Санкт-Петербургский
государственный
университет
www.spbu.ru

Проект поддержан Всероссийской общественной организацией
«Русское географическое общество» (грант №45/2022-И)

Климатические аномалии и опасные природные явления в Южной Сибири



Кату-Ярык - перевал и автомобильный спуск в долину реки Чулышман – является одним из участков с частым проявлением опасных природных явлений (фото М.В. Сыромятиной)

Целью проекта является выявление пространственно-временных взаимосвязей климатических аномалий различного масштаба с частотой опасных природных явлений и оценка их влияния на изменения природно-социальной среды Южной Сибири за последние несколько десятилетий.

Задачи:

- Формирование баз данных по зафиксированным климатическим аномалиям и опасным природным явлениям в исследуемом регионе за последние несколько десятилетий.
- Оценка роли климатических аномалий в возникновении опасных природных явлений в регионе исследования.
- Оценка степени уязвимости природной и общественной среды региона, связанная с возникающими климатическими аномалиями и опасными природными явлениями.

Руководитель проекта – директор Института наук о Земле СПбГУ, д.г.н.
Чистяков Кирилл Валентинович

Основные исполнители проекта – сотрудники и студенты СПбГУ:

- **Курочкин Юрий Николаевич** – ст. преподаватель кафедры физической географии и ланд. план.
- **Сыромятина Маргарита Владимировна** – доцент кафедры гидрологии суши, к.г.н.
- **Панкратова Любовь Александровна** – доцент кафедры физической географии и ланд. план., к.г.н.
- **Тюсов Григорий Анатольевич** – ст. преподаватель кафедры биогеографии, к.г.н.
- **Михеева Александра Алексеевна** – студент (выпускник) 2 курса магистратуры
- **Грига Семен Алексеевич** – студент (выпускник) 2 курса магистратуры
- **Панова Анастасия Александровна** – студент (выпускник) 2 курса магистратуры

Актуальность исследования. На современном этапе официально зафиксировано увеличение частоты проявления опасных природных явлений, в том числе связанных с климатическими аномалиями. Поэтому, как никогда прежде, требуются исследования, направленные на выявление характера пространственно-временной динамики этих аномалий, ее связи с частотой и интенсивностью опасных природных явлений, что во многих случаях приводит к катастрофическим последствиям в природной, экономической и социальной сферах.





Устранение последствий наводнения
в марте 2018 г. в Алтайском крае
(фото предоставлено МЧС по Алтайскому краю)

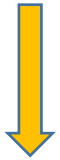
Наводнение 2014 г. Частично разрушенный мост
в селе Коргон, Усть-Канский район Республики Алтай
(фото предоставлено администрацией
Усть-Канского района)



Ход работы

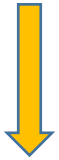
- **ЭТАП 1. Подготовительный**

10.07.2022 – 21.08.2022



- **ЭТАП 2. Основные экспедиционные (полевые) исследования**

22.08.2022 – 13.09.2022



- **ЭТАП 3. Аналитический**

14.09.2022 – 10.07.2023

+

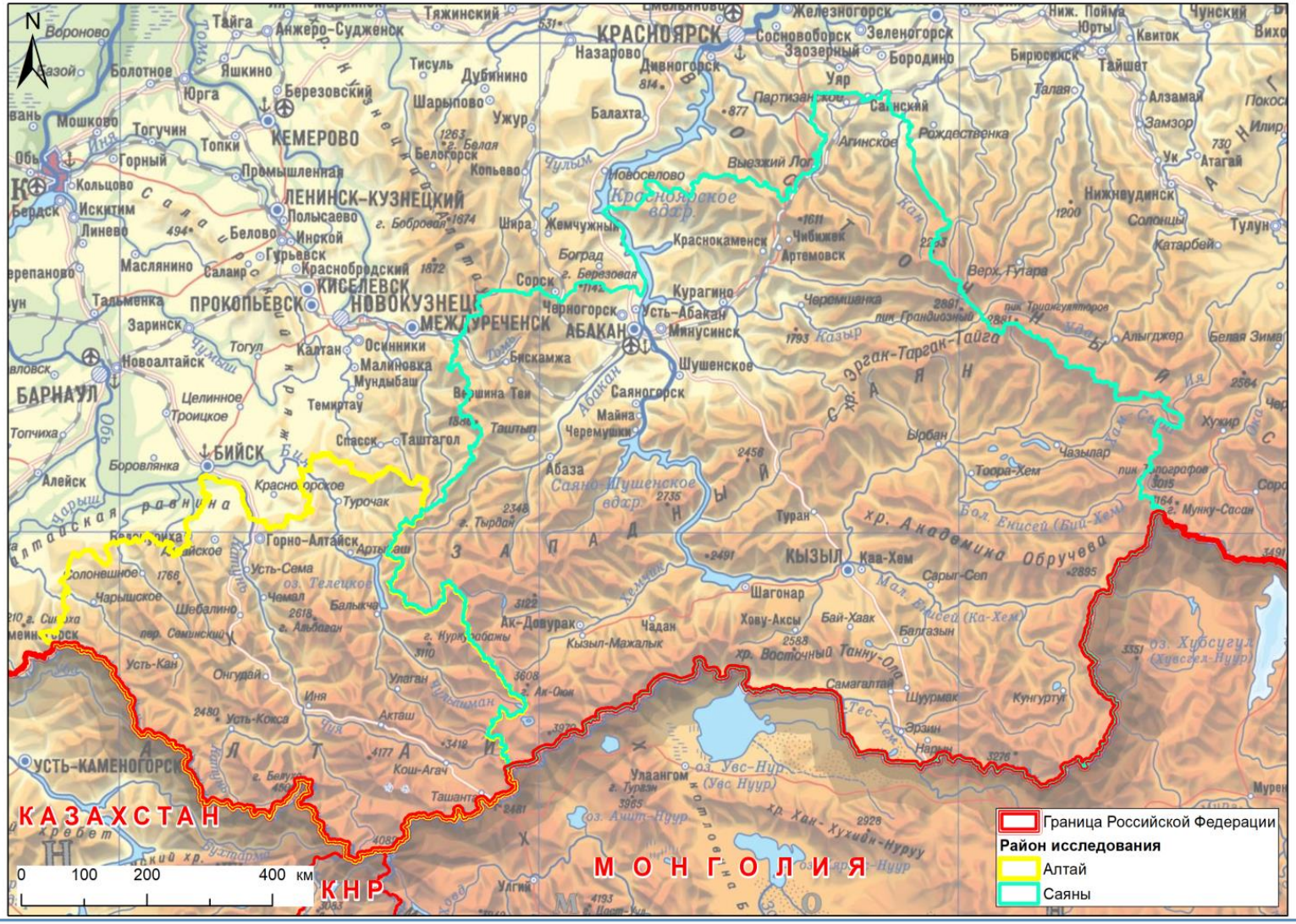
дополнительные полевые исследования

01.03.2023 – 10.03.2023

Географический район исследования включает два крупных региона:

Алтай и его предгорья. Верхняя часть бассейна реки Обь. В административном плане – вся Республика Алтай и четыре южных района Алтайского края.

Саяны. Западный Саян и часть Восточного Саяна, а также горы Тувы. Верхняя часть бассейна реки Енисей. В административном плане – вся Республика Тыва, южная часть Республики Хакасия и юг Красноярского края.

