

# Многолетняя изменчивость площади наледей в бассейне р. Селенги и ее связь с климатическими характеристиками

Черных В.Н. (1), Аюржанаев А.А. (1), Шихов А.Н. (2), Богатырев Д.А. (2)

<sup>1</sup> Байкальский институт природопользования, Улан-Удэ, Россия

<sup>2</sup> Пермский государственный университет, Пермь, Россия

*Исследование выполнено при поддержке РФФ,  
проект № 24-47-03008*

# Мотивация

- Наледи представляют собой форму сезонного оледенения, широко распространенную в криолитозоне. Многолетняя изменчивость наледей может быть индикатором изменения геокриологических условий.
- В бассейне р. Селенги наледность может меняться из года в год в 2-4 раза. Спутниковые данные позволяют оценить эту изменчивость почти за 40 лет и сопоставить с данными о метеорологических условиях
- Наледи иногда формируются в населенных пунктах и в местах расположения объектов инфраструктуры, поэтому рассматриваются как опасное явление
- **Цель исследования** – оценить межгодовую изменчивость максимальной площади крупных наледей или их групп в бассейне р. Селенги и выявить ее зависимость от метеорологических условий предшествующего сезона.

# Картографическая база данных наледей в бассейна р. Селенги

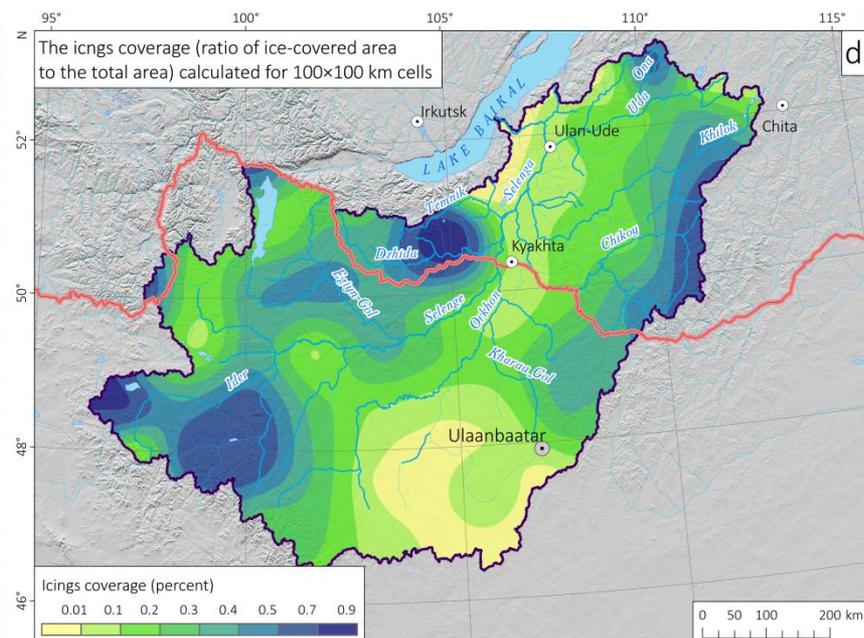
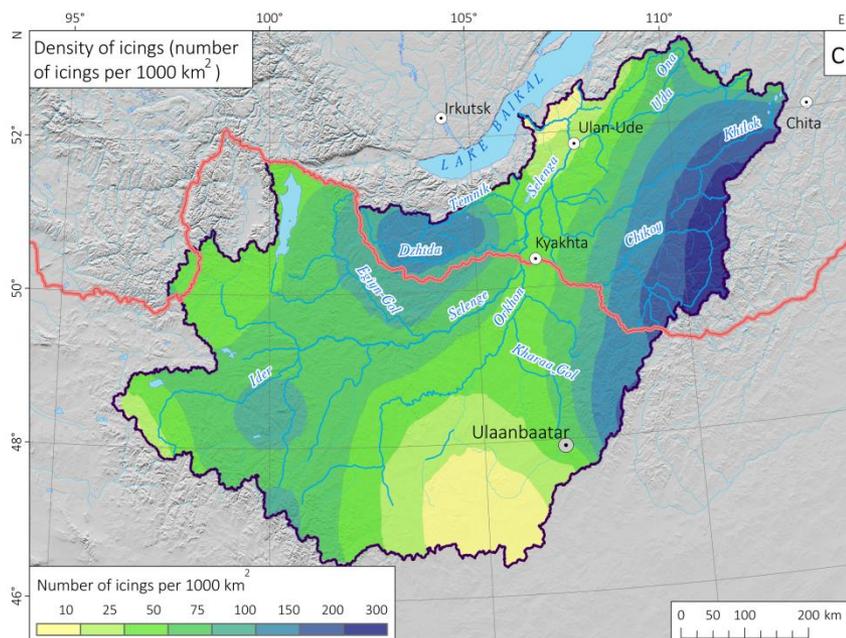
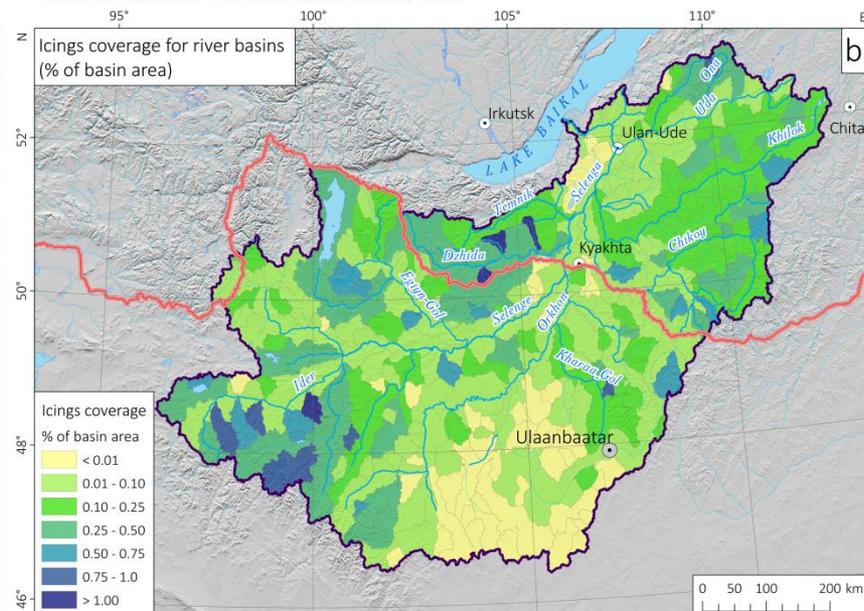
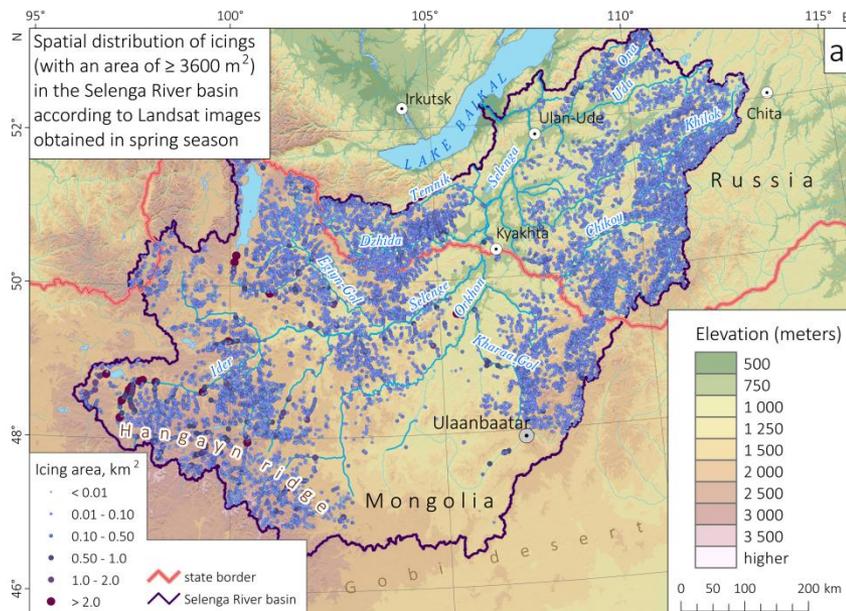
- Свыше 29 тыс. наледей
- Общая площадь 1154,2 км<sup>2</sup> (0,25% от площади бассейна)
- Выделены по 39 спутниковым снимкам Landsat 2021 года (даты съемки между 24 марта и 21 апреля)
- 56 гигантских наледей с площадью свыше 1 км<sup>2</sup>, в том числе крупнейшая – 20 км<sup>2</sup>
- Chernykh, V. et al. Icings in the Selenga River basin // Journal of Maps, 2024. V. 20(1), P. 1–10.  
<https://doi.org/10.1080/17445647.2024.2340994>

