

С.А. Потапова<sup>1</sup>, З.Н. Квасникова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск (Россия)

<sup>2</sup>Тувинский государственный университет, г. Кызыл (Россия)

**АНАЛИЗ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ БАССЕЙНА  
РЕКИ АК-СУГ КАК ЭТАП МОНИТОРИНГА УЯЗВИМЫХ  
ЭКОСИСТЕМ РЕСПУБЛИКИ ТУВА**

*Аннотация.* В статье представлены первые результаты многолетнего мониторинга уникальных ландшафтов Республики Тува. Для изучения влияния глобального изменения климата были выбраны ключевые участки, расположенные от таежно-тундрово-нивальных геосистем Западного Саяна до аридных пустынь Убсунурской котловины. В статье анализируются физико-географические особенности одного из северо-западных районов – бассейна малой реки Ак-Суг. Установлены особенности рельефа территории, наличие и режим поверхностных и подземных вод, изменение климатических показателей за тридцатилетний (1961-1991 гг.) и десятилетний (2009-2019 гг.) периоды, присутствие редких видов растений. На участке получили распространение экзогенные процессы (гравитационно-склоновые, криогенные), активизация которых в результате потепления климата представляет опасность для природных комплексов и хозяйственной деятельности человека.

*Ключевые слова:* Тува, мониторинг, физико-географическая характеристика, рельеф, климат.

S.A. Potapova<sup>1</sup>, Z.N. Kvasnikova<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>National Research Tomsk State University, Tomsk (Russia)

<sup>2</sup>Tuvan State University, Kyzyl (Russia)

**ANALYSIS OF THE PHYSICAL AND GEOGRAPHICAL CONDITIONS  
OF THE AK-SUG RIVER BASIN IN THE PROCESS OF MONITORING  
VULNERABLE ECOSYSTEMS OF THE TUVA REPUBLIC**

*Abstract.* The article presents the key areas of the Tuva Republic, selected for long-term monitoring of the impact of global climate change on their unique landscapes. These areas are located from the taiga-tundra-nival geosystems of the Western Sayan to the arid deserts of the Ubsunur Basin. The article analyzes the physical and geographical features of one of the North-Western regions - the basin of the small river Ak-Sug and shows the features of the terrain, availability and the regime of surface and underground waters, changes in climate indicators over the thirty-year period, the presence of rare species of plants. As a result, the area revealed the spread of exogenous processes (gravity-slope, cryogenic), the activation of which as a result of climate warming is dangerous for natural complexes and economic activities.

*Keywords:* Tuva, monitoring, physical and geographical characteristics, relief, climate.

**Введение**

Республика Тува – один из немногих регионов нашей страны, где на небольшой территории, сохранилось значительное разнообразие природных ландшафтов. Прежде всего, это предопределено географическим положением в центре Азии, сложным геоморфологическим строением территории, контрастностью климатических условий, отсутствием крупных промышленных предприятий и в целом относительно малой антропогенной нагрузкой. Разнооб-

разие природных ландшафтов, обусловленное положением территории на границе южно-сибирской тайги и центрально азиатских пустынь, нашло отражение и в видовом разнообразии. Более 130 видов относятся к редким и исчезающим, многие из них являются эндемиками Тувы. Во флоре Тувы отмечено 2066 вида растений из них более 10 % эндемики, 174 вошли в красную книгу Республики Тыва. Здесь отмечены 28 редких для Сибири растительных сообществ, расположены два государственных заповедника – Азас и Убсунурская котловина [8]. Территория Тувы входит в состав 200 мировых горячих экорегионов WF - «Алтае-Саянские горные леса». В этой связи, проблема всестороннего системного изучения и сохранения уязвимых комплексов и биоразнообразия уникальной и имеющей глобальную значимость территории Тувы, относится к числу неоспоримых приоритетов мирового уровня.

Для организации многолетних мониторинговых исследований на территории Тувы в ходе предполетных камеральных работ и рекогносцировочных экспедиций летом и осенью 2020 года проведена инвентаризация объектов-индикаторов климатических изменений, а также подобраны площадки с учетом ландшафтного разнообразия республики и степени антропогенного преобразования. Всего таких мониторинговых площадок – 6, они расположены по трансекте меридионального направления от высокогорных ландшафтов Западного Саяна до полупустынь Убсунурской котловины [5].

### **Объект, цель, материалы и методы исследования**

Одна из шести мониторинговых площадок расположена на северо-западе Республике Тува, в бассейне р. Ак-Суг (рис. 1). В административном отношении исследуемая территория относится к Барун-Хемчинскому кожууну. Площадь изучаемого участка составляет около 1200 км<sup>2</sup>. В географическом отношении исследуемая территория расположена в поясе гор Южной Сибири, в пределах южного макросклона горной цепи Западный Саян, на Алашском плато. На этом участке располагаются природные ландшафты, объекты и свойства которых (снежники, положение снеговой линии и верхней границы леса и др.) отчетливо реагируют на климатические изменения. Кроме того, предполагается мониторинг за развитием опасных экзогенных процессов, среди которых распространены гравитационно-склоновый, чаще представленный обвалами и осыпями, флювиальный (сели в пределах долины реки и временных водотоков), а также криогенный класс (солифлюкция, термокарст).

