



## ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХОЛОДНОГО ПЕРИОДА ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ГОДА ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ГЛУБИНУ ПРОМЕРЗАНИЯ ПОЧВ РЕГИОНА

© 2020 А.С. Чумбаев , А.А. Танасиенко, Г.Ф. Миллер, С.В. Соловьев 

Адрес: ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: [chumbaev@issa-siberia.ru](mailto:chumbaev@issa-siberia.ru)

**Цель исследования:** определить изменения климатических характеристик в холодный период гидрологического года на юго-востоке Западной Сибири за последние 60 лет и оценить их влияние на глубину промерзания почв расчлененной территории.

**Место и время проведения.** Предсалаирье (в пределах Новосибирской области). Климатические данные за 1961-2020 гг.

**Основные результаты.** Проведен анализ метеопараметров климата на территории Новосибирского Предсалаирья в период с 1961 по 2020 года. Показаны климатические нормы по температуре воздуха и количеству осадков для двух 30-летних периодов: 1961-1990 и 1991-2020 гг. Определено влияние изменений климатических характеристик на глубину промерзания почв.

Для установления динамики современного потепления климата в холодный период на исследуемой территории были рассчитаны климатические нормы (КН) по температуре воздуха: в период с 1961 до 1990 г КН составляла минус 13,1°С, а в период с 1991 по 2020 г. данный показатель повысился до минус 11,8°С. Высчитав климатическую норму для осадков, отмечено, что за последние 30 лет (1991-2020 гг.) на исследуемой территории КН увеличилась на 32 мм по сравнению с таковой в период с 1961 по 1990 г.

Глубина промерзания почв за весь период исследований носит колебательный характер. С 1961 по 1969 гг. отмечается увеличение глубины промерзания со 150 до 197 см. С 1970 по 1973 гг. фиксировались максимальные (до 175 см) и близкие к ним значения глубины проникновения температур (от 0° С и ниже), а после 1975 и до 2020 г. выявлена тенденция на уменьшение (в среднем до 60 см) мощности промерзания почв в холодный период гидрологического года.

**Заключение.** Анализ метеорологических данных показывает, что за 60-летний период (1961-2020 гг.) на территории Новосибирского Предсалаирья отмечается стабильное повышение температуры воздуха и количества осадков в холодный период гидрологического года. При отмеченных климатических изменениях происходит уменьшение глубины промерзания почв с рекордно максимальных значений – 197 см (1968-1969 гг.) до минимальных 20 см в 2019-2020 гг.

**Ключевые слова:** изменение климата; холодный период; снегонакопление; промерзание почв; расчлененные территории; Западная Сибирь

**Цитирование:** Чумбаев А.С., Танасиенко А.А., Миллер Г.Ф., Соловьев С.В. Изменение климатических характеристик холодного периода гидрологического года юго-востока Западной Сибири и его влияние на глубину промерзания почв региона // Почвы и окружающая среда. 2020. Том 3. № 3. e117. doi: 10.31251/pos.v3i3.117

### ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия происходят значительные изменения климата, как в глобальном масштабе, так и в конкретных регионах Земли. В 2018 году на ассамблее ООН межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) в своем специальном докладе особо отметила, что скорость изменений климата в последние десятилетия не имеет аналогов, по крайней мере за последние несколько столетий (IPCC, 2018). Также в этом докладе отмечается, что, по данным Всемирной метеорологической организации из 20 последних лет 18 отмечены как самые теплые с момента ведения начала учета в 1850 году. Согласно оценкам Росгидромета, на территории России потепление климата происходит примерно в 2,5 раза интенсивнее, чем в среднем по Земному шару: скорость современного роста глобальной температуры, вызванного в основном увеличением концентрации парниковых газов в атмосфере, составила за последние сорок лет около 0,17 °С за 10 лет. Температура на территории России растет значительно быстрее – 0,45° С за 10 лет (Доклад о климатических рисках..., 2017).

Изменения климата и вызванные этим последствия весьма неоднородны в пространстве и по сезонам; велика также межгодовая изменчивость климатических характеристик. Поэтому часто трудно однозначно оценить, насколько и в какую сторону меняются климатические показатели. Снежный покров может считаться комплексным индикатором изменений климата холодного сезона, отражающим колебания температуры, осадков, частоты оттепелей и др. (Шмакин, 2010). Тренды изменений как климата в целом, так и отдельных его составляющих, за последние десятилетия представлены в ряде работ, исследующих колебания характеристик снежного покрова во времени и пространстве (Кренке и др., 2012; Попова и др., 2015; Mankin, Diffenbaugh, 2015; Schuur et al., 2015; Титкова, Виноградова, 2017). В этих и других исследованиях отмечается, что причиной уменьшения площади снежного покрова вместе с ростом снеготаяния в целом для Северной Евразии служит увеличение средней за холодный период температуры воздуха. Наряду с повышением температуры воздуха и увеличением частоты экстремальных явлений, климатические изменения вызывают рост числа оттепелей, количества жидких осадков и их интенсивность в холодный период гидрологического года (Semenov, Bengtsson, 2002; Westermann et al., 2011). Подобные явления могут ухудшать условия выхолаживания сезонно-промерзающих почв и деградацию многолетне-мерзлых пород и находящихся на них почв. Первая реакция на оттепель – повышение температуры снежного покрова и его возможное таяние. Поскольку снежный покров представляет промежуточное звено во взаимодействии приземного атмосферного воздуха и грунта, его дальнейшее изменение во многом определяет термическое состояние поверхности почв (Шмакин и др., 2013; Сосновский, Осокин, 2019).