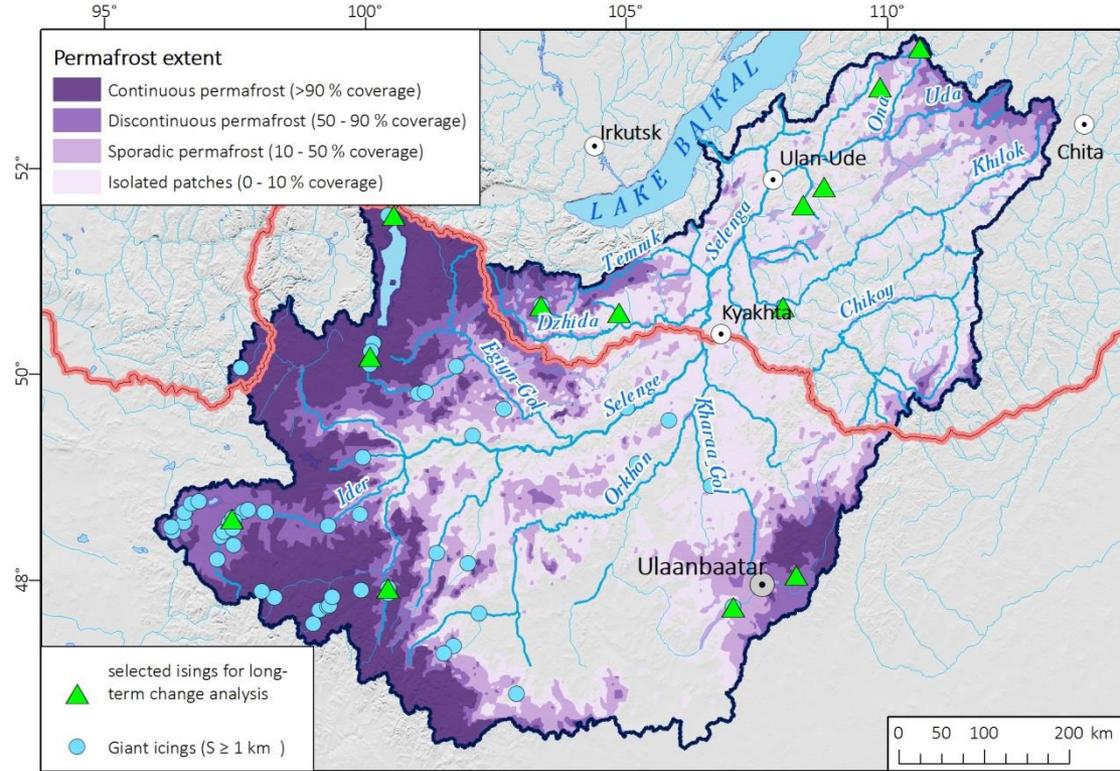
# ICINGS IN THE TRANSBOUNDARY BASIN OF THE SELENGA RIVER

Projection Asia North Albers Equal Area Conic (Spheroid: WGS1984)

