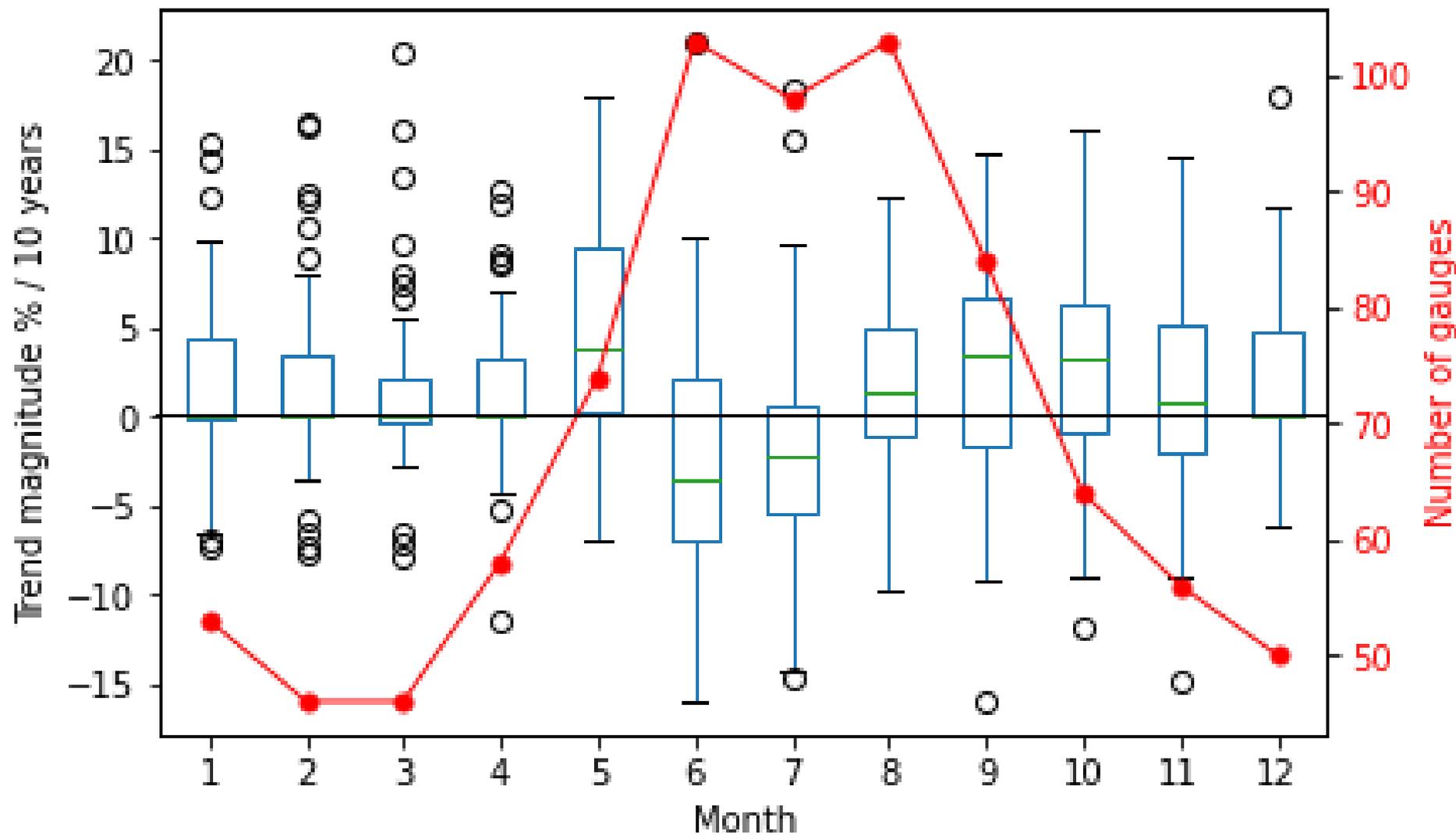
Величина значимых положительных трендов и соответствующее количество постов



