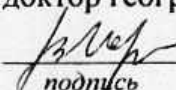


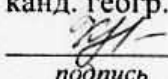
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Геолого-географический факультет

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК
Руководитель ОПОП
доктор геогр. наук, профессор

подпись В. П. Горбатенко
«25» мая 2023 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА
ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮГА
КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ LANDSAT8

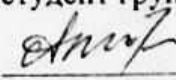
по направлению подготовки 05.04.04 Гидрометеорология
направленность (профиль) «Метеорология»

Томашова Анастасия Сергеевна

Руководитель ВКР:
канд. геогр. наук, доцент

подпись И. В. Кужевская
«25» мая 2023 г.

Научный консультант:
м.н.с., ПНИЛ Гляциоклиматологии

подпись В. В. Чурсин

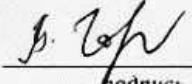
Автор работы:
студент группы № 022109

Подпись А. С. Томашова
«25» мая 2023 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Геолого-географический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП

доктор геогр. наук, профессор

 В.П. Горбатенко
«25» ^{подпись} мая 2023 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы магистранта,

Томашовой Анастасии Сергеевны

Фамилия Имя Отчество обучающегося

обучающемуся по направлению подготовки 05.04.04 Гидрометеорология,
направленность (профиль) «Метеорология»

1 Тема выпускной квалификационной работы магистранта

Оценка агроклиматических условий степной зоны юга Красноярского края с использованием данных Landsat8

2 Срок сдачи обучающимся выполненной выпускной квалификационной работы:

руководителю ОПОП – за три дня до защиты, в ГЭК – за два дня до защиты,
рецензенту за двенадцать дней до защиты, предзащита на кафедре за четырнадцать
дней до защиты

3 Исходные данные к работе:

Объект исследования - земли сельскохозяйственного назначения юга Красноярского края

Предмет исследования - агроклиматические показатели ландшафта степной зоны территории исследования в весенне-летний период

Цель исследования - оценка агроклиматических условий степной зоны юга Красноярского края с использованием данных Landsat8

Задачи:

1. Собрать и провести проверку данных с 13 метеорологических станций; 2. Провести расчет характеристик увлажнения по наземным данным; 3. По данным с Landsat8 отобрать дни с благоприятной обстановкой; 4. Отобрать точки, описать и установить их координаты, по которым будут сняты значения; 5. Провести расчеты по данным Landsat8; 6. Построить пространственные карты распределений показателей увлажнения; 6. Оценить полученные результаты

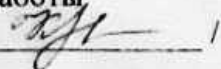
Методы исследования:

Статистический, спутниковый методы исследования

Организация или отрасль, по тематике которой выполняется работа

Руководитель выпускной квалификационной работы

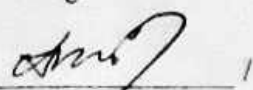
канд. геогр. наук, доцент ТГУ



И.В. Кужевская

Задание принял к исполнению

студент группы 022109



А.С. Томашова

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ.....	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1 Влияние изменения климата на агрометеорологические условия территории исследования.....	7
2 Методы и материалы исследования.....	12
2.1 Данные с наземных метеорологических станций и их обработка	12
2.2 Спутниковые данные и их обработка.....	15
3 Физико-географическое описание территории исследования	22
3.1 Описание земельных ресурсов республики Хакасия.....	24
3.2 Урожайность зерновых и зернобобовых культур, овощей открытого типа на территории исследования.....	26
4 Оценка агрометеорологических условий степной зоны юга Красноярского края.....	28
4.1 Оценка увлажненности территории по данным наземных источников.....	33
4.2 Оценка состояния растительного покрова по данным Landsat8	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ	45
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	53
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	65

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

ВИ – вегетационный индекс

ГТК – гидрометрический коэффициент Селянинова

ЕЧР – Европейская часть России

ИС – индекс сухости Будыко

К – коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова

КА – космический аппарат

MSI – Moisture Stress Index

LST – Land Surface Temperature

NDVI – Normalized Difference vegetation index

SAVI – Soil Adjusted vegetation index

ВВЕДЕНИЕ

Получение сведений о тенденциях изменения ландшафта степной зоны, оценки аграрных ресурсов юга Красноярского края обусловлено необходимостью эффективного планирования сельского и лесного хозяйства для их дальнейшего правильного функционирования. Существуют большое количество документов с оценкой аграрных ресурсов с различных точек зрения. Проводятся исследования в области дистанционного зондирования сельскохозяйственных земель на предмет обнаружения залежей, оценки выбросов CO₂ при распашке полей, оценки лесного фонда, повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

С развитием космических аппаратов (КА) осуществить мониторинг за изменением состояния почв становится легче, более того, возможно наблюдение на больших территориях, что крайне проблематично делать, используя только данные с наземных источников. Так, мониторинг состояния почвы с применением данных с КА возможен по двум спектральным отражательным свойствам – почвенного и растительного покровов. Во втором случае используются вегетационные (спектральные) индексы (ВИ), они помогают распознать тип и состояние растительности. Также используется температура поверхности земли (Land Surface Temperature, *LST*) – величина, характеризующая интенсивность теплового инфракрасного излучения в слое между подстилающей поверхностью, в качестве которой может выступать и почва.

В целом, для оценки увлажненности используются ряд показателей, в работе же были использованы такие показатели, как гидрометрический коэффициент Селянинова (ГТК), коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова (К) и индекс сухости Будыко (ИС).

На основе рассчитанных агроклиматических показателей ГТК, К, ИС, вегетационных индексов *NDVI*, *MSI*, *SAVI* и температуры поверхности земли *LST* проведен анализ изменения температуры воздуха и почвы, построены пространственные карты распределения значений индексов. Сопоставление каждого индекса с ГТК необходимо для оценки возможности использования данных спутника как отдельного продукта, т.е. без использования данных с метеорологических станций.

Использование данных со спутника и приземных станций с более высокой степенью надежности позволит выявить степень увлажненности степной зоны на фоне меняющегося климата.

Целью работы является оценка агроклиматических условий степной зоны юга Красноярского края с использованием данных Landsat8.

Объектом исследования послужили земли сельскохозяйственного назначения юга Красноярского края, ограниченные координатами 54°33'45" с.ш. и 90°13'14" в.д., 54°31'14" с.ш. и 92°13'27" в.д., 53°01'27" с.ш. и 92°23'02" в.д., 52°45'57" с.ш. и 89°49'27" в.д.

Предметом исследования являлись агроклиматические показатели ландшафта степной зоны территории исследования в весенне-летний период.

Временной диапазон: 1997-2021 гг.

Были использованы материалы:

- Данные с 13 метеорологических станций;
- Данные с КА Landsat8;
- 57 точек, из координат которых снимались данные со спутниковых изображений.

Для достижения цели необходимо выполнить ряд задач:

1. Собрать и проверить на качество наземные данные наблюдений за температурой воздуха и почвы за период 1997-2019 гг.;
2. Выявить смещение наступления весеннего и вегетационного сезонов (дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C и 5°C) и продолжительность между датами устойчивых переходов;
3. Оценить повторяемость дней с температурой воздуха выше 30°C и температурой почвы выше 50°C;
4. Оценить изменение увлажненности территории исследования по показателям ГТК, ИС и К;
5. На основе спутниковых данных КА Landsat8 восстановить температуру подстилающей поверхности (*LST*) и провести ее верификацию с наземными данными.

Апробация научного исследования. На основе магистерской диссертации были написаны тезисы к конференциям:

IX Международная научная конференция «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли». Участие проходило в очном формате в Институте космических и информационных технологий ФГАОУ ВО ФСУ в городе Красноярск, в секции «Мониторинг окружающей среды, природных и антропогенных объектов и явлений» на тему «Использование данных Landsat-8 для оценки агрометеорологических условий степной зоны Хакасии». Всероссийская междисциплинарная молодежная научная конференция «Азимут ГЕОнаук – 2022». Очное выступление в Национальном исследовательском Томском государственном университете на тему «Использование данных спутникового зондирования в агрометеорологических исследованиях на юге Сибири».

Диссертация изложена на 67 страницах машинописного текста, состоит из введения, 4 глав, заключения, 6 приложений. Работа включает в себя 14 рисунков, 8 таблиц и 65 использованных источников и литературы.

В первой главе рассматривается современное состояние вопроса. Описываются агрометеорологические условия степной зоны юга Красноярского края.

Во второй главе представлены исходные материалы, методика обработки данных с наземных источников и КА, методика исследования.

В третьей главе представлено физико-географическое описание территории исследования.

В четвертой главе представлен анализ увлажненности территории исследования на основе данных с наземных метеорологических станций, а также вегетационных индексов и температуры поверхности Земли по данным с КА.

В заключении представлены основные выводы, сформулированные на основе представленного исследования.

1 Влияние изменения климата на агрометеорологические условия территории исследования

Основной особенностью современных изменений глобального климата является глобальное потепление конца XX – начала XXI вв. [1].

Наблюдаемые изменения глобального и регионального климата в комплексе с антропогенными и природными факторами оказывают влияние на состояние и функционирование компонентов экосистем, на распространение биоты, продуктивность и её сезонные изменения. В основу оценки уровня изменения климата и его влияния на природные экосистемы заложено представление о том, что условия существования биомов определяется, главным образом, теплообеспеченностью в вегетационный период, суровостью зим и влагообеспеченностью, варьирующих в определенных пределах [2].

В соответствии с распоряжением правительства Российской Федерации от 30 декабря 2020 года №3684-р «О Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030 годы)» из средств федерального бюджета будет осуществлено финансирование научной деятельности, в ходе которого будут получены новые знания об основных закономерностях строения, функционирования и развития природы, необходимых для устойчивого научно-технологического развития страны и обеспечения научного лидерства в определении мировой научной повестки на долгосрочный период. Новые фундаментальные знания формируют базис для развития наук о Земле и способствуют решению задач, связанных с прогнозом и предупреждением опасных катастрофических природных явлений, адаптации к изменениям окружающей среды и климата. Для развития фундаментальных основ прогноза и раннего предупреждения о природных катастрофах важна задача разработки и применения методов наземного и спутникового мониторинга процессов, а также совершенствование методов их изучения и моделирования [3].

Дальнейшее потепление способно сократить потребление электроэнергии, ресурсов для отопления и т.д., однако может пагубно влиять на экологию. Например, леса в Сибири в связи с потеплением могут погибнуть, в ближайшие годы может сократиться количество диких животных. Алтайские ледники тают и отступают на десятки метров за год, и, как результат, в сибирских водохранилищах наблюдается недостаточный объём воды, который приводит к засухам и прекращению судоходства [4].

В отличие от глобальной ситуации, изменение климата России в целом (в среднем за год и по территории) характеризуется как продолжающееся потепление без тенденции к замедлению (во все сезоны, кроме зимы) [1].

В ряде работ показано, что в период современного потепления климата происходит смещение к северу климатических зон [5]. В докладе МГЭИК [6], приведены выводы относительно современной климатогенной динамики степной зоны. Отмечается усиление аридизации степей на фоне роста глобальной температуры в различной степени. В то же время, в исследовании [7] обнаружено, что некоторые участки внутриконтинентальных степей характеризуются накоплением биомассы вследствие роста увлажненности на фоне роста температуры. Это объясняется увеличением концентрации в атмосфере парниковых газов. Потепление климата оказывает влияние на многие компоненты климатической системы [8].

Площадь степной зоны в Южной Сибири увеличивается на 30%, а площадь опустыненных степей увеличивается в два раза. Происходит смещение современных климатических типов на северо-восток и замещение более эффективными южными климатическими типами [9].

Поэтому необходимо произвести анализ и оценку климатических показателей на основе приземных и спутниковых данных для дальнейшего планирования природопользования.

На землях, которые пригодны для сельскохозяйственного использования, происходит усиление опустынивания и деградации. Эти процессы прослеживаются не только на юге ЕЧР, и в южных частях Урала и Западной Сибири, в Восточной Сибири и в Забайкалье. Площади угодий, предназначенных для сельского хозяйства, продолжают сокращаться, в то время как территории залежных земель расширяются. Эта проблема коснулась и республики Хакасия.

Красноярский край занимает одну из лидирующих позиций по площади деградируемых земель (по 200–300 тыс. км²) [10].

Межгорные котловины Хакасии, расположенные в зонах степей и сухих степей, из-за возобновленного орошаемого земледелия, на больших площадях подвергаются процессу засоления почв [11].

Территория республики Хакасия является зоной, которая относится к рискованному земледелию. Неблагоприятные погодные условия на этой территории пагубно влияют на урожайность. Урожайность зерновых культур, произрастающих на территории республики, напрямую зависит от агроклиматических условий. Так, в Таштыпском районе, относящемся к предгорьям, урожайность максимальна, в сухих степях Усть-Абаканского и Аскизского районов – минимальна [12, 13, 14].

Вегетационный период большинства сельскохозяйственных культур начинается после устойчивого перехода температуры воздуха через 5°C, т.е. когда средняя суточная

температура воздуха превышает 5°C. Продолжительность этого периода и обеспеченность его теплом обуславливают рост и развитие сельскохозяйственных культур. Для сельскохозяйственной территории республики Хакасия период с температурой выше 5°C в среднем многолетнем начинается 19-29 мая. За период 1989-2014 гг. намечается тенденция к потеплению, в вегетационный период стало несколько теплее, что означает улучшение условий теплообеспеченности сельскохозяйственных культур в республике Хакасия [15].

В работе [16] было проведено исследование динамики вегетационных индексов *EVI* и *NDVI* (*MODIS*) на территории республики Хакасии за период с 2000 по 2021 гг., в котором установили, что примерно на 16-22% территории наблюдались положительные тренды вегетационных индексов (10,3–13,5 км²). Положительные тренды *EVI* на высоте более 2000 м косвенно подтверждают улучшение состояния растительного покрова в горных районах. В целом, на изменение вегетационных индексов достоверно влияют летние температуры и осадки.

В статье [17] приводится климатическая оценка котловин на юге Восточной Сибири по данным 11 метеорологических станций за последние 50-60 лет. Отмечен рост средних годовых температур воздуха на юге Минусинской котловины на 1,3-1,6°C, а также увеличение средних многолетних суммарных годовых осадков. Испаряемость в Абакане имела небольшой рост – на 40-50 мм выше среднего многолетнего показателя. У республики Хакасия КУ составил 0,43, что говорит о том, что данная территория относится к зоне очень засушливых субаридных сухих степей. Юг Красноярского края считается полузасушливой и засушливой субаридной южной степной зоной с КУ = 0,44-0,55. Коэффициент увлажнения имеет тенденцию к увеличению на юге Минусинской котловины.

Согласно [18], наблюдается достоверный тренд снижения аридизации на территории юга Красноярского края за последние 20 лет (1995-2015 гг.), хотя изменение категории аридности не произошло.

В работе [19] при оценке потенциала пахотных земель в предгорной части Бейского района республики Хакасия установлен КУ для настоящей равнинно-долинной степи предгорий Западного Саяна, равный 0,77.

В [20] проведено исследование динамики температуры воздуха и суммы осадков за год и по сезонам за период 1941-2000 гг. (60 лет). Выявлено, что наблюдаются положительные тренды температуры воздуха: в сухой степи составляет 0,04°C/год, в степи и лесостепи – 0,02°C/год. Наиболее заметное потепление произошло с 1981 по 2000 гг. В сухой степи зафиксированы минимальные средние годовые суммы осадков (303 мм), средние – в степи (397 мм), максимальные – в лесостепи (443 мм). В степи также

наблюдается максимальный положительный тренд среднего годового количества осадков, равный 1,79 мм/год.

Согласно [21], в зоне степи (ст. Таштып) средние многолетние суммы осадков составляют 412 мм. Наблюдается постепенное увеличение годовых сумм осадков от периода 1941-1975 гг. к периоду 1976-2010 гг., равное 78 мм. Средняя годовая сумма осадков в степной зоне с 1976 по 2010 гг. достигла 452 мм, что составило 110% от средней годовой суммы осадков за 70 лет. Среднеквадратическое отклонение по всем 35-летиям было достаточно высоким, и находилось в пределах 83-89 мм. Во всех ландшафтно-климатических зонах наблюдается рост количества осадков в среднем на 5,3 % за период 1976-2010 гг. по сравнению со средним значением за 70-летний период наблюдений (1941-2010 гг.).

В работе [22] установлен рост продуктивности растительности на территории республики Хакасия.

В работе [23] при сравнении двух временных периодов (1971-1980 гг. и 2010-2019 гг.) установлено смещение переувлажненной зоны на территорию республики Хакасия.

В материалах к конференции [24] рассмотрены характеристики температурно-влажностного режима на территории Южной Сибири. Отмечаются статистически значимые тенденции увеличения тепловых ресурсов на рассматриваемой территории. Сравнение полей распределения увлажнения за два десятилетия 1971-1980 гг. и 2010-2019 гг. показало заметное продвижение засушливой зоны с территории северного Казахстана в направлении юга Западной Сибири и рост увлажнения на территории республик Тыва и Хакасия.

Согласно [25], изучая распределение тепла и влаги по гидротермическому коэффициенту Селянинову и индексу сухости М. И. Будыко на почвенном покрове юга Красноярского края за 1990-2012 гг., наблюдался дефицит влаги в начале и конце 90-х гг., а также в период 2008-2012 гг.

В статье [26] рассматривается средний многолетний годовой коэффициент увлажнения по Н.Н. Иванову (К). За период 1941-2000 гг. (60 лет) климат в Хакасии потеплел на 1,2°C, наибольший прирост среднегодовой температуры воздуха происходил в конце двадцатого века с 1981 по 2000 гг. Такое потепление способствует повышению биоклиматического потенциала, однако может являться фактором возникновения неблагоприятных явлений погоды (засухи, экстремальные температурные перепады, увеличение частоты зимних оттепелей). Также было установлено, что коэффициент

увлажнения К в настоящей степи колеблется в пределах 0,67-0,85, что относит территорию исследования к засушливой зоне.

В исследовании [27] приводится анализ сумм активных температур и сумм атмосферных осадков в фазу активной вегетации (температура воздуха выше 10°C) в период 1960-2010 гг. на юге Западной Сибири. В целом, для территории исследования среднее значение ГТК составляет 1,2. Пространственное распределение ГТК отражает увеличение континентальности и засушливости с северо-востока на юго-запад. По результатам прогностических оценок изменения ГТК можно сделать вывод, что агроклиматические пояса незначительно изменяются, произрастания теплолюбивых культур будет расширяться на север.

В [28] представлена характеристика агроэкологических южных районов Красноярского края (2005-2007 гг.), согласно которой коэффициент увлажнения степного Саяно-Алтайского и степного Минусинского районов был равен 0,7-0,8 и 0,4-0,5 соответственно. Коэффициент увлажнения лесостепного Саяно-Алтайского района равен 0,9.

Данные со спутников в полной мере позволяют оценить состояние покрова и осуществить мониторинг за растительностью [29, 30, 31, 32], однако привлечение данных с наземных источников позволяет повысить достоверность спутникового мониторинга [33].

Материалами для исследования послужили:

- Суточные данные с 10 метеорологических станций, полученные из Среднесибирского УГМС, а также данные по срокам с 3 метеорологических станций с сайта ВНИИГМИ-МЦД [34] за период 1997-2019 гг.;
- Данные с КА Landsat8 за период апрель-октябрь 2013-2021 гг., взятые с сайта американской геологической службы USGS [35].

2.1 Данные с наземных метеорологических станций и их обработка

Данные с 10 метеорологических станций Среднесибирского УГМС необходимо проверить методом робастного оценивания. Для этого с помощью сводной таблицы в Excel определяется месяц, в котором меньше 25 дней. Для оценки трендов неполные данные вносят ошибки в расчеты, поэтому их необходимо заменить средними многолетними значениями. Рассчитывается среднее значение по полю температуры воздуха и почвы. Необходимо взять ряд, в котором присутствует месяц с недостающим числом дней (менее 25 дней) и рассчитать среднее значение и стандартное отклонение ряда без учёта неполных месяцев. Для обнаружения грубых ошибок воспользуемся расчётом T -критерия Граббса:

$$T_n = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}, \quad (1)$$

где $\bar{x}$ – среднее значение, σ – выборочное среднеквадратическое отклонение.

Проверяемые признаковые значения относят к классу выбросов, если $T_n > T_{кр}$. В таком случае, вместо выделенного значения ставится среднее значение по ряду. Если $T_n < T_{кр}$, то считается, что это значение несущественно отличается от других данных и не будет давать сильного искажающего эффекта [36].

Данные с 3 метеорологических станций, полученные с сайта ВНИИГМИ-МЦД, являются срочными. Для работы с ними нужно привести их к среднему по ряду за день.

Для агроклиматической оценки климата расчетными характеристиками являлись данные, связанные с репродуктивной способностью растений:

1. Количество дней с температурой воздуха выше 30°C;
2. Количество дней с температурой почвы выше 50°C;
3. Даты перехода температуры воздуха через 0°C и 5°C;

4. Индекс сухости М.И. Будыко (ИС);
5. Коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова (К);
6. Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК).

Расчет производился по данным с 13 метеорологических станций, описания которых представлены в Приложении А.

Индекс сухости М.И. Будыко – интегральный годовой показатель увлажненности, который рассчитывается по формуле:

$$ИС = \frac{0,18 \cdot \sum T_{>10^{\circ}\text{C}}}{r_{I-XII}}, \quad (2)$$

где $\sum T_{>10^{\circ}\text{C}}$ – сумма значений температуры воздуха за период с температурой выше 10°C ($^{\circ}\text{C}$), r_{I-XII} – сумма осадков за год (мм).

ИС является безразмерной величиной и представляет из себя отношение испаряемости к годовой сумме осадков. В числителе стоит произведение размерного коэффициента 0,18 (мм/ $^{\circ}\text{C}$) и испаряемости, которая определяется по сумме средних суточных значений температуры воздуха за период с температурой выше 10°C . В знаменателе в нижнем индексе при r указывается период календарного года, которому соответствует сумма осадков. [37].