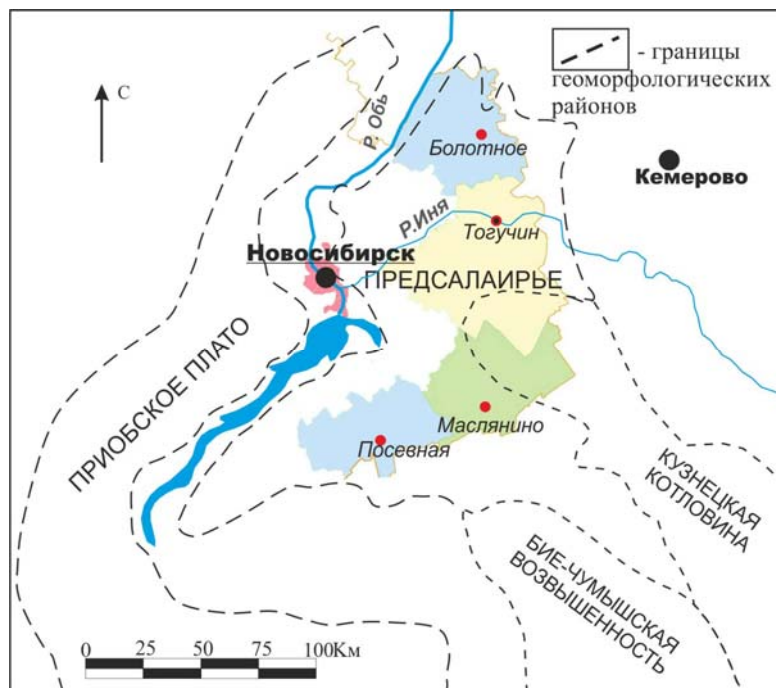
Оценка многолетних колебаний температуры воздуха, снежного покрова и почвенно-климатических характеристик важна не только для диагностики изменения климата региона, но и для решения многих практических задач, связанных с сельским хозяйством, транспортом и т.д. Снег, помимо того, что предохраняет почву от выхолаживания и резких температурных колебаний в зимнее время, служит еще и одним из основных источников влаги в почве в предпосевный и посевной периоды (Максютов, 2012). Определение снеготаяния к началу весеннего снеготаяния необходимо для прогнозов весеннего половодья, наводнений и норм весеннего стока.

Цель данной работы – определить изменения климатических характеристик в холодный период гидрологического года на юго-востоке Западной Сибири за последние 60 лет и оценить их влияние на глубину промерзания почв территорий с высокой степенью расчленения.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в пределах Предалтайской лесостепной провинции на территории Новосибирского Предсалаирья (рис. 1) с умеренно континентальным климатом и сезонно-промерзающими почвами. Это часть территории на юго-востоке Западно-Сибирской равнины, расположенной в правобережной части бассейна р. Обь и граничащей на востоке с Кузнецкой котловиной и Бие-Чумышской возвышенностью, на севере она ограничена Колывань-Томской возвышенностью, а на юге – долиной р. Обь (Орлов, 1983).

Предсалаирье представляет собой возвышенную плоско- и холмисто-увалистую, сильно расчлененную равнину, в общем наклоненную в сторону Западно-Сибирской равнины с абсолютными отметками высот 200-300 м. Здесь распространены антропогенно-деградационные лесостепные ландшафты, в условиях которых формируется почвенный покров с невысокой контрастностью. Основные почвы представлены полнопрофильными и в различной степени эродированными черноземами выщелоченными (Luvic Chernozems (Siltic)) и оподзоленными (Luvic Greyzemic Chernozems (Siltic)), а также серыми лесными (Luvic Greyzemic Phaeozems (Siltic)) средне- и тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Учитывая большое горизонтальное (1,0-1,2 км/км<sup>2</sup>) и вертикальное (75-100 м) расчленение, относительно малое (15-25%) распространение водораздельных пространств, данную территорию следует отнести к потенциально очень сильно эрозионно опасной (Танасиенко, 2003).



**Рисунок 1.** Схема геоморфологического районирования правобережья Новосибирской области. Составлено по Орлов, 1983.

В пределах Новосибирского Предсалаирья расположены Болотнинский, Тогучинский, Маслянинский и Черепановский административные районы, поэтому для изучения климатических характеристик были взяты данные с основных метеостанций этих районов. Динамику накопления осадков, температуру воздуха и почв в течение холодного периода гидрологического года (ноябрь-март) за 1961-2020 гг. рассматривали по данным метеостанции Болотное (координаты 55,7°с.ш. и 84,4°в.д.; синоптический индекс метеостанции 29539), метеостанции Тогучин (координаты 55,2°с.ш. и 84,4°в.д.; синоптический индекс метеостанции 29636), метеостанции Маслянино (координаты 54,3°с.ш. и 83,4°в.д.; синоптический индекс метеостанции 29736) и метеостанции Посевная (координаты 54,3°с.ш. и 84,2°в.д.; синоптический индекс метеостанции 29735). Изучаемые климатические показатели с данных метеостанций были усреднены и представлены как средние данные по Новосибирскому Предсалаирью.

Исходную информацию об осадках, температуре воздуха и почвы, а также высоте снежного покрова по метеостанциям брали из климатических справочников (Климатологический справочник..., 1962; Справочник по климату..., 1977; Метеорологический ежемесячник, 1961-1990), WEB-сайта ВНИИГМИ-МЦД (Специализированные массивы для климатических исследований, 2020), сети интернет (Архив погоды, 2020) и собственных наблюдений на ключевых участках. В исследуемом регионе первые справочные данные по годовому количеству осадков имеются с 1936 года, а по температуре воздуха и глубине промерзания почв только с 1960 года. Таким образом, для повышения точности и сопоставимости исследуемых климатических характеристик был выбран период с 1961 по 2020 гг.

На основе полученных данных нами был произведен расчет климатической нормы (КН) отдельных показателей климата для изучаемой территории. Всемирной метеорологической организацией в качестве КН предложена средняя величина параметров климата за период 1961-1990 гг., как стандартный опорный период для долгосрочной оценки изменения климата (Руководящие указания..., 2017). Для определения современных климатических изменений, нами был произведен расчет КН отдельных показателей для периода 1991-2020 гг.

При обработке метеорологических данных исследуемых районов мы обнаружили, что в отдельные годы отсутствуют данные, как по отдельным показателям климата, так и в целом метеоданные за весь год. Поэтому мы приняли решение, для анализа современного изменения климата, включить в общие расчеты ежегодные данные наших исследований (температуру воздуха и почв на разных глубинах, глубину промерзания и количество осадков в холодный период гидрологического года) на ключевых участках в Тогучинском районе Новосибирской области, которые ведутся нами с 2000 года. Полученные нами данные включены в общий пул данных для усреднения.