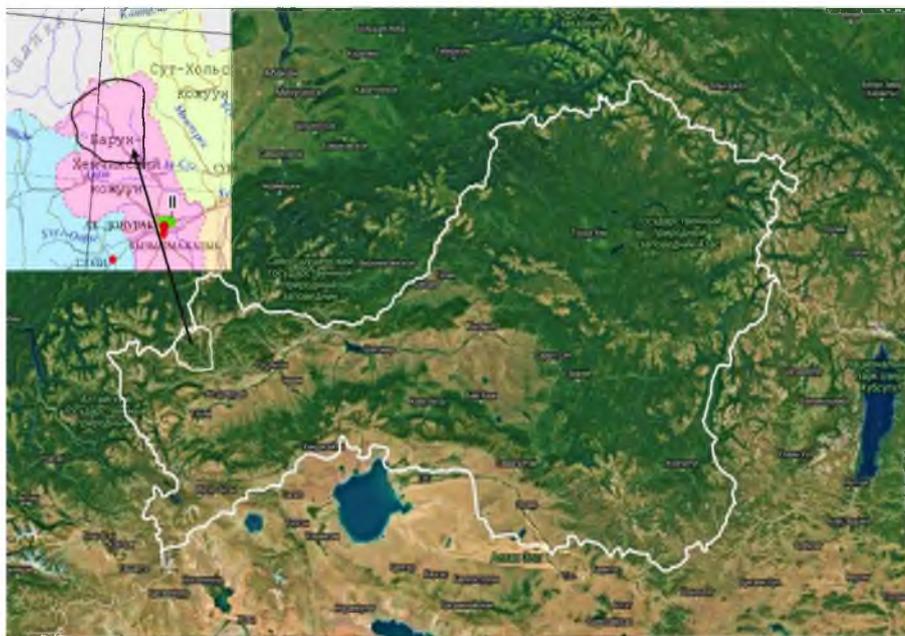


Рис. 1. Местоположение мониторингового участка на территории Тувы

Целью нашей работы является анализ физико-географических условий ключевого участка – бассейна р. Ак-Суг как одного из этапов мониторинга уязвимых экосистем и природно-антропогенных процессов в период глобального потепления климата.

На основе дешифрирования разновременных космических снимков, в том числе мультиспектральных Landsat с пространственным разрешением 30 м/пиксель, среднемасштабных топографических карт были определены границы и морфометрические характеристики мониторингового ключевого участка. В бассейне р. Ак-Суг были проведены исследования, с использованием как традиционных методов в географических науках (полевые комплексные физико-географические), так и современных картографических (ГИС).

Установлены измерительные комплексы важнейших климатических показателей (логгеры): датчики температуры и влажности. Эти системы автоматического мониторинга позволяют удаленную автономную регистрацию и сбор данных. Создана база данных космических снимков, топографических и тематических карт, фотографий и других материалов, полученных во время проведения всех этапов исследования (предполевой, полевой, камеральный).

### **Результаты исследований и обсуждение**

В геологическом отношении изучаемая территория принадлежит к Алтайско-Саянским складчато-глыбовым геоструктурам, которые обрамляют с юго-запада Сибирскую платформу. По современной структуре Западный Саян является крупным сводо-блоковым поднятием, испытывающим дифференцированные движения в различных блоках [4], сложен он преимущественно породами кембрия и силура, относится к каледонским сооружениям.

Согласно карте геоморфологического районирования России, исследуемая территория входит в состав Южносибирской геоморфологической страны, в Кузнецко-Тувинскую провинцию разновысотных гор, нагорий и глубоких котловин, в область Западный Саян, которая является сложным горстом с узкими котловинами байкальского типа, с глубоко- и сильно расчлененными эрозионно-денудационными местами ледниково-эрозионными средневысотными и высокими горами [11]. Макроформой рельефа на исследуемой территории выступает южный склон Западного Саяна, а мезоформой – бассейн реки Ак-Суг. В соответствии с основными типами рельефа по С.С. Воскресенскому (1962) [1], в зависимости от структурных особенностей и проявления тех или иных экзогенных процессов, обусловленных различием климатических условий на исследуемой территории можно выделить:

I. Средневысотное гляциальное нагорье (абсолютные высоты 1600–3500 м);

II. Средневысотные нагорья с плоскими вершинами и эрозионными долинами (абсолютные высоты 1500–2500);

III. Поймы, пойменные и низкие надпойменные террасы крупных рек.

Основные геоморфологические структуры, характерные для исследуемой территории:

I. Высокогорный ярус, расположенный на высотах более 2500 м. В пределах этого яруса широкое развитие имеют реликтовые поверхности выравнивания, останцовые массивы древнего денудационного рельефа;

II. Среднегорный ярус, расположенный в диапазоне высот от 1500 до 2500 м. Здесь наиболее распространен эрозионно-денудационный рельеф, различающийся по крутизне склонов, глубине и дробности эрозионного расчленения;

III. Низкогорный ярус, расположенный в пределах 1000–1500 м. В данном ярусе доминирует молодой неоген-четвертичный эрозионный рельеф, который представляет собой сочетание крутых скалистых склонов и узких водоразделов, приуроченный к подножьям активно поднимающихся хребтов, а также древний палеоген-неогеновый эрозионно-денуда-

ционный рельеф, для которого свойственно сочетание уплощенных водоразделов и неглубоких пологосклонных ложбин;

#### IV. Долины рек [по 8].

Доминирующими экзогенными рельефообразующими процессами в пределах исследуемого района являются гравитационно-склоновые (обвалы, осыпи и т.д.). Так, недалеко от перевала «Сотка» на крутом склоне хребта Западного Саяна нами зафиксирована свежая осыпь рядом с автомобильной трассой 93 К-01 «Ак-Довурак–Абаза» (рис. 2). Также локально наблюдаются формы рельефа, обусловленные термодинамическими (криогенный класс) процессами (солифлюкция, термокарст и т.д.), овражной и русловой эрозией на склонах, сложенных рыхлыми отложениями, интенсивное размытие происходит в основном во время снеготаяния и ливневых дождей

Для проведения анализа морфометрических показателей рельефа исследуемой территории нами был составлен ряд геоморфологических карт (рис. 3) с использованием полнофункционального комплекса ArcGis 10.6 (ESRI Inc.) и свободной географической информационной системы Quantum GIS 3.14, на основе топографической карты масштаба 1: 100 000 (издание 1985 г., по состоянию местности на 1975 г.), а также данных радарной интерферометрической топографической спутниковой съемки SRTM (Shuttle radar topographic mission).