По значениям индекса сухости М.И. Будыко выделяют следующие зоны, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Зонирование по значениям индекса сухости М.И. Будыко [38]

Индекс сухости	Зона
< 0,3	Тундра
0,3–1,0	Лесная
1,0–2,0	Степь
2,0–3,0	Полупустыня
> 3,0	Пустыня

Коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{P}{E}, \quad (3)$$

где P – годовая сумма осадков (мм), E – испаряемость за год (мм) [38].

Испаряемость за год можно рассчитать по предложенной М.И. Будыко формуле:

$$E = 0,18 * \sum T_{>10^{\circ}\text{C}}, \quad (4)$$

где $\sum T_{>10^{\circ}\text{C}}$ – сумма температур за период со средними суточными температурами выше 10°C [37].

По значениям коэффициента увлажнения выделяют следующие зоны, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Зонирование по значениям коэффициента увлажнения Высоцкого-Иванова [38]

Коэффициент увлажнения	Зона
1,0-1,5	Лесная
0,6-1,0	Лесостепная
0,3-0,6	Степная
0,1-0,3	Полупустыня
< 0,1	Пустыня

Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) – безразмерный показатель, который применяют для оценки увлажнения только в период, когда средняя суточная температура воздуха выше 10°C . ГТК рассчитывается по формуле:

$$\text{ГТК} = \frac{P}{0,1 * \sum T_{>10^{\circ}\text{C}}}, \quad (5)$$

где P – сумма осадков за период с температурой выше 10°C (мм); $\sum T_{>10^{\circ}\text{C}}$ – сумма температур воздуха за период с температурой выше 10°C .

При вычислении ГТК при суммировании значений температуры в нижнем индексе указан период года, за который производится суммирование. Коэффициент 0,1 в формуле для вычисления ГТК – размерный (мм/ $^{\circ}\text{C}$) [37].

По степени засушливости выделяют ряд зон, представленных в таблице 3.

Таблица 3 – Градации гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) [39]

Влагообеспеченность (степень засушливости)	Значение ГТК
Переувлажненная	>2,00
Избыточная	2,00-1,51
Повышенная	1,50-1,41
Достаточная (оптимальная)	1,40-1,11
Недостаточная	1,10-0,76
Низкая (слабая засуха)	0,75-0,61
Очень низкая (средняя засуха)	0,60-0,41
Исключительно низкая (сильная засуха)	0,40-0,21
Катастрофически низкая (очень сильная засуха)	<0,20

На основании рассчитанных значений гидротермического коэффициента и индекса сухости были построены пространственные карты распределения в программе QGIS.

QGIS – географическая информационная система (ГИС) с открытым кодом. Она позволяет просматривать комбинации векторных и растровых данных в различных форматах и проекциях без преобразования во внутренний или общий формат, создавать карты и интерактивно изучать пространственные данные с помощью графического интерфейса.

С помощью этой системы можно создавать, редактировать, управлять и экспортировать векторные и растровые слои, выполнять анализ пространственных данных в пространственных базах данных. QGIS предлагает векторный анализ, растровый анализ, выборку, геообработку, геометрию и инструменты управления базами данных [40].

2.2 Спутниковые данные и их обработка

Спутниковые данные получены с КА Landsat8 – американского спутника дистанционного зондирования Земли, восьмого в рамках программы Landsat. Спутник включает в себя приборы оперативного наземного тепловизора (*OLI*) и теплового инфракрасного датчика (*TIRS*). *OLI* измеряет в видимой, ближней инфракрасной и коротковолновой инфракрасной частях спектра (*VNIR*, *NIR* и *SWIR*). *TIRS* измеряет температуру поверхности земли в двух тепловых диапазонах с помощью новой технологии, которая применяет квантовую физику для обнаружения тепла. Изображения Landsat8 имеют 15-метровое панхроматическое и 30-метровое мультиспектральное пространственное разрешение на участке протяженностью 185 км.

Оперативный наземный тепловизор (*OLI*) снимает девять спектральных полос:

- полоса 1 – прибрежный аэрозоль (0,43 - 0,45 мкм) 30 м;
- полоса 2 – Blue (0,450 – 0,51 мкм) 30 м;
- полоса 3 – Green (0,53 - 0,59 мкм) 30 м;
- полоса 4 – Red (0,64 - 0,67 мкм) 30 м;
- полоса 5 – ближнее инфракрасное излучение (Near-Infrared) (0,85 - 0,88 мкм) 30 м;
- полоса 6 – SWIR 1 (1,57 – 1,65 мкм) 30 м;
- полоса 7 – SWIR 2 (2,11 - 2,29 мкм) 30 м;
- полоса 8 – панхроматическая (PAN) (0,50 - 0,68 мкм) 15 м;
- полоса 9 – перистые облака (Cirrus) (1,36 - 1,38 мкм) 30 м [42].

С сайта американской геологической службы USGS скачаны данные с апреля по октябрь 2013-2021 гг. для территории исследования, представленной на рисунке 1.

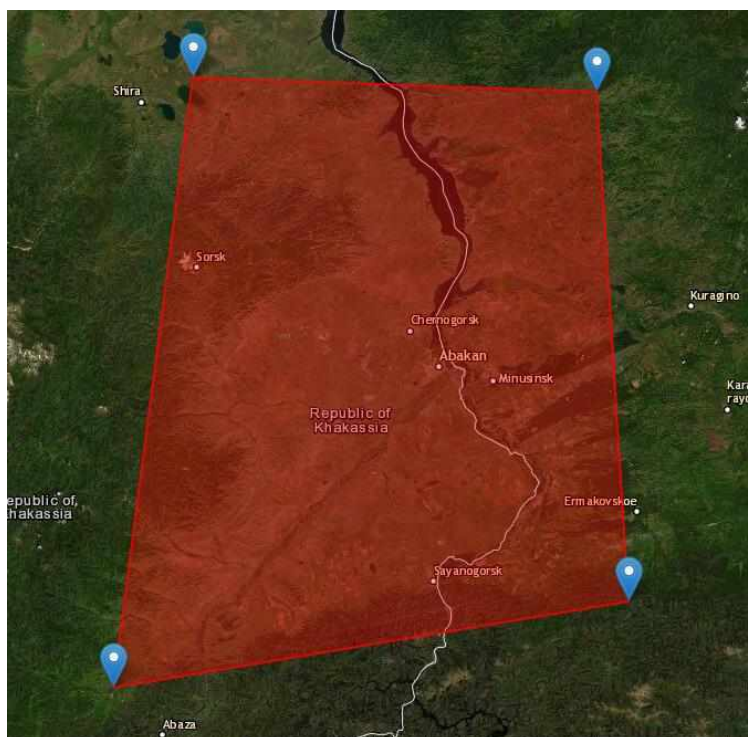


Рисунок 1 – Территория юга Красноярского края для отбора данных с Landsat8

При отборе данных облачный покров не покрывал территорию исследования более, чем на 10%.

В результате был собран массив данных, состоящий из комплекта значений 11 спектральных каналов в формате TIFF, координат, даты и времени.

Использовались точки проекции, которые привязаны к координатам полей и наземных метеорологических станций, находящихся на территории юга Красноярского края. Точки проекции представлены на рисунке 2.

На рисунке 2 фиолетовыми кружочками и квадратиками обозначены метеорологические станции, красными кружочками – поля, красными треугольниками – места экспериментов. Для работы были отобраны 19 полей и 7 точек экспериментов, располагающихся на территории Красноярского края. Их описания представлены в Приложении Б. Так же, были взяты координаты 19 метеорологических станций, описание которых изложено в Приложении В.

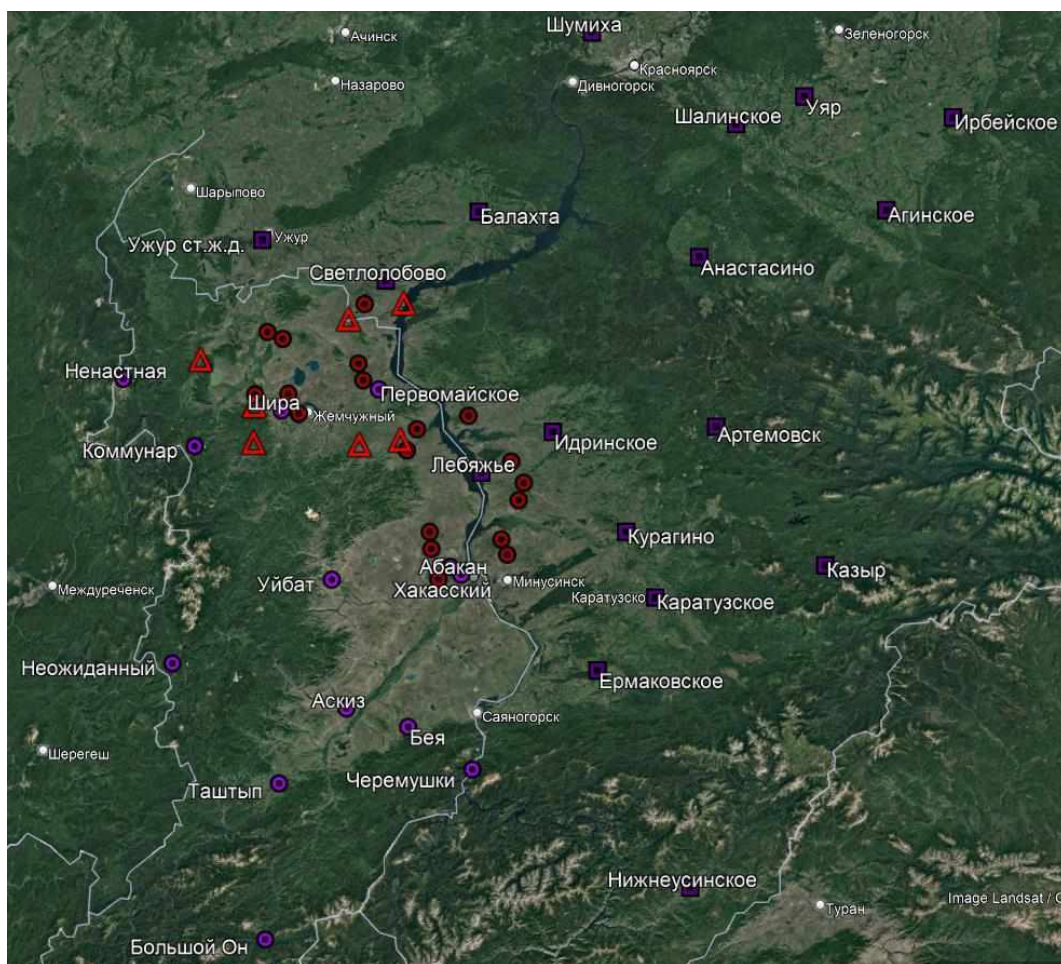


Рисунок 2 – Проекция точек территории исследования

Оценка состояния почвы выполнена по спектральным отражательным свойствам растительного покрова с помощью ВИ.

На основе полученного массива данных были рассчитаны следующие ВИ:

Нормализованный разностный вегетационный индекс (Normalized Difference VI, *NDVI*) – наиболее популярный ВИ, диапазон значений которого от -1 до +1. Диапазон представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Шкала для определения типов растительного покрова и соответствующие им диапазоны значения *NDVI* [42]

Для растительности индекс принимает значение больше 0, чаще всего находится в пределах от 0,2 до 0,8. На значения индекса влияют видовой состав растительности, её сомкнутость, состояние, экспозиция и угол наклона поверхности, цвет почвы под разреженной растительностью. В таблице 4 представлены типы подстилающей поверхности и соответствующие им значения индекса *NDVI*.

Таблица 4 – Типы подстилающей поверхности и соответствующие им значения индекса *NDVI* [43]

Значение <i>NDVI</i>	Тип покрытия
0,8 – 1,0	Очень мощная, густая растительность (тропический лес, широколиственный лес)
0,67 – 0,8	Мощная, густая растительность (лес)
0,4 – 0,5	Скудная разреженная древесная и кустарниковая растительность
0,2 – 0,4	Кустарники и пастбища
0,09 – 0,2	Открытая почва
-0,1 – 0,1	Горные породы, песок, снег
-0,42 – -0,33	Водный объект
-0,55 – -0,5	Покрытие (бетон, асфальт)
0	Облако на снимке

Для расчета этого индекса пользуются формулой:

$$NDVI = \frac{B5 - B4}{B5 + B4}, \quad (6)$$

где $B4$ – красный канал (RED , 640-670 нм), $B5$ – ближний инфракрасный канал (NIR , 850-880 нм).

$NDVI$ часто используется как один из инструментов при проведении сложных типов анализа, в результате которого возможно построение карт продуктивности лесов и сельскохозяйственных земель, ландшафтов и природных зон, почвенных, аридных, фитогеоэкологических, фенологических и др.

Недостатки использования индекса $NDVI$:

- Невозможность применения данных, не прошедших этап радиометрической коррекции (калибровки);
- Сильная облачность, дымка и погодные условия вносят погрешности в измерения. Их влияние можно частично скорректировать использованием улучшенных коэффициентов и композитных изображений с сериями $NDVI$ за несколько дней, недель или месяцев. Усреднённые значения позволяют избежать влияния погрешностей;
- Необходимость для большинства задач сравнения полученных результатов с предварительно собранными данными тестовых участков (эталонов), в которых должны учитываться сезонные эколого-климатические показатели как самого снимка, так и тестовых площадок на момент сбора данных. Особенно значимыми эти материалы становятся при расчётах продуктивности, запасов биомассы и прочих количественных показателей;
- Возможность применения съёмки только в течение вегетационного периода. Индекс не эффективен на снимках, полученных в сезон ослабленной или невегетирующей в данный период растительности.

Индекс стресса влажности (Moisture Stress Index, MSI) производится по формуле:

$$MSI = \frac{B6}{B5}, \quad (7)$$

где $B5$ – ближний инфракрасный канал (NIR , 850-880 нм), $B6$ – ближний инфракрасный канал ($SWIR$, 1560-1660 нм).

Индекс может принимать значения от 0 до 3. Для зелёной растительности обычно находится в диапазоне от 0,04 до 2. Содержание воды в листьях приводит к увеличению поглощения в зоне спектра около 1599 нм. Поглощение в зоне 819 нм в зависимости от содержания воды почти не изменяется. Чем выше значение индекса, тем больше дефицит влаги в листьях.

Почвенный вегетационный индекс (Soil Adjusted VI, SAVI) [44]:

$$SAVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red} - 0,5} (1 + 0,5) \quad (8)$$

Для расчета этого индекса будут использоваться 2 канала:

$$SAVI = \frac{B5 - B4}{B5 + B4 - 0,5} (1 + 0,5) \quad (9)$$

где $B4$ – красный канал (RED , 640-680 нм), $B5$ – ближний инфракрасный канал (NIR , 850-880 нм).

Помимо ВИ, была рассчитана температура поверхности земли LST (Land surface temperature), расчет которой осуществляется при помощи каналов теплового инфракрасного диапазона. LST измеряет тепловое излучение от поверхности земли, где поступающая солнечная энергия взаимодействует с землей и нагревает ее или растительность [45]. Расчет осуществляется по формуле:

$$LST = \frac{BT}{1 + \left(\frac{\lambda BT}{p}\right) \ln \varepsilon} \quad (10)$$

где LST – температура поверхности земли; BT – яркостная температура; λ – эффективная длина волны (10,9 мкм для 10 канала КА Landsat-8); ε – излучательная способность земной поверхности; p – излучательная постоянная, рассчитанная по формуле:

$$p = h \frac{c}{\sigma} \quad (11)$$

где h – постоянная Планка ($6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с); c – скорость света в вакууме ($3 \cdot 10^8$ м/с); σ – постоянная Больцмана ($1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К) [46].

С помощью научного консультанта был написан код, который осуществлял расчет LST . Методика расчета производилась в соответствии с работой [47].

Вегетационные индексы не дают абсолютных количественных показателей исследуемого свойства, их значения зависят от характеристик приемной аппаратуры, условий съёмки, освещённости, состояния атмосферы. Эти индексы представляют только

относительные оценки свойств растительного покрова, которые могут быть интерпретированы и с привлечением наземных данных пересчитаны в абсолютные [48].

Расчет осуществлен с использованием спектральных каналов B4, B5, B6 и B10 в программном пакете SNAP ESA с использованием формул 6, 7, 9 и 10.

Программный пакет SNAP ESA позволяет производить радиометрическую калибровку данных ДЗЗ, атмосферную и радиометрическую коррекцию, расчет индексных показателей, сегментацию изображений, а также классификацию с обучением и без обучения в автоматическом и ручном режиме с использованием оконного интерфейса, а также интерфейса командной строки. Широчайшие возможности автоматизации процесса обработки и модульного расширения, понятный интерфейс, доступность, а также высокие показатели пространственного и временного разрешения делают космическую съёмку со спутника и программный пакет SNAP ESA перспективной основой для создания современных систем автоматизированного мониторинга состояния различных объектов окружающей среды [49].

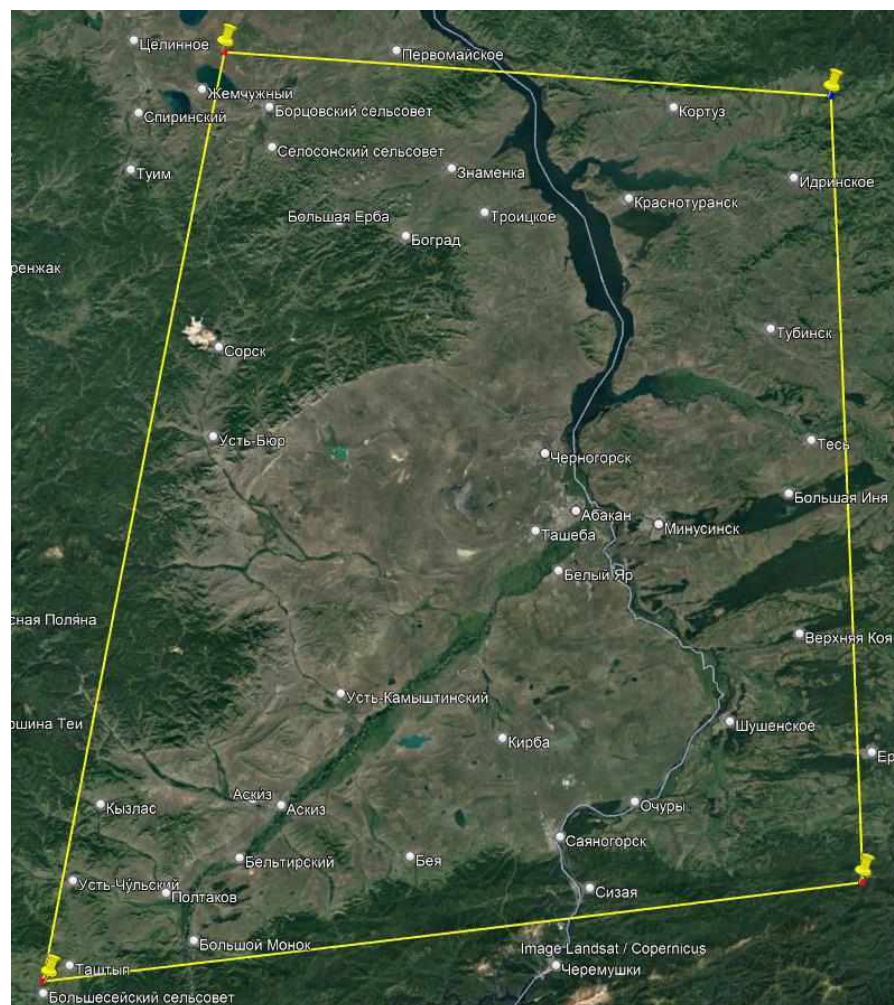


Рисунок № 4 – Выделенная территория исследования

Республика Хакасия расположена в юго-западной части Восточной Сибири в левобережной части бассейна реки Енисей, на территориях Саяно-Алтайского нагорья и Хакаско-Минусинской котловины. Протяженность с севера на юг составляет 460 км, с запада на восток – до 200 км. На юге Хакасия граничит с республикой Тыва, на юго-западе – с республикой Алтай, на западе – с Кемеровской областью.

Лесной фонд республики Хакасия составляет 3988,2 тыс. га, занимая 65% ее территории. Около 96% лесного фонда приходится на горные леса, имеющие повышенное водорегулирующее и почвозащитное значение. Общий запас древесины – 444,3 млн. м³. 20% территории Хакасии занимает степная зона. Общая площадь земельного фонда составляет 6156,9 тыс. га, что составляет 0,4% от территории Российской Федерации.

Для республики характерно разнообразие климатических и растительных зон – от высокогорья с круглогодичными ледниками и снегом, тундры, лесов и лесостепей до степей с древними могильниками.

По характеру рельефа выделяют горную (восточные склоны Кузнецкого Алатау и Абаканского хребта, северные склоны Западного Саяна – высота до 2930 м) и равнинную (Минусинская, Чулымо-Енисейская котловины) части.

Равнинные участки приурочены к широким долинам рек и носят название степей. Саянские горы, высота которых местами превышает 2000 м, занимают две трети территории и располагаются на западе и юге республики. Горная гряда «Сундуки» расположена в северной части Хакасии, на границе Ширинского и Орджоникидзевского районов, неподалеку от села Июс, вблизи озера Фыркал.

Республика располагает значительными ресурсами пресных подземных и поверхностных вод – горные реки, каровые озера, реки предгорий, водные объекты с равнинным типом режима. В формировании объема стока рек Енисея и Оби участвуют более 300 малых рек. Малые реки играют значительную роль в формировании используемых запасов подземных вод в степной части, а также большую роль в сельскохозяйственном комплексе. Поверхностные водоемы представлены рядом водохранилищ, наиболее крупные из которых Красноярское, Саяно-Шушенское и Майнское, и естественными озерами, которых в Республике более 500 [50, 51, 52].

