

*А. Н. Петрова*

СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

## ОБРАГООБРАЗОВАНИЕ НА ТЕРРИТОРИЯХ ПРИБРЕЖНЫХ СЕЛ ХАНГАЛАССКОГО УЛУСА КАК ПОСЛЕДСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

*Аннотация.* В статье приводятся свидетельства влияния изменений климата на деградацию грунтов на территориях муниципальных образований, расположенных в Хангаласском улусе Республики Саха (Якутия), в среднем течении реки Лены. На интенсификацию процесса образования оврагов оказывают влияние как естественные, так и антропогенные факторы. Глобальные изменения климата вызывают повышение температуры воздуха, изменение величины ее суточной амплитуды, увеличение количества жидких и твердых осадков и изменение характера их выпадения. Значительный вклад вносят антропогенные факторы: ошибки в планировании хозяйственной деятельности, вырубка леса, нарушение естественного растительного покрова. Деградация грунтов наносит ущерб экономике прибрежных сел, угрожает дорогам, мостам, жилым домам и объектам социальной инфраструктуры. В период работы летней школы Русского географического общества в Хангаласском улусе Республики Саха (Якутия) в июне-июле 2018 года был собран фотоматериал в селах Синск и Тит-Ары, произведены замеры оврага в Синск, собран опросный материал среди местного населения. По данным близлежащей метеостанции Исит исследована динамика температуры воздуха и количества атмосферных осадков. Построен график суточной амплитуды температуры воздуха за период наблюдений, рассчитанной как разность между максимальной и минимальной температурой воздуха ( $A = t_{\max} - t_{\min}$ ). Приводится описание климатических особенностей июня-июля 2007 года, когда после сильного ливня на окраине с. Синск образовался большой овраг. По данным ИГКЭ Росгидромета [1], весна 2007 года для станций, расположенных в бассейне Средней Лены, была аномально теплой, а лето экстремально влажным (среди 10 % самых влажных). Но в данном случае к образованию оврага привело сочетание природных и антропогенных факторов. Работа выполнена по гранту Русского географического общества.

*Ключевые слова:* изменения климата, суточная амплитуда температуры воздуха, оврагообразование, деградация многолетней мерзлоты, атмосферные осадки, закон «Об охране вечной мерзлоты».

*A. N. Petrova*

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

## PERMAFROST DEGRADATION IN THE COASTAL VILLAGES OF KHANGALASSKY DISTRICT AS A CONSEQUENCE OF CLIMATE CHANGE

*Abstract.* The article provides evidence of the impact of climate change on soil degradation in the territories of municipalities located in Khangalassky District of the Republic of Sakha (Yakutia). The intensification of the process of formation of ravines is influenced by both natural and anthropogenic factors. Global climate changes cause an increase in air temperature, a change in the value of its daily amplitude, an increase in the amount of liquid and solid precipitation and a change in the nature of their deposition. A significant contribution is made by anthropogenic factors: errors in the planning of economic activities, deforestation, violation of natural vegetation.

---

*ПЕТРОВА Александра Николаевна* – ст. преп. ИЕН СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: al9@mail.ru

*PETROVA Alexandra Nikolaevna* – Senior Lecturer, Institute of Natural Sciences, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: al9@mail.ru

Degradation of soils is detrimental to the economy of the coastal villages, threatening roads, bridges, residential houses and objects of social infrastructure. In June-July 2018, participants of the summer school of the Russian Geographical Society in Khangalassky District of the Sakha Republic (Yakutia) collected photographic material in the villages of Sinsk and Tit-Ary, made measurements of the ravine in Sinsk, collected survey material among the local population. According to the data of the nearby weather station Isit, they studied the dynamics of air temperature and rainfall during the observation period. A graph of the daily amplitude of the air temperature for the observation period was calculated as the difference between the maximum and minimum air temperature ( $A = t_{\max} - t_{\min}$ ). The article describes the climatic characteristics of June-July 2007, when a large ravine formed at the outskirts of the village of Sinsk after a heavy rainfall. According to Roshydromet [1], the spring of 2007 for the stations located in the Middle Lena basin was abnormally warm, and the summer was extremely wet (among 10 % of the wettest). The formation of a ravine in Sinsk shows how permafrost is affected by a complex of natural and anthropogenic factors. This work was done under a grant of the Russian Geographical Society.