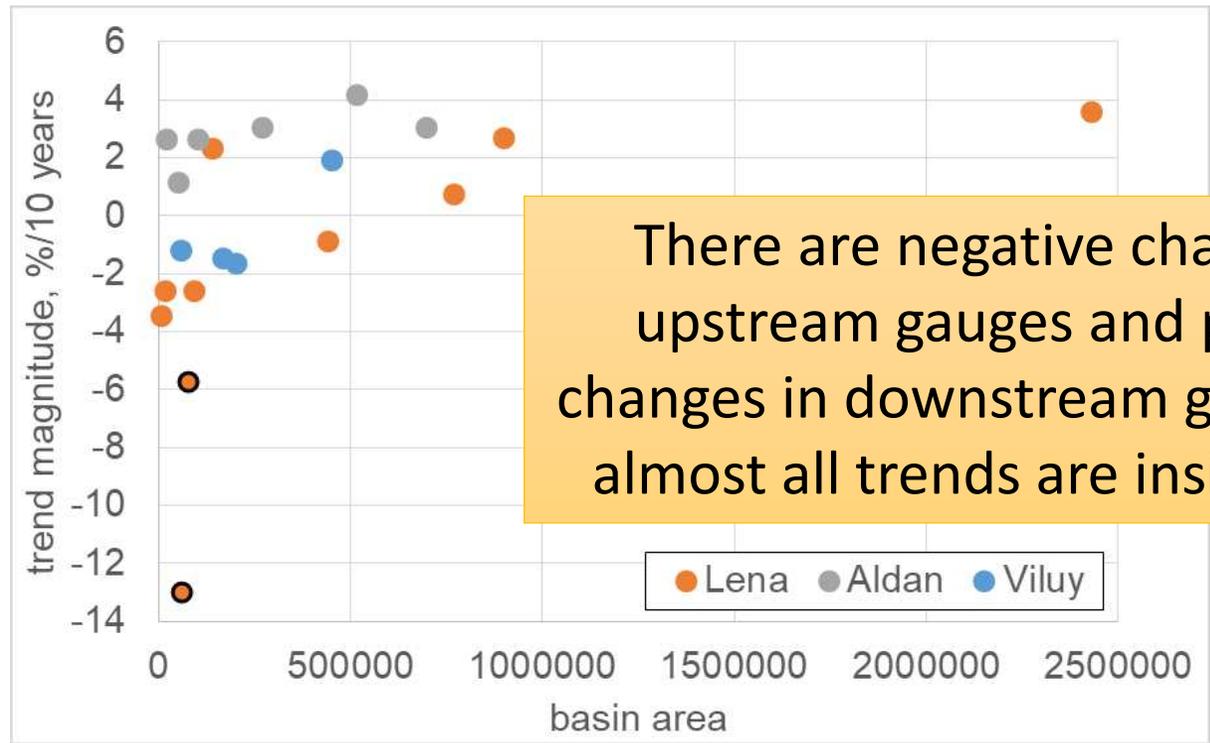
Величина значимых отрицательных трендов и соответствующее количество постов



Величины незначимых трендов и соответствующее количество постов



Cascading changes in annual streamflow, 1978-2021



There are negative changes in upstream gauges and positive changes in downstream gauges, but almost all trends are insignificant