Рис. 2. Обвально-осыпные процессы на склонах гор Западного Саяна  
(фото З.Н. Квасниковой, 2020)

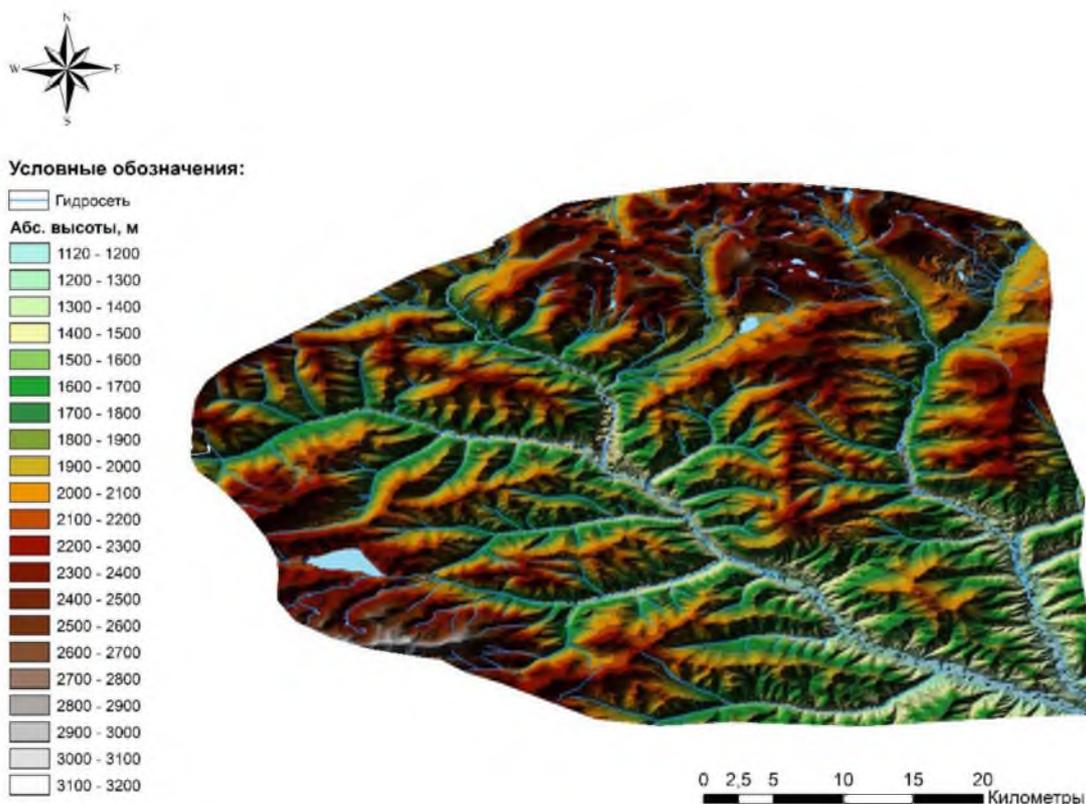


Рис. 3. Гипсометрическая карта исследуемой территории (автор С.А. Потапова, 2020)

Абсолютные высоты на исследуемой территории изменяются от 1120 до 3122 м. Амплитуда высот составляет 2002 м. Средняя высота составляет около 1933 м. Наибольшую площадь занимают высоты от 2000 до 2200 м (26,93 % от общей площади), наименьшую – от 2900 м и выше (0,13 % от общей площади).

В соответствии с градацией поверхностей по крутизне склонов для горных территорий, В.К. Жучковой и Э. М. Раковской [3] нами проведен анализ территории бассейна р. Ак-Суг: наибольшую площадь занимают покатые склоны – 39,2 % от общей площади, они достаточно равномерно распределены по исследуемой территории. Чуть больше 20 % занимают как склоны средней крутизны, так, как и пологие склоны. Наименьшая площадь представлена скалистыми склонами – менее 1 % и очень крутыми склонами – 0,1 %, они характерны для высших точек высокогорного яруса.

Анализируя карту экспозиции склонов можно сделать вывод, что склоны южной 19,5%, северной 16,4 %, а также юго-восточной экспозиции – 12,9 % занимают территории соизмеримые по площади. Наименьшее распространение имеют склоны западной экспозиции – 6,7 %. Также присутствуют выровненные участки – 2,5 % от всей площади, они соответствуют самым низким гипсометрическим уровням, днищам котловин.