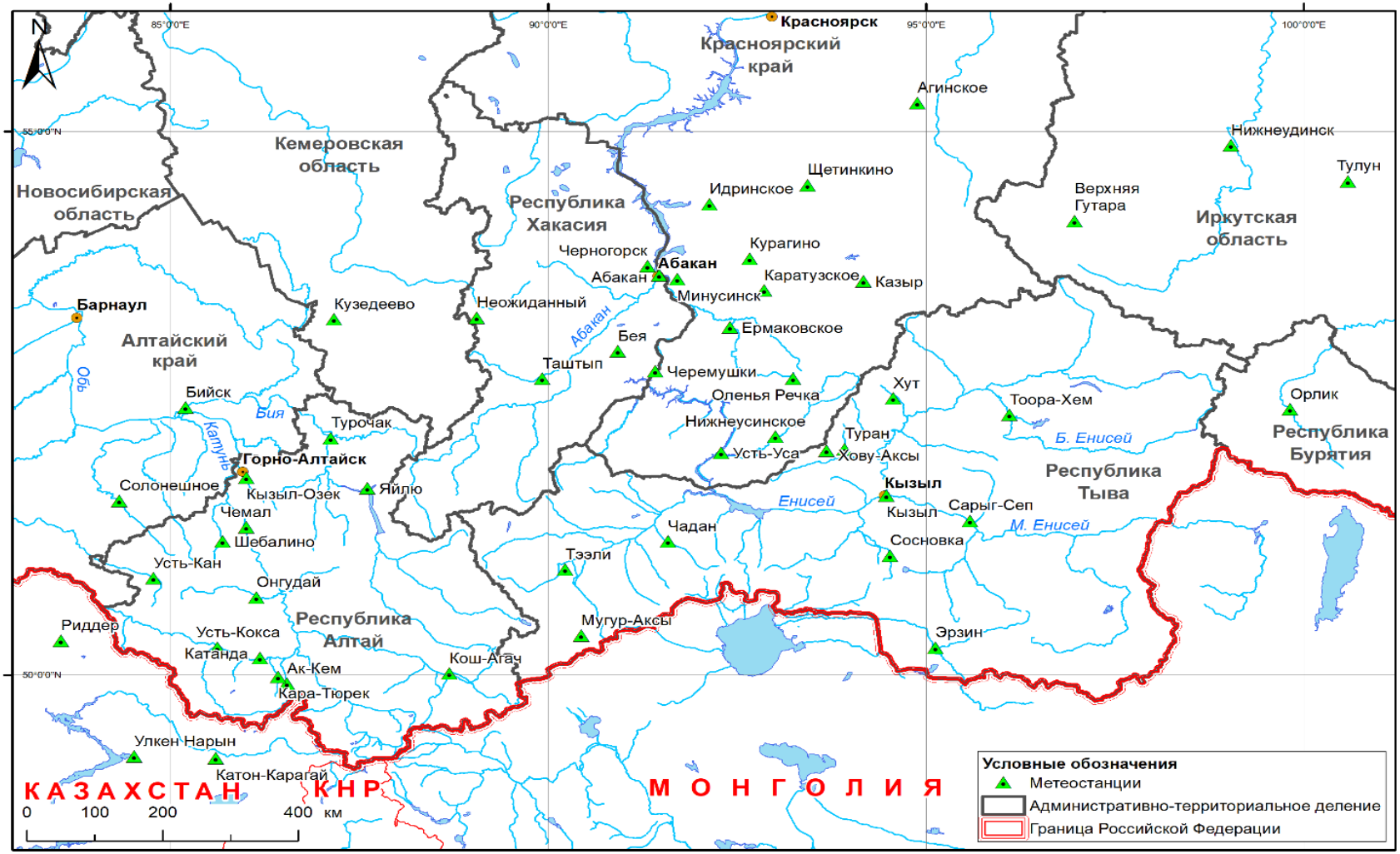


ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Этап 1 и 2

Информационная и методологическая основа исследования

Материалами для исследования послужили – данные 50-ти метеорологических станций, данные ежегодных докладов и другие литературные источники, результаты экспертных интервью, проведенных во время полевых работ. Для анализа гидрометеорологических рядов применялись методы математической статистики. При этом некоторые климатические показатели условно разделены на **аномальные** (выше критериев УГМС) и **экстремальные** (представляющие уже само опасное природное явление).



Полевые исследования

Этап 1 и 2

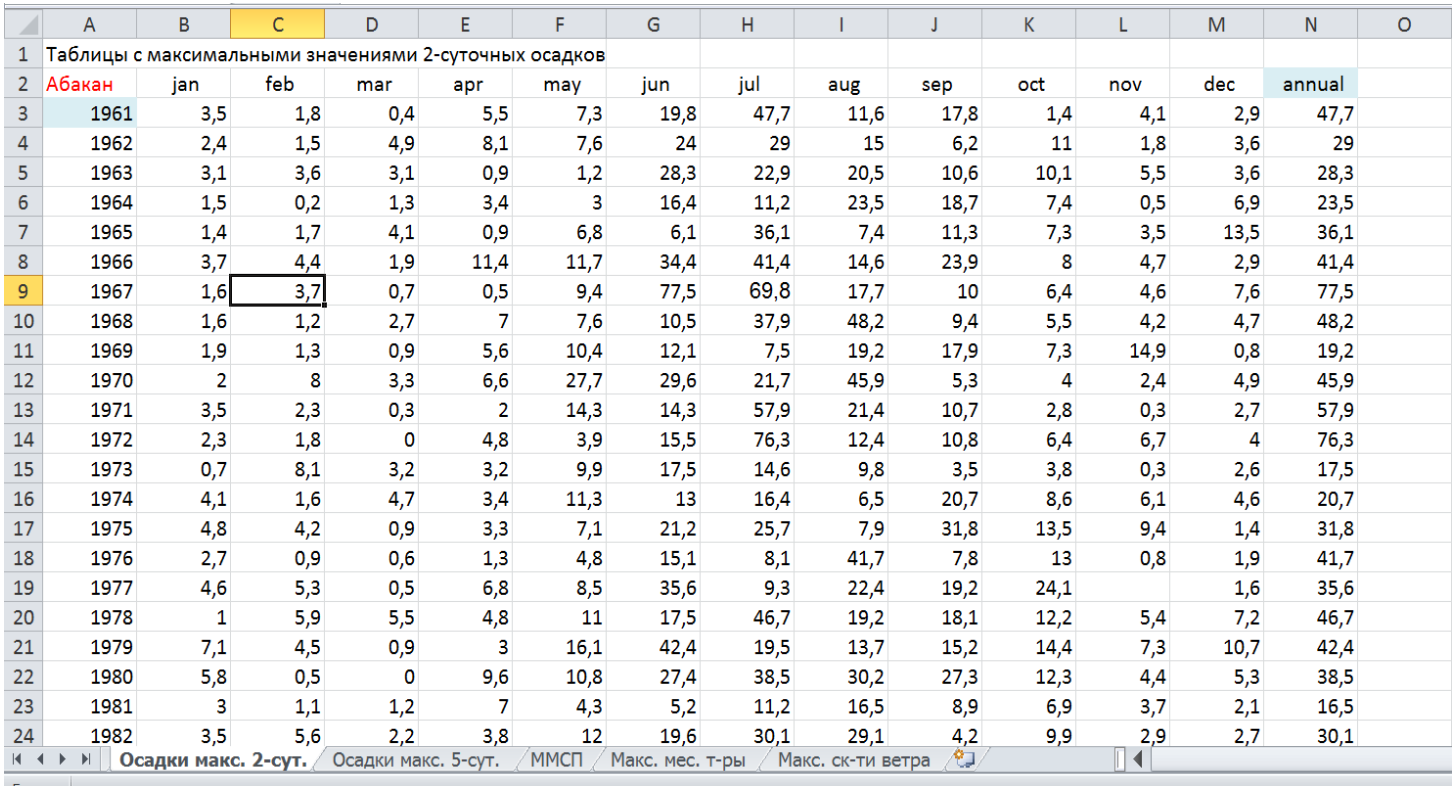
В задачи краткосрочных экспедиций входило проведение экспертных интервью и получение экспертных оценок относительно климатических аномалий и опасных природных явлений, таких как наводнения, сели, оползни и лавины; верификация собранных ранее данных; уточнение информации о местах, времени и масштабах проявления ОЯП, а также сбор дополнительной информации, картографических и иных материалов.



В ходе поездок были посещены, с одной стороны, населенные пунктов, где можно получить максимум информации. С другой стороны, необходимо было охватить те районы, по которым на подготовительном этапе было найдено меньше информации, чтобы сформировать максимально полные базы данных.
Были посещены следующие населенные пункты: Улаган, Балыкча, Артыбаш, Усть-Кокса, Усть-Кан, Горно-Алтайск, Солонешное, Барнаул Красноярск, Кызыл, Абакан.

Создана база данных по климатическим аномалиям в виде таблиц в формате Excel:

- Осадки. Аналитические таблицы. Алтай, Саяны. 1961 – 2021 гг.
- Температура воздуха. Аналитические таблицы. Алтай, Саяны. 1961 – 2021 гг.
- Мощность снеж. покрова. Аналитические таблицы. Алтай, Саяны. 1961 – 2021 гг.
- Скорость ветра. Аналитические таблицы. Алтай, Саяны. 1961 – 2021 гг.
- Осадки макс. 1-суточные. Фактические таблицы. Алтай, Саяны. 1961 – 2021 гг.
- Осадки макс. 2-суточные. Фактические таблицы. Алтай, Саяны. 1961 – 2021 гг.
- Осадки макс. 5-суточные. Фактические таблицы. Алтай, Саяны. 1961 – 2021 гг.
- Макс. мощность снеж. покрова. Фактические таблицы. Алтай, Саяны. 1961 – 2021 гг.
- Макс. мес. температуры в-ха. Фактические таблицы. Алтай, Саяны. 1961 – 2021 гг.
- Макс. скорости ветра. Фактические таблицы. Алтай, Саяны. 1961 – 2021 гг.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Таблицы с максимальными значениями 2-суточных осадков														
2	Абакан	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	annual	
3	1961	3,5	1,8	0,4	5,5	7,3	19,8	47,7	11,6	17,8	1,4	4,1	2,9	47,7	
4	1962	2,4	1,5	4,9	8,1	7,6	24	29	15	6,2	11	1,8	3,6	29	
5	1963	3,1	3,6	3,1	0,9	1,2	28,3	22,9	20,5	10,6	10,1	5,5	3,6	28,3	
6	1964	1,5	0,2	1,3	3,4	3	16,4	11,2	23,5	18,7	7,4	0,5	6,9	23,5	
7	1965	1,4	1,7	4,1	0,9	6,8	6,1	36,1	7,4	11,3	7,3	3,5	13,5	36,1	
8	1966	3,7	4,4	1,9	11,4	11,7	34,4	41,4	14,6	23,9	8	4,7	2,9	41,4	
9	1967	1,6	3,7	0,7	0,5	9,4	77,5	69,8	17,7	10	6,4	4,6	7,6	77,5	
10	1968	1,6	1,2	2,7	7	7,6	10,5	37,9	48,2	9,4	5,5	4,2	4,7	48,2	
11	1969	1,9	1,3	0,9	5,6	10,4	12,1	7,5	19,2	17,9	7,3	14,9	0,8	19,2	
12	1970	2	8	3,3	6,6	27,7	29,6	21,7	45,9	5,3	4	2,4	4,9	45,9	
13	1971	3,5	2,3	0,3	2	14,3	14,3	57,9	21,4	10,7	2,8	0,3	2,7	57,9	
14	1972	2,3	1,8	0	4,8	3,9	15,5	76,3	12,4	10,8	6,4	6,7	4	76,3	
15	1973	0,7	8,1	3,2	3,2	9,9	17,5	14,6	9,8	3,5	3,8	0,3	2,6	17,5	
16	1974	4,1	1,6	4,7	3,4	11,3	13	16,4	6,5	20,7	8,6	6,1	4,6	20,7	
17	1975	4,8	4,2	0,9	3,3	7,1	21,2	25,7	7,9	31,8	13,5	9,4	1,4	31,8	
18	1976	2,7	0,9	0,6	1,3	4,8	15,1	8,1	41,7	7,8	13	0,8	1,9	41,7	
19	1977	4,6	5,3	0,5	6,8	8,5	35,6	9,3	22,4	19,2	24,1		1,6	35,6	
20	1978	1	5,9	5,5	4,8	11	17,5	46,7	19,2	18,1	12,2	5,4	7,2	46,7	
21	1979	7,1	4,5	0,9	3	16,1	42,4	19,5	13,7	15,2	14,4	7,3	10,7	42,4	
22	1980	5,8	0,5	0	9,6	10,8	27,4	38,5	30,2	27,3	12,3	4,4	5,3	38,5	
23	1981	3	1,1	1,2	7	4,3	5,2	11,2	16,5	8,9	6,9	3,7	2,1	16,5	
24	1982	3,5	5,6	2,2	3,8	12	19,6	30,1	29,1	4,2	9,9	2,9	2,7	30,1	

Осадки макс. 2-сут. | Осадки макс. 5-сут. | ММСП | Макс. мес. т-ры | Макс. ск-ти ветра

Создана база данных по опасным природным явлениям в виде таблиц в формате Excel:

- Наводнения. Алтай. 1969-2021 гг.
- Наводнения. Саяны. 1997-2022 гг.
- Лавины. Алтай. 2005-2020 гг.
- Лавины. Саяны. 2010-2023 гг.
- Сели. Алтай. 2008-2022 гг.
- Сели. Саяны. 2008-2016 гг.
- Оползни. Алтай. 2008-2022 гг.

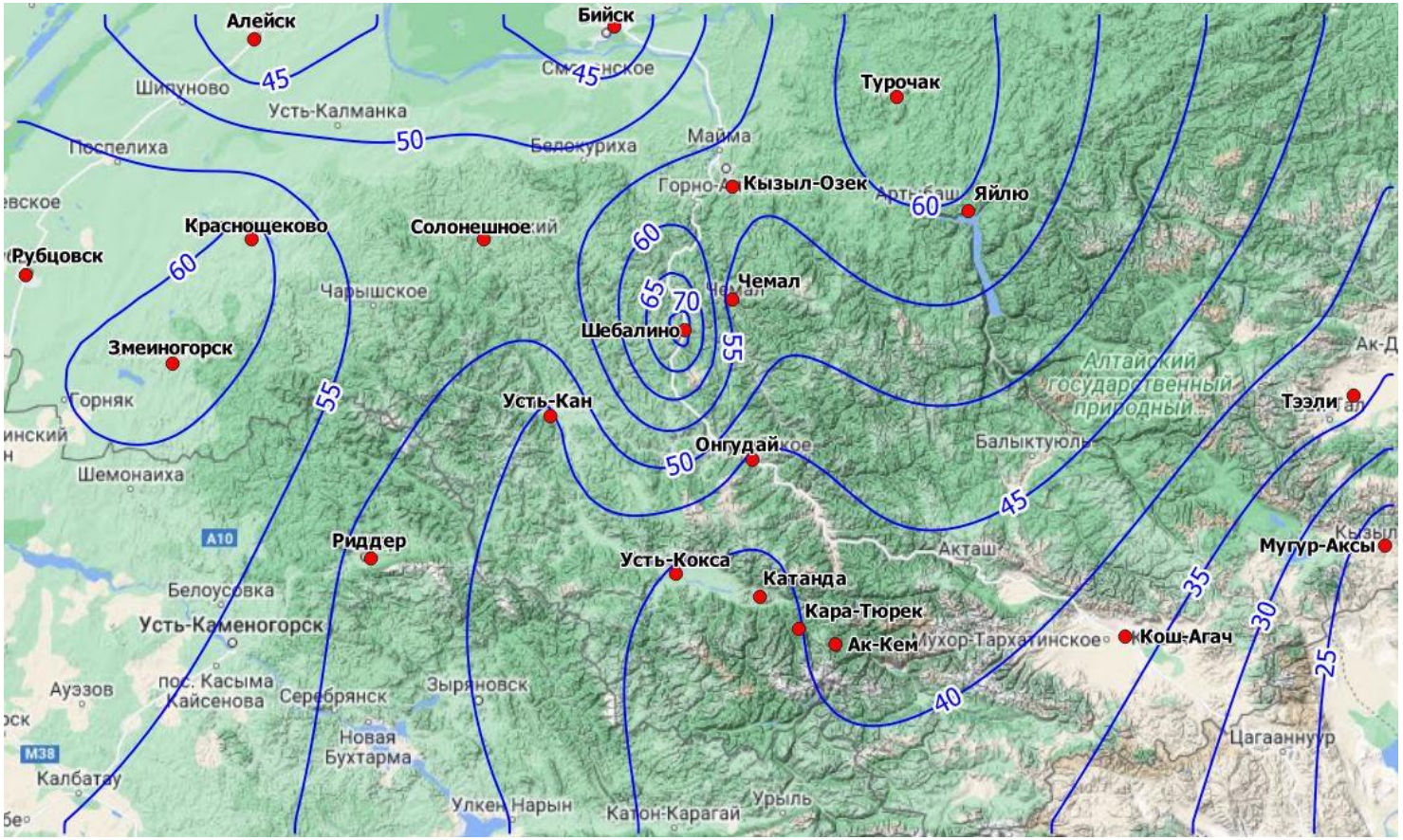
Лавины			
Год	*Дата*	*Место*	*Примечания*
2022			
2020	02.03	Турочакский р-н РА	212 км автодороги Верх-Бийск/Кебезень. Произошел сход снежных масс длиной 11 м, высотой от 30 см до 1 м.
2020	09.02 - 10.02	Несколько районов РА. Массовый сход.	Майминский район - сход снежных масс на 2 км автодороги Р-256 (объездная дорога). Улаганский район - сход снежных масс с горы на одну полосу федеральной дороги Р-256 на 808 км объемом 35 куб.м. Турочакский район - сход снежных масс на одну полосу региональной дороги Артыбаш-Бийск на 12 км объемом 40 куб.м. Шебалинский район - сход снежных масс на одну полосу федеральной дороги Р-256 на 508 км в 1,5 км перед н.п. Камлак.
2020	30.01	Усть-Коксинский район (РА)	В урочище "Собачье", в 45 км от с. Мараловодка сошла лавина
2020	17.01	Майминский р-н РА	В районе заправочной станции "Салекс" призошел сход снежных масс, на автодороге Майма-Горно-Алтайск-Чоя-Турочак (объездная дорога). Объем лавины 50 куб.м.
2019	21.07	Кош-Агачский р-н РА, район вершины ДВС (см. Примечание)	Сход лавины. В районе вершины ДВС Северо-Чуйского хребта. Координаты: 50 02'47"сш, 87 44'03" вд. (50.04639 87.73417)
			На 6 км региональной автодороги Акташ-Улаган произошел сход небольшой лавины

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Этап 3

- Выявлена общая пространственно-вероятностная структура распределения максимальных по интенсивности 1-суточных осадков с различной обеспеченностью. Такой максимум во все годы и на всех м/станциях приходился на теплое время года, т.е. на жидкие осадки. Построенные на этой основе картосхемы, конечно, не учитывают особенности перераспределения осадков за счет рельефа и абсолютной высоты, но как вероятностная основа послужат в дальнейшем при выявлении зон с максимальной 1-суточной интенсивностью при разной обеспеченности.
- С целью выявления пространственных особенностей распределения величин максимальной мощности снежного покрова с различной обеспеченностью были построены картосхемы для обоих регионов без учета влияния рельефа и абсолютной высоты местности. Данные, заимствованные с весьма редкой сети метеостанций в регионе, конечно, не позволяют получить объективную картину такого распределения, особенно на Восточном Алтае и западных отрогах Западного Саяна, но предоставляют возможность проследить вероятностную динамику при сравнении ситуаций с разной обеспеченностью.