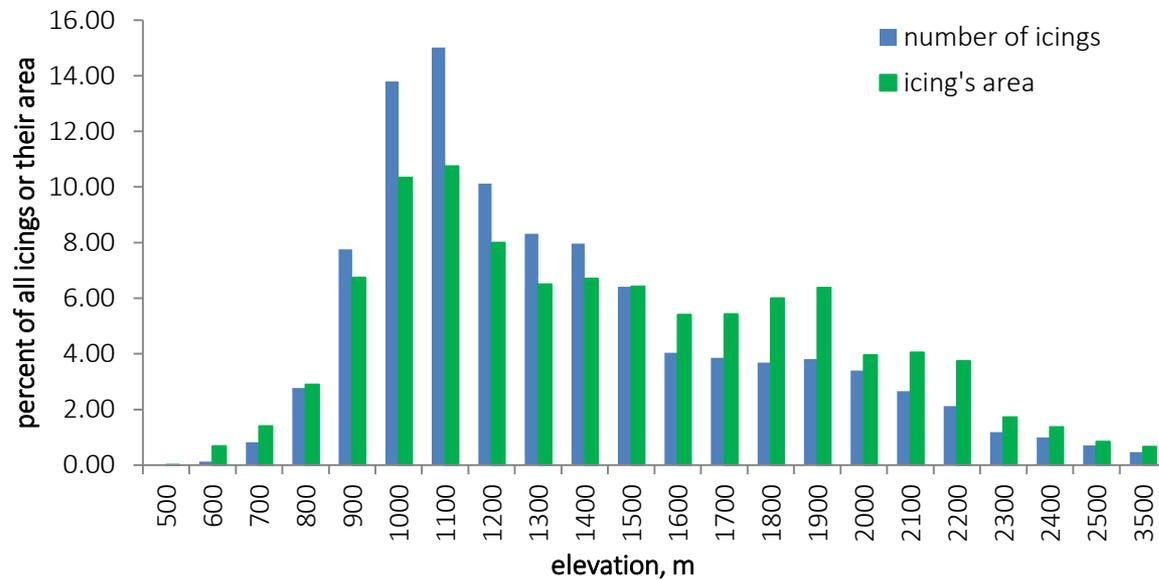


Vladimir Chernykh,<sup>1</sup> Andrey Shikhov,<sup>2,3</sup> Alexander Ayurzhanayev,<sup>1</sup> Bator Sodnomov,<sup>1</sup> Bair Tsydypov,<sup>1</sup> Margarita Zharnikova,<sup>1</sup> Bair Gurzhapov,<sup>1</sup> Endon Garmaev,<sup>1</sup> Avirmir Dashtseren<sup>4</sup>  
<sup>1</sup> Baikal Institute of Nature Management Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences  
<sup>2</sup> Perm State University  
<sup>3</sup> Kazan Federal University  
<sup>4</sup> Institute of Geography and Geocology, Mongolian Academy of Sciences