Натурные наблюдения за распределением снежного покрова и запасами воды в снеге проводили путем сплошных снегомерных съемок по параллельным маршрутам, пересекающим водосбор через каждые 100 м. Такие наблюдения ежегодно проводили в период с 25 марта по 5 апреля, в декаду максимальной мощности снежного покрова. Высоту снега определяли снегомерной рейкой через каждые 5 м, а плотность – с помощью снегомера ВС-1 – через каждые 100 м в двукратной повторности. Запас воды в снеге определяли путем перемножения средней арифметической величины плотности снежного покрова на среднюю высоту снега на том или ином элементе водосборной территории.

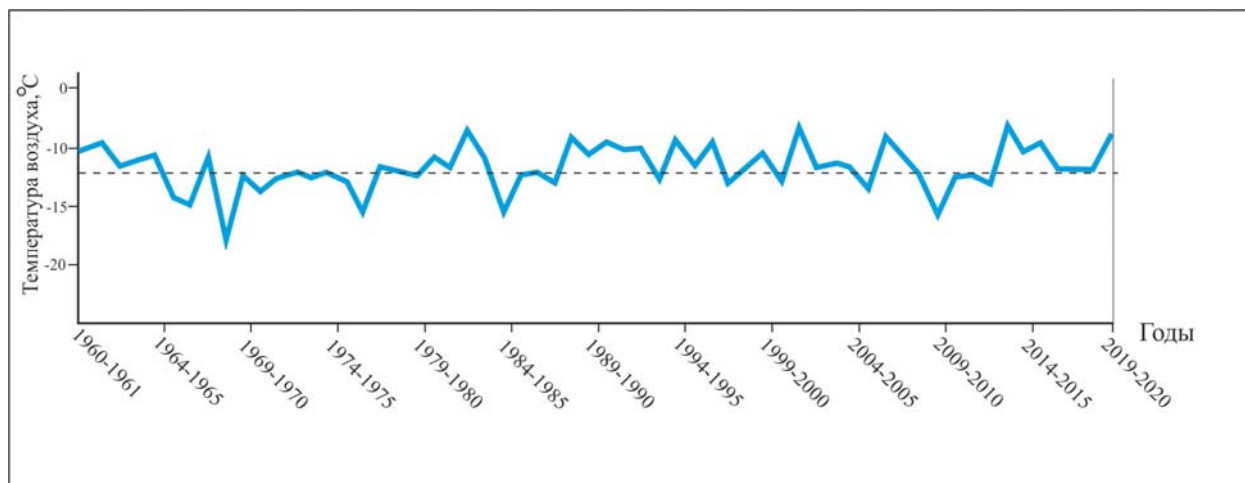
На территории Предсалаирья, среди эродированных почв, наиболее распространены слабоэродированные почвы (80 %). Поэтому для данного исследования были выбраны ключевые участки, расположенные на склонах южных ориентаций, где основными почвами являются слабосмытые черноземы выщелоченные (Luvic Chernozems (Siltic)) (55°01'43.5"с.ш. 83°50'42.3"в.д.) и оподзоленные (Luvic Greyzemic Chernozems (Siltic)), и склоны тяготеющие к северной ориентации со слабосмытыми серыми лесными почвами (Luvic Greyzemic Phaeozems (Siltic)) (55°00'40.5"с.ш. 83°52'54.1"в.д.) средне- и тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Слабосмытыми сибирские почвы считаются, если в результате эрозионных процессов мощность их гумусового горизонта на 30% меньше, чем у несмытого аналога и располагаются они в верхней трети склонов, уклоном до 3°. Важно подчеркнуть, что в слабоэродированных почвах Сибири при их земледельческом использовании еще вычленяется самостоятельный гумусовый горизонт. (Танасиенко, 2013). В сельскохозяйственном отношении, поля, на которых находятся ключевые участки, с 2003 г находятся в залежном состоянии с нерегулярным кошением травостоя.

Температуру исследуемых почв вниз по профилю в течение 2001-2005 гг. фиксировали с помощью коленчатых термометров Саввинова и вытяжных термометров ТПВ-50 с октября по май на следующих глубинах: 5, 10, 15, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 см. С 2006 г. температуру почв стали дополнительно фиксировать автономными регистраторами температуры DS-1921G Thermochron. Датчики устанавливали на те же глубины, что и термометры Саввинова и вытяжные, и программировали на интервал измерения 3 ч. Температуру воздуха фиксировали датчиком DS-1921G, закрепленным на деревянном шесте на высоте 2 м над поверхностью почвы и затененным от воздействия прямых солнечных лучей с помощью картонного козырька. Динамику изменения температуры поверхности почвы фиксировали с помощью автономного регистратора, установленного непосредственно на поверхность почвы.

Начало, скорость замерзания/оттаивания почв, а также дату полного оттаивания почвенного профиля устанавливали по данным датчиков Thermochron (Chumbaev, 2016; Танасиенко и др., 2019). За глубину промерзания почв мы принимаем глубину проникновения температуры 0°C, при которой происходит замерзание свободной влаги.