Красноярский край расположен между 51° и 81° с.ш. в бассейне реки Енисей. Мыс Челюскин, самая северная точка Красноярского края, считается крайней точкой Азии. Протяженность Красноярского края с севера на юг составляет 26° от берегов Северного Ледовитого океана до хребтов Восточного и Западного Саянов. Рассматривая его протяженность с запада на восток, можно отметить, что протяженность края неодинакова: на юге сужается до 450 км, вдоль Транссибирской магистрали равна 650 км.

Территория исследования ограничена южной частью края, которая располагается в пределах гор Южной Сибири. Наиболее крупными являются Западный (высоты в пределах края до 2930 м) и Восточный (высоты до 2922 м) Саяны, восточные склоны Кузнецкого Алатау, Абаканский хребет и межгорные котловины, наиболее обширной из которых является Минусинская котловина.

На востоке границей края является Среднесибирское плоскогорье, где сближаются в верхнем течении реки Нижняя и Подкаменная Тунгуска, на западе граница располагается по водоразделу рек Оби и Енисея. Долиной Енисея край делится на западную, пониженную часть (окраина Западно-Сибирской равнины) и восточную, возвышенную, занятую

обширным Среднесибирским плоскогорьем (средняя высота 500-700 м, наибольшие высоты в Енисейском кряже – 1104 м, плато Путорана – 1701 м) [53, 54, 55].

Площадь лесного фонда Красноярского края составляет 168,1 млн га. Леса покрывают 69% территории. Запасы промышленной древесины составляют 14,4 млрд м³, что равно 18% запасов древесины в Российской Федерации. Леса края на 88% состоят из хвойных пород [56].

45% территории Красноярского края покрыто лесами, в состав которых входит северная, центральная тайга, южные лиственные леса. Юг края занимает зона степей и лесостепей [57].

3.1 Описание земельных ресурсов республики Хакасия

Почва республики Хакасия разнообразна. Наиболее распространены буро-таежные (буроземы грубогумусовые), на которые приходится около 15% от всех почв, черноземы обыкновенные – 13,5%, темно-серые лесные – 10,3% и черноземы южные – 9,4%.

На сельскохозяйственные угодья приходится около 31% всей территории республики, и включают в себя пастбища (примерно 53% от площади сельхозугодия), пашни (около 36%), сенокосы (около 8,5%), многолетние насаждения (около 0,5%).

Выращивают зерновую (гречиха, просо, озимая рожь, яровые пшеница, ячмень, овес), зернобобовую (горох), масленичную (подсолнечник, рапс), овощебахчевую (арбуз), техническую (сахарная свекла), овощную (картофель, столовая свекла, морковь, огурцы, капуста), кормовую (однолетние травы), плодовую (груша, абрикос, виноград) и ягодную культуры [58].

На большей части Минусинской котловины выращивают озимую рожь, яровую ячмень и гречиху, на которые выделяют порядка 90% земель сельскохозяйственного назначения. Последние несколько лет отмечается гибель культур из-за сложных условий погоды.

В восточной части республики Хакасия, Аскизском районе, находящимся в юго-восточной части Хакаско-Минусинской котловины, выращивают зерновые культуры. Территория лесопромышленная, перспективным является сбор и переработка дикорастущих растений и ягод.

В юго-восточной части республики в Бейском районе, относящейся к зоне степей, лесостепей и тайги, выращивают яровые культуры (ячмень, овес, пшеница) и горох. Из-за высоких температур и последующих засух, в этом районе часто происходит гибель сельскохозяйственных культур.

В Боградском районе на северо-востоке республики произрастает ячмень и кормовая культура.

Орджоникидзевский район, расположенный на северо-западе Хакасии, считается аграрным лидером. Здесь выращивают зерновую, овощную (картофель, капуста, морковь, свёкла столовая, огурцы) и кормовые культуры.

В Таштыпском районе, расположенном в подтаежной и таежной зонах, выращивают пшеницу, занимаются сбором дикорастущих растений.

В центральной части республики в Усть-Абаканском районе, представленном в основном горным рельефом, выращивают зерновые, зернобобовые, овощные и кормовые культуры.

На севере республики в Ширинском районе произрастают зерновые и кормовые культуры. Здесь расположено единственное предприятие, занимающееся хранением и переработкой сельскохозяйственной продукции [58, 59].

Доля посевных площадей республики Хакасия в Сибирском федеральном округе составляет 1,6% [60].

На 2022 г. под посев выделено 226,7 тыс га, что на 0,4% больше, чем в 2021 г. Примерно на 9% увеличились посевные площади зерновых и зернобобовых культур, засеяно в общей сложности около 90 тыс га. Под технические культуры были использованы около 12,5 тыс га. На 2,5% и на 9,5% уменьшились посевные площади плодовых овощных и кормовых культур, и составили примерно 6,6 тыс га и 118 тыс га соответственно.

Площади для посева зерновых и зернобобовых культур по большей части относятся к сельскохозяйственным организациям – 65% от всей площади, технических культур – около 80%. Картофель и плодовые овощные культуры в основном приходятся на хозяйство населения – около 85%. Фермерам и индивидуальным предпринимателям принадлежат большая часть кормовых культур – почти 69% [61].

С каждым годом число хозяйств, принадлежащих фермерам, организациям и населению растет. На сегодняшний момент в республике Хакасия фермерских хозяйств насчитывается около 800, существуют 48 сельскохозяйственных организаций и более 70 тыс хозяйств принадлежит населению республики. Поскольку на территории республики часто отмечаются сложные погодные условия, валовый сбор продукции растениеводства снижается [59].

3.2 Урожайность зерновых и зернобобовых культур, овощей открытого типа на территории исследования

С каждым годом увеличивается поддержка сельского хозяйства республики Хакасия. Начиная с 2017 г., поддержка увеличилась почти в 4 раза, на 2023 г. заложено более 3 млрд руб. Фермеры, садоводы, сельскохозяйственные организации получают разнообразные гранты для поддержания отрасли. Урожайность зерновой и зернобобовой культур в 2022 г. выросла по сравнению с периодом 2010-2018 гг., когда она составляла около 14 ц/га, в то время как, несмотря на сложные погодные условия, в 2022 г. была 15,4 ц/га. Рекордная урожайность была зафиксирована в 2019, 2020 и 2021 гг., и составила 19,5 ц/га, 21 ц/га и 19 ц/га соответственно [62].

Средняя урожайность всех категорий производства зерновых и зернобобовых культур, а также овощей открытого типа за период 2000-2021 гг., выраженная в ц/га, взята с портала Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС) [63], и представлена на рисунке 5.

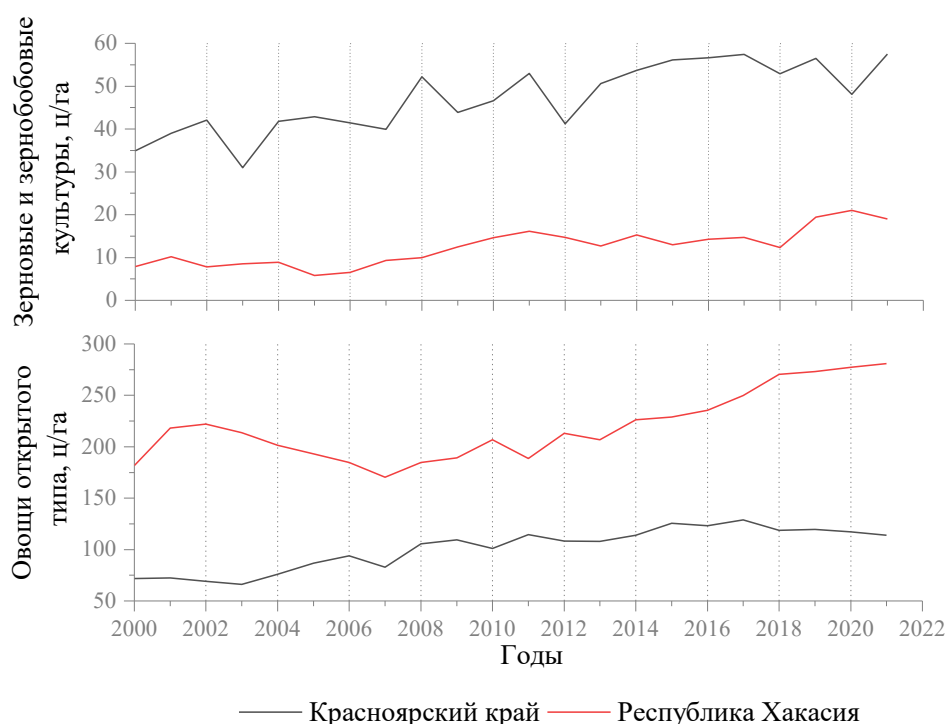


Рисунок 5 – Урожайность культур в республике Хакасия и Красноярском крае за период 2000-2021 гг.

На рисунке 5 видно, что урожайность зерновых и зернобобовых культур республики Хакасия имеет слабо выраженную тенденцию к увеличению. Урожайность этих культур, выращенных в Красноярском крае, в несколько раз превышает урожайность в республике.

В частности, в 2005 и 2007 гг. она больше примерно в 6-7 раз. Также, наблюдается тенденция к увеличению урожайности в крае.

Высокая урожайность овощей открытого грунта свидетельствует о благоприятном климате для их произрастания. В республике Хакасия, начиная с 2007 г., наблюдается увеличение урожайности. Также, с 2007 г., урожайность овощей открытого типа в Красноярском крае начинает увеличиваться, однако она ниже, чем в республике, примерно в 2-3 раза.

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от агрометеорологических условий – сочетания агрометеорологических элементов (температуры воздуха и почвы, влажности воздуха и почвы, осадков и т.д.) территории.

4 Оценка агрометеорологических условий степной зоны юга Красноярского края

Используя данные с 13 наземных метеорологических станций, был рассчитан ряд агрометеорологических характеристик, связанных с климатическими особенностями и вегетационным периодом растительности. Однако, не все исходные данные отвечали необходимым требованиям, поэтому некоторые значения показателей могут отличаться от реальных.

Так, на станции Аскиз, начиная с 2014 г., отсутствуют данные по количеству осадков за сутки. Поэтому расчеты показателей увлажненности и дат устойчивого перехода через 0°C и 5°C невозможны.

На станции Большой Он отсутствуют данные за 1997 г., а также за периоды апрель-июль 1998 г., январь-апрель 1999 г. В апреле 2004, 2005, 2008, 2016 и 2018 гг. представлены данные менее чем за 25 дней.

На станции Коммунар за апрель 2008, 2012, 2014 и 2015 гг., а также за май 1998, 1999, 2004, 2006, 2010, 2011, 2013, 2015, 2016, 2017 и 2019 гг. представлены данные менее чем за 25 дней.

На станции Первомайское за апрель 2009 и 2013 гг. представлены данные менее чем за 25 дней, а также отсутствуют данные за период апрель-декабрь 2015 г. и январь-май 2016 г.

На станции Таштып за июнь 2003 и 2016 гг., за август 2016 г., а также за сентябрь 1997, 2001, 2002, 2003, 2005, 2009, 2010, 2013, 2016, 2017, 2018, 2019 гг. представлены данные менее чем за 25 дней.

На станции Уйбат за апрель 1999, 2005, 2006, 2010, 2013 гг. представлены данные менее чем за 25 дней, а также отсутствуют данные по количеству осадков за сутки, начиная с 2014 г.

На станции Шира за апрель 1997, 2001, 2005, 2006, 2011 и 2018 гг. представлены данные менее чем за 25 дней.

Реперными точками, характеризующими пространственное изменение в северной, центральной и южной частях республики, стали станции Шира (ст.ж.д.), Абакан (при аэропорту) и Бея соответственно. Для расчета дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C и 5°C необходимыми данными являются средняя суточная температура воздуха и количество осадков за сутки. Использовалась программа, написанная сотрудниками кафедры, которая осуществляла расчет. Результаты для реперных станций

представлены в таблице 5. Для остальных станций даты устойчивого перехода через 0°C и 5°C представлены в Приложении Г.

Таблица 5 – Даты устойчивого перехода температуры воздуха через 0 и 5°C для станций Ши́ра, Абакан и Бе́я в период 1997-2019 гг.

Год	Ши́ра		Год	Абакан		Год	Бея	
	Даты устойчивого перехода температуры воздуха			Даты устойчивого перехода температуры воздуха			Даты устойчивого перехода температуры воздуха	
	через 0°C	через 5°C		через 0°C	через 5°C		через 0°C	через 5°C
1997	05.04.	19.04.	1997	22.03.	08.04.	1997	31.03.	09.04.
1998	01.04.	08.05.	1998	21.03.	04.04.	1998	01.04.	27.04.
1999	09.04.	30.04.	1999	19.03.	21.04.	1999	08.04.	26.04.
2000	25.03.	04.05.	2000	23.03.	13.04.	2000	24.03.	14.04.
2001	19.04.	07.05.	2001	27.03.	03.05.	2001	27.03.	05.05.
2002	15.04.	04.05.	2002	09.04.	23.04.	2002	21.04.	04.06.
2003	20.04.	27.04.	2003	19.04.	22.04.	2003	18.04.	22.04.
2004	17.04.	03.05.	2004	02.04.	03.05.	2004	04.04.	03.05.
2005	14.04.	21.04.	2005	23.03.	20.04.	2005	11.04.	22.04.
2006	18.04.	09.05.	2006	15.04.	10.05.	2006	15.04.	11.05.
2007	01.04.	07.04.	2007	19.03.	07.04.	2007	01.04.	30.05.
2008	20.04.	15.05.	2008	19.03.	21.04.	2008	19.03.	11.04.
2009	25.03.	23.04.	2009	25.03.	23.04.	2009	24.03.	23.04.
2010	14.04.	25.04.	2010	13.04.	25.04.	2010	15.04.	28.04.
2011	06.04.	14.04.	2011	01.04.	10.04.	2011	06.04.	10.04.
2012	23.03.	11.05.	2012	23.03.	03.05.	2012	23.03.	10.04.
2013	08.04.	23.04.	2013	05.04.	22.04.	2013	05.04.	22.04.
2014	08.04.	22.05.	2014	12.03.	05.04.	2014	12.03.	30.03.
2015	07.04.	01.05.	2015	22.03.	12.04.	2015	07.04.	21.04.
2016	22.03.	16.04.	2016	18.03.	17.04.	2016	13.03.	16.04.
2017	28.03.	24.04.	2017	26.03.	13.04.	2017	24.03.	11.04.
2018	08.04.	22.04.	2018	07.04.	21.04.	2018	07.04.	21.04.
2019	23.03.	30.04.	2019	23.03.	24.04.	2019	12.03.	29.04.

Согласно таблице 5, на станции Ши́ра устойчивый переход температуры воздуха через 0°C, связанный со сходом снежного покрова, просыханием почвы и вскрытием рек, чаще наблюдался в первую декаду апреля, чуть реже – во вторую. Кроме того, начиная с 2011 г., отмечен все более ранний переход температуры воздуха через 0°C. Так, в 2012, 2016, 2017 и 2019 гг. он фиксировался во второй половине марта (22-28 числа). Устойчивый переход температуры воздуха через 5°C, от которого зависит вегетационный процесс растительности, на станции чаще отмечался во второй половине апреля, чуть реже – в первой половине мая. Количество дней между устойчивыми переходами через 0°C и 5°C варьируются в пределах от 7 до 49 в отдельные годы. Наиболее быстрый переход наблюдался в 2003, 2005 и 2007 гг., самый долгий – в 2012 г. На станции Абакан устойчивый

переход температуры воздуха через 0°C чаще всего отмечался во второй половине марта, в 2014 г. – в первой половине, 12 числа. Реже переход через 0°C отмечен в первой декаде апреля. Устойчивый переход температуры воздуха через 5°C в большую часть времени фиксировался в апреле – чаще в первую половину. В 2001, 2005, 2006 и 2012 гг. он отмечался позднее, в первую декаду мая. Количество дней между устойчивыми переходами через 0°C и 5°C варьируются в пределах от 3 до 41. Наиболее быстрый переход наблюдался в 2003 г., самый долгий – в 2012 г. Наблюдается слабая тенденция к росту продолжительности периода перехода температуры воздуха через 0°C и 5°C. На станции Бея устойчивый переход температуры воздуха через 0°C чаще отмечался в первые 2 недели апреля, реже – во второй половине мая. В 2014, 2016 и 2019 гг. переход отмечен в первые 2 недели марта (12-13 числа). Устойчивый переход температуры воздуха через 5°C в большинстве годов наступал в апреле, чаще во вторую половину. В 2001, 2004 и 2006 и 2007 гг. переход отмечался в мае, 5, 3, 11 и 30 числа соответственно. Самый поздний переход был в 2002 г., и отмечался 4 июня. Количество дней между устойчивыми переходами через 0°C и 5°C варьируются в пределах от 4 до 48. Наиболее быстрый переход наблюдался в 2003 и 2011 гг., самый долгий – в 2018 г.

В 2003 и 2011 гг. на большинстве станций продолжительность между устойчивым переходом температуры воздуха через 0°C и 5°C был самым коротким – от 2 до 12 дней.

Было подсчитано количество дней с температурой воздуха выше 30°C и количество дней с температурой почвы выше 50°C. В таблице 6 представлено количество дней для станции Ши́ра. Для остальных станций количество дней, когда температура воздуха превышала 30°C, а температура почвы была выше 50°C, представлены в Приложении Д.

Из таблицы 6 видно, что на станции Ши́ра температура воздуха выше 30°C чаще фиксировались в июле. За период исследования насчитывалось 66 дней. В июне дней несколько меньше – 58. В сентябре также отмечались дни с температурой воздуха выше 30°C – в 2007, 2010 и 2014 гг. В 2013 г. температура воздуха не превышала 30°C ни в одном месяце. Наблюдается тенденция к уменьшению количества дней с температурой воздуха выше 30°C. Температура почвы выше 50°C в мае наблюдалась только 5 раз, 3 из которых в 2016 г. и 2 в 2019 г. В 1997 и 2011 гг. температура почвы выше 50°C не наблюдалась вовсе. В июне наблюдалось максимальное количество дней с температурой выше 50°C – 71 случай, в июле их было 65. Начиная с 2014 г. количество дней с температурой почвы выше 50°C возрастает, наблюдается тенденция к увеличению числа случаев.

Таблица 6 – Количество дней с температурой воздуха выше 30°C и температурой почвы выше 50°C на станции Ши́ра

Год	Количество дней с температурой воздуха выше 30°C						Итого	Год	Количество дней с температурой почвы выше 50°C				Итого
	4	5	6	7	8	9			5	6	7	8	
1997	-	-	3	1	-	-	4	1997	-	-	-	-	-
1998	-	-	1	1	8	-	10	1998	-	-	5	1	6
1999	-	1	1	14	3	-	19	1999	-	-	1	-	1
2000	-	-	-	4	3	-	7	2000	-	2	3	1	6
2001	-	5	5	1	5	-	16	2001	-	2	-	1	3
2002	-	-	1	2	2	-	5	2002	-	-	-	-	-
2003	-	-	1	2	-	-	3	2003	-	2	1	-	3
2004	-	5	3	-	1	-	9	2004	-	2	1	-	3
2005	-	-	-	7	3	-	10	2005	-	2	6	-	8
2006	-	-	6	1	-	-	7	2006	-	2	-	-	2
2007	-	-	-	9	2	3	14	2007	-	-	5	-	5
2008	-	1	6	4	3	-	14	2008	-	1	1	-	2
2009	-	-	1	2	1	-	4	2009	-	-	2	-	2
2010	-	-	9	1	2	3	15	2010	-	6	2	-	8
2011	-	-	-	3	2	-	5	2011	-	-	-	-	-
2012	-	-	3	3	-	-	6	2012	-	5	7	-	12
2013	-	-	-	-	-	-	-	2013	-	-	2	-	2
2014	-	-	1	5	5	1	12	2014	-	9	6	2	17
2015	-	-	2	5	3	-	10	2015	-	8	8	-	16
2016	-	-	1	-	-	-	1	2016	3	5	6	3	17
2017	-	-	4	1	-	-	5	2017	-	10	-	1	11
2018	-	-	8	-	1	-	9	2018	-	12	7	5	24
2019	-	-	2	-	1	-	3	2019	2	3	2	3	10

В таблице 7 представлено количество дней с температурой воздуха выше 30°C и температурой почвы выше 50°C на станции Абакан.

В таблице 7 показано, что в апреле зафиксирован только 1 случай с температурой воздуха выше 30°C, который наблюдался в 2003 г. За период исследования температура воздуха выше 30°C чаще фиксировались в июле, чуть реже в июне, количество случаев составило 158 и 129 соответственно. В сентябре отмечались случаи в 2000, 2007, 2010, 2011, 2014 и 2015 гг., количество дней с температурой воздуха выше 30°C за весь период исследования в сентябре в общем составило 14 случаев. Наблюдается слабая тенденция к уменьшению количества дней с температурой воздуха выше 30°C. Температура почвы выше 50°C в мае наблюдалась 4 раза, 2 из которых в 1999 г, и по 1 в 2001 и 2004 гг. Дней с температурой почвы выше 50°C не наблюдалось в 2009, 2016 и 2019 гг. 69 случаев зафиксировано в июле за весь период исследования, в июне – 48. За август количество дней

уменьшилось – 24 дня с температурой почвы выше 50°C. Наблюдается слабая тенденция к уменьшению количества дней с температурой почвы выше 50°C.