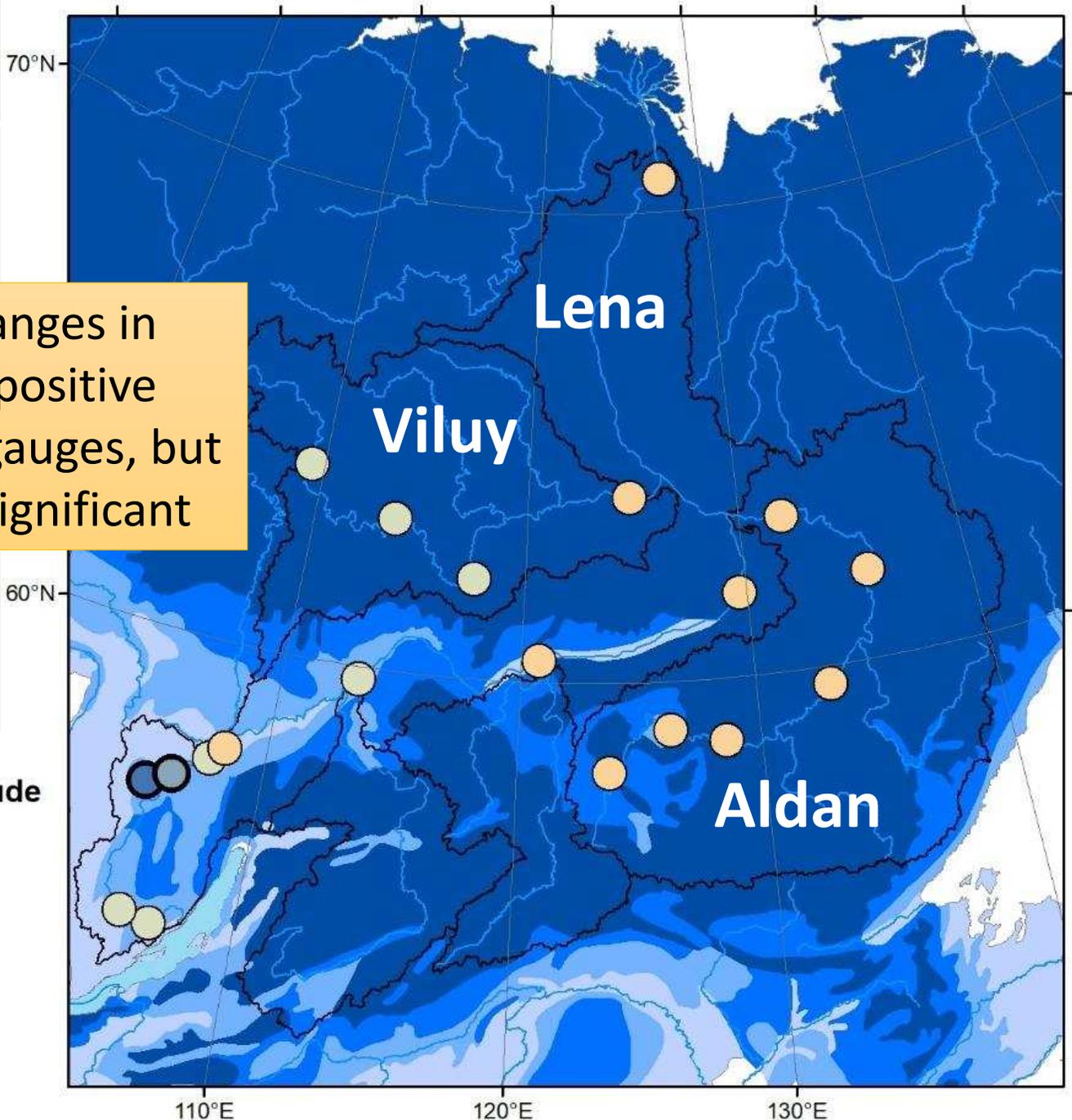
- 10 gauges on the Lena R
- 6 gauges on the Aldan R
- 4 gauges on the Viluy R

permafrost distribution:

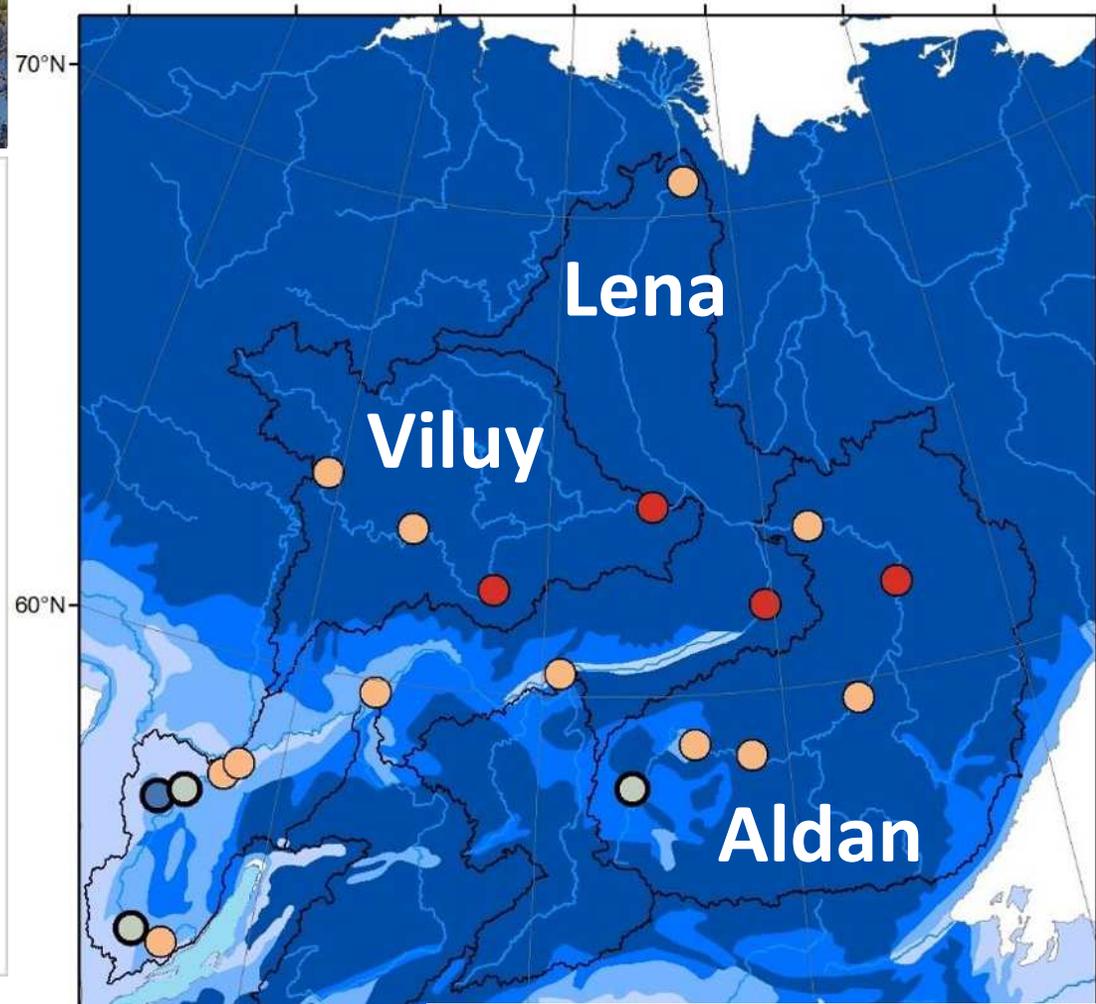
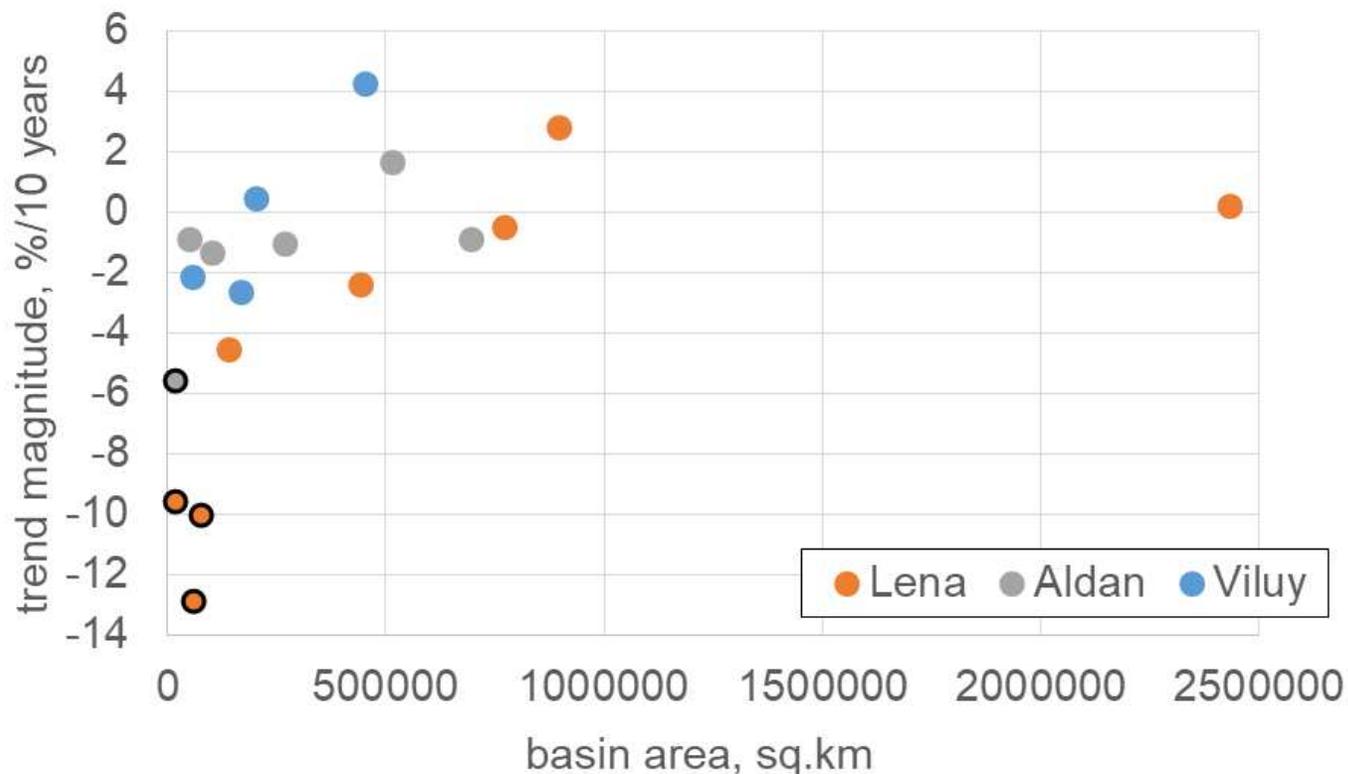
- no permafrost
- continuous
- discontinuous
- isolated
- sporadic
- basin boundary
- statistically significant