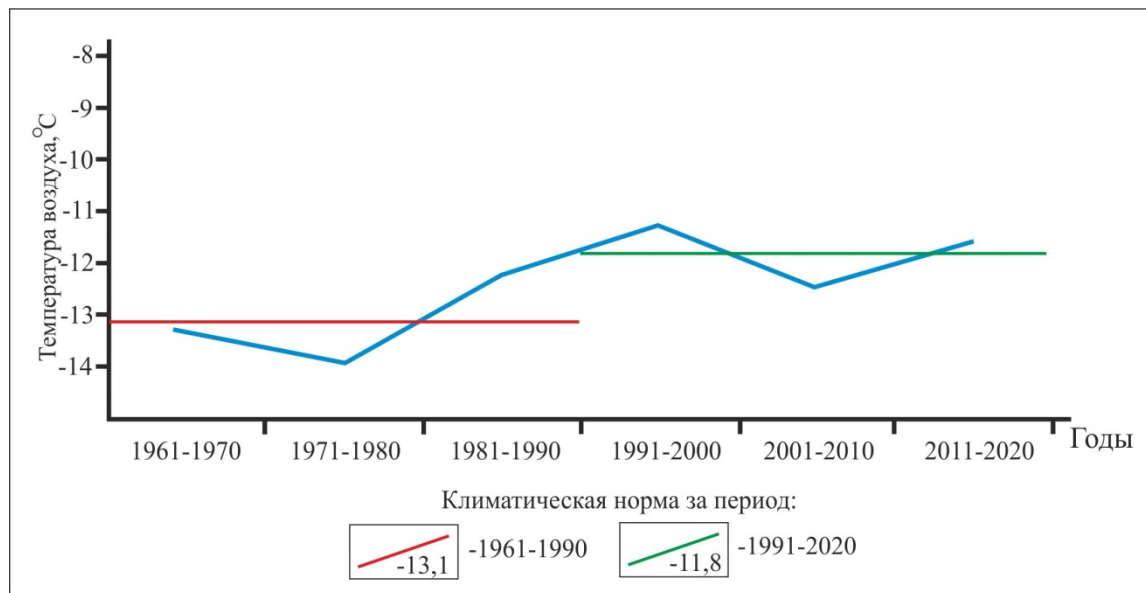
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно полученным данным, динамика средней температуры воздуха за холодный период в Предсалаирье носит колебательный характер. При рассмотрении многолетней динамики температуры воздуха в период с 1961 до 1990 года зафиксировано 12 случаев, когда средняя температура воздуха за холодный период была ниже КН, в то время как в период с 1991 по 2020 г таких случаев отмечено 8 (рис. 2). Это может служить свидетельством общего повышения средней температуры воздуха в зимний период за последние 30 лет и подтверждает ранее полученные нами данные (Танасиенко и др., 2019). Для установления динамики современного потепления климата в холодный период на исследуемой территории мы рассчитали климатическую норму по температуре воздуха. Если в период с 1961 до 1990 г КН составляла минус 13,1°C, то в период с 1991 по 2020 г. данный показатель повысился до минус 11,8°C (рис. 3).



**Рисунок 2.** Динамика средней температуры воздуха за холодный период (сплошная линия) относительно климатической нормы (пунктирная линия) в Новосибирском Предсалаирье.

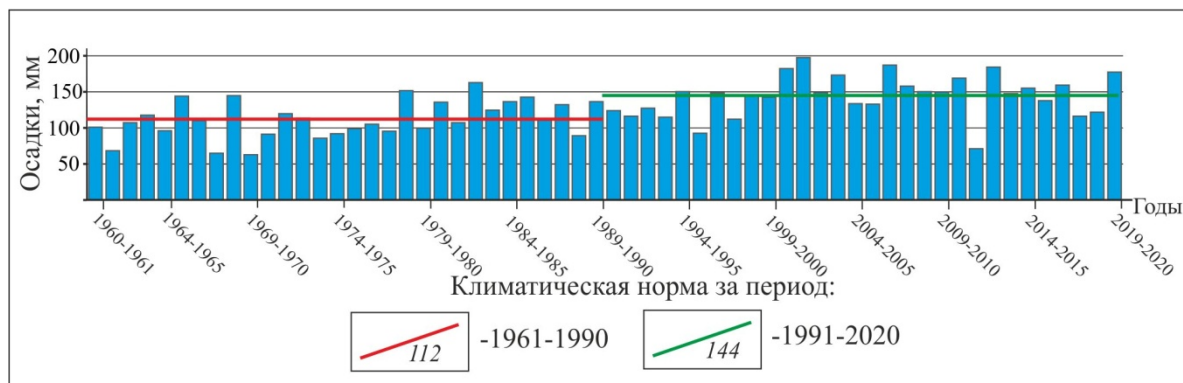
По данным Росгидромета, наименьшее потепление в среднем за год отмечается на юге Западной Сибири. Для зимы за период 1976-2016 гг. тренд в среднем по территории России положителен ( $0,32^{\circ}\text{C}/10$  лет), но статистически незначим. Рост зимней температуры прекратился в середине 1990-х гг., после чего наблюдалось ее убывание; однако после 2010 г. наметилась тенденция к росту (Доклад о климатических рисках..., 2017). В своих исследованиях мы пришли к подобному результату. Из рисунка 3 видно, что за холодный период 1991-2010 гг. происходило снижение средней температуры воздуха, а после 2011 года и по настоящее время наблюдается стабильный рост. Рассчитав среднюю по десятилетиям температуру воздуха за 1971-2020 гг. мы получили положительное значение  $0,36^{\circ}\text{C}/10$  лет с величиной достоверности аппроксимации  $R^2=0,5356$ , что также соответствует данным Росгидромета.



**Рисунок 3.** Распределение средних по десятилетиям температур воздуха за холодный период и изменение климатических норм с 1961 по 2020 гг.

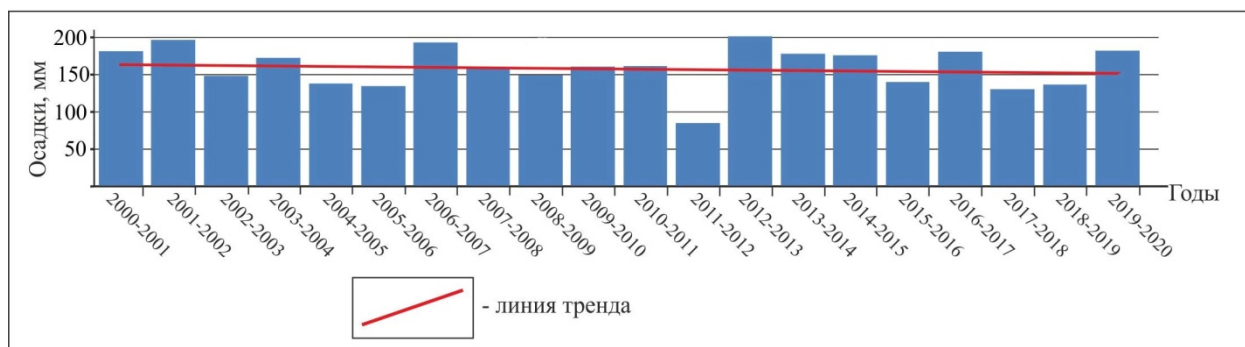
По оценкам сценарных прогнозов климатических моделей общей циркуляции атмосферы и океана, в XXI в. в результате общего повышения температуры воздуха и количества осадков на территории России, в целом, будет также возрастать (Мелешко и др., 2008; Максютлова, 2017). Анализируя данные за холодные периоды гидрологических лет (с 1961 по 2020 гг.) мы установили, что на территории Новосибирского Предсалаирья изменение количества твердых осадков от года к году носит закономерный колебательный характер, но отмечается тенденция на их увеличение (рис. 4). Рассчитав климатическую норму для осадков (аналогично температуре

воздуха), мы определили, что за последние 30 лет (1991-2020 гг.) КН увеличилась на 32 мм по сравнению с таковой в период с 1961 по 1990 г. Это также подтверждает тот факт, что за последние 60 лет происходит стабильное увеличение количества зимних осадков.