При анализе территории с использованием классификации типов геоморфологических структур [8] на исследуемом участке было выделено 4 основных типа: долины рек, низкогорный ярус, среднегорный ярус, высокогорный ярус. Мониторинговая территория представлена в основном среднегорным геоморфологическим ярусом (высоты от 1500 до 2500 м). Данный ярус занимает примерно 1090 км<sup>2</sup> (87,4 % от всей площади исследуемого участка). Значительно меньшие площади приходятся на высокогорный (высоты более 2500 м) и низкогорный (высоты от 1000 до 1500 м) ярусы: 32,9 км<sup>2</sup> (2,7 %) и 125 км<sup>2</sup> (10 %) соответственно, в совокупности они занимают 12,7 % площади исследуемого участка.

Высокогорный ярус расположен в юго-западной части территории и представлен хребтом Артыш и его высшей точкой горой Кызыл-Тайга, а также в северо-восточной части, где расположен хребет Сайлыг-Хем-Тайга и гора Мунгаш-куль. Высшей точкой на исследуемой

территории является гора Кызыл-Тайга – высота 3122,2 м, наиболее низкие высотные отметки располагаются в долинах рек.

Гидрографическая сеть представлена верховьем реки Ак-Суг, ее притоками, ручьями, временными водотоками и озерами, относящимися к категории малых (площадь менее 10 км<sup>2</sup>). Всего на исследуемой территории 23 реки, включая Ак-Суг, общая длина водотоков составляет 280,96 км. Все реки принадлежат бассейну реки Енисей и относятся к горному типу. Их характерной особенностью являются узкие глубоковрезанные эрозионные долины рек и значительные уклоны русел. Питание рек смешанное (преимущественно снеговое) [10; 14]. По типу водного режима реки относятся к рекам с половодьем и дождевыми паводками теплого периода с весенне-летним половодьем и примерно равным паводочным летне-осенним периодом; устойчивой зимней меженью [19]. Самым крупным озером на исследуемой территории является Куп-Холь. Оно расположено в западной части на высоте 2172 м над уровнем моря. Озера преимущественно ледникового происхождения: каровые и моренно-подпрудные [2].

Исследуемая территория богата и подземными водами. Относится к Саяно-Алтайской гидрогеологической складчатой области, которая представляет собой систему гидрогеологических массивов (Кузнецко-Алатауский, Восточно-Саянский, Западно-Саянский, Таннуоло-Сангиленский) и межгорных артезианских и адартезианских бассейнов (Южно-Минусинский, Северо-Минусинский, Сыдо-Ербинский, Назаровский, Рыбинский, Тувинский, Убсанурский). Характерно формирование пресных и ультрапресных подземных вод, связанных с зоной выветривания пород и зонами тектонических разломов [2]. Согласно карте типизации грунтовых вод, исследуемая территория расположена в провинции болотно-торфяных сезонно-талых и мерзлых пресных кислых глеевых вод, воды почвенно-грунтовые, глубина залегания 2–5 м, по преобладающим минерализации и химизму воды пресные (0,2–1,0 г/л) [18].

Исследуемая территория входит в зону распространения многолетнемерзлых пород, которые занимают большие территории, имеют значительную мощность и оказывают влияние на условия формирования подземных вод. Основные факторы, определяющие своеобразие геокриологической обстановки: высокогорный глубоко расчлененный рельеф с большими амплитудами абсолютных высот, обусловленный активными продолжающимися и в настоящее время восходящими движениями земной коры, а также отчетливо выраженная вертикальная климатическая зональность, обусловившая закономерное высотное изменение геокриологических условий. До высот 1200 м многолетнемерзлые породы имеют прерывистое распространение, температура от 0°С до -3°С, мощность сезонно талого слоя не превышает 250 см. На высотах более 1500–1800 м многолетнемерзлые породы имеют практически сплошное распространение. Водопоглощающие и водовыводящие сквозные талики приурочены к днищам долин и ваннам озер по зонам тектонических нарушений. Мощность криогенной толщи увеличивается с высотой и достигает 800–1000 м в осевых частях горных хребтов [2]. В пределах участка распространены мезоформы рельефа связанные с многолетнемерзлыми породами – булгунняхи и термокарстовые впадины (рис. 4).



Рис. 4. Термокарстовые формы рельефа в долине р. Ак-Суг (фото З.Н. Квасниковой, 2020)

Согласно карте климатического районирования России, исследуемая территория расположена в умеренном климатическом поясе в горной области Алтая и Саян [13]. При районировании территории России по суровости климатических условий территория была отнесена к регионам с суровыми климатическими условиями [9]. Особенности климата данной территории обусловлены сложным, достаточно расчленённым горным рельефом, значительной удаленностью от морей и океанов, условиями циркуляции атмосферы – воздействием азиатского максимума в холодное время года и азиатской депрессии в тёплое время года, а также обособленностью от соседних территорий.

Так как сеть метеостанций в Туве редкая, для характеристики климатических условий на исследуемой территории была выбрана метеорологическая станция «Тээли», потому что она расположена также, как и исследуемая территория на южном макросклоне Западного Саяна на высоте 982 м над уровнем моря. На данной метеостанции с 11.09.1960 г. проводятся метеорологические наблюдения. К сожалению наблюдения, на данной метеостанции велись нерегулярно: отсутствуют данные о температуре воздуха в период с 1966 по 1968 гг., за 1972 г., частично отсутствуют данные за 1971, 1982, 1985, 1991 гг; сведения о количестве осадков полностью отсутствуют в период с 1961 по 1972 гг., частично отсутствуют за 1982, 1985, 1992 гг. [7].