Таблица 7 – Количество дней с температурой воздуха выше 30°C и температурой почвы выше 50°C на станции Абакан

Год	Количество дней с температурой воздуха выше 30°C						Итого	Год	Количество дней с температурой почвы выше 50°C				Итого
	4	5	6	7	8	9			5	6	7	8	
1997	-	-	6	5	3	-	14	1997	-	2	1	1	4
1998	-	-	1	9	10	-	20	1998	-	-	3	7	10
1999	-	3	3	17	4	-	27	1999	2	2	13	2	19
2000	-	1	4	3	4	1	13	2000	-	1	2	3	6
2001	-	10	10	6	10	-	36	2001	1	1	-	1	3
2002	-	2	1	4	5	-	12	2002	-	-	-	1	1
2003	1	-	7	5	-	-	13	2003	-	1	-	-	1
2004	-	5	3	4	3	-	15	2004	1	-	-	-	1
2005	-	-	4	13	4	-	21	2005	-	3	11	4	18
2006	-	-	10	6	1	-	17	2006	-	1	-	-	1
2007	-	-	-	15	2	4	21	2007	-	-	14	1	15
2008	-	3	10	10	4	-	27	2008	-	1	-	-	1
2009	-	2	3	4	-	-	9	2009	-	-	-	-	-
2010	-	-	8	5	2	4	19	2010	-	3	4	-	7
2011	-	-	6	3	6	1	16	2011	-	4	2	-	6
2012	-	1	9	8	-	-	18	2012	-	8	7	-	15
2013	-	-	1	1	-	-	2	2013	-	1	-	-	1
2014	-	-	4	10	7	2	23	2014	-	-	3	2	5
2015	-	1	7	13	4	2	27	2015	-	1	3	2	6
2016	-	-	2	7	-	-	9	2016	-	-	-	-	-
2017	-	2	15	2	3	-	22	2017	-	10	1	-	11
2018	-	2	13	7	5	-	27	2018	-	9	5	-	14
2019	-	-	2	1	4	-	7	2019	-	-	-	-	-

В таблице 8 представлено количество дней с температурой воздуха выше 30°C и температурой почвы выше 50°C на станции Бея.

В таблице 8 отмечено, что в мае отмечался только 1 случай с температурой воздуха выше 30°C в 2003 г. На станции Бея температура воздуха выше 30°C чаще фиксировались в июле. За период исследования насчитывался 81 случай в июле, в июне случаев меньше – 66. В сентябре также отмечались дни с температурой воздуха выше 30°C – в 2007, 2010 и 2014 гг. Наблюдается тенденция к уменьшению количества дней с температурой воздуха выше 30°C. Температура почвы выше 50°C в мае наблюдалась в 1999, 2001, 2002, 2008, 2009, 2011 и 2017 гг. В июне наблюдалось максимальное количество дней с температурой выше 50°C – 113 случаев, в июле их насчитывалось 106. В период 2003-2007 гг.

наблюдалось уменьшение количества дней с температурой выше 50°C, но в целом наблюдается тенденция к увеличению числа случаев.

Таблица 8 – Количество дней с температурой воздуха выше 30°C и температурой почвы выше 50°C на станции Бея

Год	Количество дней с температурой воздуха выше 30°C						Итого	Год	Количество дней с температурой почвы выше 50°C				Итого
	4	5	6	7	8	9			5	6	7	8	
1997	-	-	4	2	1	-	7	1997	-	5	3	-	8
1998	-	-	4	4	8	-	16	1998	-	4	2	5	11
1999	-	1	1	13	2	-	17	1999	2	-	9	-	11
2000	-	1	1	1	4	-	7	2000	-	2	3	9	14
2001	-	6	3	2	7	-	18	2001	4	11	6	5	26
2002	-	2	1	3	3	-	9	2002	1	3	4	2	10
2003	1	-	1	-	-	-	2	2003	-	-	2	-	2
2004	-	4	1	1	3	-	9	2004	-	1	2	1	4
2005	-	-	2	10	4	-	16	2005	-	2	-	2	4
2006	-	-	3	5	-	-	8	2006	-	-	5	-	5
2007	-	-	-	9	2	1	12	2007	-	1	-	2	3
2008	-	1	5	3	4	-	13	2008	1	9	9	3	22
2009	-	-	1	3	1	-	5	2009	2	5	10	3	20
2010	-	-	5	-	1	2	8	2010	-	3	3	-	6
2011	-	-	3	4	3	-	10	2011	1	8	3	2	14
2012	-	-	6	2	1	-	9	2012	-	9	9	2	20
2013	-	-	1	1	-	-	2	2013	-	8	5	2	15
2014	-	-	-	4	3	1	8	2014	-	4	6	2	12
2015	-	-	1	7	3	-	11	2015	-	8	10	3	21
2016	-	-	3	4	-	-	7	2016	-	7	13	1	21
2017	-	2	11	1	3	-	17	2017	2	10	1	1	14
2018	-	2	9	2	4	-	17	2018	-	11	1	1	13
2019	-	-	-	-	1	-	1	2019	-	2	-	2	4

4.1 Оценка увлажненности территории по данным наземных источников

Были рассчитаны показатели увлажненности (ИС, К, ГТК). Временный ход изменений показателей для реперных станций представлен на рисунке 6. Рассчитанные показатели увлажненности для остальных станций представлены в Приложении Е.

По рисунку 6 видно, что на станции Ши́ра индекс сухости колеблется в больших пределах – от 0,7 до 2,2. В 1998 и 2007 гг. значение индекса достигало 2,1 и 2,2 соответственно, что по классификации Будыко характерно для зон полупустынь. В 2003, 2013 и 2016 гг. значения ИС по классификации относились к лесной зоне. Наблюдается

тенденция к уменьшению значения ИС. Обратная ситуация наблюдается с показателем ГТК – наблюдается тенденция к росту значений. В 1998, 1999, 2003, 2007 и 2008 гг. значения коэффициента колебались в пределах 0,7-0,9, что по классификации соответствуют значениям для слабой и средней степени засухи. В период 2009-2011 гг. ГТК увеличивался до 0,9, что по классификации относит территорию к зоне с достаточной (оптимальной) степенью влагообеспеченности. В дальнейшем, ГТК колебался в пределах 1,2-1,7 – влажная зона с повышенной (1,4-1,5) и избыточной (1,5-2,0) степенями влагообеспеченности. Исключения составляют 2014, 2015 и 2018 гг., когда значение коэффициента колебалось в пределах 0,7-0,9 (недостаточная степень влагообеспеченности). Коэффициент увлажнения К только в 1998, 1999 и 2007 гг. находился в пределе значений, который соответствует зоне степи. В остальные годы значения К колебались в пределах 0,6-1,3, где 0,6-1,0 – лесостепная зона (1997 г., 2000-2001, 2004-2006, 2008-2012, 2014-2015, 2018-2019 гг.), 1,0-1,5 – лесная (2002-2003, 2018-2017 гг. и 2014 г.). Наблюдается слабо выраженная тенденция к росту значений К.

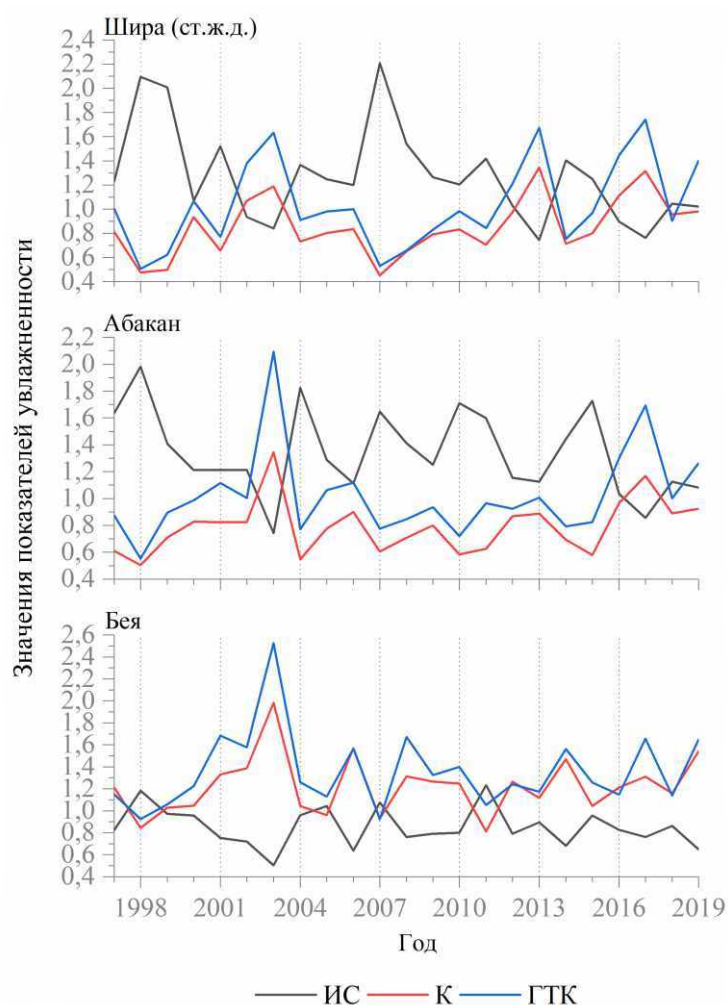


Рисунок 6 – Временной ход изменений показателей ГТК, ИС и К по трем станциям за 1997-2019 гг.

Из рисунка 6 следует, что по значениям индекса сухости станция Абакан по классификации Будыко относится к степной зоне. Значения ИС колеблются в пределах 1,3-2,0 почти во все года, исключение составляет только 2003 г., когда значение было равно 0,7, что соответствует лесной зоне. Значение ИС имеет слабую тенденцию к уменьшению. Большую часть периода исследования значения ГТК по классификации Селянинова соответствовали зоне с недостаточной степенью влагообеспеченности (0,76-1,10). Также, в 1998 г. значение ГТК не превышало 0,55, что говорит о том, что в этом году отмечалась засуха средней интенсивности. В 2001, 2006, 2016 и 2019 гг. гидротермический коэффициент имел значения в пределах 1,11-1,40, которые по классификации характерны для зоны с оптимальной (достаточной) степенью влагообеспеченности. В 2003 г. ГТК достиг значения, равного 2,1, соответствующего переувлажнению. Коэффициент увлажнения К только в 2003 и 2017 гг. находился в пределах значений, который соответствует зоне лесостепи. В остальные годы значения К колебались в пределах 0,5-1,0, что по классификации Высоцкого-Иванова соответствуют степной зоне. Наблюдается слабая тенденция к росту значений коэффициента увлажнения.

По рисунку 6 видно, что на станции Бея по классификации Будыко территория соответствуют зоне степей. Исключения составляют 1998, 2005, 2007 и 2011 гг., когда ИС колебался в пределах 1,0-1,2 (лесная зона). В 1998 и 2007 гг. ГТК был равен 0,9, в 1999 и 2000 гг. – 1,1, что соответствует зоне с недостаточной степенью обеспеченности влагой. В 1997 и 2000 гг, в 2004-2005, 2009-2010, 2012-2016 гг. гидротермический коэффициент находится в пределах значений (1,11-1,40), который по классификации Селянинова соответствует зоне с оптимальной (достаточной) степенью влагообеспеченности. В 2001, 2002, 2006, 2008, 2017 и 2019 гг, когда значение ГТК колебалось от 1,5 до 1,7, территория по классификации относилась к зоне с избыточной увлажненностью, к переувлажненной – в 2003 г., когда значение ГТК составляло 2,5. По значению коэффициента увлажнения станция Бея относилась к лесостепи (0,8-1,0) в 1998, 2005, 2007 и 2011 гг., в остальные годы – к лесной зоне (1,0-1,9). Наблюдается слабая тенденция к росту значений коэффициента увлажнения К.

Были построены карты пространственного распределения средних значений параметров ГТК и ИС за период 1997-2019 гг., представленные на рисунках 7 и 8 соответственно.

Анализируя рисунок 7, можно сделать вывод, что на исследуемой территории складываются различные условия влагообеспеченности. Можно сказать, что по средним значениям показателя ГТК северный район (ст. Шира) по классификации Селянинова

относится к зоне с недостаточной степенью влагообеспеченности, южный (ст. Большой Он), юго-восточный (ст. Черемушки) и восточный (ст. Хакасский) районы – к переувлажненной зоне. Однако, юго-восток (ст. Абакан) по классификации соответствует зоне с недостаточной степенью влагообеспеченности. К зоне с избыточной степенью влагообеспеченности относятся территории западного (ст. Неожиданный), северо-западного (ст. Ненастная) и южного (ст. Таштып) районов. Северо-восточный (ст. Первомайское) и юго-восточный (ближе к центральной части, ст. Бея) районы относятся к зоне с достаточной (оптимальной) степенью влагообеспеченности.

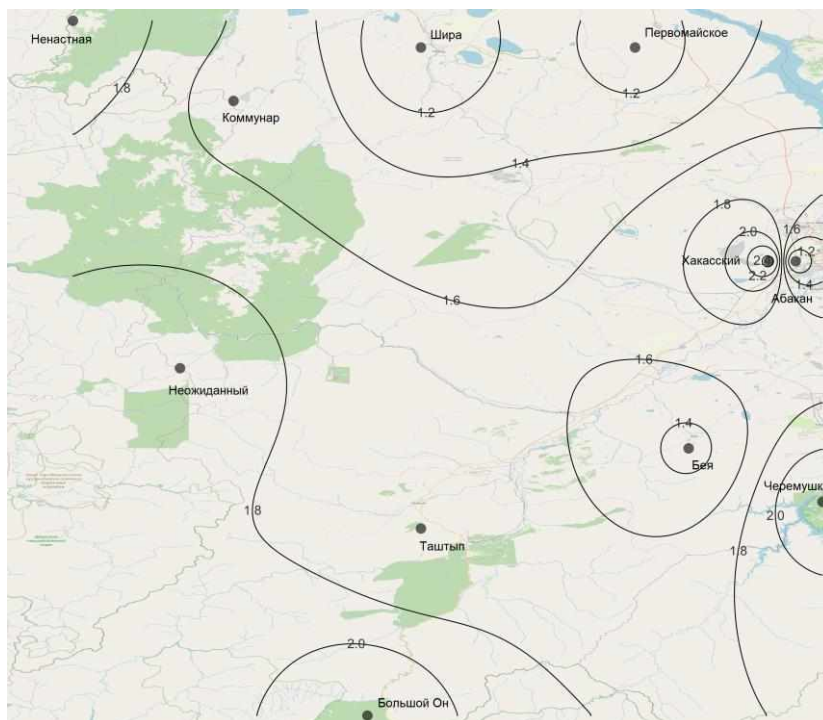


Рисунок 7 – Пространственное изменение среднего значения гидротермического коэффициента

На рисунке 8 видно, что среднее значение ИС по классификации относит южный (ст. Большой Он, Таштып), юго-восточный (ст. Бея, Черемушки, Хакасский) и северо-западный (ст. Ненастная, Коммунар) районы к лесной зоне. Восточный (ст. Неожиданный), северный (ст. Шира, Первомайское) районы и крайний восток (ст. Абакан) территории исследования относятся к степной зоне.

Тенденции изменения пространственного распределения средних значений ГТК и ИС представлены в сравнении за два десятилетия (2000-2009 гг. и 2010-2019 гг.). На рисунке 9 представлено пространственное распределение среднего значения ГТК за два десятилетия. Красным цветом проведены изолинии за второе десятилетие (2010-2019 гг.).

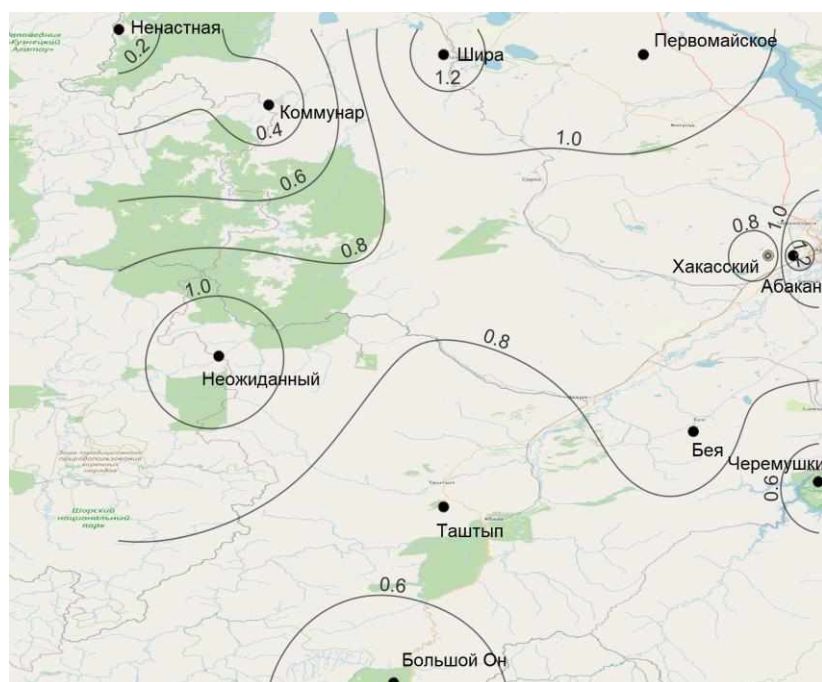


Рисунок 8 – Пространственное изменение среднего значения индекса сухости

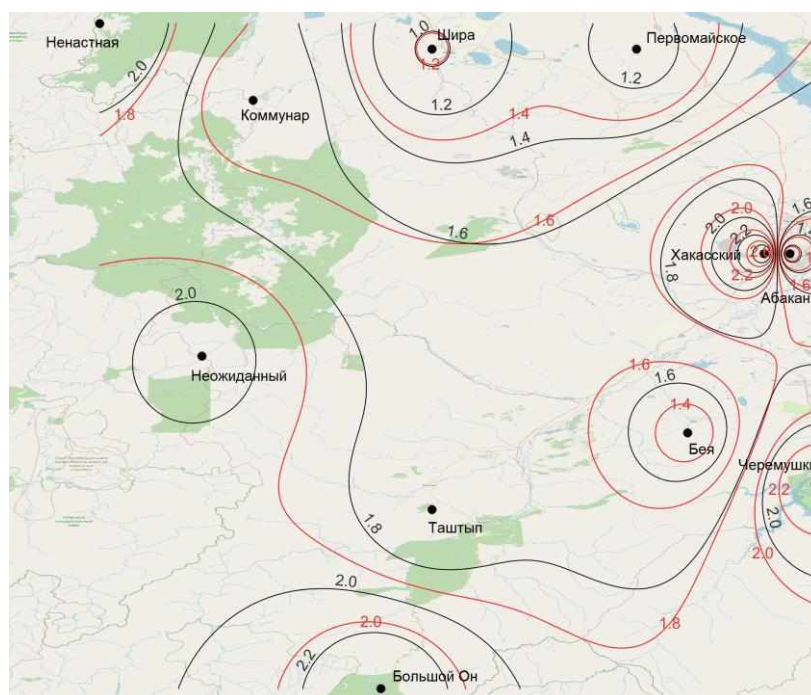


Рисунок 9 – Пространственное изменение среднего значения гидротермического коэффициента за два десятилетия

По рисунку 9 видно, что в восточном (ст. Хакасский) и юго-восточном (ст. Черемушки) районах средние значения ГТК за период 2010-2019 гг. увеличились. Эта территория по классификации Селянинова еще более переувлажненной. На остальной территории исследования наблюдается уменьшение степени влагообеспеченности.

Территории, по классификации Селянинова относящиеся в период 2000-2009 гг. к зонам с оптимальной степенью влагообеспеченности (северный район – ст. Ши́ра, крайний восточный район – ст. Абакан) в период 2010-2019 гг. классифицируются как зоны с недостаточной степенью влагообеспеченности. Западный (ст. Неожиданный) и северо-западный (ст. Ненастная) районы из переувлажненной зоны стали классифицироваться как зоны с избыточной степенью обеспечения влагой. Юго-восточный район (ближе к центральной части – ст. Бея) перешел из избыточной в зону с достаточной степенью влагообеспеченности.

На рисунке 10 представлено пространственное распределение среднего значения показателя ИС за два десятилетия.

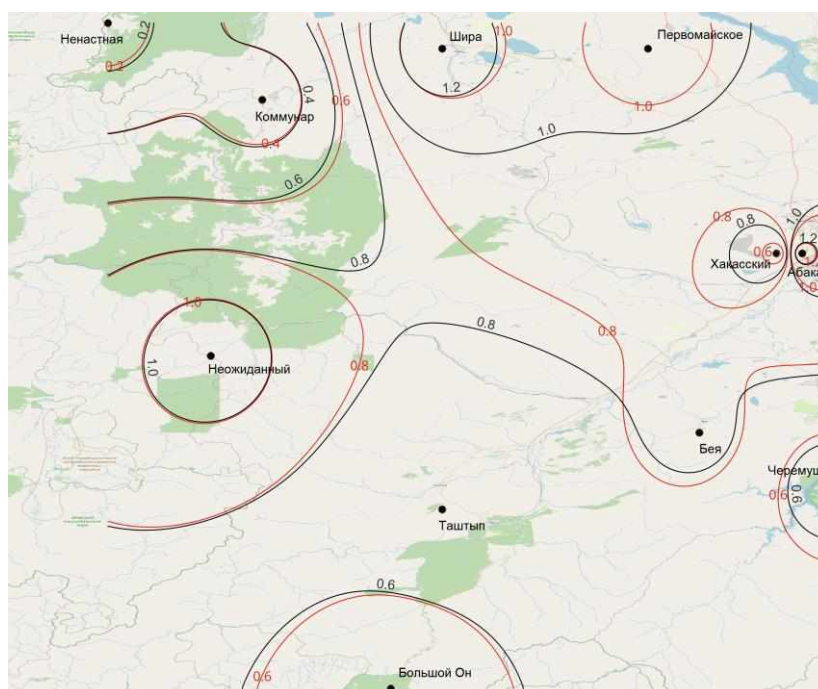


Рисунок 10 – Пространственное изменение среднего значения индекса сухости за два десятилетия

Из рисунка 10 видно, что средние значения ИС за второе десятилетие (2010-2019 гг.) изменялись не в широких пределах. Уменьшилась зона степи в северном и крайнем восточном районах.