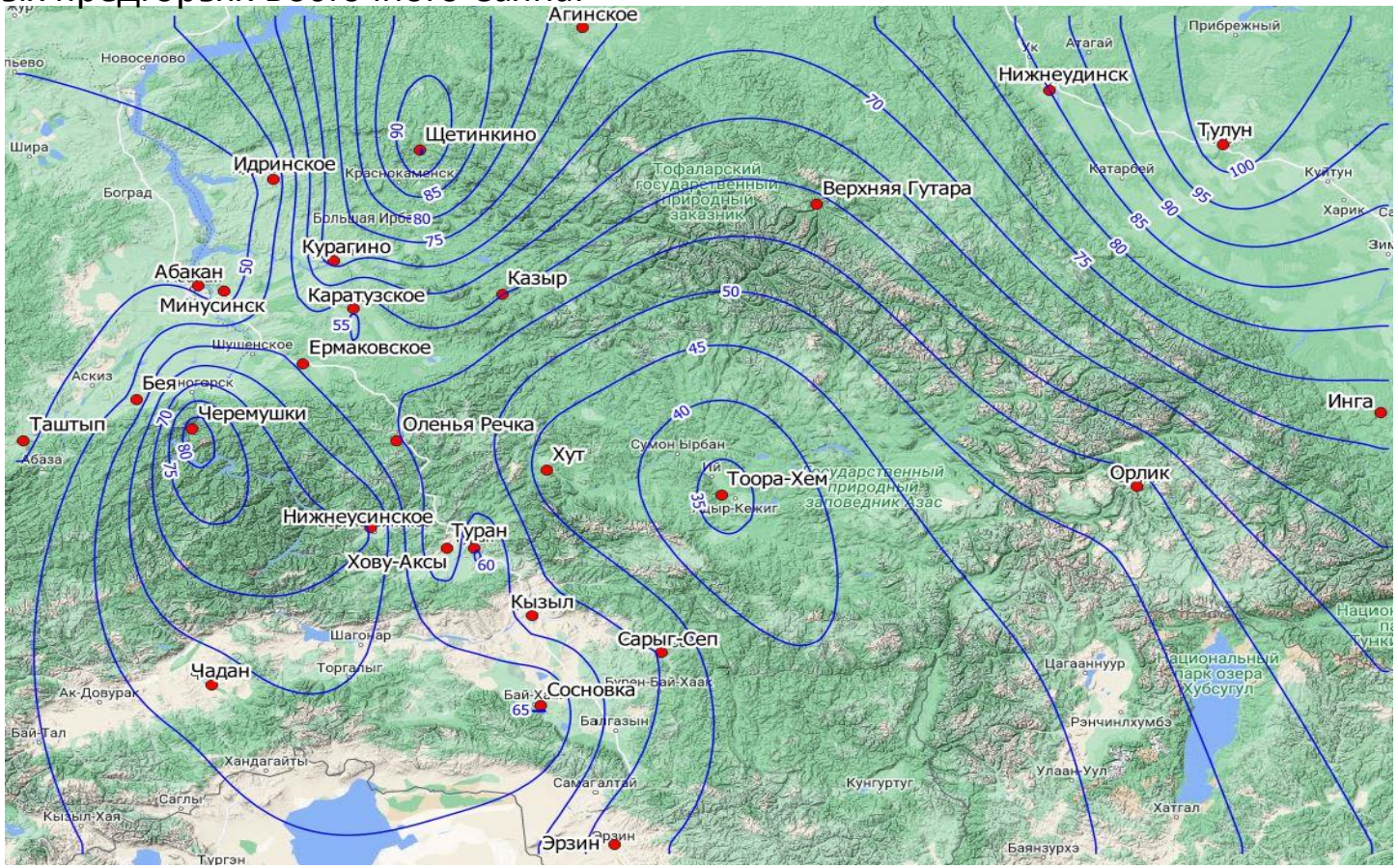
Наблюдается общая закономерность уменьшения интенсивности 1-суточных осадков с северо-запада на юго-восток. При этом хорошо выделяются несколько зон, приуроченных к западным и северным предгорьям Алтая и к долине Катуни в районе Чемала и Шебалино, с высокими показателями более 60 мм за сутки. Причем, Центральный Алтай в меньшей степени подвержен воздействию таких осадков, а Курайскую и Чуйскую котловины можно отнести к наиболее спокойным районам, с точки зрения экстремального увлажнения их территорий.



Пространственное распределение максимальных по интенсивности 1-суточных осадков (мм) без учета рельефа с обеспеченностью 5% (1 раз в 20 лет). Алтай.

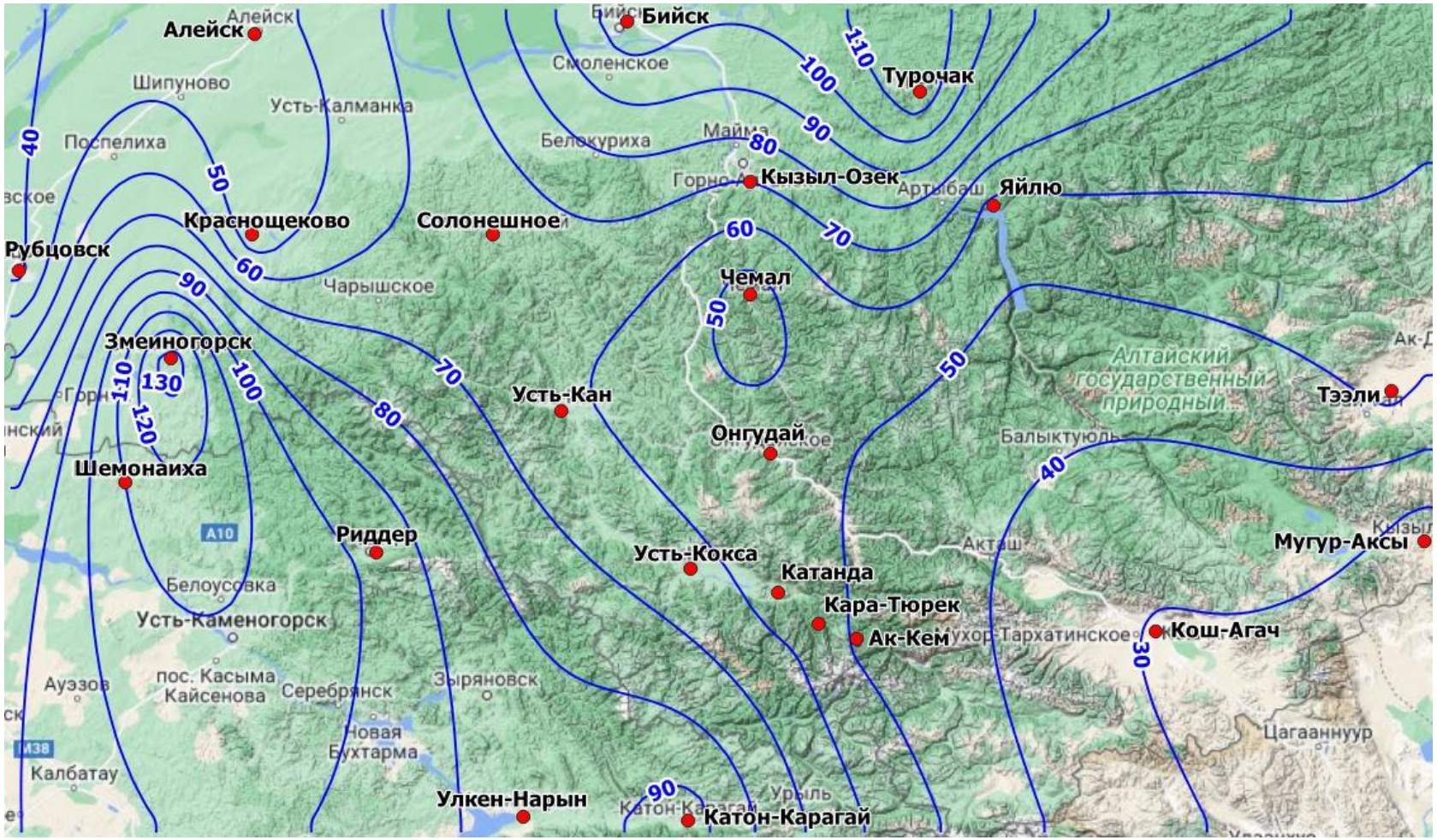
Этап 3

В Саянах картина пространственного распределения максимальных 1-суточных осадков значительно сложнее, чем на Алтае. Имея наименьшую степень проявления в районах Тувинской котловины и южных предгорий Восточного Саяна, максимальная интенсивность увеличивается в радиальном направлении на северо-восток, север и запад всей Саянской горной страны. При этом формируются три очага с максимумами: на северных склонах Западного Саяна, на западной части Восточного Саяна и северо-восточных предгорьях Восточного Саяна.