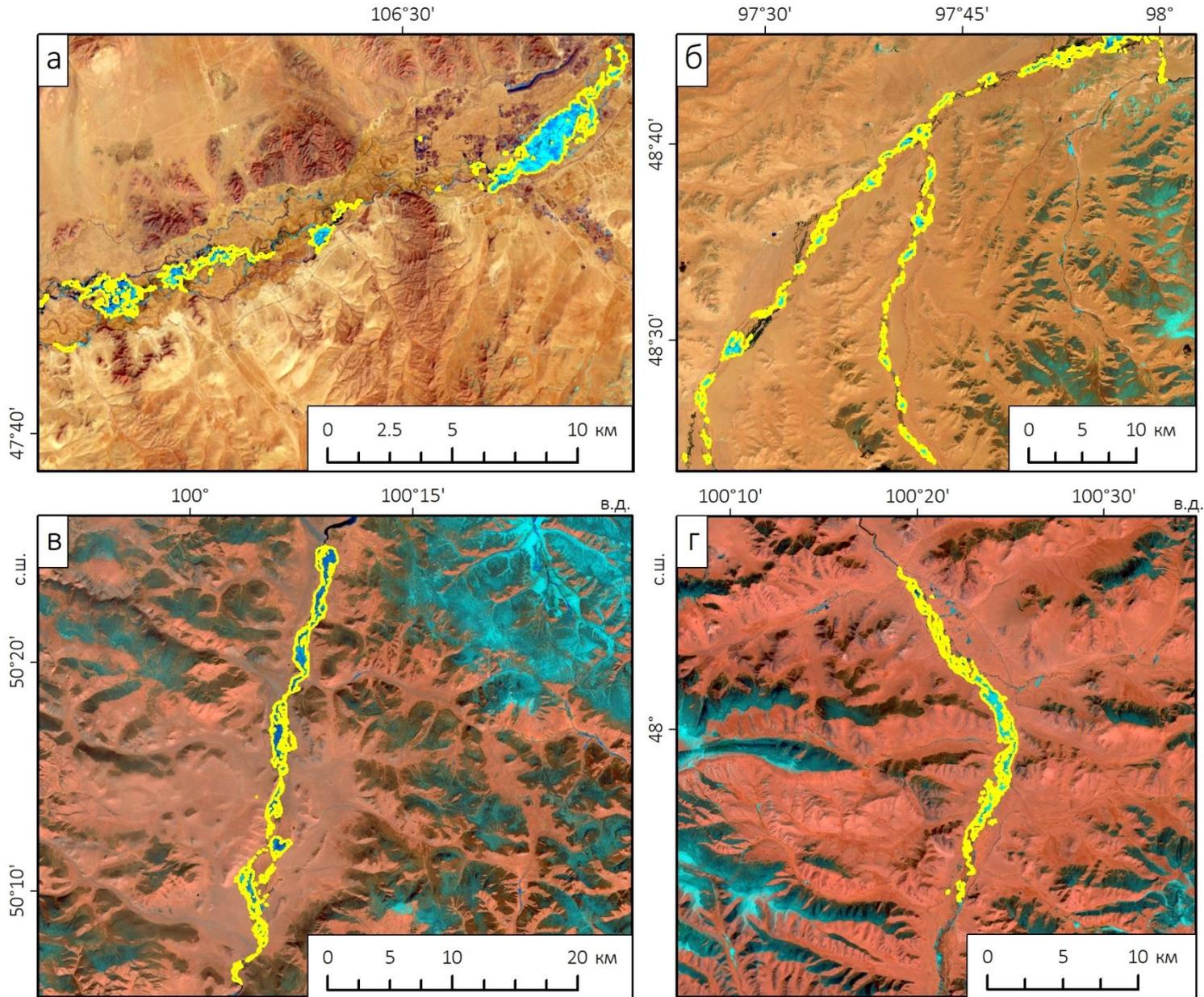


Распределение гигантских наледей в зависимости от мерзлотных условий и выбранные наледи для анализа многолетней изменчивости



Распределение количества и площади наледей по высотным зонам

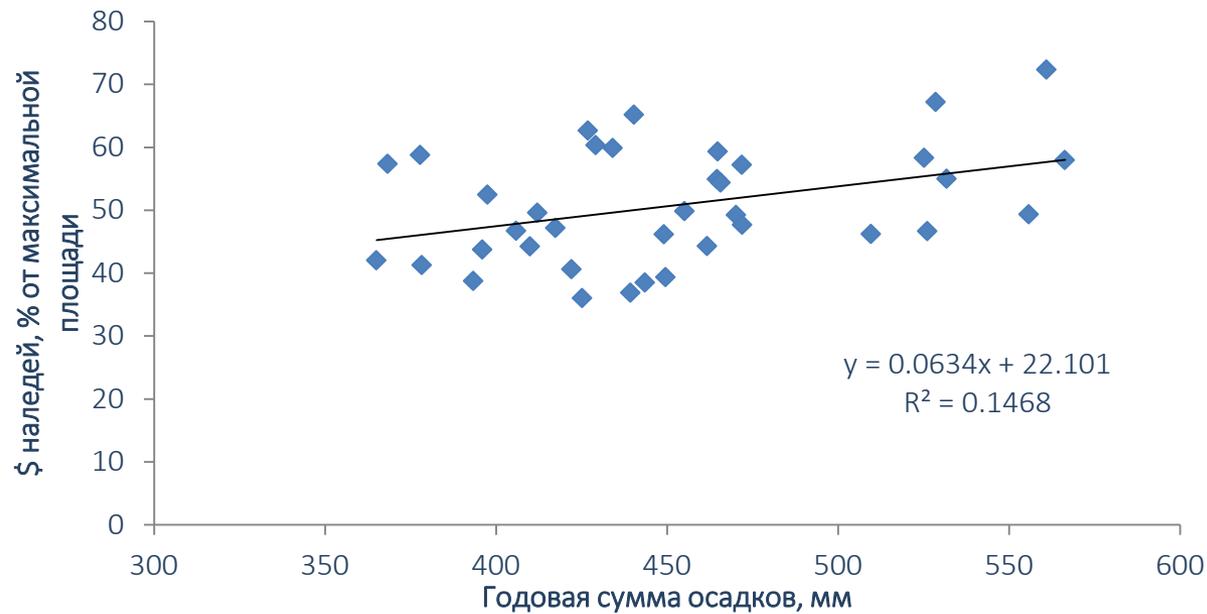
# Наледи, для которых оценивалась максимальная площадь