4.2 Оценка состояния растительного покрова по данным Landsat8

В качестве данных выступили средние значения и экстремумы BI $NDVI$, MSI , $SAVI$ и температуры поверхности земли LST за апрель 2014-2021 гг. и май 2015-2021 гг. за каждый пролет по всем доступным точкам проекции из 57 отобранных для исследования.

За апрель было отобрано 13 дат, за май – 8 дат, каждый год представлен 1-3 датами, за исключением мая 2018 г., когда не было отобрано ни одного дня.

Временной ход значений ВИ за апрель 2014-2021 гг. представлен на рисунке 11.

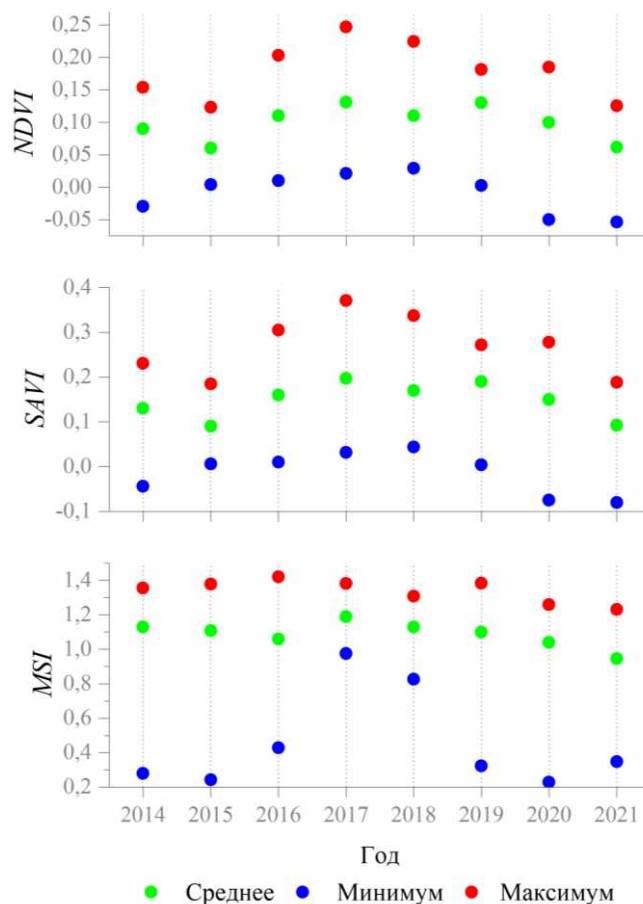


Рисунок 11 – Временной ход изменений вегетационных индексов за апрель 2014-2021 гг.

На рисунке 11 отображены полученные значения индекса *NDVI*. Они свидетельствуют о том, что вегетационный период еще не наступил, т.е. значение индекса меньше 0,3 указывает на недостаточно развитую или полностью отсутствующую растительность. Отрицательные значения индекса указывают на наличие нерастаявшего снега. Индекс *SAVI* позволяет произвести оценку растительности без учета влияния почвы. Он является уточненным индексом *NDVI*. Коэффициент корректировки подстилающей поверхности *L*, в этой работе равный 0,5, значительно снижает уровень шума почвы, как описано в работе [64].

При сравнении значений индексов *SAVI* и *NDVI* получается, что значения первого за временной диапазон исследования выше значений второго на 0,03-0,12. Это говорит о том, что растительность недостаточно развита и не полностью покрывает землю.

Значения индекса *MSI*, представленного на рисунке 11, по большей части лежат в пределах от 0,04 до 2. Значения ниже 0,04 указывают на то, что в точках проекции по территории исследования не обнаружено зеленой растительности.

Временной ход значений *LST* за апрель 2014-2021 гг. представлен на рисунке 12.

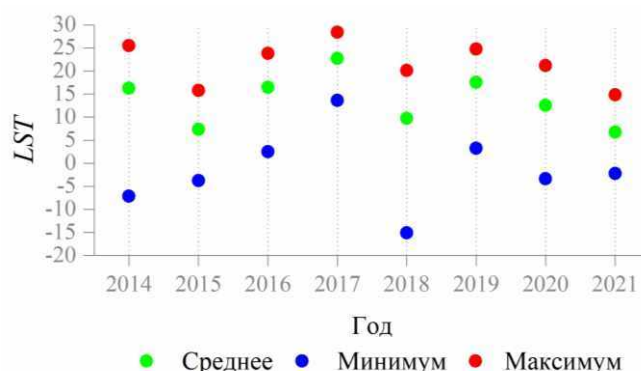


Рисунок 12 – Временной ход изменения *LST* за апрель 2014-2021 гг.

Преимущественно были отобраны даты второй половины мая, кроме 2015 и 2021 гг. В опубликованной ранее работе [65] было установлено, что полученная зависимость между двумя видами данных описывается линейной функцией с коэффициентом детерминации около 65%. Между температурой оголенного участка почвы по наземным данным и температурой поверхности Земли по данным с КА выявлена зависимость с теснотой связи 80%.

Наблюдается совпадение этапов временного хода *NDVI* и *LST*. Рассчитанный коэффициент Фехнера, указывающего силу статистической связи признаков, был равен 1, что указывает на то, что средние значения *NDVI* и *LST* за апрель 2014-2021 гг. имеют прямую связь.

Временной ход значений *VI* за май 2015-2021 гг. представлен на рисунке 13.

На рисунке 13 отображены полученные значения индекса *NDVI*. Они характерны для начала вегетационного периода. Значения в пределах 0,3-0,5 указывают на среднюю степень развития зеленой биомассы. Значения в диапазоне от 0,2 до 0,4 указывают такой тип покрытия, как кустарники и пастбища, от 0,4 до 0,5 – скудная разреженная древесная и кустарниковая растительность. Значения индекса *SAVI* подтверждают разреженность, так как они превышают значения *NDVI* на 0,10-0,25 (в случае максимальных значений).

Значения индекса *MSI* лежат в пределах от 0,04 до 2,0. Это указывает на то, что в выбранных точках проекции по территории исследования зеленая растительность не испытывает стресса влажности, т.е. в ней содержится достаточное количество влаги для роста и развития.

Временной ход значений LST за май 2015-2021 гг. представлен на рисунке 14.

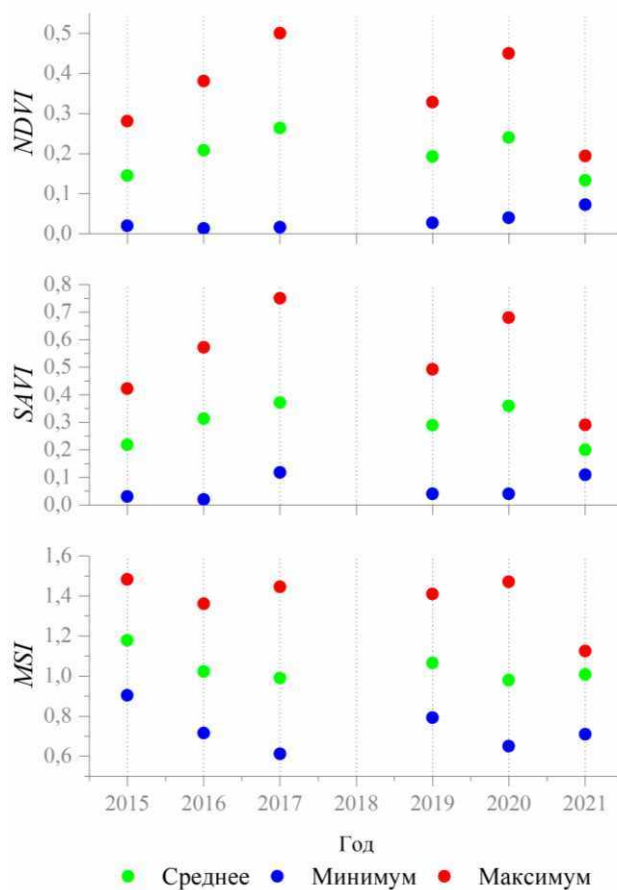


Рисунок 13 – Временной ход изменений вегетационных индексов за май 2015-2021 гг.

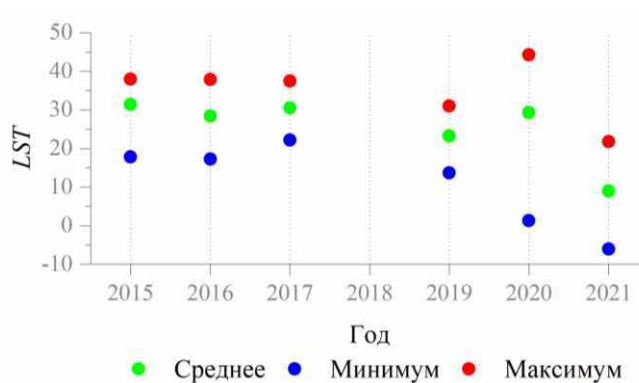


Рисунок 14 – Временной ход изменения LST за май 2015-2021 гг.

За 2021 г. данные, соответствующие условиям отбора, были установлены в первой декаде мая, поэтому значения $ВИ$ и LST за этот год отличаются от остальных лет.

Рассчитанный коэффициент корреляции Фехнера равен 1. Это указывает на то, что средние значения параметров $NDVI$ и LST за май 2015-2021 гг. имеют прямую связь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была проведена оценка агроклиматических условий степной зоны юга Красноярского края.

Для выполнения работы был собран массив данных, состоящий из суточных данных с 10 метеорологических станций, полученных из Среднесибирского УГМС, а также 8-срочных данных с 3 метеорологических станций, взятых с сайта ВНИГМИ-МЦД. Однако, имелись пропуски в датах, которые иногда достигали 1 года (6 лет на ст. Аскиз и Уйбат). В остальном, данные отвечают требованиям, предъявляемым к климатическим расчетам. Далее на основе собранного массива рассчитаны агрометеорологические характеристики, связанные с климатическими особенностями и вегетационным периодом растительности.

При проведении исследования было выявлено, что в северной части территории исследования устойчивый переход температуры воздуха через 0°C отмечался в первую декаду апреля, реже – во вторую. Кроме того, начиная с 2011 г., отмечен более ранний переход температуры воздуха через 0°C , зафиксированный во второй половине марта (22-28 числа). Устойчивый переход температуры воздуха через 5°C чаще отмечался во второй половине апреля (21-30 числа), реже – в первой половине мая с 1 по 15 числа. Продолжительность периода между датами устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C и 5°C варьируется от года к году в пределах от 7 до 49. Наиболее быстрые переходы наблюдались в 2003, 2005 и 2007 гг., самый долгий – в 2012 г.

В центральной части территории переход температуры воздуха через 0°C чаще всего отмечался во второй половине марта (21-30 числа). Реже переход температуры воздуха через 0°C отмечен в первой декаде апреля. Устойчивый переход температуры воздуха через 5°C в большую часть времени фиксировался в апреле – чаще в первую половину (1-14 числа). Количество дней между устойчивыми переходами через 0°C и 5°C от года к году варьируются в пределах от 3 до 41. Наиболее быстрый переход наблюдался в 2003 г., самый долгий – в 2012 г.

В южной части устойчивый переход температуры воздуха через 0°C чаще отмечался в 1-20 числах апреля, реже – в 15-31 числах мая. Устойчивый переход температуры воздуха через 5°C в большинстве лет наступал в 15-30 числах апреля. Продолжительность периода между устойчивым переходом температур воздуха через 0°C и 5°C варьируется в пределах от 4 до 48. Наиболее быстрый переход наблюдался в 2003 и 2011 гг., самый долгий – в 2018 г.

В 2003 и 2011 гг. на большинстве станций продолжительность между устойчивым переходом температур воздуха через 0°C и 5°C была самой короткой – от 2 до 12 дней.

Была проведена оценка повторяемости дней с температурой воздуха выше 30°C и температурой почвы выше 50°C. На июль за весь период исследования приходится большее количество дней с температурой воздуха выше 30°C – до 158 случаев (ст. Абакан), на июнь случаев дней меньше – до 129 (ст. Абакан). Наличие дней с температурой почвы выше 50°C указывает на возможности получения почвой тепла на этой территории. Это зависит от теплоемкости подстилающей поверхности, ее способности хранить и передавать тепло нижележащим слоям. Температура почвы выше 50°C в северной и южной частях территории чаще наблюдалась в июне (до 159 случаев), в центральной части – в июле (до 205 случаев). На станциях Коммунар и Ненастная зафиксированы самое малое количество дней с температурой воздуха выше 30°C за апрель-сентябрь – 35 и 1 случаев соответственно, и температурой почвы выше 50°C за май-август – 5 и 1 случаев соответственно.

Все наблюдаемые тенденции статистически незначимы. Это говорит о том, что увеличение или уменьшение количества дней на рассмотренной территории характерны только для выбранного периода времени и не отражают долгосрочную перспективу.

На большинстве станций наблюдаемая тенденция к изменению значений ИС статистически незначима, кроме станций Аскиз и Ши́ра, где наблюдается статистически значимая тенденция к уменьшению значений показателя. Большая часть территории по классификации М. И. Будыко относится к лесной зоне (0,3-1,0), исключение составляют северный и крайний восточный районы, относящиеся к зоне степей (1,0-2,0).

Была выявлена тенденция к увеличению значений показателя ГТК, однако она статистически значима только на станциях Аскиз и Ши́ра. По градации гидротермического коэффициента Селянинова переувлажненными являются территории ст. Большой Он, Хакасский и Черемушки (>2,0), зонами с избыточной степенью влагообеспеченности – ст. Коммунар, Неожиданный, Ненастная и Таштып (1,51-2,00), зонами с оптимальной степенью влагообеспеченности – ст. Бея и Первомайское, зонами с недостаточной степенью влагообеспеченности – ст. Абакан, Аскиз и Ши́ра.

Анализируя период 1997-2019 гг., можно сделать вывод, что колебания значений показателей ИС и ГТК в последнее десятилетие уменьшились.

Было установлено совпадение этапов временного хода *NDVI* и *LST*. Температура поверхности Земли *LST* и индекс *NDVI* за апрель 2014-2021 гг. и май 2015-2021 гг. имеют прямую связь (коэффициент Фехнера равен 1). При сравнении *LST*, рассчитанных на основе данных 10-го спектрального канала КА Landsat8 и температур поверхности почвы, взятых

с метеорологических станций, была выявлена физическая зависимость различий оголенной и неоголенной подстилающих поверхностей почвы. В дальнейшем, при увеличении выборки будет возможно найти поправочные коэффициенты для различных типов подстилающей поверхности, которые позволят восстанавливать температуру почвы по спутниковым данным. Использование спутниковых данных позволяет расширить мониторинг за состоянием подстилающей поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Научные технологии, 2022. – 124 с.
2. Титкова Т.Б. Отклик растительности на изменение климатических условий в бореальных и субарктических ландшафтах в начале XXI века / Т.Б. Титкова, В.В. Виноградова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12. – № 3. – С. 75–86.
3. О Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030 годы): Постановление от 30 дек. 2020 г. №3684-р // Собрание законодательства. – 2021. – № 3. – 609 с.
4. Павленко В. А. Потепление климата Западной Сибири и возможные эколого-экономические последствия / В. А. Павленко, А. А. Сергеев // Гео-Сибирь. – 2006. – Т. 6. – С. 176–181.
5. Худяков О.И. Эволюция почв в связи с современным потеплением климата / О.И. Худяков, О.В. Решоткин // Теоретическая и прикладная экология. – 2017. – № 2. – С. 38–43.
6. Изменения климата, 2013 г.: Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Стокер Т.Ф., Цинь Д., Платтнер и др. Кембридж юниверсити пресс, Кембридж, Соединенное Королевство и Нью-Йорк, США. – 2013. – 222 с.
7. Анализ изменений пастбищных угодий Тувы и их продуктивности с учетом климатических особенностей / С.С. Курбатская, Т.Н. Прудникова, Ч.О. Монгуш, С.Г. Курбатская // Экосистемы Центральной Азии: исследования, сохранение, рациональное природопользование: материалы XI Убсунурского междунар. симп. Кызыл: РИО Тувинского гос. ун-та, 2012. – С. 3–8.
8. Назарова Л. Е. Изменчивость средних многолетних значений температуры воздуха в Карелии // Известия Русского географического общества. – 2014. – №4. – С. 27–33.
9. Сухова М. Г. Региональные проявления изменения климата на территории Северо-Восточного Алтая / М. Г. Сухова, Е. О. Чернова, О. В. Журавлева, М. А. Лукашева. – В сб.: Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы.

Мат. конф. // под общ. ред. Куролапа С.А., Акимова Л.М., Дмитриевой В.А., – Т. 1. – Воронеж, 2019. – С. 286–291.

10. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)» (под редакцией Р.С.-Х. Эдельгериева). Том 2. М.: ООО «Издательство МБА», 2019. – 476 с.

11. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2016 году. М.: Росинформагротех, 2018. – 240 с.

12. Агроклиматические ресурсы Красноярского края и Тувинской АССР: [справочник] / [подгот. Окишева Н. П., Шумилова Н. Д., Киселева П. А. и др.]; Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР, Красноярск. упр. гидрометеорол. службы, Краснояр. гидрометеорол. обсерватория. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1974. – 211 с.

13. Сиптиц С. О. Влияние факторов на формирование аграрной структуры / С. О. Сиптиц, Е. А. Гатаулина // Экономика сельского хозяйства России. – 2014. – № 1. – С. 44–49.

14. Сиптиц С. О. Влияние природно-климатического фактора на устойчивость аграрного производства / С. О. Сиптиц, И. А. Романенко, Н. Е. Евдокимова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – Т. 4. – № 364. – С. 15–19.

15. Виноградова Л. И. Анализ агроклиматических ресурсов по республике Хакасия // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития, Красноярск, 19–21 апреля 2016 года / Ответственные за выпуск: А.А. Кондрашев, В.Б. Новикова. Том Часть II. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2016. – С. 14–17. – EDN WGORMX.

16. Им С. Т. Динамика вегетационных индексов и климатические тренды в Хакасии / С. Т. Им, В. Г. Ли // Решетневские чтения : материалы XXVI Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, 09–11 ноября 2022 года. Том Часть 1. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2022. – С. 470–472. – EDN OTCRPT.

17. Черноусенко Г. И. Изменение климата в зоне распространения засоленных почв криоаридных регионов на юге Восточной Сибири / Г. И. Черноусенко, Н. Б. Хитров // Экосистемы: экология и динамика. – 2019. – №3. – С. 5–57.

18. Панкова Е.И. Проблема активизации засоления в почвах юга Восточной Сибири и Монголии в связи с аридизацией климата / Е.И. Панкова, Г.И. Черноусенко // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2020. – Вып. 101. – С. 19–46. – DOI: 10.19047/0136-1694-2020-101-19-46.
19. Еремина И.Г. Оценка природного потенциала пахотных земель и пригодности под сельскохозяйственные культуры в предгорной части Бейского района Республики Хакасия / И.Г. Еремина, Н.В. Кутькина // Аграрная наука. – 2019. – С. 52–56. – DOI: 10.32634/0869-8155-2019-333-10-52-56.
20. Николаева З. Н. Некоторые закономерности современных изменений гидротермических характеристик в Южно-Минусинской котловине // Вестник КрасГАУ. – 2007. – № 1. – С. 71–75. – EDN HWIFCP.
21. Николаева З. Н. Особенности изменения количества атмосферных осадков на земледельческой территории Республики Хакасия / З. Н. Николаева, А. В. Николаев // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. – 2014. – № 10. – С. 43–45.
22. Долгова Н. В. Оценка продуктивности растительности по данным спутниковой информации / Н. В. Долгова, М. А. Волкова // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли : Материалы IX Международной научной конференции, Красноярск, 13–16 сентября 2022 года / Научный редактор Е.А. Ваганов, отв. редактор Г.М. Цибульский. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. – С. 212–215. – EDN CANWTW.
23. Долгова Н. В. Изменение режима увлажнения ландшафтных зон Южной Сибири / Н. В. Долгова, М. А. Волкова, Н. Н. Чередыко, И. В. Кужевская // XIV Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу : Тезисы докладов российской конференции с международным участием, Томск, 19–22 октября 2021 года / Под редакцией Е.А. Головацкой. – Томск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения РАН, 2021. – С. 10–11. – EDN FVQLNO.
24. Долгова Н.В. Современные тенденции температурно- влажностного режима на территории Южной Сибири и Северного Казахстана / Н.В. Долгова, М.А. Волкова // В сборнике: ДИНАМИКА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР ЗЕМЛИ. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию подготовки в Томском государственном университете специалистов в области наук о Земле. В 3-х томах. Томск, 2021. – С. 128–130.

25. Егунова Н. А. Почвенно-климатические показатели и продуктивность зерновых культур в лесостепной зоне юга Красноярского края / Н. А. Егунова, Е. А. Загородняя, Р. Г. Потылицын // Вестник КрасГАУ. – 2013. – №10. – С. 78–82.
26. Кутькина Н. В. Биоклиматический потенциал залежных земель Хакасии / Н. В. Кутькина, И. Г. Еремина // Аграрная наука. – 2018. – № 11-12. – С. 66–69. – DOI: 10.32634/0869-8155-2018-320-11-66-69.
27. Поляков Д.В. Применение кластерного анализа для оценки температурно-влажностных условий в период активной вегетации на территории юга Западной Сибири и его связь с гидротермическим коэффициентом Т. Г. Селянинова / Д.В. Поляков, И.В. Кужевская // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2012. – №360. – С. 188–192.
28. Чебочаков Е. Я. Влияние агроклиматических условий на структуру размещения сельскохозяйственных культур на юге Средней Сибири // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №4. – С. 14–15.
29. Изучение сезонной динамики сельскохозяйственных посевов на территории Хакасии по снимкам Terra MODIS / А. П. Шевырнов, Т. М. Зоркина, В. М. Жукова [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2007. – № 5(173). – С. 29–35. – EDN HZKQND.
30. Письман, Т. И. Определение сезонной динамики урожайности агроценозов на основе спутниковой информации и математической модели / Т. И. Письман, И. Ю. Ботвич, А. Ф. Сидько // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2014. – № 2. – С. 196. – DOI: 10.7868/S0002332914020106. – EDN RVAJGV.
31. Ботвич, И. Ю. Мониторинг фенологического развития сельскохозяйственной растительности на основе анализа временных рядов спутниковых данных Modis / И. Ю. Ботвич, А. П. Шевырнов // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2018. – Т. 11, № 6. – С. 624–634. – DOI: 10.17516/1999-494X-0080. – EDN XYUNED.
32. Шукилович А.Ю., Применение сенсора MODIS для оперативного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения / А. Ю. Шукилович, Е. В. Федотова, Ю. А. Маглинец // Журнал СФУ. Техника и технологии. – 2016. – №7. – С. 1035–1044.
33. Ларько А.А., Изучение характеристик травянистой растительности юга Красноярского края и Республики Хакасия по спутниковым и наземным спектрометрическим данным / А. А. Ларько, И. Ю. Ботвич, Ю. Д. Иванова, А. П. Шевырнов // Решетневские чтения. – 2017. – №21-1. – С. 409–410.