Пространственное распределение максимальных по интенсивности 1-суточных осадков (мм) без учета рельефа с обеспеченностью 5% (1 раз в 20 лет). Саяны.

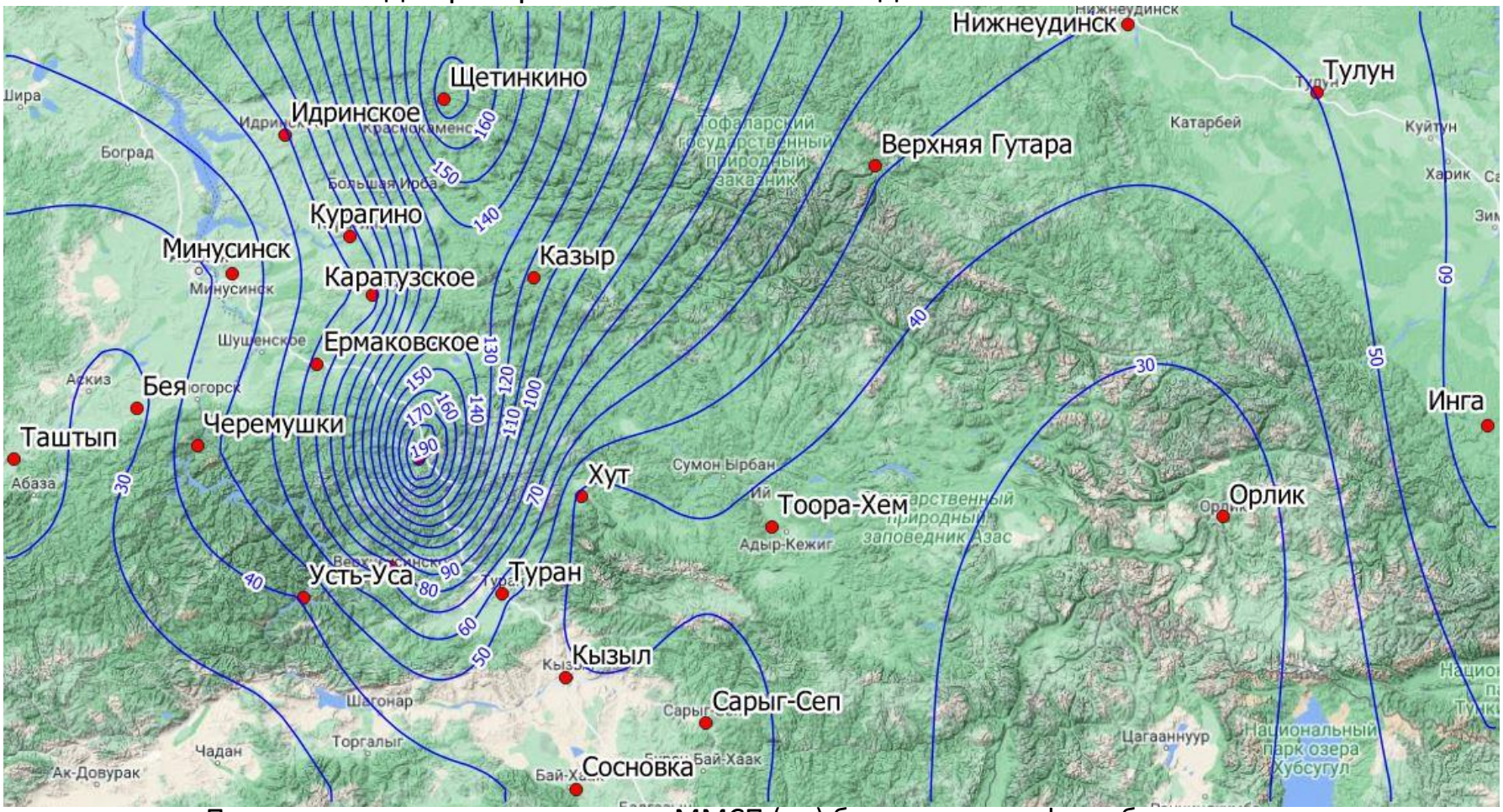
Практически вся территория Алтая подвержена воздействию снежного покрова толщиной более 30 см, как основного фактора лавинообразования, с крупными очагами на Западном и Северном Алтае (м/с Змеиногорск и Турочак), в которых 1 раз в 20 лет можно ожидать ММСП в пределах 110-130 см.



Пространственное распределение ММСП (см) без учета рельефа с обеспеченностью 5% (1 раз в 20 лет). Алтай.

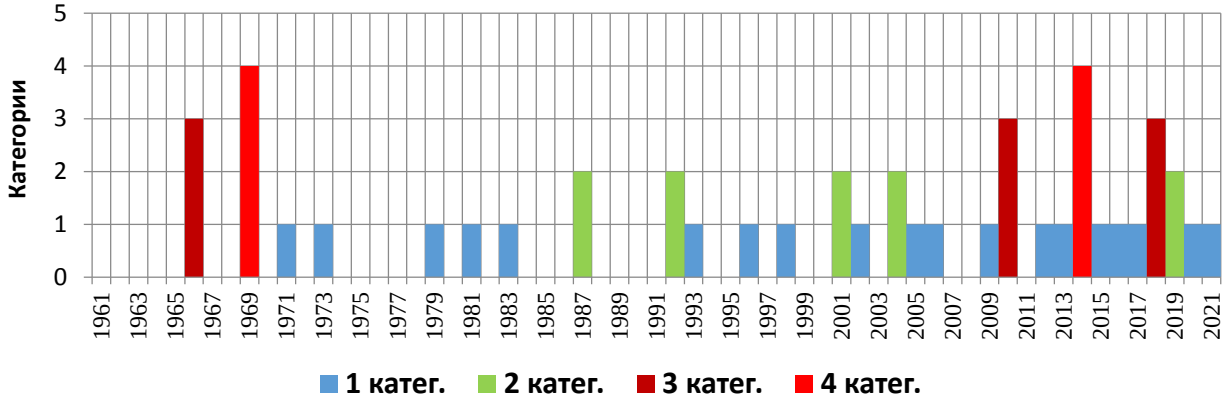
Этап 3

В пространственном отношении ММСП с 5%-й обеспеченностью выделяется наличием двух выраженных концентраций на северо-восточных отрогах Западного Саяна в районе м/с Оленья Речка и на западных склонах Восточного Саяна близ м/с Щетинкино со значениями 190 и 170 см, соответственно. Эти районы всегда отличались повышенной лавиноопасностью**.** К юго-востоку происходит значительное уменьшение значений ММСП вплоть до критерия в 30 см на юго-западных склонах.

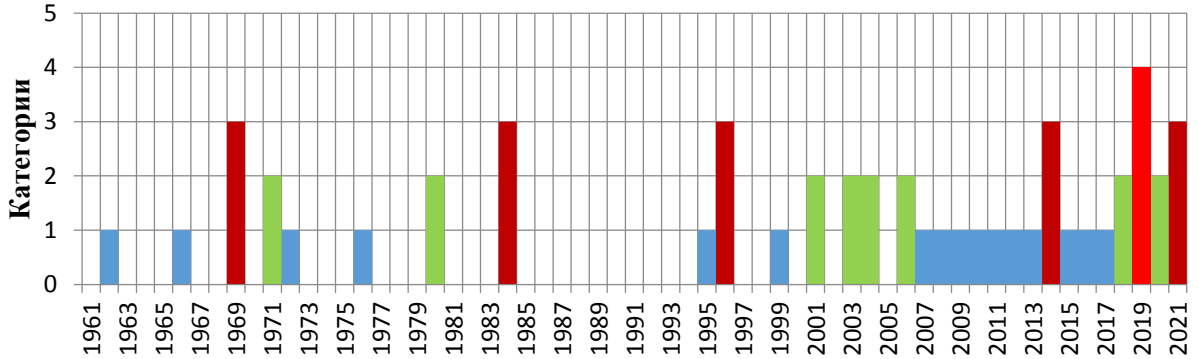


Пространственное распределение ММСП (см) без учета рельефа с обеспеченностью 5% (1 раз в 20 лет). Саяны.