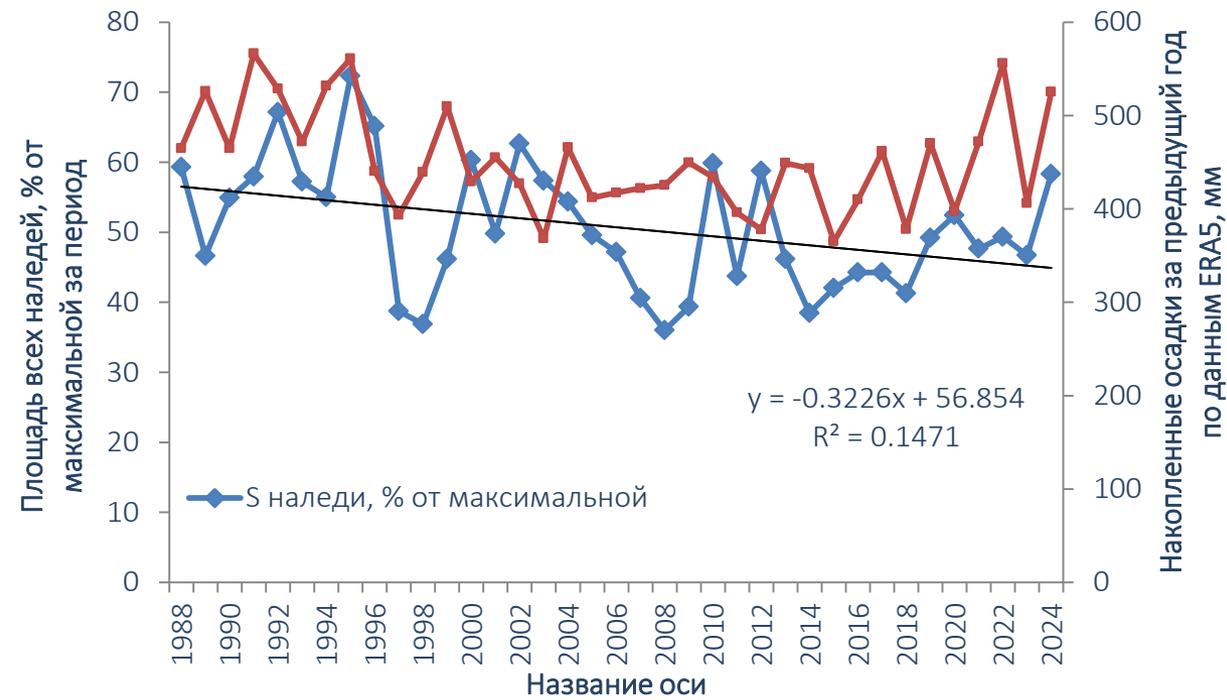
# Взаимная корреляция между максимальными за год площадями наледей (выделены значимые коэффициенты Спирмена)

- Период наблюдений 1986-2024 гг. (по первому бесснежному снимку)
- Число наблюдений (безоблачных снимков) от 22 до 35
- В большинстве пар статистически значимой корреляции нет