34. ФГБУ «ВНИГМИ-МЦД» [Электронный ресурс]. URL: <http://meteo.ru/data/> (дата обращения 27.11.2021).
35. USGS [Электронный ресурс]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 15.10.2021).
36. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. Специальность «Гидрология» направления подготовки «Гидрометеорология». – СПб.: изд. РГГМУ. – 2007. – 279 с.
37. Грингоф И. Г. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Учебное пособие / И. Г. Грингоф, В. Н. Павлова // Обнинск, ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", – 2013. – 384 с.
38. Мохнач М.Ф. Введение в физическую географию. Учебное пособие. – СПб.: изд. РГГМУ. – 2013. – 396 с.
39. Зоидзе Е. К. Опыт агроклиматического и оперативного мониторинга засушливых явлений в России по наземным данным / Е. К. Зоидзе, О. И. Задорнова, Т. В. Хомякова // Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. – 2012. – №565. – С. 152–164.
40. QGIS Documentation [Электронный ресурс]. URL: https://docs.qgis.org/3.28/ru/docs/user_manual/preamble/features.html/ (дата обращения: 21.03.2023).
41. USGS [Электронный ресурс]. URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8/> (дата обращения: 15.10.2021).
42. MapExpert [Электронный ресурс]. URL: http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?id=20&table=news/ (дата обращения: 16.01.2022).
43. GIS-Lab [Электронный ресурс]. URL: https://wiki.gis-lab.info/w/ДЗ3_для_экологических_задач_Часть_2:_Леса/ (дата обращения: 16.01.2022).
44. Воронина П. В. Классификация тематических задач мониторинга сельского хозяйства с использованием данных дистанционного зондирования MODIS / П. В. Воронина, Е. А. Мамаш // Вычислительные технологии. – 2014. – Т. 19. – № 3. – С. 76–102. – EDN SHKNFB.
45. ScienceDirect [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/land-surface-temperature/> (дата обращения: 27.01.2022).
46. Avdan U. Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data / U. Avdan , G. Jovanovska // Journal of sensor. – 2016. – Vol. 2016.

47. Газимов Т. Ф. Оценка летнего поверхностного городского острова тепла города Новосибирск по данным Landsat 8 / Т. Ф. Газимов, И. В. Кужевская // Географический вестник. – 2021. – № 4 (59). – С. 84–98.
48. Воронина П. В. Классификация тематических задач мониторинга сельского хозяйства с использованием данных дистанционного зондирования MODIS / П. В. Воронина, Е. А. Мамаш // Вычислительные технологии. – 2014. – Т. 19. – № 3. – С. 76–102.
49. Волосюк А. И. Обработка данных ДЗЗ в программном пакете SNAP ESA / А. И. Волосюк, А. А. Топаз // ГИС-технологии в науках о Земле : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 14 нояб. 2018 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Н. В. Жуковская (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2018. – С. 160–162.
50. МЧС России [Электронный ресурс]. URL: <https://19.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/harakteristika-subekta/harakteristika-respubliki-hakasiya#> (дата обращения: 22.02.2023).
51. ТОПоГИС [Электронный ресурс]. URL: <https://topogis.ru/fiziko-geograficheskoye-polozheniye-khakasii.php/> (дата обращения: 27.01.2023).
52. Правительство Республики Хакасия [Электронный ресурс]. URL: <https://r-19.ru/about-khakasia/geography/> (дата обращения: 23.11.2022).
53. ТОПоГИС [Электронный ресурс]. URL: <https://topogis.ru/fiziko-geograficheskoye-rayonirovaniye-krasnoyarskogo-kрая.php/> (дата обращения: 27.01.2023).
54. Михеева Е. Е. Водные ресурсы Енисейского региона / Е. Е. Михеева, В. Е. Михеев, И. В. Плющ. – Красноярск, 2004. – 250 с.
55. Образовательный портал [Электронный ресурс]. URL: <https://obrazovanie-gid.ru/pereskazy1/geograficheskoe-polozhenie-krasnoyarskogo-kрая-kratko.html/> (дата обращения: 21.01.2023).
56. ЛЕСПРОМ ИНФОРМ: Журнал профессионалов ЛПК [Электронный ресурс]. URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=28/> (дата обращения: 21.01.2023).
57. Экологический раздел сайта ГПНТБ России [Электронный ресурс]. URL: https://ecology.gpntb.ru/ecolibworld/project/regions_russia/Siberia/Krasnoyarsk/ (дата обращения: 16.10.2022).
58. Травы Хакасии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.soliton56.ru/tur-po-celebny-m-travam-v-hakasii-virtualnaya-vystavka.html/> (дата обращения: 21.01.2023).
59. Куценко С. Ю. Экономика и особенности развития агропромышленного комплекса Республики Хакасия в современных условиях // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3. – С. 142–147. – EDN KVSTGR.

60. Куценко С. Ю. Экономика и особенности развития агропромышленного комплекса Республики Хакасия // Материалы Региональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы социально-экономического и культурного развития Республики Хакасия (1991-2021)» посвященной 30-летию образования Республики Хакасия. – 11 нояб. 2021 г. – Абакан: Хакаское кн. изд.-во им. В.М. Торосова. – 2021. – С. 25–29.
61. Республиканское интернет-издание [Электронный ресурс]. URL: <https://gazeta19.ru/index.php/v-khakasii/item/77613/> (дата обращения: 21.01.2023).
62. Пульс Хакасии [Электронный ресурс]. URL: <https://pulse19.ru/168335-ministr-selskogo-hozjajstva-hakasii-otchitalsja-o-rabote-v-2022-godu/> (дата обращения: 22.01.2023).
63. ЕМИСС Государственная статистика [Электронный ресурс]. URL: <https://fedstat.ru/> (дата обращения: 25.02.2023).
64. Huete A.R. A Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) // Remote Sensing of Environment. – 1988. – Vol. 25. – №. 3. – P. 295–309. – DOI: 10.1016/0034-4257(88)90106-X.
65. Томашова, А. С. Использование данных Landsat-8 для оценки агрометеорологических условий степной зоны Хакасии / А. С. Томашова, И. В. Кужевская // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли : Материалы IX Международной научной конференции, Красноярск, 13–16 сент. 2022 г. / Научный редактор Е.А. Ваганов, отв. редактор Г.М. Цибульский . – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. – С. 294–297. – EDN PRFCUX.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Описание метеорологических станций республики Хакасия

Название метеостанции	Координаты, г°мм'сс" с.ш.	Координаты, г°мм'сс" в.д.	Описание
Черемушки	52°50'29.2648"	91°24'27.6324"	На юго-западной окраине пос. Черемушки в 2 км ниже плотины Саяно-Шушенской ГЭС в глубокой речной долине.
Абакан	53°43'59.9896"	91°22'59.9977"	При аэропорту в юго-западной части г. Абакан.
Хакасский	53°46'13.8088"	91°17'56.1901"	На западе пос. Зеленое, в северо-западной части Хакасско-Минусинской котловины, являющейся основным земледельческим районом республики Хакасия, в степной засушливой зоне.
Аскиз	53°8'1.5593"	90°26'54.1669"	На юго-западе с. Аскиз в юго-западной части степной зоны Хакасии.
Бея	53°2'38.2504"	90°55'28.1664"	На юге с. Бея на левом берегу р. Бея, в 1,5 км от ее русла.
Большой Он	52°4'4.4562"	89°45'45.2327"	На востоке с. Большой Он в предгорье Западного Саяна, в долине реки Большой Он.
Коммунар	54°20'47.8337"	89°16'15.9159"	Западнее пос. Коммунар на расстоянии приблизительно 500 м от него.
Ненастная	54°39'29.4461"	88°40'46.9156"	В 1 км северо-западнее пос. Приискское в центральной части хребта Кузнецкого Алатау, в районе Саралинских приисков, на восточном склоне горы Ненастная.
Неожиданный	53°20'45.0113"	89°4'38.0702"	На юге пос. Неожиданный в глубокой долине.
Первомайское	54°35'28.3143"	90°46'20.4087"	На севере с. Первомайское.
Таштып	52°47'30.1973"	89°54'15.3420"	На востоке с. Таштып в южной части Кузнецкого Алатау, на восточных склонах Абаканского хребта, в долине р. Таштып.
Уйбат ст.ж.д.	53°43'32.1688"	90°21'37.0646"	На юге пос. Уйбат вблизи железнодорожной станции в долине р. Уйбат.
Шира ст.ж.д.	54°30'19.9600"	89°58'56.8911"	На северо-востоке с. Шира в степной зоне, крупнохолмистой местности.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Описание точек исследования

Название	Координаты, гг°мм'сс" с.ш.	Координаты, гг°мм'сс" в.д.	Описание
Поле 1	54°3'47.6583"	91°51'25.3322"	Южнее д. Диссос на расстоянии примерно 1 км (Краснотуранский район). Поле имеет периметр около 7 км, область примерно 2,5 км ² (252 га).
Поле 2	54°8'27.6771"	91°54'11.8790"	Юго-восточнее с. Саянск на расстоянии примерно 1,5 км (Краснотуранский район). Поле имеет периметр около 7 км, область примерно 3 км ² (295 га).
Поле 3	54°14'23.2023"	91°48'37.8566"	Юго-западнее д. Николаевка на расстоянии примерно 8 км (Краснотуранский район). Поле имеет периметр около 6 км, область примерно 1,8 км ² (179 га).
Поле 4	53°53'14.3211"	91°42'28.6117"	Южнее с. Николо-Петровка на расстоянии примерно 5 км (Минусинский район). Поле имеет периметр около 4 км, область – 0,75 км ² (75 га).
Поле 5	53°51'19.8268"	91°9'17.1710"	Северо-западнее г. Черногорск на расстоянии около 7 км (республика Хакасия). Поле имеет периметр около 5,5 км, область – 1,3 км ² (130 га).
Поле 6	54°18'30.9399"	90°59'5.1387"	Южнее с. Знаменка на расстоянии примерно 5 км (Богградский район, Республика Хакасия). Поле имеет периметр около 3 км, область примерно 0,5 км ² (47 га).
Поле 7	54°24'14.1135"	91°4'14.9007"	Северо-восточнее с. Знаменка на расстоянии примерно 7 км (Богградский район, Республика Хакасия). Поле имеет периметр около 4 км, область примерно 0,5 км ² (48 га).
Поле 8	54°38'6.5452"	90°38'50.8047"	Северо-восточнее д. Заречная на расстоянии примерно 7 км (Богградский район, Республика Хакасия). Поле имеет периметр около 2,5 км, область примерно 0,35 км ² (34 га).
Поле 9	54°42'43.6587"	90°36'41.3380"	Восточнее с. Ворота на расстоянии примерно 6 км (Ширинский район, Республика Хакасия). Поле имеет периметр около 12 км, область примерно 8,5 км ² (858 га).
Поле 10	54°29'24.2464"	90°7'19.7823"	Северо-западнее Базы отдыха ТГУ Колодезный на расстоянии примерно 100 м (пос. Колодезный, Ширинский район, Республика Хакасия). Палаточная стоянка студентов БИ и ГГФ во время летней практики. Имеет периметр около 0,2 км, область примерно 20 га.

Продолжение таблицы Б.1

Название	Координаты, гг°мм'сс" с.ш.	Координаты, гг°мм'сс" в.д.	Описание
Поле 11	54°34'53.0380"	90°2'16.1800"	Восточнее с. Целинное на расстоянии примерно 7,5 км (Ширинский район, Республика Хакасия). Имеет периметр около 4 км, область примерно 0,30 км ² (32 га).
Поле 12	54°34'53.5960"	89°46'0.6808"	Северо-восточнее аала Малый Кобежилов на расстоянии примерно 5 км (Ширинский район, Республика Хакасия). Имеет периметр около 10 км, область примерно 4,2 км ² (421 га).
Поле 13	53°49'1.4895"	91°44'56.5105"	Севернее пос. Суходол на расстоянии примерно 4 км (Минусинский район, Красноярский край). Имеет периметр около 3 км, область примерно 0,5 км ² (42 га).
Поле 14	53°42'55.2364"	91°12'7.5949"	Северо-восточнее с. Солнечное на расстоянии примерно 3 км (Усть-Абаканский район, Республика Хакасия). Имеет периметр около 3 км, область примерно 0,13 км ² (13 га).
Поле 15	53°55'58.6540"	91°8'47.9750"	Восточнее с. Московское на расстоянии примерно 6 км (Усть-Абаканский район, Республика Хакасия). Имеет периметр около 4,5 км, область примерно 1,2 км ² (123 га).
Поле 16	54°27'23.4159"	91°29'7.5831"	Юго-западнее д. Сарушка на расстоянии примерно 6 км (Красноярский район). Имеет периметр около 8 км, область примерно 3,4 км ² (341 га).
Поле 17	54°50'2.9020"	89°59'53.5156"	Северо-восточнее с. Солёноозёрное на расстоянии примерно 13,5 км (Ширинский район, Республика Хакасия). Имеет периметр около 6 км, область примерно 2 км ² (215 га).
Поле 18	54°52'1.5580"	89°52'23.7856"	Юго-восточнее д. Кожухово на расстоянии примерно 5,5 км (Орджоникидзевский район, Республика Хакасия). Поле имеет периметр около 6 км, область примерно 2 км ² (200 га).
Поле 19	54°59'2.9991"	90°40'19.0264"	Находится северо-восточнее пос. Интикуль. на расстоянии примерно 6 км (Новосёловский район, Красноярский край). Поле имеет периметр около 6 км, область примерно 2,2 км ² (223 га).
Эксперимент 1	54°44'23.3176"	89°18'49.5820"	Севернее д. Кирова на расстоянии примерно 5 км (Ширинский район, Республика Хакасия).
Эксперимент 2	54°31'25.9696"	89°45'11.3140"	Юго-восточнее аала Малый Кобежилов на расстоянии примерно 2,5 км (Ширинский район, Республика Хакасия).

Окончание таблицы Б.1

Название	Координаты, ГГ°ММ'СС" с.ш.	Координаты, ГГ°ММ'СС" в.д.	Описание
Эксперимент 3	54°21'21.0976"	89°44'36.7179"	Западнее с. Туим на расстоянии примерно 13 км (Ширинский район, Республика Хакасия).
Эксперимент 4	54°54'45.2175"	90°31'51.0700"	Юго-западнее пос. Интикуль. на расстоянии примерно 5,5 км (Новосёловский район, Красноярский край).
Эксперимент 5	54°58'37.2735"	90°59'0.1420"	Южнее с. Новоселово на расстоянии примерно 1,5 км (Красноярский край).
Эксперимент 6	54°21'7.2016"	90°55'39.0459"	Западнее с. Знаменка на расстоянии примерно 3 км (Боградский район, Республика Хакасия).
Эксперимент 7	54°20'7.9456"	90°35'52.5219"	Севернее д. Карасук на расстоянии примерно 3 км (Боградский район, Республика Хакасия).

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Описание метеорологических станций

Название	Координаты, гг°мм'сс" с.ш.	Координаты, гг°мм'сс" в.д.	Описание
Балахта	55°23'12.8846"	91°37'18.4828"	В северной части пос. Балахта в Чулымо-Енисейской котловине.
Шутиха	56°10'57.5053"	92°36'21.8550"	На западе д. Шумиха в отрогах Восточных Саян в гористой местности.
Шалинское	55°43'2.4937"	93°44'45.6388"	В центральной части с. Шалинское в лесостепной холмистой местности на северо-восточном пологом склоне холма.
Ирбейское	55°39'49.3248"	95°29'51.6975"	На северо-востоке с. Ирбейское на холмистой местности в зоне лесостепи.
Уяр	55°49'9.0636"	94°18'51.8068"	На северо-западе г. Уяр в холмистой местности.
Агинское	55°16'12.5700"	94°53'59.6570"	На севере с. Агинское в предгорье Восточного Саяна.
Ужур ст.ж.д.	55°17'29.0884"	89°50'5.7005"	На ого-востоке г. Ужур вблизи железнодорожной станции.
Анастасино	55°7'21.0013"	93°23'1.3731"	На юго-западе пос. Анастасино в межгорной долине.
Светлолобово	55°5'20.6247"	90°50'54.5740"	В южной части с. Светлолобово в степной зоне.
Артемовск	54°20'51.0302"	93°26'6.0385"	В центральной части г. Артемовск в пересеченной местности.
Идринское	54°22'0.1323"	92°9'0.5570"	В юго-восточной части с. Идринское в предгорье Восточного Саяна в крупнохолмистой местности.
Лебяжье	54°11'42.2859"	91°34'13.5614"	На западе с. Лебяжье на расстоянии около 300 м от Красноярского вдхр.
Курагино	53°53'45.2595"	92°41'8.0221"	На северо-востоке пос. Курагино в лесостепной зоне.
Казыр	53°24'36.0014"	94°6'0.0095"	В западной части Крыжинского хребта Саянских гор, на правой террасе р. Кызыр.
Каратузское	53°35'25.4595"	92°52'56.0376"	В южной части с. Каратузское в северных отрогах Западного Саяна, в восточной части Минусинской котловин в лесостепной зоне.
Ермаковское	53°16'20.5227"	92°24'21.3684"	В юго-восточной части с. Ермаковское в предгорье Западного Саяна, плавно переходящего в Минусинскую котловину.
Нижнеусинское	52°15'34.1079"	93°0'37.6510"	В северной части с. Нижнеусинское в горах Западного Саяна, в Усинской котловине.
Усть-уса	51°57'0.0016"	92°13'0.0094"	На северо-востоке пос. Усть-уса в центральной части Западного Саяна, в долине р. Енисей.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 – Даты устойчивого перехода температуры воздуха через 0 и 5°С для станций в период 1997-2019 гг.

Год	Аскиз		Год	Большой Он		Год	Коммунар		Год	Ненастная		Год	Неожиданный	
	Даты устойчивого перехода температуры воздуха			Даты устойчивого перехода температуры воздуха			Даты устойчивого перехода температуры воздуха			Даты устойчивого перехода температуры воздуха				
	через 0°C	через 5°C		через 0°C	через 5°C		через 0°C	через 5°C		через 0°C	через 5°C			
1997	01.03.	08.04.	1997	-	-	1997	22.03.	16.05.	1997	20.03.	16.05.	1997	23.03.	14.04.
1998	31.03.	26.04.	1998	-	-	1998	26.04.	24.05.	1998	07.05.	23.05.	1998	24.04.	07.05.
1999	05.04.	30.04.	1999	-	-	1999	26.04.	04.05.	1999	30.04.	02.05.	1999	25.04.	01.05.
2000	09.04.	12.06.	2000	23.03.	14.04.	2000	12.04.	16.05.	2000	13.04.	16.05.	2000	05.04.	29.04.
2001	29.03.	07.05.	2001	25.03.	03.05.	2001	02.05.	01.07.	2001	03.05.	06.05.	2001	11.04.	06.05.
2002	14.04.	11.06.	2002	16.04.	24.04.	2002	22.04.	05.05.	2002	23.04.	05.05.	2002	17.04.	05.05.
2003	19.04.	21.04.	2003	20.04.	24.04.	2003	22.04.	04.05.	2003	25.04.	04.05.	2003	21.04.	11.05.
2004	01.04.	03.05.	2004	31.03.	13.05.	2004	02.05.	03.05.	2004	03.05.	12.05.	2004	01.04.	03.05.
2005	11.04.	19.04.	2005	11.04.	20.04.	2005	19.04.	06.05.	2005	19.04.	17.05.	2005	12.04.	07.05.
2006	15.04.	09.05.	2006	18.04.	11.05.	2006	22.04.	12.05.	2006	09.05.	11.05.	2006	15.04.	11.05.
2007	01.04.	22.06.	2007	02.04.	16.04.	2007	02.04.	23.04.	2007	05.04.	23.04.	2007	03.04.	26.04.
2008	19.03.	11.04.	2008	10.04.	07.05.	2008	23.03.	09.05.	2008	21.04.	13.05.	2008	12.04.	07.05.
2009	24.03.	02.04.	2009	24.03.	22.04.	2009	26.03.	09.05.	2009	27.03.	28.05.	2009	25.03.	01.05.
2010	13.04.	21.04.	2010	15.04.	24.05.	2010	21.04.	24.05.	2010	25.04.	26.05.	2010	14.04.	24.05.
2011	26.03.	11.04.	2011	08.04.	20.05.	2011	07.04.	11.04.	2011	10.04.	19.05.	2011	06.04.	13.05.
2012	21.03.	03.04.	2012	30.03.	01.05.	2012	02.04.	22.05.	2012	30.04.	29.05.	2012	31.03.	14.05.
2013	28.03.	09.04.	2013	24.03.	23.04.	2013	08.04.	03.06.	2013	09.04.	07.06.	2013	08.04.	25.04.
2014	-	-	2014	19.03.	02.05.	2014	30.03.	03.05.	2014	31.03.	10.06.	2014	15.03.	01.05.
2015	-	-	2015	07.04.	21.04.	2015	07.04.	14.05.	2015	11.04.	09.05.	2015	06.04.	07.05.
2016	-	-	2016	18.03.	22.04.	2016	01.04.	20.05.	2016	16.04.	20.05.	2016	22.03.	05.05.
2017	-	-	2017	28.03.	06.05.	2017	09.04.	05.05.	2017	10.04.	11.05.	2017	08.04.	07.05.
2018	-	-	2018	06.04.	22.04.	2018	21.04.	27.05.	2018	22.04.	27.05.	2018	07.04.	22.05.
2019	-	-	2019	30.03.	04.05.	2019	23.04.	28.05.	2019	04.05.	19.05.	2019	30.03.	04.05.