**Рисунок 4.** Динамика накопления осадков холодного периода и изменение климатических норм с 1961 по 2020 гг.

Согласно отчету Росгидромета (Доклад о климатических рисках..., 2017), значительный рост количества осадков в начале XXI века предполагается зимой – на большей части Европейской территории России следует ожидать незначительного накопления массы снега, а в Западной и Восточной Сибири накапливаемая масса снега зимой от года к году будет только расти. Однако, проведенный нами анализ количества выпавших осадков в холодные периоды на территории Предсалаирья с 2001 по 2020 гг. показывает, что, несмотря на преимущественно высокие снегозапасы, тренд имеет направление в сторону незначительного снижения (рис. 5). Данные региональные отличия изменения климата от общемировой тенденции, вероятно, могут быть связаны с местными условиями.



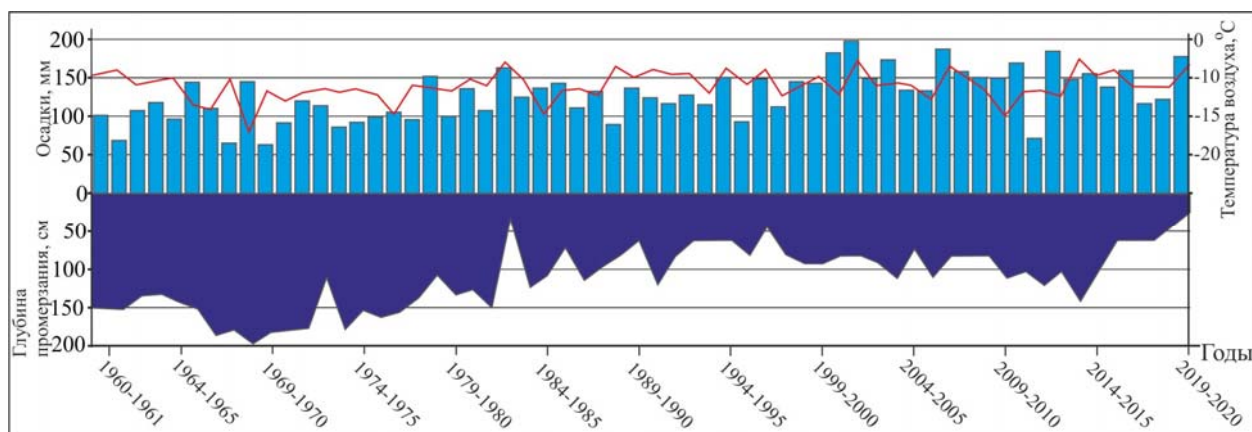
**Рисунок 5.** Динамика накопления осадков холодного периода с 2001 по 2020 гг.

В условиях современного потепления климата влияние температурного параметра и осадков холодного периода на почвы сезонного промерзания и на почвы, формирующиеся в зоне распространения многолетней мерзлоты, становится особенно заметно. В мерзлотных почвах особую проблему представляют изменения температурного режима, определяющие глубину промерзания – протаивания многолетней мерзлоты криолитозоны и обводненность протаившего слоя и, как итог – деградация многолетней мерзлоты (Худяков, Решоткин, 2020; Десяткин, Десяткин, 2019; Romanovsky, Osterkamp, 2001). В сезонно-промерзающих почвах, на фоне повышения средней температуры воздуха за холодный период гидрологического года и изменения пространственных и временных характеристик снежного покрова происходит уменьшение глубины промерзания почв.

Глубина промерзания почв – один из важных факторов, определяющий условия перезимовки сельскохозяйственных культур и принимающий активное участие в перераспределении талых вод в период снеготаяния. Данный показатель температурного режима почв зависит не только от температуры воздуха и высоты снежного покрова, но и от осеннего увлажнения почв, сроков установления снежного покрова, дат первых и устойчивых отрицательных температур воздуха, динамики выпадения твердых осадков в течение холодного периода. Усиление влияния одного или

группы факторов может существенно изменить мощность мерзлой толщи в сезонно-промерзающих почвах, как в сторону ее увеличения, так и в сторону уменьшения.

В результате анализа данных температуры почв Новосибирского Предсалаирья установлено, что за 60 летний период глубина промерзания носит колебательный характер. До 1969 года, вероятно, имела тенденция на увеличение глубины проникновения температур (от 0°C и ниже), и в холодный период 1968-1969 гг. отмечалась наибольшая глубина промерзания почв для Новосибирского Предсалаирья – 197 см. В этот холодный период гидрологического года, несмотря на высокие снегозапасы (145 мм) средняя температура воздуха составила минус 17°C, которой оказалось достаточно для такого глубокого промораживания почвенной толщи. В зимы с 1970 до 1973 г. промерзание почв оставалось близким к максимальному. С 1974 по 1996 гг. отмечается тенденция на уменьшение глубины промерзания почв со средним значением 105 см за этот период, что связано с ростом средней температуры воздуха и увеличением количества осадков за холодный период. После 1997 г. в последующие 16 лет вновь отмечается увеличение глубины промерзания, которое в 2013 году сменяется довольно резким уменьшением мощности почв с температурами от 0°C и ниже. В последние 3 года исследований, температура воздуха в холодный период незначительно превышала климатическую норму, а количество осадков было значительно меньше КН. Соответственно, эти два климатических показателя не могли быть основными факторами небольшой глубины промерзания почв в этот период. Нами было зафиксировано, что в предзимье 2017, 2018 и 2019 гг. постоянный снежный покров устанавливался довольно мощным слоем (10-15 см) на увлажненную почву (выше НВ) и на 7-12 дней раньше постоянных среднесуточных температур воздуха ниже минус 10°C. Именно это способствовало сохранению положительных температур в профиле почв в первую половину холодного периода, что привело к медленному и не глубокому проникновению температуры до 0°C.