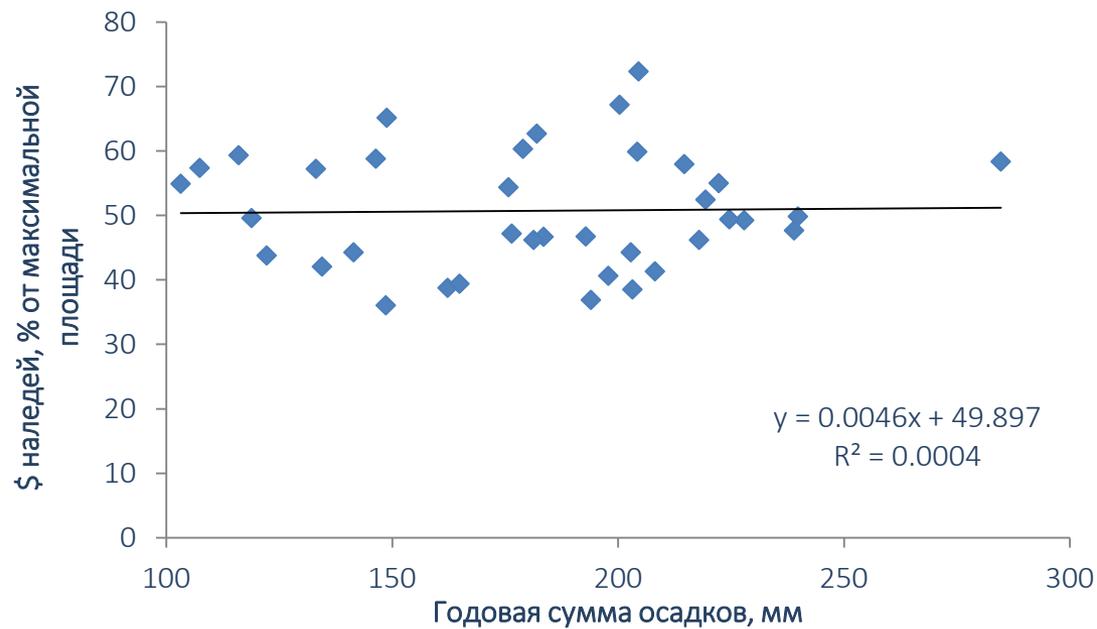
	Наледь 1	Наледь 2	Наледь 3	Наледь 4	Наледь 5	Наледь 6	Наледь 7	Наледь 8	Наледь 9	Наледь 10	Наледь 11	Наледь 12	Наледь 13
Наледь 1	1.00	0.33	-0.09	-0.09	-0.06	0.09	0.14	0.13	0.04	0.44	0.32	0.29	0.00
Наледь 2	0.33	1.00	-0.07	0.08	-0.33	0.21	0.40	0.23	0.28	0.33	-0.03	0.14	-0.01
Наледь 3	-0.09	-0.07	1.00	<u>0.50</u>	-0.17	-0.09	0.23	0.11	<u>0.65</u>	0.42	0.27	-0.11	-0.45
Наледь 4	-0.09	0.08	<u>0.50</u>	1.00	-0.36	-0.37	0.23	<u>0.55</u>	0.29	0.17	0.26	-0.06	-0.17
Наледь 5	-0.06	-0.33	-0.17	-0.36	1.00	0.31	0.35	<u>-0.52</u>	-0.19	<u>-0.71</u>	-0.14	0.00	0.18
Наледь 6	0.09	0.21	-0.09	-0.37	0.31	1.00	-0.21	-0.19	-0.22	<u>0.52</u>	-0.09	0.06	-0.02
Наледь 7	0.14	0.40	0.23	0.23	0.35	-0.21	1.00	0.05	0.07	<u>-0.71</u>	-0.20	0.18	-0.12
Наледь 8	0.13	0.23	0.11	<u>0.55</u>	<u>-0.52</u>	-0.19	0.05	1.00	0.33	0.31	0.47	0.04	0.04
Наледь 9	0.04	0.28	<u>0.65</u>	0.29	-0.19	-0.22	0.07	0.33	1.00	0.17	0.27	-0.24	-0.07
Наледь 10	0.44	0.33	0.42	0.17	<u>-0.71</u>	<u>0.52</u>	<u>-0.71</u>	0.31	0.17	1.00	0.29	-0.09	-0.26
Наледь 11	0.32	-0.03	0.27	0.26	-0.14	-0.09	-0.20	0.47	0.27	0.29	1.00	0.23	-0.29
Наледь 12	0.29	0.14	-0.11	-0.06	0.00	0.06	0.18	0.04	-0.24	-0.09	0.23	1.00	-0.35
Наледь 13	0.00	-0.01	-0.45	-0.17	0.18	-0.02	-0.12	0.04	-0.07	-0.26	-0.29	-0.35	1.00