trend magnitude %/10 years

- 15 - -10
- 10 - -5
- 5 - 0
- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15

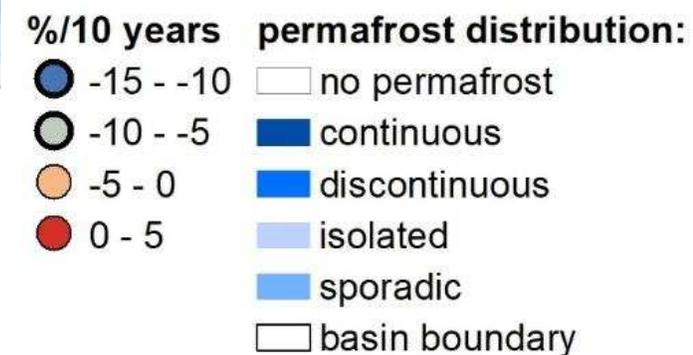


Cascading changes in maximum discharges, 1978-2021

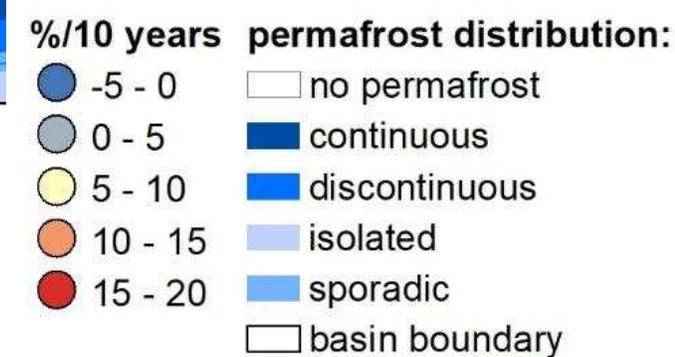
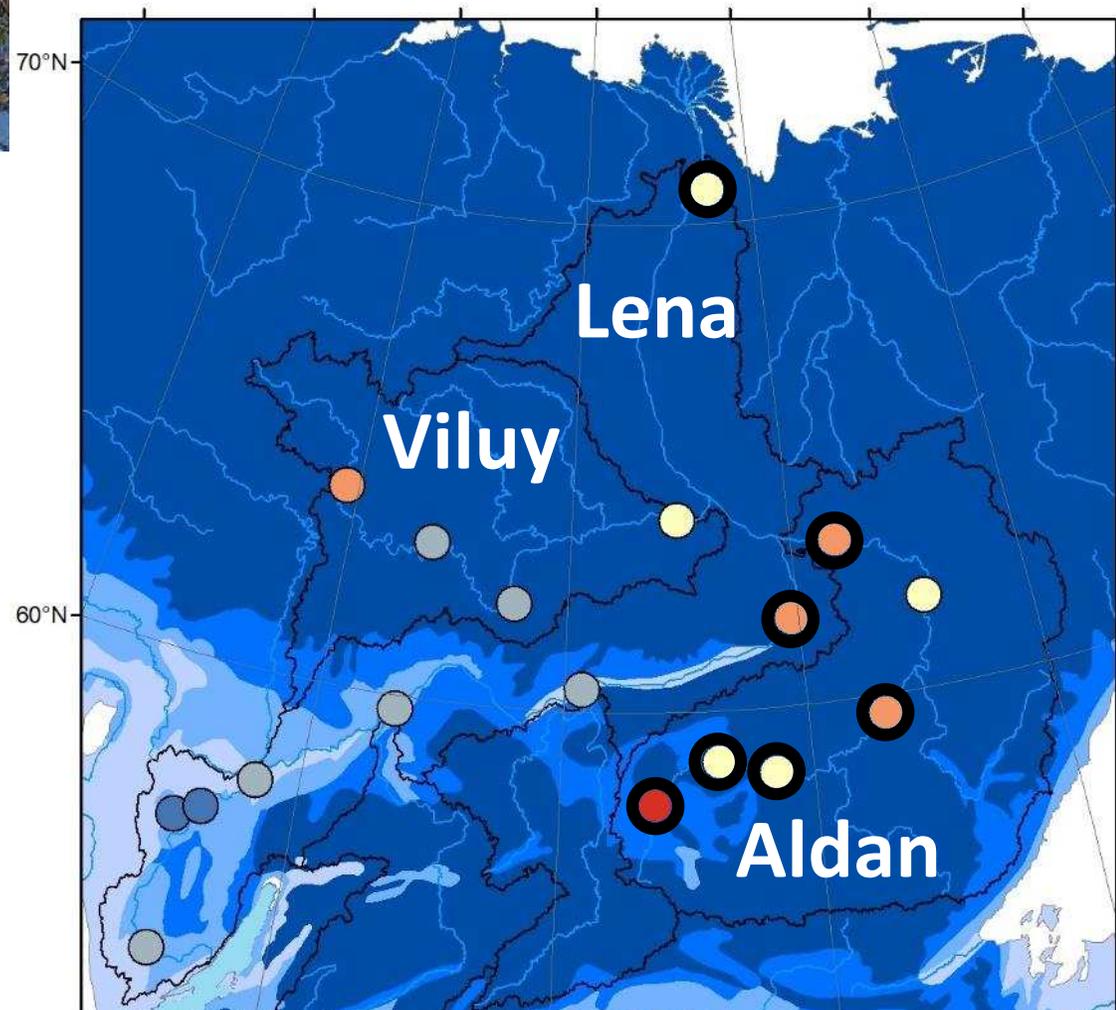
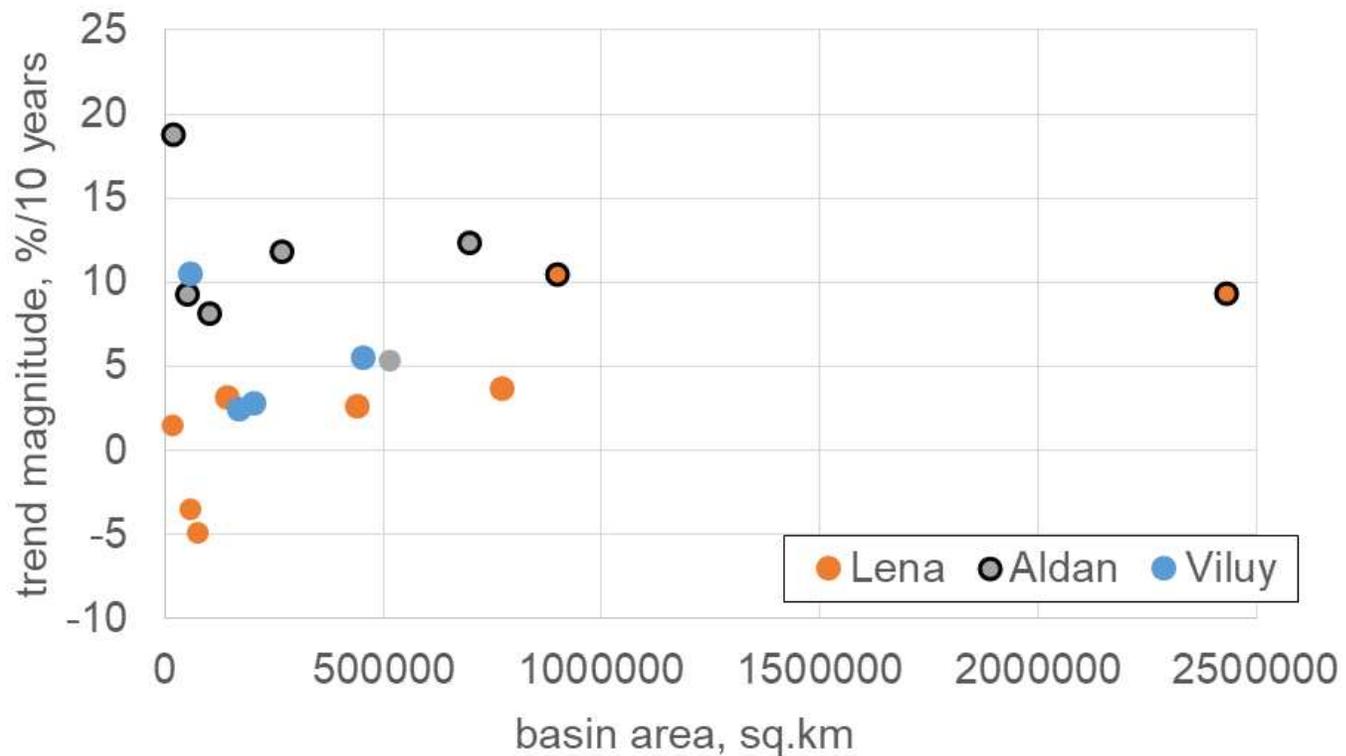