**Рисунок 6.** Температура воздуха, количество осадков и глубина промерзания почв в холодные периоды с 1961 по 2020 гг. Новосибирского Предсалаирья

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К региональным особенностям климатических изменений в Новосибирском Предсалаирье за 60-летний период (1961-2020 гг.) относится стабильное повышение температуры воздуха и количества осадков в холодный период гидрологического года, что соответствует общемировой картине глобального изменения климата. В тоже время, отмечено незначительное снижение накопления твердых осадков в холодные периоды за последние 20 лет, что можно объяснить региональными особенностями и изменениями общей циркуляции атмосферы на исследуемой территории. Воздействие погодных условий в предзимье и зимой на глубину промерзания почв весьма значительно. На фоне общего потепления и увлажнения климата в холодный период за исследуемые годы на территории Новосибирского Предсалаирья происходит уменьшение глубины промерзания почв с максимальным значением 197 см в 1968-1969 гидрологический год и наименьшей глубиной проникновения температуры 0°C в зиму 2019-2020 гг.

#### ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Архив погоды. <https://rp5.ru/> (дата обращения 24.09.2020)
2. Десяткин Р.В., Десяткин А.Р. Влияние увеличения глубины деятельного слоя почвы на изменение водного баланса в криолитозоне // *Почвоведение*. 2019. № 11. С. 1393-1402. DOI: [10.1134/S0032180X19110030](https://doi.org/10.1134/S0032180X19110030)
3. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. Санкт-Петербург, 2017. 106 с.
4. Климатологический справочник СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1962. Вып. 20. Ч. 7, 8. 395 с.
5. Кренке А.Н., Черенкова Е.А., Чернавская М.М. Устойчивость залегания снежного покрова на территории России в связи с изменением климата // *Лёд и снег*. 2012. №52(1). С. 29-37. DOI: [10.15356/2076-6734-2012-1-29-37](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2012-1-29-37)
6. Максютова Е.В. Характеристика снежного покрова лесостепи Предбайкалья // *Лёд и Снег*. 2012. №52(1). С. 54-61. DOI: [10.15356/2076-6734-2012-1-54-61](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2012-1-54-61)
7. Мелешко В.П., Катцов В.М., Говоркова В.А., Спорышев П.В., Школьник И.М., Шнееров Б.Е. Климат России в XXI веке. Ч. 3. Будущие изменения климата, рассчитанные с помощью ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана СМIP3 // *Метеорология и гидрология*. 2008. № 9. С. 5-21.
8. Метеорологический ежемесячник. Новосибирск. 1961-1990. Вып. 20. Ч. 2. № 1-12.
9. Орлов А.Д. Эрозия и эрозионноопасные земли Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. 208 с.
10. Попова В.В., Ширяева А.В., Морозова П.А. Сроки установления снежного покрова на севере Евразии: прямые и обратные связи с крупномасштабной атмосферной циркуляцией // *Лёд и Снег*. 2014. №54(3). С. 39-49. DOI: [10.15356/2076-6734-2014-3-39-49](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2014-3-39-49)
11. *Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм*. Chairperson, Publications Board World Meteorological Organization (WMO). 2017. 32 с.
12. Сосновский А.В., Осокин Н.И. Влияние оттепелей на снежный покров и промерзание грунта при современных изменениях климата // *Лёд и Снег*. 2019. №59(4). С. 475-482. DOI: [10.15356/2076-6734-2019-4-433](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2019-4-433)
13. **Специализированные массивы для климатических исследований** (дата обращения 24.09.2020)
14. *Справочник по климату СССР*. Новосибирск, 1977. Ч. 2. Вып. 20. Кн. 1. 472 с.
15. Танасиенко А.А. *Специфика эрозии почвы Сибири*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. 176 с.
16. Танасиенко А.А., Чумбаев А.С., Якутина О.П., Миллер Г.Ф. Условия и интенсивность эрозионно-аккумулятивных процессов в лесостепи Предсалаирья // *Почвоведение*. 2013. №11. С. 1397-1408. DOI: [10.7868/S0032180X13110099](https://doi.org/10.7868/S0032180X13110099)
17. Танасиенко А.А., Чумбаев А.С., Якутина О.П., Филимонова Д.А. Весенний дефицит влаги в профиле эродированных черноземов в зависимости от увлажнения территории юго-востока Западной Сибири // *Почвоведение*. 2019. № 8. С. 935-945. DOI: [10.1134/S0032180X19080148](https://doi.org/10.1134/S0032180X19080148)
18. Титкова Т.Б., Виноградова В.В. Сроки залегания снежного покрова на территории России в начале XXI в. по спутниковым данным // *Лёд и Снег*. 2017. №57(1). С. 25-33. DOI: [10.15356/2076-6734-2017-1-25-33](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2017-1-25-33)
19. Худяков О.И., Решоткин О.В. Динамика температуры мерзлотных почв в вегетационный период на фоне повышения среднегодовой температуры воздуха // *Почвоведение*. 2019. №5. С. 576-589. DOI: [10.31857/S0032180X2005007X](https://doi.org/10.31857/S0032180X2005007X)
20. Шмакин А.Б. Климатические характеристики снежного покрова Северной Евразии и их изменения в последние десятилетия // *Лёд и снег*. 2010. №1 (109). С. 43-57.
21. Шмакин А.Б., Осокин Н.И., Сосновский А.В., Зазовская Э.П., Борзенкова А.В. Влияние снежного покрова на промерзание и протаивание грунта на Западном Шпицбергене // *Лёд и Снег*. 2013. №53(4). С. 52-59. DOI: [10.15356/2076-6734-2013-4-52-59](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2013-4-52-59)
22. Chumbaev A.S., Tanasienko A.A. *Measuring Snowmelt in Siberia: Causes, Process, and Consequences* // Mueller L., Sheudshen A., Eulenstein F. (eds) 2016. *Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia*. Springer Water. Springer, Cham. P. 213-231. DOI: [10.1007/978-3-319-24409-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24409-9_7)
23. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. *IPCC*, 2018. 630 p.
24. Mankin J.S., Diffenbaugh N.S. Influence of temperature and precipitation variability on near-term snow trends // *Climate Dynamics*. 2015. 45(3). P. 1099-1116. DOI: [10.1007/s00382-014-2357-4](https://doi.org/10.1007/s00382-014-2357-4)
25. Romanovsky V.E., Osterkamp T.E. *Permafrost: changes and impacts* // Paepe R., Melnikov V.P., Van Overloop E., Gorokhov V.D. (eds) 2001. *Permafrost Response on Economic Development, Environmental Security and Natural Resources*. NATO Science Series (Series 2. Environment Security), Vol. 76. Springer, Dordrecht. DOI: [10.1007/978-94-010-0684-2\\_20](https://doi.org/10.1007/978-94-010-0684-2_20)
26. Schuur E., McGuire A., Schädel C., Grosse G., Harden J.W., Hayes D.J., Hugelius G., Koven C.D., Kuhry P., Lawrence D.M., Natali S.M., Olefeldt D., Romanovsky V.E., Schaefer K., Turetsky M.R., Treat C.C., Vonk J.E. Climate change and the permafrost carbon feedback // *Nature*. 2015. №520. P. 171-179. DOI: [10.1038/nature14338](https://doi.org/10.1038/nature14338)
27. Semenov V.A., Bengtsson L. Secular trends in daily precipitation characteristics: greenhouse gas simulation with a coupled AOGCM // *Climate Dynamics*. 2002. №19. P.123-140. DOI: [10.1007/s00382-001-0218-4](https://doi.org/10.1007/s00382-001-0218-4)