Таблица Г.2 – Даты устойчивого перехода температуры воздуха через 0 и 5°C для станций Первомайская, Таштып, Уйбат, Хакасский и Черемушки в период 1997-2019 гг.

Год	Первомайское		Год	Таштып		Год	Уйбат		Год	Хакасский		Год	Черемушки	
	Даты устойчивого перехода температуры воздуха			Даты устойчивого перехода температуры воздуха			Даты устойчивого перехода температуры воздуха			Даты устойчивого перехода температуры воздуха				
	через 0°C	через 5°C		через 0°C	через 5°C		через 0°C	через 5°C		через 0°C	через 5°C			
1997	06.04.	09.04.	1997	23.03.	08.04.	1997	01.04.	08.04.	1997	22.03.	08.04.	1997	19.03.	08.04.
1998	09.04.	28.04.	1998	-	-	1998	01.04.	28.04.	1998	01.04.	26.04.	1998	30.03.	27.04.
1999	23.04.	23.06.	1999	02.04.	30.04.	1999	05.04.	30.04.	1999	17.04.	26.04.	1999	01.04.	26.04.
2000	23.03.	14.04.	2000	31.03.	13.04.	2000	09.04.	14.04.	2000	23.03.	13.04.	2000	23.03.	13.04.
2001	09.04.	03.05.	2001	28.03.	05.05.	2001	27.03.	04.05.	2001	29.03.	03.05.	2001	14.03.	19.04.
2002	15.04.	04.05.	2002	09.04.	23.04.	2002	16.04.	24.04.	2002	14.04.	27.06.	2002	09.04.	23.04.
2003	20.04.	27.04.	2003	-	-	2003	19.04.	25.04.	2003	19.04.	22.04.	2003	25.03.	22.04.
2004	02.04.	03.05.	2004	31.03.	03.05.	2004	04.04.	03.05.	2004	02.04.	03.05.	2004	24.03.	03.05.
2005	11.04.	19.04.	2005	09.04.	25.04.	2005	29.03.	24.04.	2005	23.03.	20.04.	2005	17.03.	19.04.
2006	18.04.	12.05.	2006	16.04.	09.05.	2006	18.04.	10.05.	2006	15.04.	12.05.	2006	15.04.	09.05.
2007	28.03.	17.04.	2007	04.04.	01.07.	2007	02.04.	09.04.	2007	19.03.	07.04.	2007	18.03.	04.04.
2008	11.04.	22.04.	2008	28.03.	06.05.	2008	30.03.	21.04.	2008	19.03.	21.04.	2008	05.03.	21.04.
2009	07.04.	25.04.	2009	25.03.	23.04.	2009	27.03.	23.04.	2009	25.03.	23.04.	2009	24.03.	01.04.
2010	14.04.	28.04.	2010	16.04.	25.04.	2010	16.04.	25.04.	2010	13.04.	25.04.	2010	13.04.	25.04.
2011	06.04.	11.04.	2011	06.04.	12.04.	2011	02.04.	10.04.	2011	01.04.	10.04.	2011	25.03.	12.04.
2012	05.04.	30.04.	2012	23.03.	01.05.	2012	30.03.	03.05.	2012	24.03.	03.05.	2012	18.03.	29.04.
2013	31.03.	23.04.	2013	05.04.	23.04.	2013	09.04.	23.04.	2013	05.04.	22.04.	2013	28.03.	23.04.
2014	15.03.	02.04.	2014	15.03.	30.03.	2014	-	-	2014	15.03.	01.04.	2014	12.03.	29.03.
2015	-	-	2015	07.04.	19.04.	2015	-	-	2015	22.03.	12.04.	2015	22.03.	11.04.
2016	-	-	2016	-	-	2016	-	-	2016	18.03.	21.06.	2016	13.03.	16.04.
2017	28.03.	24.04.	2017	07.04.	05.05.	2017	-	-	2017	26.03.	13.04.	2017	27.02.	08.04.
2018	06.04.	22.04.	2018	-	-	2018	-	-	2018	08.04.	21.04.	2018	19.03.	13.04.
2019	23.03.	29.04.	2019	28.03.	19.05.	2019	-	-	2019	23.03.	24.04.	2019	03.03.	24.04.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д.1 – Количество дней с температурой воздуха выше 30°C и температурой почвы выше 50°C на станциях Аскиз и Большой Он в период 1997-2019 гг.

Год	Аскиз						Итого	Год	Аскиз				Итого	Год	Большой Он						Итого	Год	Большой Он				Итого
	Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C						Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C				
	4	5	6	7	8	9			5	6	7	8			4	5	6	7	8	9			5	6	7	8	
1997	-	-	7	3	1	-	11	1997	-	3	2	-	5	1997	-	-	-	-	-	-	-	1997	-	-	-	-	-
1998	-	-	4	5	9	-	18	1998	-	1	8	7	16	1998	-	-	-	-	7	-	7	1998	-	-	-	1	1
1999	-	1	1	13	4	-	19	1999	-	1	10	-	11	1999	-	-	-	5	2	-	7	1999	-	-	-	-	-
2000	-	2	2	1	4	-	9	2000	-	-	3	3	6	2000	-	-	-	-	1	-	1	2000	-	-	-	-	-
2001	-	8	3	2	8	-	21	2001	-	2	-	3	5	2001	-	5	4	-	2	-	11	2001	-	1	-	-	1
2002	-	3	1	3	5	-	12	2002	-	2	3	-	5	2002	-	1	1	4	5	-	11	2002	-	-	-	-	-
2003	1	-	2	1	-	-	4	2003	-	-	-	-	-	2003	-	-	2	2	-	-	4	2003	-	-	-	-	-
2004	-	6	4	3	3	-	16	2004	-	1	2	1	4	2004	-	4	3	3	4	-	14	2004	-	-	-	-	-
2005	-	-	2	10	4	-	16	2005	-	3	8	1	12	2005	-	-	2	5	3	-	10	2005	-	2	2	-	4
2006	-	-	9	5	-	-	14	2006	-	1	7	-	8	2006	-	-	2	1	-	-	3	2006	-	2	-	-	2
2007	-	-	-	12	2	3	17	2007	-	1	2	2	5	2007	-	-	1	7	1	1	10	2007	-	-	3	-	3
2008	-	2	7	7	3	-	19	2008	2	6	3	-	11	2008	-	1	8	8	3	-	20	2008	-	-	-	2	2
2009	-	-	2	3	2	-	7	2009	2	2	11	-	15	2009	-	1	1	2	1	-	5	2009	-	-	-	-	-
2010	-	-	8	2	2	3	15	2010	1	5	1	-	7	2010	-	-	8	1	2	1	12	2010	-	1	-	-	1
2011	-	-	2	4	6	-	12	2011	-	1	2	1	4	2011	-	-	1	2	2	-	5	2011	-	2	2	-	4
2012	-	-	6	4	2	-	12	2012	-	7	9	-	16	2012	-	-	4	2	3	-	9	2012	-	-	2	-	2
2013	-	-	1	1	-	-	2	2013	-	2	4	-	6	2013	-	-	2	1	-	-	3	2013	-	-	-	-	-
2014	-	-	2	6	5	-	13	2014	-	4	13	4	21	2014	-	-	2	7	5	1	15	2014	-	-	1	-	1
2015	-	-	3	8	4	1	16	2015	2	6	14	-	22	2015	-	1	6	10	4	-	21	2015	-	-	-	-	-
2016	-	-	3	4	-	-	7	2016	-	-	-	-	-	2016	-	-	2	6	-	-	8	2016	-	-	-	-	-
2017	-	3	13	2	3	-	21	2017	-	-	3	-	3	2017	-	4	14	2	3	-	23	2017	-	-	1	-	1

Окончание таблицы Д.1

Год	Аскиз						Итого	Год	Аскиз				Итого	Год	Большой Он						Итого	Год	Большой Он				Итого
	Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C						Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C				
	4	5	6	7	8	9			5	6	7	8			4	5	6	7	8	9			5	6	7	8	
2018	-	2	15	4	1	-	22	2018	-	-	-	-	-	2018	-	1	8	2	2	-	13	2018	-	-	-	-	-
2019	-	-	2	2	3	-	7	2019	-	-	-	-	-	2019	-	-	1	2	3	-	6	2019	-	-	-	-	-

Таблица Д.2 – Количество дней с температурой воздуха выше 30°C и температурой почвы выше 50°C на станциях Коммунар и Ненастная в период 1997-2019 гг.

Год	Коммунар						Итого	Год	Коммунар				Итого	Год	Ненастная						Итого	Год	Ненастная				Итого
	Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C						Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C				
	4	5	6	7	8	9			5	6	7	8			4	5	6	7	8	9			5	6	7	8	
1997	-	-	-	-	-	-	2	1997	-	-	-	-	-	1997	-	-	-	-	-	-	-	1997	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	2	-	3	1998	-	-	-	-	-	1998	-	-	-	-	-	-	-	1998	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	3	-	-	1	1999	-	-	-	-	-	1999	-	-	-	-	-	-	-	1999	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	1	-	-	2000	-	-	-	-	-	2000	-	-	-	-	-	-	-	2000	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	2001	-	-	-	-	-	2001	-	-	-	-	-	-	-	2001	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	2	1	-	3	2002	-	-	-	-	-	2002	-	-	-	-	1	-	1	2002	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	1	-	-	1	2003	-	-	-	-	-	2003	-	-	-	-	-	-	-	2003	-	-	-	-	-
2004	-	2	-	-	-	-	2	2004	-	-	-	-	-	2004	-	-	-	-	-	-	-	2004	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	2	1	-	3	2005	-	-	-	-	-	2005	-	-	-	-	-	-	-	2005	-	-	-	-	-
2006	-	-	-	-	-	-	-	2006	-	-	-	-	-	2006	-	-	-	-	-	-	-	2006	-	-	-	-	-
2007	-	-	-	2	-	-	2	2007	-	-	-	-	-	2007	-	-	-	-	-	-	-	2007	-	-	-	-	-
2008	-	-	-	-	2	-	2	2008	-	-	-	-	-	2008	-	-	-	-	-	-	-	2008	-	-	-	-	-
2009	-	-	-	-	-	-	-	2009	-	-	-	-	-	2009	-	-	-	-	-	-	-	2009	-	-	-	-	-
2010	-	-	1	-	-	-	1	2010	-	-	-	-	-	2010	-	-	-	-	-	-	-	2010	-	-	-	-	-

Окончание таблицы Д.2

Год	Коммунар						Итого	Год	Коммунар				Итого	Год	Ненастная						Итого	Год	Ненастная				Итого
	Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C						Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C				
	4	5	6	7	8	9			5	6	7	8			4	5	6	7	8	9			5	6	7	8	
2011	-	-	-	1	-	-	1	2011	-	-	-	-	-	2011	-	-	-	-	-	-	-	2011	-	-	-	-	-
2012	-	-	-	-	-	-	-	2012	-	-	-	-	-	2012	-	-	-	-	-	-	-	2012	-	-	-	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	2013	-	-	-	-	-	2013	-	-	-	-	-	-	-	2013	-	-	-	-	-
2014	-	-	-	2	-	-	2	2014	-	-	1	-	1	2014	-	-	-	-	-	-	-	2014	-	-	-	-	-
2015	-	-	1	4	2	-	7	2015	-	-	-	-	-	2015	-	-	-	-	-	-	-	2015	-	-	1	-	1
2016	-	-	-	-	-	-	-	2016	-	-	-	-	-	2016	-	-	-	-	-	-	-	2016	-	-	-	-	-
2017	-	-	2	1	-	-	3	2017	-	3	-	-	3	2017	-	-	-	-	-	-	-	2017	-	-	-	-	-
2018	-	-	1	-	-	-	1	2018	-	1	-	-	1	2018	-	-	-	-	-	-	-	2018	-	-	-	-	-
2019	-	-	-	-	1	-	1	2019	-	-	-	-	-	2019	-	-	-	-	-	-	-	2019	-	-	-	-	-

Таблица Д.3 – Количество дней с температурой воздуха выше 30°C и температурой почвы выше 50°C на станциях Неожиданный и Первомайское в период 1997-2019 гг.

Год	Неожиданный						Итого	Год	Неожиданный				Итого	Год	Первомайское						Итого	Год	Первомайское				Итого
	Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C						Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C				
	4	5	6	7	8	9			5	6	7	8			4	5	6	7	8	9			5	6	7	8	
1997	-	1	4	3	-	-	8	1997	1	2	-	-	3	1997	-	-	1	2	-	-	3	1997	1	3	3	2	9
1998	-	-	1	6	10	-	17	1998	-	1	7	-	8	1998	-	-	2	5	7	-	14	1998	-	4	14	4	22
1999	-	-	-	16	2	-	18	1999	-	-	-	-	-	1999	-	1	1	15	4	-	21	1999	-	3	11	3	17
2000	-	-	1	2	4	-	7	2000	-	1	2	1	4	2000	-	-	1	4	4	-	9	2000	-	3	7	3	13
2001	-	6	4	-	6	-	16	2001	3	-	-	2	5	2001	-	5	5	1	8	-	19	2001	4	7	2	4	17
2002	-	-	1	4	4	-	9	2002	-	1	1	1	3	2002	-	3	2	3	3	-	11	2002	7	10	3	3	23

Окончание таблицы Д.3

Год	Неожиданный						Итого	Год	Неожиданный				Итого	Год	Первомайское						Итого	Год	Первомайское				Итого
	Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C						Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C				
	4	5	6	7	8	9			5	6	7	8			4	5	6	7	8	9			5	6	7	8	
2003	-	-	4	4	-	-	8	2003	-	2	1	-	3	2003	-	-	5	4	-	-	9	2003	1	11	10	1	23
2004	-	5	3	3	4	-	15	2004	1	1	-	-	2	2004	-	6	3	3	2	-	14	2004	5	4	-	-	9
2005	-	-	2	6	4	-	12	2005	-	1	5	-	6	2005	-	-	-	10	4	-	14	2005	4	4	13	5	26
2006	-	-	4	2	-	-	6	2006	-	3	-	-	3	2006	-	-	8	3	-	-	11	2006	-	1	4	-	5
2007	-	-	1	6	-	2	9	2007	-	-	-	-	-	2007	-	-	-	11	-	2	13	2007	-	2	-	-	2
2008	-	1	3	4	4	-	12	2008	-	-	1	-	1	2008	-	1	5	4	2	-	12	2008	1	8	9	1	19
2009	-	-	-	1	1	-	2	2009	-	-	-	-	-	2009	-	-	2	-	-	-	2	2009	-	1	9	-	10
2010	-	-	5	1	2	1	9	2010	-	2	1	-	3	2010	-	-	7	4	1	2	14	2010	1	10	7	1	19
2011	-	-	-	2	2	-	4	2011	-	-	-	-	-	2011	-	-	-	2	1	-	3	2011	3	11	1	-	15
2012	-	-	7	4	4	-	15	2012	-	5	3	-	8	2012	-	-	6	6	1	-	13	2012	3	16	10	1	30
2013	-	-	-	-	-	-	-	2013	-	-	-	-	-	2013	-	-	1	-	-	-	1	2013	-	3	7	-	10
2014	-	-	3	6	5	-	14	2014	-	1	1	-	2	2014	-	-	2	8	3	-	13	2014	-	7	9	1	17
2015	-	-	3	7	4	-	14	2015	-	2	1	-	3	2015	-	-	-	-	-	-	-	2015	-	-	-	-	-
2016	-	-	2	1	-	-	3	2016	-	-	-	-	-	2016	-	-	2	1	-	-	3	2016	-	4	5	1	10
2017	-	1	12	3	-	-	16	2017	-	11	2	-	13	2017	-	-	12	2	2	-	16	2017	-	13	-	2	15
2018	-	-	11	2	2	-	15	2018	-	6	1	-	7	2018	-	1	8	4	3	-	16	2018	-	20	12	6	38
2019	-	-	2	-	3	-	5	2019	-	3	2	1	6	2019	-	-	2	-	3	-	5	2019	-	9	3	4	16

Таблица Д.4 – Количество дней с температурой воздуха выше 30°C и температурой почвы выше 50°C на станциях Таштып и Уйбат в период 1997-2019 гг.

Год	Таштып						Итого	Год	Таштып				Итого	Год	Уйбат						Итого	Год	Уйбат				Итого
	Количество дней с температурой воздуха выше 30°С								Количество дней с температурой почвы выше 50°С						Количество дней с температурой воздуха выше 30°С								Количество дней с температурой почвы выше 50°С				
4	5	6	7	8	9	5	6	7	8	4	5	6	7	8	9	5	6	7	8								
1997	-	-	5	-	1	-	6	1997	2	4	1	1	8	1997	-	-	5	2	-	-	7	1997	1	5	-	-	6
1998	-	-	3	5	9	-	17	1998	-	2	4	2	8	1998	-	-	2	5	9	-	16	1998	-	5	7	4	16
1999	-	-	3	10	2	-	15	1999	3	2	9	-	14	1999	-	-	-	13	3	-	16	1999	1	3	7	-	11
2000	-	1	-	1	4	1	7	2000	-	2	2	3	7	2000	-	-	-	2	3	-	5	2000	-	-	1	2	3
2001	-	6	3	2	4	-	15	2001	3	6	4	2	15	2001	-	5	4	1	6	-	16	2001	2	4	1	4	11
2002	-	1	1	2	2	-	6	2002	3	1	-	-	4	2002	-	1	-	3	2	-	6	2002	2	1	2	3	8
2003	1	-	1	-	-	-	2	2003	-	-	1	-	1	2003	-	-	-	2	-	-	2	2003	-	3	3	-	6
2004	-	6	4	2	3	-	15	2004	-	-	-	-	-	2004	-	5	3	2	-	-	10	2004	-	-	-	2	2
2005	-	-	1	8	3	-	12	2005	-	5	14	3	22	2005	-	-	2	9	3	-	14	2005	-	1	-	2	3
2006	-	-	7	4	-	-	11	2006	-	3	4	-	7	2006	-	-	6	-	-	-	6	2006	-	1	-	-	1
2007	-	-	-	9	-	1	10	2007	-	2	13	-	15	2007	-	-	-	9	2	2	13	2007	-	-	-	-	-
2008	-	1	6	4	2	-	13	2008	1	5	7	2	15	2008	-	1	5	4	3	-	13	2008	-	3	5	-	8
2009	-	-	1	1	-	-	2	2009	3	3	10	2	18	2009	-	-	1	2	-	-	3	2009	1	1	-	-	2
2010	-	-	6	-	-	1	7	2010	1	4	-	-	5	2010	-	-	9	-	2	3	14	2010	-	6	1	2	9
2011	-	-	2	1	5	-	8	2011	1	3	1	2	7	2011	-	-	-	3	3	-	6	2011	1	2	-	1	4
2012	-	-	3	4	3	-	10	2012	1	3	3	1	8	2012	-	-	5	4	1	-	10	2012	-	13	9	4	26
2013	-	-	1	-	-	-	1	2013	-	1	1	1	3	2013	-	-	-	-	-	-	-	2013	-	5	3	-	8
2014	-	-	1	5	3	1	10	2014	-	5	6	3	14	2014	-	-	-	5	3	1	9	2014	-	7	11	9	27
2015	-	-	2	6	6	-	14	2015	-	3	4	2	9	2015	-	-	2	6	3	-	11	2015	-	13	17	3	33
2016	-	-	1	1	-	-	2	2016	-	2	4	-	6	2016	-	-	2	-	-	-	2	2016	-	-	-	-	-
2017	-	3	9	-	2	-	14	2017	-	14	1	1	16	2017	-	-	10	-	-	-	10	2017	2	-	3	-	5
2018	-	2	10	1	-	-	13	2018	-	13	1	3	17	2018	-	1	8	1	1	-	11	2018	-	-	-	-	-
2019	-	-	-	1	-	-	1	2019	1	4	4	1	10	2019	-	-	1	-	3	-	4	2019	-	-	-	-	-

Таблица Д.5 – Количество дней с температурой воздуха выше 30°C и температурой почвы выше 50°C на станциях Хакасский и Черемушки в период 1997-2019 гг.