Нами проанализированы климатические показатели, зафиксированные на метеостанции «Тээли» за период с 1961 по 1991 гг. Среднегодовая температура воздуха составила  $-2,1^{\circ}\text{C}$ . Самым холодным месяцем является январь, температура воздуха  $-26,6^{\circ}\text{C}$ , самым теплым – июль, температура воздуха  $17,8^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность периода с отрицательными температурами воздуха 6 месяцев (рис. 5). Среднегодовая амплитуда температур  $44,4^{\circ}\text{C}$ .

Среднегодовое количество осадков около 140 мм. Распределение осадков по сезонам года неравномерное: большая часть выпадает в тёплый период, зимой выпадает минимальное количество осадков. Максимум приходится на июль, минимум на январь, февраль и март. Преобладающими направления ветра являются северо-восточное и восточное. Суммарная годовая солнечная радиация от 4400 до  $4800 \text{ Мдж}/\text{м}^2$  [17]. Радиационный годовой баланс  $1600-1800 \text{ мдж}/\text{м}^2$  [16].

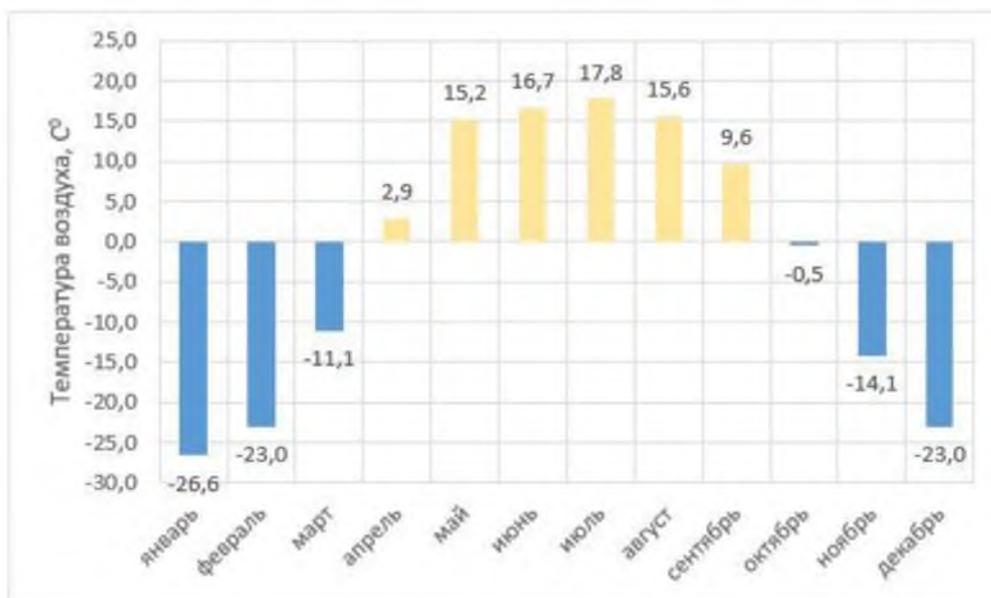


Рис. 5. Среднемесячные температуры воздуха (1961–1991)

При сравнении многолетних средних климатических показателей (за период с 1961 г. по 1991 г.) и текущих средних климатологических данных (за период с 2009 г. по 2019 г.) было выявлено, что на  $0,3^{\circ}\text{C}$  повысилась средняя температура января, и на  $1,1^{\circ}\text{C}$  повысилась средняя температура июля. Продолжительность периода с отрицательными средними температурами сократилась на один месяц в сравнении с многолетней нормой и составляет 5 месяцев. Годовая амплитуда температур возросла до  $45,2^{\circ}\text{C}$ .

Среднегодовая температура возросла на  $1,4^{\circ}\text{C}$  и составляет  $-0,7^{\circ}\text{C}$ . Тренд роста среднегодовой температуры сохраняется (рис. 6). Увеличилось также количество осадков: среднее значение 215 мм, что выше среднегодовой нормы на 75 мм.

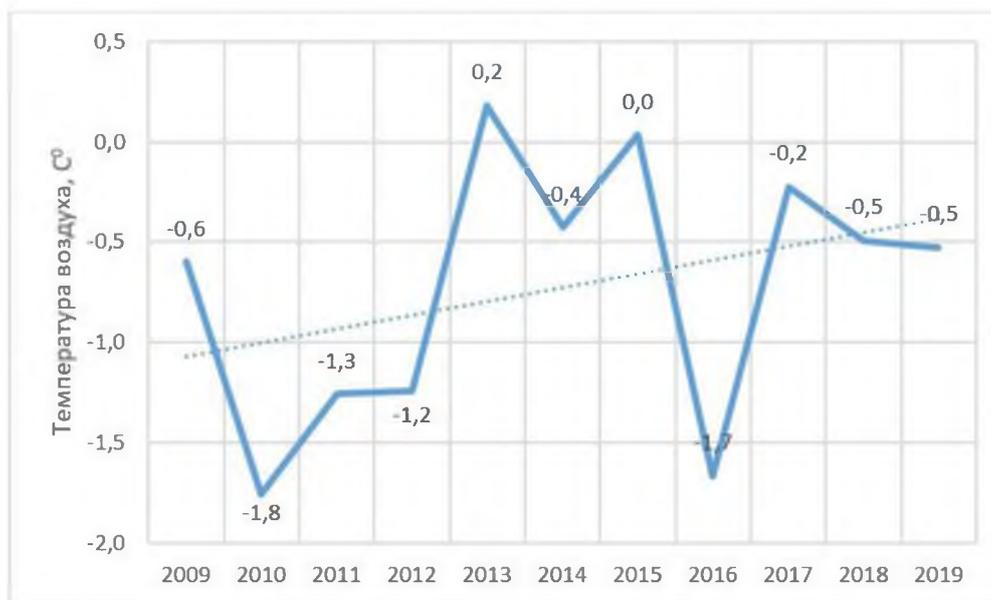


Рис. 6. Среднегодовые температуры воздуха (2009–2019)

Таким образом, можно сделать вывод, что в целом изменение климата в пределах исследуемой территории совпадает как с общемировой тенденцией к потеплению, так и с региональной. Данные климатические изменения могут привести к дальнейшему сокращению площади современного оледенения, уменьшению речного стока, изменению условий суще-

ствования отдельных уязвимых видов растений и животных и к другим негативным последствиям.