28. Westermann S., Boike J., Langer M., Schuler T.V., Eitzelmüller B. Modeling the impact of wintertime rain events on the thermal regime of permafrost // *The Cryosphere*. 2011. Vol. 5. P. 945-959. DOI: [10.5194/tc-5-945-2011](https://doi.org/10.5194/tc-5-945-2011)

Поступила в редакцию 03.11.2020

Принята 22.01.2021

Опубликована 22.01.2021

**Сведения об авторах:**

**Чумбаев Александр Сергеевич** – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией почвенно-физических процессов Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); [chumbaev@issa-siberia.ru](mailto:chumbaev@issa-siberia.ru)

**Танасиенко Анатолий Алексеевич** – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории почвенно-физических процессов Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); [tanasienko@issa-siberia.ru](mailto:tanasienko@issa-siberia.ru)

**Миллер Герман Федорович** – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории почвенно-физических процессов Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); [miller@issa-siberia.ru](mailto:miller@issa-siberia.ru)

**Соловьев Сергей Викторович** – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории почвенно-физических процессов Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); [solovyev@issa-siberia.ru](mailto:solovyev@issa-siberia.ru)

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**CHANGE IN CLIMATIC CHARACTERISTICS OF THE COLD PERIOD OF THE HYDROLOGICAL YEAR IN THE SOUTH-EAST OF WESTERN SIBERIA AND ITS INFLUENCE ON THE DEPTH OF FREEZING OF SOILS OF THE REGION**

© 2020 A.S. Chumbaev , A.A. Tanasienko, G.F. Miller, S.V. Solovev 

*Address: Institute of Soil Science and Agrochemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation E-mail: [chumbaev@issa-siberia.ru](mailto:chumbaev@issa-siberia.ru)*

*This article is about the changes in climatic characteristics during the cold period of the hydrological year in the southeast of Western Siberia over the past 60 years and their impact on the depth of soil freezing in dissected territories. It has been established that at the regional level over the past 60 years there has been an increase in air temperature and an increase in precipitation during cold periods of hydrological years. These changes have a direct impact on the depth of freezing of soils in the dismembered territories of the southeast of Western Siberia. A stable tendency towards a decrease in the freezing depth was noted from 1968 to 2020.*

**Key words:** *changing of the climate; cold period; snow accumulation; freezing of soils; dissected territories; Western Siberia*

**How to cite:** *Chumbaev A.S., Tanasienko A.A., Miller G.F., Solovev S.V. Change in climatic characteristics of the cold period of the hydrological year in the south-east of Western Siberia // The Journal of Soils and Environment. 2020. 3(3). e117 doi: [10.31251/pos.v3i3.117](https://doi.org/10.31251/pos.v3i3.117) (in Russian with English abstract).*

REFERENCES

1. Reliable prognosis. <https://rp5.ru/> (Accessed 24.09.2020).
2. Desyatkin R.V., Desyatkin A.R. The Effect of Increasing Active Layer Depth on Changes in the Water Budget in the Cryolithozone. *Eurasian Soil Sc.* 2019. Vol. 52, No11, p. 1447-1455. DOI: [10.1134/S1064229319110036](https://doi.org/10.1134/S1064229319110036)
3. *Report on climate risks in the territory of the Russian Federation.* St. Petersburg, 2017. 106 p. (in Russian).
4. *Climatological reference book of the USSR. L.: Gidrometeoizdat, 1962. Vol. 20. No. 7, 8. 395 p. (in Russian).*
5. Krenke A.N., Cherenkova E.A., Chernavskaya M.M. Stability of snow cover on the territory of Russia in relation to climate change, *Ice and Snow, 2012, Vol. 52(1), p. 29-37.* DOI: [10.15356/2076-6734-2012-1-29-37](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2012-1-29-37)
6. Maksyutova E.V. Characteristics of snow cover in the forest-steppe of Cisbaikalia. *Ice and Snow, 2012, Vol. 52(1), p. 54-61.* DOI: [10.15356/2076-6734-2012-1-54-61](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2012-1-54-61)