Этап 3



Хронологический ход величины самого крупного наводнения, зарегистрированного в год на территории региона. Алтай.



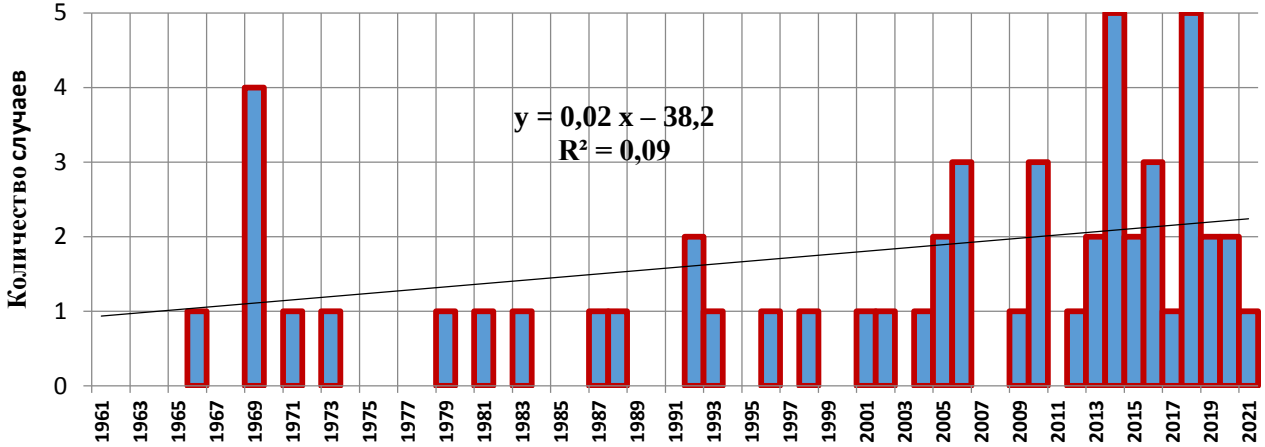
Хронологический ход величины самого крупного наводнения, зарегистрированного в год на территории региона. Саяны.

Прослеживается увеличение повторяемости и величины наводнений, особенно на современном этапе. Линейный тренд за весь период 1961-2021 гг. составляет около 0,2 кат./10 лет, а за период 1991-2021 гг. увеличивается до 0,4 кат./10 лет, т.е. в дальнейшем следует ожидать увеличения частоты наводнений с более высокой категорийностью.

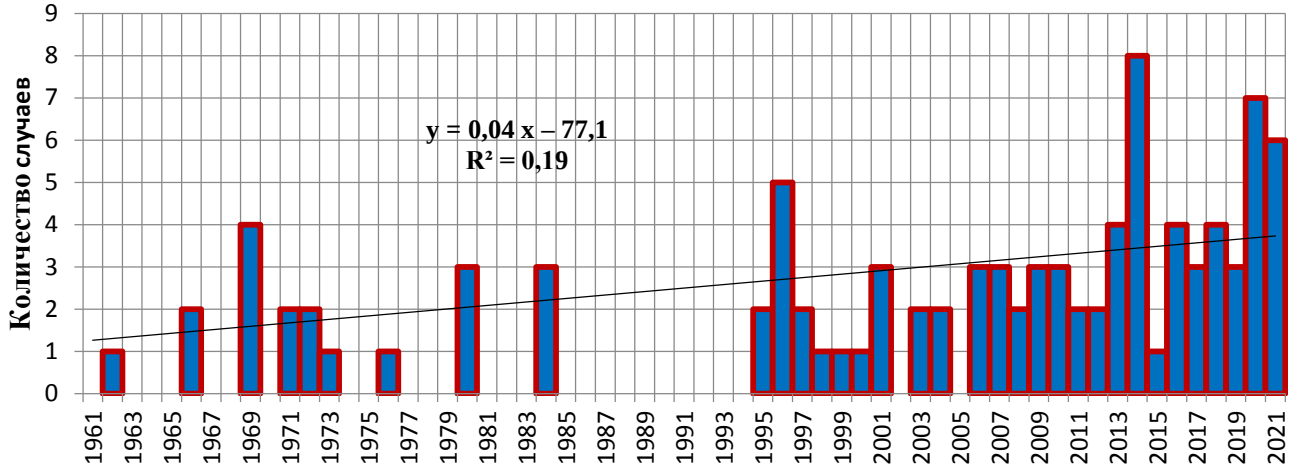
В Саянской горной стране также прослеживается тенденция роста наводнений по величине за период 1961-2021 гг., но с более слабым показателем тренда 0,1 кат./10 лет за весь период с 1961 по 2021 годы, увеличивающимся до 0,3 кат./10 лет на современном этапе.

Этап 3

Можно констатировать, что в данном регионе наблюдается сочетанная положительная тенденция роста наводнений и по величине и по частоте проявлений.



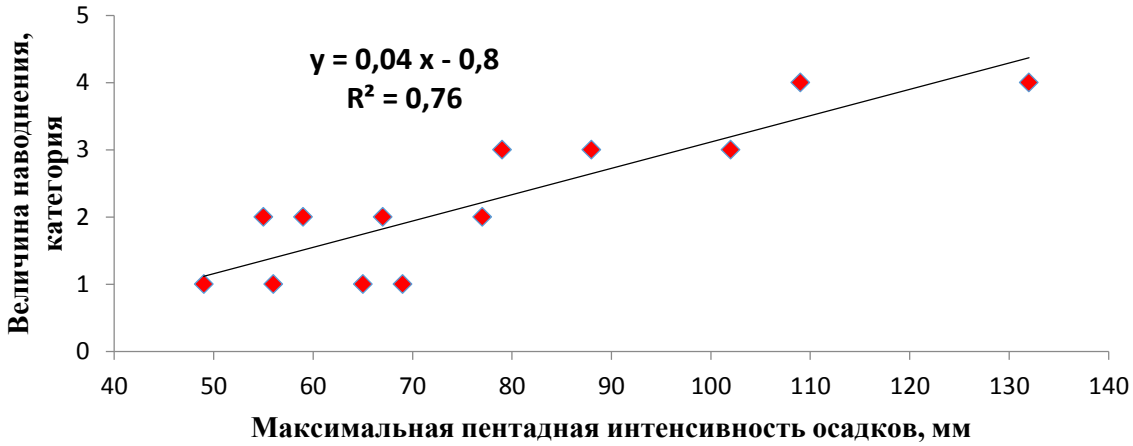
Хронологический ход количества зарегистрированных наводнений в год по времени и локализации (в разное время года или в одно и то же время, но в разных частях региона). Алтай.



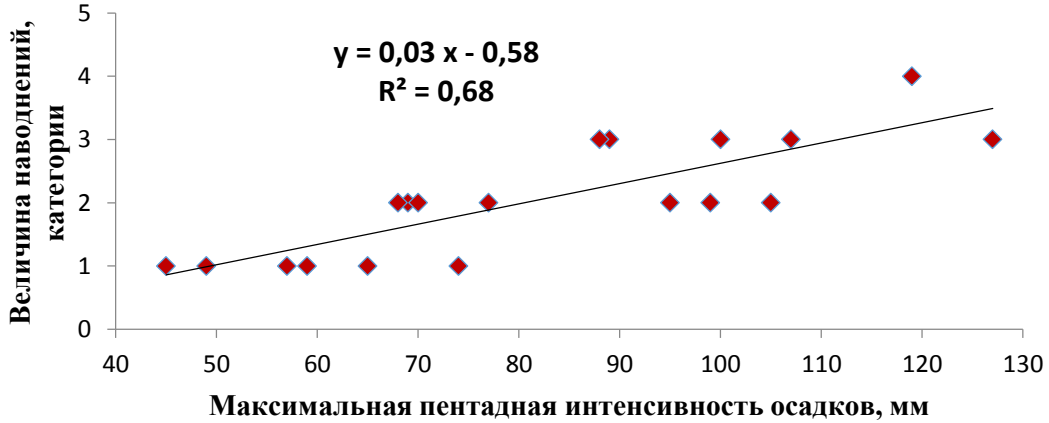
Хронологический ход количества зарегистрированных наводнений в год по времени и локализации (в разное время года или в одно и то же время, но в разных частях региона). Саяны.