Согласно карте почвенно-географического районирования, исследуемая территория относится к суббореальному географическому поясу, к центральной лиственный-лесной, лесостепной и степной почвенно-климатической области, к почвенно-климатической фации умеренных длительно промерзающих почв Тувинско-Южно-Забайкальской почвенной провинции [15].

На исследуемой территории в сложении форм современного рельефа принимают участие главным образом аллювиальные, делювиальные, пролювиальные, моренные и флювиогляциальные четвертичные отложения. Делювиальные и пролювиально-делювиальные отложения являются одной из главных групп рыхлых четвертичных отложения, послуживших материнскими породами почв района. Такие отложения распространены на покатых склонах гор, седловинах, широких ложбинах и других вогнутых поверхностях на вершинах хребтов и плоскогорий. Аллювиальные и пролювиально-аллювиальные отложения имеют широкое распространение в речных долинах [6].

Согласно почвенной карте Республики Тува, на исследуемой территории встречаются следующие зональные типы почв: горные черноземы; горно-таежные дерновые неоподзоленные и слабо оподзоленные; горно-таежные перегнойные кислые неоподзоленные (длительно-сезонно-мерзлотные); горные лугово-степные; горно-луговые; горно-тундровые перегнойные; горно-тундровые светлые слабогумусированные (с частым распространением примитивных каменистых почв, мерзлотных образований глыбовых скоплений и скальных выходов пород.

В целом формирование растительности Тувы происходило под достаточно сильным влиянием окружающих территорий, отмечается флористическая близость к Алтаю и Монголии. Современное распределение основных типов растительности сопряжено с рельефом, а существенными геоботаническими закономерностями являются наличие вертикально-поясных смен и экспозиционная асимметрия растительного покрова [6]. Согласно карте зон и типов поясности растительности, исследуемая территория относится к бореальному (таежному) Саяно-Тувинскому типу поясности растительности гор [12].

На изучаемом участке отчетливо выражены три пояса растительности: степной, лесной, тундровый. Степной пояс растительности имеет верхнюю границу на высоте около 1500 м. На исследуемой территории представлен он остепненными лугами. Лесной пояс представлен в основном лиственными лесами с травяно-кустарниковым подлеском, местами с примесью кедра. Верхняя граница проходит на высоте 1900-2200 м. Выше господствует тундровая растительность.

## **Выводы**

Разнообразие физико-географических факторов определяет высокую мозаичность природных условий Республики Тувы. Основными факторами являются местоположение в центре Азии и сложный рельеф. В различных частях Республики они формируют особые климатические условия, гидрологический режим и почвенный покров, что приводит к формированию специфического флористического состава. Для детального крупномасштабного исследования выбраны ключевые участки, среди которых бассейн реки Ак-Суг. В долине реки распространены бугры пучения (булгуняхи), термокарстовые котловины; на склонах горных хребтов Западного-Саяна активно развивается солифлюкция, оползни, осыпи и другие опасные природные процессы. Реакция перечисленных объектов и процессов на глобальные климатические изменения не вызывает сомнений, поэтому они и являются основными объектами ландшафтно-экологического мониторинга.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 2°-67-46°18)*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воскресенский С.С. Геоморфология Сибири. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1962. – 352 с.
2. Гидрогелология СССР. Том 18. Красноярский край и Тувинская АССР. – М.: Изд-во Недр, 1972. – 479 с.
3. Жучкова В.К., Раковская Э.М. Методы комплексных физико-географических исследований. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 368 с.
4. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Алтае-Саянская горная область / Под ред. С.А. Стрелкова и В.В. Вдовина. – М.: Наука, 1969. – 420 с.
5. Кирпотин С.Н., Квасникова З.Н., Перегон А.М., Ховалыг А.О., Потапова С.А., Логинова М.А., Веневитина С.А., Кара-Сал А.М. Ландшафтно-экологический мониторинг репрезентативных ключевых участков Республики Тыва // Материалы международной научно-практической конференции «Развитие ТувГУ в XXI веке: интеграция образования, науки и бизнеса», посвященной 25-летию Тувинского государственного университета (30 октября 2020 г.). – Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2020. – С. 189–191.
6. Носин В.А. Почвы Тувы. – М.: Издательство АН СССР, 1963. – 348 с.
7. Потапова С.А., Квасникова З.Н. Климатические изменения в бассейне реки Ак-Суг (Республика Тыва) // Материалы международной научно-практической конференции «Развитие ТувГУ в XXI веке: интеграция образования, науки и бизнеса», посвященной 25-летию Тувинского государственного университета (30 октября 2020 г.). – Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2020. – С. 186–189.
8. Природные ресурсы Республики Тыва. Том I / А.Д. Самбуу, И.М. Красноборов, В.В. Севастьянов и др. Отв. ред. В.И. Котельников. – Новосибирск: Изд-во Гарамонд, 2018. – 488 с.
9. Заболотник С.И. Районирование территории России по суровости климатических условий. URL: [http://imz-2000.narod.ru/ygn\\_7.html](http://imz-2000.narod.ru/ygn_7.html) (Дата обращения 12.09.2020).
10. Карта «Водосборные бассейны». Масштаб 1 : 30 000 000 / Национальный Атлас России. Том 2. Природа. Экология. URL: <https://национальныйатлас.рф.html> (Дата обращения 15.10.2020).
11. Карта «Геоморфологическое районирование» Масштаб 1 : 15 000 000 / Национальный Атлас России. Том 2. Природа. Экология. URL: <https://национальныйатлас.рф> (Дата обращения 06.10.2020).
12. Карта «Зоны и типы поясности растительности». Масштаб 1 : 30 000 000 / Национальный Атлас России. Том 2. Природа. Экология. URL: <https://национальныйатлас.рф.html> (Дата обращения 24.10.2020).
13. Карта «Климатическое районирование». Масштаб 1 : 15 000 000 / Национальный Атлас России. Том 2. Природа. Экология. URL: <https://национальныйатлас.рф.html> (Дата обращения 11.09.2020).
14. Карта «Питание и внутригодовое распределение стока рек». Масштаб 1 : 30 000 000 / Национальный Атлас России. Том 2. Природа. Экология. URL: <https://национальныйатлас.рф.html> (Дата обращения 15.10.2020).
15. Карта «Почвенно-географическое районирование». Масштаб 1 : 15 000 000 / Национальный Атлас России. Том 2. Природа. Экология. URL: <https://национальныйатлас.рф.html> (Дата обращения 02.11.2020).
16. Карта «Радиационный баланс. Год.». Масштаб 1 : 30 000 000 / Национальный Атлас России. Том 2. Природа. Экология. URL: <https://национальныйатлас.рф.html> (Дата обращения 14.09.2020).
17. Карта «Суммарная солнечная радиация. Год.». Масштаб 1 : 40 000 000 / Национальный Атлас России. Том 2. Природа. Экология. URL: <https://национальныйатлас.рф.html> (Дата обращения 29.09.2020).