Год	Хакасский						Итого	Год	Хакасский				Итого	Год	Черемушки						Итого	Год	Черемушки				Итого
	Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C						Количество дней с температурой воздуха выше 30°C								Количество дней с температурой почвы выше 50°C				
4	5	6	7	8	9	5	6	7	8	4	5	6	7	8	9	5	6	7	8								
1997	-	-	6	5	3	-	14	1997	1	3	4	3	11	1997	-	-	6	3	2	-	11	1997	1	3	4	1	9
1998	-	-	1	9	10	-	20	1998	-	3	17	10	30	1998	-	-	4	5	10	-	19	1998	-	2	8	8	18
1999	-	3	3	17	4	-	27	1999	3	7	17	2	29	1999	-	2	3	13	4	-	22	1999	1	1	8	-	10
2000	-	1	4	3	4	1	13	2000	-	8	7	3	18	2000	-	-	3	2	5	-	10	2000	-	1	4	5	10
2001	-	10	10	6	10	-	36	2001	6	9	6	4	25	2001	-	6	5	2	6	-	19	2001	3	9	3	3	18
2002	-	2	1	4	5	-	12	2002	5	6	4	6	21	2002	-	3	2	4	5	-	14	2002	6	4	5	1	16
2003	1	-	7	5	-	-	13	2003	-	6	5	-	11	2003	-	-	4	3	-	-	7	2003	-	1	6	2	9
2004	-	5	3	4	3	-	15	2004	1	1	2	3	7	2004	-	4	4	5	3	-	16	2004	1	-	-	-	1
2005	-	-	4	13	4	-	21	2005	-	7	17	4	28	2005	-	-	3	12	4	-	19	2005	-	-	-	1	1
2006	-	-	10	6	1	-	17	2006	-	4	6	1	11	2006	-	-	8	4	-	-	12	2006	-	11	5	-	16
2007	-	-	-	15	2	4	21	2007	-	2	20	4	26	2007	-	-	-	11	3	4	18	2007	1	3	17	2	23
2008	-	3	10	10	4	-	27	2008	1	9	8	2	20	2008	-	1	9	8	3	-	21	2008	1	12	6	1	20
2009	-	2	3	4	-	-	9	2009	1	3	5	-	9	2009	-	1	2	5	2	-	10	2009	1	4	10	1	16
2010	-	-	8	5	2	4	19	2010	3	7	11	-	21	2010	-	-	3	1	1	3	8	2010	1	6	8	2	17
2011	-	-	6	3	6	1	16	2011	2	14	4	-	20	2011	-	-	1	3	4	-	8	2011	5	9	5	5	24
2012	-	1	9	8	-	-	18	2012	-	20	16	-	36	2012	-	1	7	3	2	-	13	2012	1	15	12	2	30
2013	-	-	1	1	-	-	2	2013	-	4	6	-	10	2013	-	-	3	1	-	-	4	2013	-	8	10	2	20
2014	-	-	4	10	7	2	23	2014	-	9	12	4	25	2014	-	-	4	7	6	1	18	2014	-	13	9	7	29
2015	-	1	7	13	4	2	27	2015	3	12	12	4	31	2015	-	1	6	11	5	2	25	2015	2	13	14	6	35
2016	-	-	2	7	-	-	9	2016	-	8	6	2	16	2016	-	-	2	8	-	-	10	2016	1	4	3	-	8
2017	-	2	15	2	3	-	22	2017	1	16	2	-	19	2017	-	4	17	4	6	-	31	2017	2	18	4	-	24
2018	-	2	13	7	5	-	27	2018	-	16	8	6	30	2018	-	1	17	4	3	-	25	2018	-	16	-	2	18
2019	-	-	2	1	4	-	7	2019	4	13	10	4	31	2019	-	1	2	2	4	-	9	2019	-	3	-	4	7

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Таблица Е.1 – Значения показателей увлажненности для станций Шира, Абакан и Бея в период 1997-2019 гг.

Год	Шира			Год	Абакан			Год	Бея		
	Значения показателей				Значения показателей				Значения показателей		
	ИС	К	ГТК		ИС	К	ГТК		ИС	К	ГТК
1997	1,23	0,81	1,01	1997	1,63	0,61	0,88	1997	0,82	1,21	1,15
1998	2,10	0,48	0,51	1998	1,98	0,50	0,55	1998	1,18	0,84	0,92
1999	2,01	0,50	0,62	1999	1,41	0,71	0,89	1999	0,97	1,03	1,06
2000	1,07	0,94	1,07	2000	1,21	0,83	0,99	2000	0,96	1,05	1,22
2001	1,52	0,66	0,77	2001	1,21	0,82	1,12	2001	0,75	1,33	1,69
2002	0,93	1,07	1,38	2002	1,21	0,83	1,00	2002	0,72	1,39	1,58
2003	0,84	1,19	1,63	2003	0,74	1,35	2,09	2003	0,50	1,98	2,53
2004	1,37	0,73	0,91	2004	1,82	0,55	0,77	2004	0,96	1,04	1,26
2005	1,25	0,80	0,98	2005	1,29	0,78	1,06	2005	1,04	0,96	1,13
2006	1,20	0,83	1,00	2006	1,11	0,90	1,12	2006	0,64	1,57	1,56
2007	2,21	0,45	0,53	2007	1,65	0,61	0,78	2007	1,08	0,93	0,92
2008	1,54	0,65	0,66	2008	1,41	0,71	0,85	2008	0,76	1,31	1,67
2009	1,26	0,79	0,83	2009	1,25	0,80	0,94	2009	0,79	1,27	1,32
2010	1,20	0,83	0,98	2010	1,71	0,58	0,72	2010	0,80	1,25	1,40
2011	1,42	0,70	0,84	2011	1,60	0,63	0,96	2011	1,23	0,81	1,05
2012	1,03	0,97	1,21	2012	1,15	0,87	0,92	2012	0,79	1,27	1,24
2013	0,74	1,35	1,67	2013	1,13	0,89	1,01	2013	0,89	1,12	1,17
2014	1,40	0,71	0,75	2014	1,44	0,69	0,79	2014	0,68	1,47	1,56
2015	1,25	0,80	0,97	2015	1,73	0,58	0,82	2015	0,96	1,04	1,26
2016	0,90	1,11	1,44	2016	1,04	0,97	1,30	2016	0,83	1,21	1,15
2017	0,76	1,31	1,74	2017	0,86	1,17	1,69	2017	0,76	1,31	1,66
2018	1,05	0,96	0,90	2018	1,12	0,89	1,00	2018	0,86	1,16	1,14
2019	1,02	0,98	1,40	2019	1,08	0,92	1,26	2019	0,65	1,54	1,65

Таблица Е.2 – Значения показателей увлажненности для станций Аскиз, Большой Он, Коммунар, Ненастная и Неожиданный в период 1997-2019 гг.

Год	Аскиз			Год	Большой Он			Год	Коммунар			Год	Ненастная			Год	Неожиданный		
	Значения показателей				Значения показателей				Значения показателей				Значения показателей				Значения показателей		
	ИС	К	ГТК		ИС	К	ГТК		ИС	К	ГТК		ИС	К	ГТК		ИС	К	ГТК
1997	1,09	0,92	1,241	1997	-	-	-	1997	0,33	3,04	1,31	1997	0,11	9,11	1,45	1997	0,71	1,41	2,22
1998	2,15	0,46	0,541	1998	0,53	1,90	1,10	1998	0,35	2,88	1,08	1998	0,10	9,79	1,24	1998	1,87	0,53	1,19
1999	1,34	0,75	0,899	1999	0,56	1,79	1,70	1999	0,40	2,51	1,17	1999	0,14	7,17	1,16	1999	1,21	0,83	1,58
2000	1,26	0,79	1,025	2000	0,49	2,06	2,65	2000	0,33	3,07	1,70	2000	0,12	8,23	2,12	2000	1,03	0,97	2,11
2001	1,26	0,80	1,047	2001	0,50	1,98	2,25	2001	0,32	3,14	2,24	2001	0,12	8,37	2,53	2001	1,29	0,77	1,74
2002	1,09	0,92	1,172	2002	0,41	2,43	3,01	2002	0,28	3,59	1,77	2002	0,11	8,94	2,31	2002	0,69	1,44	2,66
2003	0,58	1,74	2,564	2003	0,36	2,76	2,78	2003	0,32	3,17	2,35	2003	0,12	8,38	2,09	2003	0,80	1,26	2,71
2004	1,33	0,75	1,018	2004	0,45	2,20	1,93	2004	0,28	3,59	1,62	2004	0,12	8,04	1,45	2004	1,88	0,53	1,20
2005	1,52	0,66	0,875	2005	0,48	2,07	1,82	2005	0,43	2,34	1,51	2005	0,17	5,85	2,32	2005	1,14	0,88	1,90
2006	1,11	0,90	1,017	2006	0,28	3,62	3,23	2006	0,24	4,22	2,02	2006	0,10	10,06	3,23	2006	0,91	1,10	2,13
2007	1,99	0,50	0,711	2007	0,46	2,16	1,89	2007	0,30	3,28	1,08	2007	0,11	8,81	1,73	2007	1,16	0,86	2,21
2008	1,15	0,87	1,332	2008	0,39	2,58	2,12	2008	0,40	2,53	0,78	2008	0,12	8,03	1,95	2008	1,24	0,80	1,56
2009	1,35	0,74	0,875	2009	0,40	2,52	1,67	2009	0,27	3,76	2,01	2009	0,08	11,89	2,28	2009	0,83	1,21	2,36
2010	1,35	0,74	0,797	2010	0,42	2,39	2,08	2010	0,33	3,04	1,37	2010	0,13	7,92	1,71	2010	0,85	1,18	2,11
2011	1,73	0,58	0,887	2011	0,62	1,61	1,77	2011	0,42	2,39	1,25	2011	0,14	7,07	1,78	2011	1,25	0,80	2,09
2012	1,21	0,83	0,998	2012	0,64	1,56	1,32	2012	0,40	2,48	1,72	2012	0,19	5,13	1,93	2012	1,33	0,75	1,66
2013	1,27	0,79	1,062	2013	0,38	2,63	2,41	2013	0,24	4,16	1,84	2013	0,08	12,14	2,93	2013	0,74	1,35	2,53
2014	-	-	-	2014	0,38	2,66	2,16	2014	0,31	3,28	1,26	2014	0,12	8,52	2,06	2014	1,04	0,96	1,76
2015	-	-	-	2015	0,45	2,20	1,91	2015	0,30	3,37	0,92	2015	0,12	8,54	1,62	2015	1,15	0,87	1,96
2016	-	-	-	2016	0,39	2,54	2,94	2016	0,34	2,92	1,89	2016	0,19	5,15	2,01	2016	1,24	0,80	1,62
2017	-	-	-	2017	0,56	1,78	2,19	2017	0,31	3,26	2,29	2017	0,14	7,17	2,84	2017	1,36	0,74	1,79
2018	-	-	-	2018	0,44	2,28	2,39	2018	0,26	3,79	1,29	2018	0,13	7,44	1,32	2018	1,18	0,85	1,81
2019	-	-	-	2019	0,44	2,25	2,32	2019	0,36	2,77	1,54	2019	0,16	6,19	1,70	2019	0,97	1,03	1,93

Таблица Е.3 – Значения показателей увлажненности для станций Первомайская, Таштып, Уйбат, Хакасский и Черемушки в период 1997-2019 гг.

Год	Первомайское			Год	Таштып			Год	Уйбат			Год	Хакасский			Год	Черемушки		
	Значения показателей				Значения показателей				Значения показателей				Значения показателей				Значения показателей		
	ИС	К	ГТК		ИС	К	ГТК		ИС	К	ГТК		ИС	К	ГТК		ИС	К	ГТК
1997	1,02	0,18	1,21	1997	0,64	1,56	1,82	1997	0,51	1,96	1,83	1997	0,98	1,02	1,47	1997	0,82	1,21	1,38
1998	1,73	0,10	0,61	1998	0,82	1,22	1,10	1998	1,20	0,83	0,94	1998	0,92	1,08	1,19	1998	0,72	1,40	1,43
1999	1,92	0,09	0,59	1999	0,66	1,51	1,39	1999	0,29	3,40	3,38	1999	0,63	1,58	2,01	1999	0,55	1,82	1,81
2000	1,00	0,18	1,12	2000	0,79	1,27	1,37	2000	0,23	4,42	5,08	2000	0,48	2,10	2,54	2000	0,56	1,79	2,02
2001	1,48	0,12	0,79	2001	0,73	1,36	1,54	2001	0,32	3,16	3,14	2001	0,45	2,22	3,03	2001	0,46	2,20	3,00
2002	0,96	0,19	1,36	2002	0,59	1,69	1,82	2002	0,55	1,82	2,00	2002	0,82	1,22	1,51	2002	0,67	1,50	1,80
2003	0,91	0,20	1,54	2003	0,36	2,80	3,57	2003	0,14	7,31	7,92	2003	0,30	2,35	3,20	2003	0,41	2,41	3,09
2004	1,05	0,17	1,21	2004	0,81	1,24	1,03	2004	0,30	3,34	3,90	2004	0,74	1,35	1,90	2004	0,63	1,60	1,87
2005	1,16	0,16	1,03	2005	0,88	1,14	1,15	2005	0,12	8,42	9,31	2005	0,38	2,64	3,69	2005	0,54	1,85	2,04
2006	1,02	0,18	1,21	2006	0,52	1,92	1,61	2006	0,18	5,67	6,03	2006	0,33	3,01	3,76	2006	0,44	2,29	1,98
2007	1,29	0,14	1,04	2007	0,84	1,19	1,44	2007	0,58	1,73	1,97	2007	1,23	0,81	1,04	2007	0,72	1,40	1,79
2008	1,20	0,15	0,90	2008	0,60	1,68	1,98	2008	0,48	2,10	2,40	2008	0,74	1,36	1,62	2008	0,58	1,73	1,93
2009	0,98	0,18	1,06	2009	0,64	1,56	1,49	2009	0,20	4,99	5,20	2009	0,38	2,61	3,13	2009	0,43	2,31	2,48
2010	1,29	0,14	0,77	2010	0,61	1,64	1,39	2010	0,10	9,79	9,61	2010	0,12	2,46	3,54	2010	0,29	3,51	2,99
2011	1,17	0,15	1,06	2011	0,94	1,06	1,46	2011	0,34	2,95	3,40	2011	0,59	1,69	2,54	2011	0,58	1,72	2,27
2012	1,08	0,17	1,10	2012	0,69	1,46	1,62	2012	0,12	8,47	6,72	2012	0,12	1,19	2,81	2012	0,35	2,85	2,97
2013	0,71	0,25	1,75	2013	0,73	1,37	1,20	2013	0,23	4,41	4,95	2013	0,60	1,67	1,90	2013	0,57	1,75	1,84
2014	1,17	0,15	0,90	2014	0,56	1,80	1,60	2014	-	-	-	2014	0,84	1,19	1,37	2014	0,47	2,11	2,58
2015	-	-	-	2015	0,71	1,42	1,45	2015	-	-	-	2015	1,19	0,84	1,21	2015	0,64	1,56	1,82
2016	0,96	0,19	1,73	2016	0,50	1,99	2,02	2016	-	-	-	2016	0,41	2,46	3,31	2016	0,46	2,17	2,35
2017	0,88	0,20	1,38	2017	0,81	1,23	1,55	2017	-	-	-	2017	0,54	1,85	2,79	2017	0,66	1,51	1,97
2018	1,27	0,14	0,79	2018	0,56	1,78	1,85	2018	-	-	-	2018	0,29	3,50	3,94	2018	0,48	2,10	2,20
2019	1,01	0,18	1,52	2019	0,44	2,25	2,31	2019	-	-	-	2019	0,46	2,20	3,01	2019	0,47	2,12	2,38

Отчет о проверке на заимствования №1



Автор: Томашова Анастасия Сергеевна

Проверяющий: Анастасия Томашова

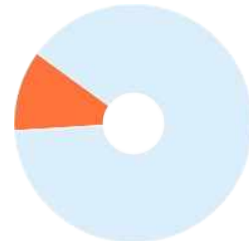
Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - <http://users.antiplagiat.ru>

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 5
Начало загрузки: 29.05.2023 09:04:15
Длительность загрузки: 00:00:30
Имя исходного файла: Томашова. Оценка агроклиматических условий степной зоны юга Красноярского края с использованием данных Landsat8.docx
Название документа: Томашова. Оценка агроклиматических условий степной зоны юга Красноярского края с использованием данных Landsat8
Размер текста: 116 кБ
Символов в тексте: 118568
Слов в тексте: 11421
Число предложений: 1200

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Начало проверки: 29.05.2023 09:04:46
Длительность проверки: 00:01:13
Комментарии: не указано
Проверенные разделы: основная часть с. 1,3-43, содержание с. 2, приложение с. 51-66
Модули поиска: ИПС Адилет, Библиография, Интернет Плюс*, Цитирование, Переводные заимствования издательства Wiley, СПС ГАРАНТ: аналитика, СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация, Медицина, Перефразирования по СПС ГАРАНТ: аналитика, Перефразирования по Интернету, Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте, Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте, Патенты СССР, РФ, СНГ, СМИ России и СНГ, Издательство Wiley, Переводные заимствования



СОВПАДЕНИЯ	САМОЦИТИРОВАНИЯ	ЦИТИРОВАНИЯ	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ
10,68%	0%	0%	89,32%

Совпадения — фрагменты проверяемого текста, полностью или частично сходные с найденными источниками, за исключением фрагментов, которые система отнесла к цитированию или самоцитированию. Показатель «Совпадения» — это доля фрагментов проверяемого текста, отнесенных к совпадениям, в общем объеме текста.

Самоцитирование — фрагменты проверяемого текста, совпадающие или почти совпадающие с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа. Показатель «Самоцитирования» — это доля фрагментов текста, отнесенных к самоцитированию, в общем объеме текста.

Цитирования — фрагменты проверяемого текста, которые не являются авторскими, но которые система отнесла к корректно оформленным. К цитированиям относятся также шаблонные фразы; библиография; фрагменты текста, найденные модулем поиска «СПС Гарант: нормативно-правовая документация». Показатель «Цитирования» — это доля фрагментов проверяемого текста, отнесенных к цитированию, в общем объеме текста.

Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.

Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.

Оригинальный текст — фрагменты проверяемого текста, не обнаруженные ни в одном источнике и не отмеченные ни одним из модулей поиска. Показатель «Оригинальность» — это доля фрагментов проверяемого текста, отнесенных к оригинальному тексту, в общем объеме текста.

«Совпадения», «Цитирования», «Самоцитирования», «Оригинальность» являются отдельными показателями, отображаются в процентах и в сумме дают 100%, что соответствует полному тексту проверяемого документа.

Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые совпадения проверяемого документа с проиндексированными в системе источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности совпадений или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в тексте	Источник	Актуален на	Модуль поиска	Комментарии
[01]	2,72%	http://web-local.rudn.ru	16 Дек 2018	Интернет Плюс*	
[02]	1,8%	Классификация тематических задач мониторинга сельского хозяй... https://cyberleninka.ru	30 Дек 2019	Интернет Плюс*	
[03]	1,8%	Классификация тематических задач мониторинга сельского хозяй... https://yandex.ru	21 Авг 2019	Интернет Плюс*	
[04]	1,77%	Классификация тематических задач мониторинга сельского хозяй... https://cyberleninka.ru	30 Сен 2021	Интернет Плюс*	
[05]	1,72%	Классификация тематических задач мониторинга сельского хозяй... https://cyberleninka.ru	25 Мая 2022	Интернет Плюс*	
[06]	1,57%	СКАЧАТЬ ФАЙЛ http://referbank.ru	14 Фев 2020	Интернет Плюс*	
[07]	1,57%	Реферат: Экономико-географическая характеристика Республики ... https://xreferat.com	08 Июн 2021	Интернет Плюс*	
[08]	1,57%	Экономико-географическая характеристика Республики Хакасия https://stud.wiki	29 Мая 2023	Интернет Плюс*	
[09]	1,57%	Реферат: Экономико-географическая характеристика Республики ... https://xreferat.com	16 Апр 2019	Интернет Плюс*	
[10]	1,53%	Комплексное описание Республики Хакасия https://stud24.ru	29 Мая 2023	Интернет Плюс*	
[11]	1,43%	Экономико-географическая характеристика Республики Хакасия - ... https://kazedu.com	29 Мая 2023	Интернет Плюс*	
[12]	1,39%	https://geoconf.tsu.ru/geosphera2021/about/materialy-konferentsii/ ... https://geoconf.tsu.ru	19 Мар 2023	Интернет Плюс*	Перефразированные

Предметный указатель компетенций

Компетенция	Структурный элемент работы, отзыв руководителя, процедура защиты, в которых раскрывается компетенция
Универсальные компетенции (УК)	
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	Отзыв руководителя Процедура защиты ВКР
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Отзыв руководителя
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	Отзыв руководителя
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	Отзыв руководителя Процедура защиты ВКР
УК-5 Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	Процедура защиты ВКР
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	Отзыв руководителя
Общепрофессиональные компетенции (ОПК)	
ОПК-1 Способен использовать основы методологии научного познания, базовые знания в области математических и естественных наук при решении задач профессиональной деятельности в области гидрометеорологии	Глава 1 – Влияние изменения климата на агрометеорологические условия территории исследования Список литературы Процедура защиты ВКР
ОПК-2 Способен проводить научные исследования объектов, систем и процессов в области гидрометеорологии, в том числе при решении проблем изменений климата, геоэкологии и охраны окружающей среды, а также разрабатывать прогнозы (погоды, состояния климата и гидрологических объектов) различной заблаговременности	Отзыв руководителя Введение ВКР Процедура защиты ВКР
ОПК-3 Способен самостоятельно решать задачи профессиональной деятельности в области гидрометеорологии, интерпретировать результаты для практического использования потребителями различного профиля	Отзыв руководителя Глава 4 – Оценка агрометеорологических условий степной зоны юга Красноярского края Заключение Процедура защиты ВКР
ОПК-4 Способен решать исследовательские и прикладные задачи профессиональной деятельности и создавать технологические наукоемкие продукты с использованием информационно-коммуникационных технологий	Отзыв руководителя Список литературы Публикации Процедура защиты ВКР
Профессиональные компетенции (ПК)	
ПК-1 Способен осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области гидрометеорологии	Отзыв руководителя Глава 4 – Оценка агрометеорологических условий степной зоны юга Красноярского края
ПК-2 Способен осуществлять оперативно-производственную деятельность в области гидрометеорологии	Отзыв руководителя Процедура защиты ВКР
ПК-3 Способен применять на практике фундаментальные знания в области метеорологии, геоэкологии и климатических ресурсов при проведении изыскательских и проектных работ в области гидрометеорологии	Глава 4 – Оценка агрометеорологических условий степной зоны юга Красноярского края Публикации Процедура защиты ВКР
ПК-4 Способен осуществлять организационно-управленческую деятельность в оперативной практике или при выполнении научно-исследовательских работ	Отзыв руководителя Процедура защиты ВКР