Этап 3

Обнаруживается весьма плотная связь величин, характеризующих осадки и наводнения, причем увеличение аномальности первых явно влечет за собой увеличение наводнений и по частоте и по величине.



Вид взаимосвязи между максимальной интенсивностью пентадных (5-суточных) осадков (влияющий фактор) и величиной наводнений по приведенной в разделе 3.1 их классификации (результирующий фактор). Алтай.



Вид взаимосвязи между максимальной интенсивностью пентадных (5-суточных) осадков (влияющий фактор) и величиной наводнений по приведенной в разделе 3.1 их классификации (результирующий фактор). Саяны.

Расчет климатической уязвимости производился путем перехода к безразмерным климатическим индексам. Были построены схемы региона с территориальным распределением степени климатической уязвимости природной и социальной среды.

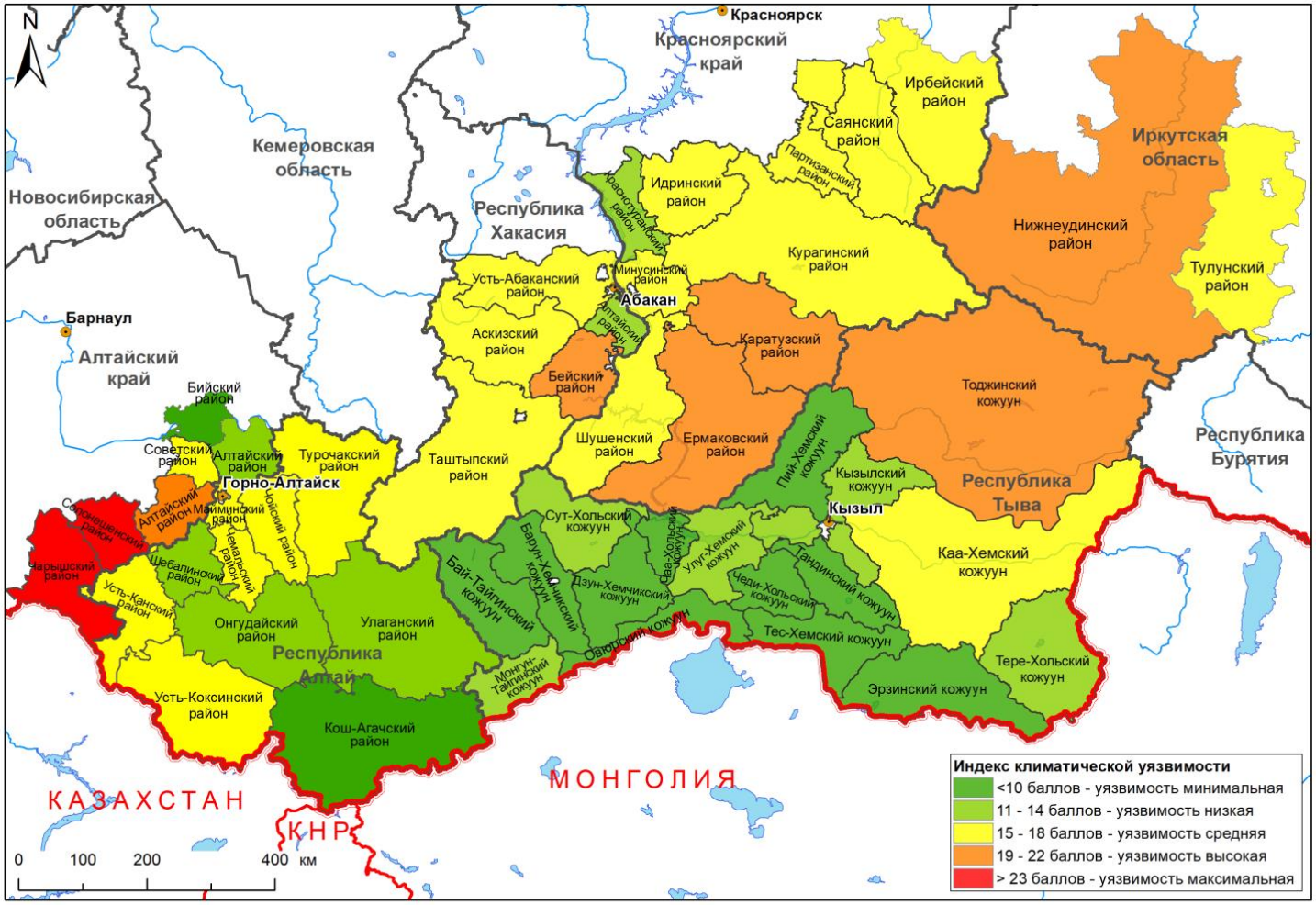


Схема районирования региона исследования по степени климатической уязвимости природной среды