18. Карта «Типизация грунтовых вод». Масштаб 1 : 30 000 000 / Национальный Атлас России. Том 2. Природа. Экология. URL: <https://национальныйатлас.рф.html> (Дата обращения 15.10. 2020).

19. Карта «Типы водного режима рек». Масштаб 1 : 30 000 000 / Национальный Атлас России. Том 2. Природа. Экология. URL: <https://национальныйатлас.рф.html> (Дата обращения 15.10. 2020).

## REFERENCES

1. Voskresenskij S.S. *Geomorfologija Sibiri* [Geomorphology of Siberia]. Moscow, Moscow Univ. Publ., 1962. 352 p.

2. *Gidrogeologija SSSR. Tom 18. Krasnojarskij kraj i Tuvinskaja ASSR* [Hydrogeology of the USSR. Volume 18. Krasnoyarsk Territory and Tuva ASSR]. Moscow, Nedra Publ., 1972. 479 p.

3. Zhuchkova V.K., Rakovskaja Je.M. *Metody kompleksnyh fiziko-geograficheskikh issledovanij* [Methods of complex physical and geographical research]. Moscow, Akademija, 2004. 368 p.

4. *Istorija razvitiya rel'efa Sibiri i Dal'nego vostoka. Altae-Sajanskaja gornaja oblast'* [The history of the development of the relief of Siberia and the Far East. Altai-Sayan mountainous region]. Edited by S.A. Strelkov, V.V. Vdovin. Moscow, Nauka, 1969. 420 p.

5. Kirpotin S.N., Kvasnikova Z.N., Peregon A.M., Hovalyg A.O., Potapova S.A., Loginova M.A., Venivitina S.A., Kara-Sal A.M. Landshaftno-jekologicheskij monitoring reprezentativnyh kljuchevyh uchastkov Respubliki Tyva [Landscape and ecological monitoring of representative key areas of the Tyva Republic]. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Razvitie TuvGU v XXI veke: integracija obrazovanija, nauki i biznesa», posvjashhennoj 25-letiju Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta (30 oktjabrja 2020 g.)* [Materials of the international scientific-practical conference "Development of TuvSU in the XXI century: integration of education, science and business", dedicated to the 25th anniversary of Tuva State University (October 30, 2020)]. Kyzyl, TuvGU Publ., 2020. pp. 189–191.

6. Nosin V.A. *Pochvy Tuvy* [Tuva soils]. Moscow, AN SSSR Publ., 1963. 348 p.

7. Potapova S.A., Kvasnikova Z.N. Klimaticheskie izmenenija v bassejne reki Ak-Sug (Respublika Tyva) [Climatic changes in the Ak-Sug river basin (Tyva Republic)]. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Razvitie TuvGU v XXI veke: integracija obrazovanija, nauki i biznesa», posvjashhennoj 25-letiju Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta (30 oktjabrja 2020 g.)* [Materials of the international scientific-practical conference "Development of TuvSU in the XXI century: integration of education, science and business", dedicated to the 25th anniversary of Tuva State University (October 30, 2020)]. Kyzyl, TuvGU Publ., 2020. pp. 186–189.

8. *Prirodnye resursy respubliky Tyva*. Tom I. – A.D. Sambuu, I.M. Krasnoborov, V.V. Sevast'janov i dr. Otv. red. V. I. Kotel'nikov [Natural resources of the Tyva Republic. Volume I.]. Novosibirsk, Garamond Publ., 2018. 488 p.