7. Meleshko V.P., Kattsov V.M., Govorkova V.A., Sporyshev P.V., Shkolnik I.M., Shneerov B.E. Climate of Russia in the 21<sup>st</sup> century. Part 3. Future climate changes calculated with an ensemble of coupled atmosphere-ocean general circulation CMIP3 models, *Russian Meteorology and Hydrology*, 2008, Vol. 9, p. 541-552. DOI: [10.3103/S106837390809001X](https://doi.org/10.3103/S106837390809001X)
8. *Meteorological Monthly*. Novosibirsk. 1961-1990. Vol. 20. Part. 2. No. 1-12. (in Russian)
9. Orlov A.D. Erosion and erosion-prone lands of Western Siberia. Novosibirsk Nauka Publ, 1983. 208 p. (in Russian)
10. Popova V.V., Shiryayeva A.V., Morozova P.A. Snow cover setting-up dates in the north of Eurasia: relations and feedback to the macro-scale atmospheric circulation, *Ice and Snow*, 2014, Vol.54(3), p. 39-49. (in Russian) DOI: [10.15356/2076-6734-2014-3-39-49](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2014-3-39-49)
11. *WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals*. Chairperson, Publications Board World Meteorological Organization (WMO). 2017. 32 p.
12. Sosnovsky A.V., Osokin N.I. Effect of thaws on snow cover and soil freezing under the contemporary climate change, *Ice and Snow*, 2019, Vol. 59(4), p. 475-482. (in Russian). DOI: [10.15356/2076-6734-2019-4-433](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2019-4-433)
13. *Specialized arrays for climate research* (Accessed 24.09.2020)
14. *Handbook on the climate of the USSR*. Novosibirsk, 1977. Vol. 20. No. 2. 472 p. (in Russian).
15. Tanasienko A.A. *Erosion in Siberian Soils*. Novosibirsk: SB RAS, 2003. 176 p. (in Russian).
16. Tanasienko A.A., Chumbaev A.S., Yakutina O.P., Miller G.F. Conditions and intensity of erosion-accumulative processes in the forest-steppe of the Predsalaireye. *Pochvovedenie*, 2013 No.11 p. 1397-1408. (in Russian). DOI: [10.7868/S0032180X13110099](https://doi.org/10.7868/S0032180X13110099)
17. Tanasienko A.A., Chumbaev A.S., Yakutina O.P., Filimonova D.A. The impact of climatic humidity of the southeastern part of Western Siberia on spring deficit of moisture in the profiles of eroded chernozems, *Eurasian Soil Sc.*, 2019, Vol. 52, No.8, p. 935-944. DOI: [10.1134/S1064229319080143](https://doi.org/10.1134/S1064229319080143)
18. Titkova T.B., Vinogradova V.V. Snow occurrence time on the Russia's territory in the early 21st century (from satellite data), *Ice and Snow*, 2017, Vol. 57(1), p. 25-33. (in Russian). DOI: [10.15356/2076-6734-2017-1-25-33](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2017-1-25-33)
19. Khudyakov O.I., Reshotkin O.V. Multidirectional changes in temperature of permafrost-affected soils during the growing season against the background increase in the mean annual air temperature, *Eurasian Soil Sc.*, 2020, Vol. 53, p. 607-618. DOI: [10.1134/S1064229320050075](https://doi.org/10.1134/S1064229320050075)
20. Shmakin A.B. Climatic characteristics of the snow cover of Northern Eurasia and their changes in recent decades, *Ice and Snow*. 2010. Vol.1 (109). p. 43-57. (in Russian).
21. Shmakin A.B., Osokin N.I., Sosnovsky A.V., Zazovskaya E.P., Borzenkova A.V. Influence of snow cover on soil freezing and thawing in the West Spitsbergen, *Ice and Snow*, 2013, Vol. 53(4), p. 52-59. (in Russian) DOI: [10.15356/2076-6734-2013-4-52-59](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2013-4-52-59)
22. Chumbaev A.S., Tanasienko A.A. Measuring Snowmelt in Siberia: Causes, Process, and Consequences. In book: Mueller L., Sheudshen A., Eulenstein F. (eds) 2016. Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia. Springer Water. Springer, Cham. P. 213-231. DOI: [10.1007/978-3-319-24409-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24409-9_7)
23. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. IPCC, 2018, 630 p. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
24. Mankin J.S., Diffenbaugh N.S. Influence of temperature and precipitation variability on near-term snow trends. *Climate Dynamics*. 2015, Vol. 45(3), p. 1099-1116. DOI: [10.1007/s00382-014-2357-4](https://doi.org/10.1007/s00382-014-2357-4)
25. Romanovsky V.E., Osterkamp T.E. Permafrost: changes and impacts. In book: Paepe R., Melnikov V.P., Van Overloop E., Gorokhov V.D. (eds) 2001. Permafrost Response on Economic Development, Environmental Security and Natural Resources. NATO Science Series (Series 2. Environment Security), Vol.76. Springer, Dordrecht. DOI: [10.1007/978-94-010-0684-2\\_20](https://doi.org/10.1007/978-94-010-0684-2_20)
26. Schuur E., McGuire A., Schädel C., Grosse G., Harden J.W., Hayes D.J., Hugelius G., Koven C.D., Kuhry P., Lawrence D.M., Natali S.M., Olefeldt D., Romanovsky V.E., Schaefer K., Turetsky M.R., Treat C.C., Vonk J.E. Climate change and the permafrost carbon feedback, *Nature*, 2015, No 520, p. 171-179. DOI: [10.1038/nature14338](https://doi.org/10.1038/nature14338)
27. Semenov V.A., Bengtsson L. Secular trends in daily precipitation characteristics: greenhouse gas simulation with a coupled AOGCM, *Climate Dynamics*, 2002, Vol.19, p. 123-140. DOI: [10.1007/s00382-001-0218-4](https://doi.org/10.1007/s00382-001-0218-4)
28. Westermann S., Boike J., Langer M., Schuler T.V., Eitzelmüller B. Modeling the impact of wintertime rain events on the thermal regime of permafrost, *The Cryosphere*, 2011, Vol. 5, p. 945-959. DOI: [10.5194/tc-5-945-2011](https://doi.org/10.5194/tc-5-945-2011)

Received 03 November 2020

Accepted 22 January 2021

Published 22 January 2021

#### About the authors:

**Chumbaev Alexander S.** – Cand. Sc. (Biology), Head of the Laboratory of Soil Physical Processes in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [chumbaev@issa-siberia.ru](mailto:chumbaev@issa-siberia.ru)

**Tanasienko Anatoly A.** – Doct. Sc. (Biology), Leading Researcher of the Laboratory of Soil Physical Processes in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [tanasienko@issa-siberia.ru](mailto:tanasienko@issa-siberia.ru)

**Miller German F.** – Cand. Sc. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory of Soil Physical Processes in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [miller@issa-siberia.ru](mailto:miller@issa-siberia.ru)

**Solovev Sergey V.** – Cand. Sc. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory of Soil Physical Processes in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [solovyev@issa-siberia.ru](mailto:solovyev@issa-siberia.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)