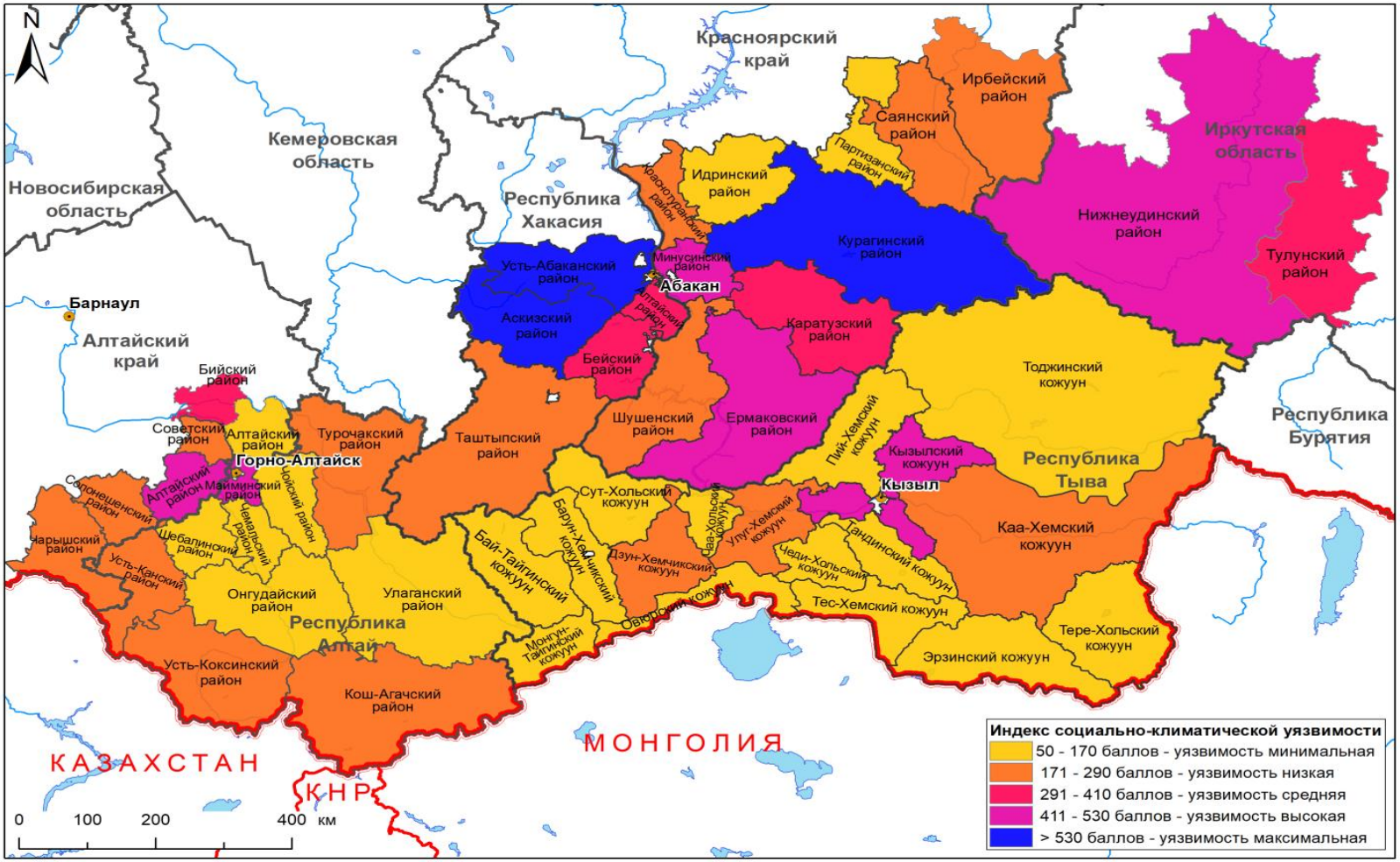


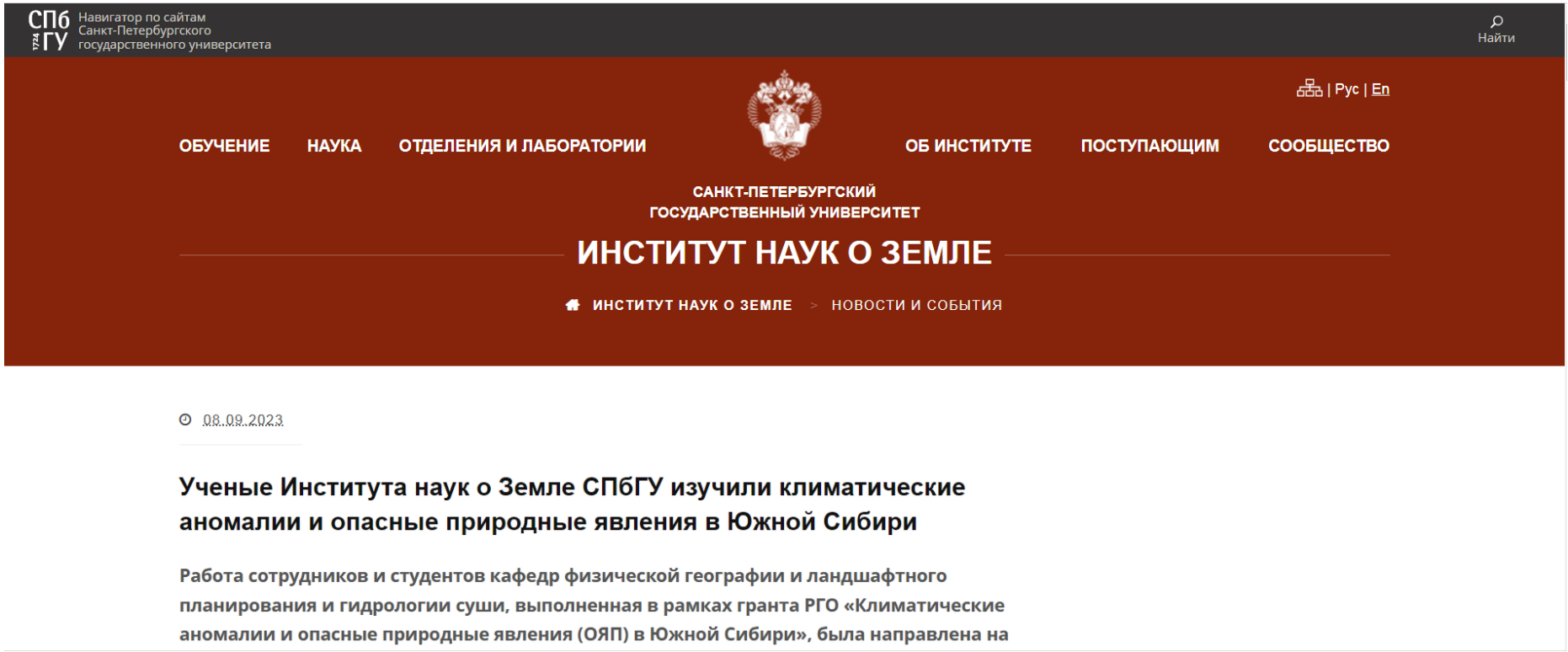
Схема районирования региона исследования по степени климатической уязвимости социальной среды

ВЫВОДЫ

- Положительные тренды изменений основных фоновых климатических характеристик (средняя годовая температура воздуха, средняя месячная температура воздуха, суммы годовых осадков и др.) в последние десятилетия на всей территории Алтая и Саян приводят к увеличению числа и величин их аномальных показателей. Климатические аномалии в наибольшей степени влияют на частоту и масштабы опасных природных явлений.
- Для Алтая и Саян главным фактором возникновения и масштабов проявления опасных природных явлений являются аномалии атмосферных осадков, которые наиболее объективно характеризуются показателями интенсивности осадков.
- Положительные тренды изменений климатических аномалий и соответствующего роста случаев ОПЯ имеют различные скорости проявления.
- По сравнению с периодом «климатической нормы» на современном этапе в некоторых районах Алтае-Саянского региона наблюдается ускорение процесса роста числа климатических аномалий.
- На всей территории Алтая и Саян с различной скоростью для отдельных районов возрастает климатическая уязвимость природной и социальной среды. Изменения природных систем имеют наибольшие величины в районах северо-западных и северных предгорий, и крупных субмеридиональных долин, ослабевая к юго-востоку от Великого Азиатского водораздела. Социальные последствия изменений в большой степени связаны с населённостью отдельных районов Алтая и Саян.

ОСВЕЩЕНИЕ ПРОЕКТА В СМИ

По результатам выполненных работ по проекту опубликована статья на сайте Института наук о Земле СПбГУ от 08.09.2023
Ссылка: https://earth.spbu.ru/news-events/news_3184.html



ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов В. А., Лесных В. В., Соколов Ю. И. Риски катастрофических наводнений на территории России в начале XXI века: анализ и управление // Оценка и управление природными рисками. – Том 1. – М.: Изд-во РУДН, 2013. – С. 293-297.
2. Бабурин В.Л., Бадина С.В., Сократов С.А., Хисматуллин Т.И., Шныпарков А.П. Селевой риск в Алтае-Саянской горной системе // Материалы IV Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита». – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016. – 224 с.
3. Бузин В.А. Опасные гидрологические явления. Учебное пособие. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2008. – 228 с.
4. Войтковский К.Ф. Лавиноведение. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 189 с.
5. Галахов В.П., Легачева Н.М., Рудыка И.Ю. Оценка осадков половодья с помощью орографической добавки к скорости вертикальных движений (на примере реки Абакан) // Изв. АО РГО. – 2017. – № 1 (44). – С. 60-66.
6. География лавин / Под ред. С.М. Мягкова, Л.А. Канаева. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 334 с.
7. Государственный доклад. О состоянии окружающей среды Республики Хакасия в 2014 г. / Департамент по охране окружающей среды Министерства промышленности и природных ресурсов Республики Хакасия. – Абакан, 2015. – 201 с.
8. Достовалова М.С., Оползневые процессы – один из ярких представителей климатических рисков на территории Республики Алтай // Природные ресурсы Горного Алтая. – 2021. – № 1-2. – С. 50-61.
9. Кичигина Н.В. Наводнения Сибири: географический и статистический анализ за период климатических изменений // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. – 2021. – Т.66. – Вып.1. – С.41-61.
10. Николаева С.А., Савчук Д.А. Оценка методов дендроиндикации при датировании экзогенных гравитационных процессов прошлого в верховьях р. Актру (Горный Алтай) // Известия РАН. Серия географическая. – 2021. – Т. 85. – № 3. – С. 392-404.
11. Оганесян В.В.. Методика расчета климатической уязвимости территории на основе безразмерных климатических индексов // Труды Гидрометцентра России. – 2017. –Вып. 366. – С. 158-165.

12. Паромов В.В., Шумилова К.А., Гордеев И.Н. Условия формирования половодья большой водности и прогноз наводнения на реке Абакан // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 11. – С. 57-67.
13. Паспорт климатической безопасности Республики Алтай / Утвержден Распоряжением Правительства Республики Алтай от 01 декабря 2022 года № 874-рГ. – Горно-Алтайск, 2022. – 165 с.
14. Перечень и критерии опасных метеорологических явлений. Гидрометцентр РФ. – URL: https://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/RHM/nast-KPP-2019.pdf (дата обращение 20.03.2023).
15. Постановление Правительства РФ от 21 мая 2007 г. N 304 "О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" (с изменениями и дополнениями от 17.05.2011 и 20.12.2019 гг.).
16. Развитие транспортных сетей Сибири и Дальнего Востока с учетом опасных природных процессов и явлений / Под ред. А.Л. Шныпаркова. – М.: Изд. «Перо», 2021. – 200 с.
17. Ревякин В.С., Кравцова В.И. Снежный покров и лавины Алтая. – Томск: Изд-во Томского университета, 1977. – 216 с.
18. Севастьянов В.В. Климат высокогорных районов Алтая и Саян. – Томск: Изд. ТГУ, 1998. – 201 с.
19. Снежные лавины России, 2012. – URL: http://www.geogr.msu.ru/avalanche (дата обращения 10.06.2023).
20. Таланов Е.А.. Оценка степени эрозионного расчленения бассейнов и основные закономерности селевой опасности в горных районах // Вестник ТГУ. – 2013. – №375. – С.187-193.
21. Федоровский А.С., Бортин Н.Н, Горчаков А.М., Милаев В.М. Ливневые дожди как фактор наводнений в Приморском крае // Водное хозяйство России. – 2019. – № 4. – С. 144-168.
22. Шиянов В.А. Максимальный сток весеннего половодья реки Абакан и её притоков // ВКР. НИ ТГУ ГГФ. – 2016. – С. 38-40.
23. Myhre, G., Alterskjær, K., Stjern, C.W. et al. Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming // Sci Rep 9, 16063 (2019), pp. 132-137.