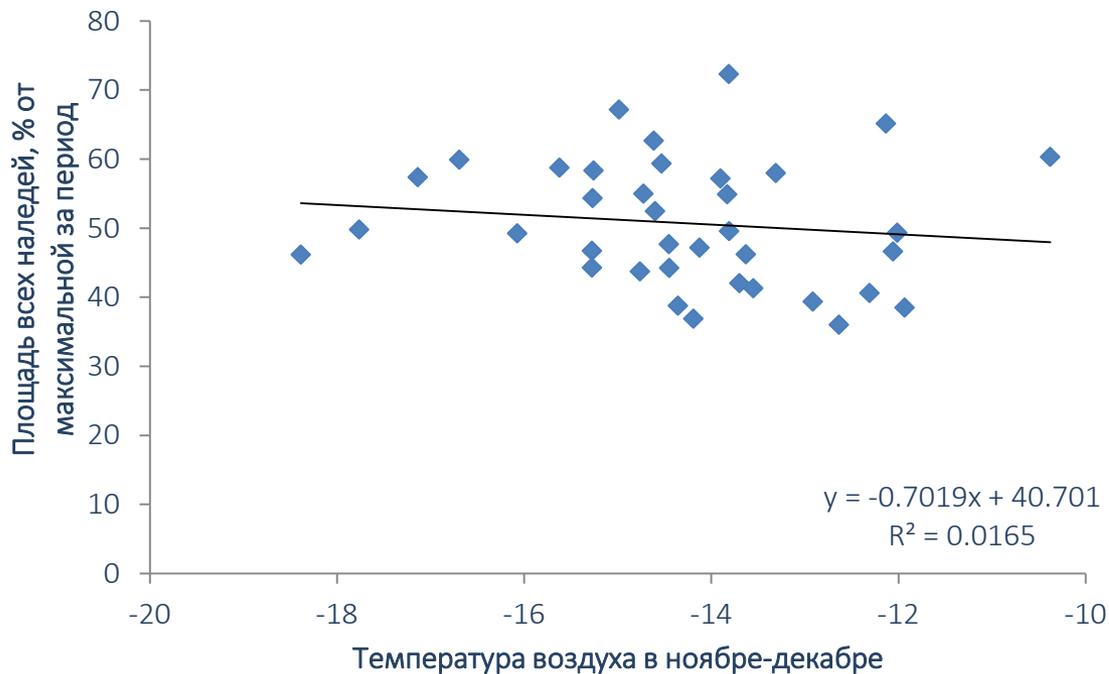
Площадь наледей (средняя по выборке) и осадки за предшествующий год по данным реанализа ERA5 (корреляция статистически значима)



Отрицательный тренд площади наледей статистически значим



Площадь наледей (средняя по выборке) и осадки за предшествующий год по данным сети метеостанций



Площадь наледей (средняя по выборке) и температура в ноябре-декабре

Корреляции не значимы

# Заключение

- Создана картографическая база данных наледей в бассейне р. Селенги. Наибольший процент наледности характерен для юго-западной части бассейна, где также расположено большинство гигантских наледей.
- Большинство гигантских наледей находятся в зоне сплошного распространения мерзлоты
- Межгодовая изменчивость площади наледей в разных частях бассейна как правило некоррелирована
- Выявлен статистически значимый отрицательный тренд площади наледей в период 1988-2024 гг. (в среднем для всех наледей)
- Выявлена статистически значимая корреляция площади наледей с осадками по данным реанализа ERA5, накопленными за предшествующий год
- Отсутствует корреляция между площадью наледей и накопленными осадками по метеостанциям, по причине дефицита данных на территории Монголии
- Отсутствует корреляция между площадью наледей и температурой воздуха в октябре-ноябре

An aerial photograph of a river valley. The river is highlighted in a bright cyan color, showing its course through the landscape. The surrounding terrain is brown and textured, indicating a dry or semi-arid environment. The text "Спасибо за внимание" is overlaid in the center of the image.

Спасибо за внимание

Андрей Шихов, д.г.н,  
Пермский государственный университет  
e-mail: [and3131@inbox.ru](mailto:and3131@inbox.ru)  
URL: <http://accident.perm.ru/>