9. Zabolotnik S.I. *Rajonirovanie territorii Rossii po surovosti klimaticheskih uslovij* [Zoning of the territory of Russia according to the severity of climatic conditions]. URL: [http://imz-2000.narod.ru/ygn\\_7.html](http://imz-2000.narod.ru/ygn_7.html) (accessed 12 September 2020).

10. Karta «Vodosbornye bassejny». Masshtab 1 : 30 000 000 [Catchment Areas map. Scale 1 : 30 000 000]. *Nacional'nyj Atlas Rossii. Tom 2. Priroda. Jekologija* [National Atlas of Russia. Volume 2. Nature. Ecology]. Available at: <https://nacional'nyjatlas.rf.html> (accessed 15 October 2020).

11. Karta «Geomorfologicheskoe rajonirovanie» Masshtab 1 : 15 000 000 [Map "Geomorphological zoning" Scale 1: 15 000 000]. *Nacional'nyj Atlas Rossii. Tom 2. Priroda. Jekologija* [National Atlas of Russia. Volume 2. Nature. Ecology]. Available at: URL: <https://nacional'nyjatlas.rf> (accessed 06 October 2020).

12. Karta «Zony i tipy pojasnosti rastitel'nosti». Masshtab 1 : 30 000 000 [Map "of the Areas and types of zones of vegetation". Scale 1: 30 000 000]. *Nacional'nyj Atlas Rossii. Tom 2. Priroda*.

*Jekologija* [National Atlas of Russia. Volume 2. Nature. Ecology]. URL: <https://nacional'nyjatlas.rf.html> (accessed 24 October 2020).

13. Karta «Klimaticheskoe rajonirovanie». Masshtab 1 : 15 000 000 ["Map of climatic regionalization". Scale 1 : 15 000 000]. *Nacional'nyj Atlas Rossii. Tom 2. Priroda. Jekologija* [National Atlas of Russia. Volume 2. Nature. Ecology]. Available at: URL: <https://nacional'nyjatlas.rf.html> (accessed 11 September 2020).

14. Karta «Pitanie i vnutrigodovoe raspredelenie stoka rek». Masshtab 1 : 30 000 000 [Map "Nutrition and intra-annual distribution of river flow". Scale 1: 30 000 000]. *Nacional'nyj Atlas Rossii. Tom 2. Priroda. Jekologija* [National Atlas of Russia. Volume 2. Nature. Ecology]. Available at: URL: <https://nacional'nyjatlas.rf.html> (accessed 15 October 2020).

15. Karta «Pochvenno-geograficheskoe rajonirovanie». Masshtab 1 : 15 000 000 [Map "Soil-geographical zoning". Scale 1 : 15 000 000]. *Nacional'nyj Atlas Rossii. Tom 2. Priroda. Jekologija* [National Atlas of Russia. Volume 2. Nature. Ecology]. Available at: URL: <https://nacional'nyjatlas.rf.html> (accessed 02 November 2020).

16. Karta «Radiacionnyj balans. God.». Masshtab 1 : 30 000 000 [Map "Radiation balance. Year.". Scale 1: 30 000 000]. *Nacional'nyj Atlas Rossii. Tom 2. Priroda. Jekologija* [National Atlas of Russia. Volume 2. Nature. Ecology]. Available at: URL: <https://nacional'nyjatlas.rf.html> (accessed 14 September 2020).

17. Karta «Summarnaja solnechnaja radiacija. God.». Masshtab 1 : 40 000 000 [Map "Total solar radiation. Year.". Scale 1 : 40 000 000]. *Nacional'nyj Atlas Rossii. Tom 2. Priroda. Jekologija* [National Atlas of Russia. Volume 2. Nature. Ecology]. Available at: URL: <https://nacional'nyjatlas.rf.html> (accessed 29 September 2020).

18. Karta «Tipizacija gruntovyh vod». Masshtab 1 : 30 000 000 [Map "Typification of ground water". Scale 1: 30 000 000]. *Nacional'nyj Atlas Rossii. Tom 2. Priroda. Jekologija* [National Atlas of Russia. Volume 2. Nature. Ecology]. Available at: URL: <https://nacional'nyjatlas.rf.html> (accessed 15 October 2020).

19. Karta «Tipy vodnogo rezhima rek». Masshtab 1 : 30 000 000 [Map "Types of water regime of rivers". Scale 1: 30 000 000]. *Nacional'nyj Atlas Rossii. Tom 2. Priroda. Jekologija* [National Atlas of Russia. Volume 2. Nature. Ecology]. Available at: URL: <https://nacional'nyjatlas.rf.html> (accessed 15 October 2020).

#### **Информация об авторах:**

Потапова София Андреевна, магистрант, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36. E-mail: [potapova2311@yandex.ru](mailto:potapova2311@yandex.ru)

Sofia A. Potapova, Master's student, National Research Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: [potapova2311@yandex.ru](mailto:potapova2311@yandex.ru)

Квасникова Зоя Николаевна, кандидат географических наук, доцент, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; ведущий научный сотрудник, Тувинский государственный университет, Россия, 667000, г. Кызыл, ул. Ленина, 36. E-mail: [zoi kwas@rambler.ru](mailto:zoi kwas@rambler.ru)

Zoya N. Kvasnikova, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, National Research Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia; Leading Researcher, Tuvan State University, Kyzyl, 667000, Russia. E-mail: [zoi kwas@rambler.ru](mailto:zoi kwas@rambler.ru)