- 10 gauges on the Lena R
- 6 gauges on the Aldan R
- 4 gauges on the Viluy R

There are mainly negative changes in upstream gauges with four significant trends. Downstream gauges shows zero or slightly positive insignificant changes.



Cascading changes in minimum discharges, 1978-2021



There are positive significant changes in downstream gauges on the Lena and all gauges on the Aldan river except one. Upstream gauges shows no significant changes.

- 10 gauges on the Lena R
- 6 gauges on the Aldan R
- 4 gauges on the Viluy R

Выводы

- За период 1978-2021 годовой сток рек Восточной Сибири относительно стабилен – **значимые тренды отсутствуют на 88 постах из 110.**
- **15 постов с положительными трендами** (медианная величина **+9.3%/10лет**, **точка перегиба 1998**):
 - расположены в центральной, северной и северо-восточной части региона
 - Доля ММП более 90%
 - Среднегодовая температура воздуха **-9°C** и ниже
- **8 постов с отрицательными трендами** (медианная величина **-8.2%/10лет**, **точка перегиба 2010**):
 - Расположены на западе и юго-западе региона
 - Доля ММП ниже 80%
 - Среднегодовая температура воздуха между **-4** и **-8°C**
- **Сток по месяцам растет на 23-45 постах с сентябрь по май** и стабилен летом
- Больше положительных трендов обнаружено в низовьях крупных рек

Спасибо за внимание

Lebedeva, L.; Gustafsson, D. Streamflow Changes of Small and Large Rivers in the Aldan River Basin, Eastern Siberia. *Water* **2021**, *13*, 2747

Лебедева Л.С. Современные изменения стока в бассейне реки Яна // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. **2022**, 6, с.86-106

Пряхина, Г.В., Распутина, В.А., Сумачев, А.Э., Лебедева, Л.С. Оценка изменения характеристик стока малых и средних рек Центральной Якутии под влиянием климатических изменений // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле, **2023**, 68 (4), 717-732

Лебедева Л.С. Изменения речного стока малой промерзающей реки в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород в Центральной Якутии и его причины // Метеорология и гидрология, **2025**, 1 (в печати)