*Keywords:* climate change, daily amplitude of air temperature, gully formation, degradation of permafrost, precipitation, the law “On the protection of permafrost”.

### **Введение**

Влияние последствий глобальных изменений климата на экономику и другие сферы человеческой жизнедеятельности является одним из наиболее актуальных вопросов современности. В Российской Арктике и прилегающих к ней территориях повышение температуры вдвое превышает среднемировые показатели [2]. По данным Росгидромета, в Центральной Якутии отмечается увеличение продолжительности переходных периодов и рост количества дней с оттепелью в октябре и апреле. Происходят существенные изменения и в режиме атмосферных осадков. В целом по Азиатской части России выявлена тенденция увеличения дней с аномально большими осадками в весенний и летний период. Изменение режима осадков, повышение температуры воздуха и деятельного слоя вызывают активизацию процессов деградации грунтов, которые усугубляются ошибками в планировании хозяйственной деятельности. В «Докладе о климатических рисках на территории Российской Федерации» [3] деградация мерзлоты признается одним из самых больших рисков для России, наряду с наводнениями и повышением уровня моря. Согласно прогнозным оценкам, при реализации сценария RCP4.5 сохранение приповерхностной мерзлоты в современной зоне прерывистой мерзлоты маловероятно, а в рамках сценария RCP8.5 условия, благоприятные для существования многолетней мерзлоты, сохраняются в России только в Арктике и на Восточно-Сибирском нагорье.

### **Характеристика района исследований**

Хангаласский улус находится на юго-западной окраине Центрально-Якутской низменности. Рельеф – плато, сформировавшееся в результате разрушения древнепалеозойских пород. Самая высокая точка 540 м находится на юге улуса, на водоразделе притоков реки Лены рр. Улахан-Юрэх и Быйыттаах. Река Лена, одна из крупнейших рек мира, пересекает Хангаласский улус с юго-запада на северо-восток на протяжении 290 км, образуя в своей пойме многочисленные острова. Почвы преобладают мерзлотные палевые, мерзлотные боровые, дерново-карбонатные и пойменные. Климат Хангаласского улуса резко-континентальный, с большими годовыми перепадами температур, малым количеством осадков и большим количеством ясных дней. Зимой под влиянием Азиатского антициклона формируется морозная малооблачная погода с почти неподвижным воздухом и небольшим количеством осадков. Летом над Центральной Якутией устанавливается поле низкого давления. Циклоны, продвигающиеся с запада, с северо-запада, иногда с юго-востока, приносят ливневые осадки.

Отличительной чертой резко-континентального климата являются большие суточные и годовые амплитуды температуры воздуха. Максимальные амплитуды температуры наблюдаются весной и летом, нередко достигая 20-25°C за сутки и более. Перепады температуры вызывают расширение и сжатие деятельной поверхности, что нередко служит причиной образования трещин в грунтах, в которые затем попадают атмосферные осадки и талые воды. При понижении температуры скопившаяся в трещинах и порах почвы влага переходит в лед. Известно, что плотность льда на 9 % меньше жидкой воды, что приводит к ее расширению при кристаллизации.

Частые перепады температур, характерные для резко-континентального климата, способствуют активизации процесса образования трещин в почве. Впоследствии при выпадении интенсивных жидких осадков ливневого характера это может стать спусковым механизмом для образования оврагов. Практика показывает, что вероятность образования оврагов возрастает на тех участках, где почва лишена растительности, и как следствие, исчезает ее термозащитный слой.

Район исследования является в основном сельскохозяйственным. Села, основанные русскими ямщиками в 18-19 веках, расположены на левом берегу Лены на расстоянии 50-100 км друг от друга. Ямщики и пашенные крестьяне, прибывшие сюда из центральных губерний России, привезли с собой культуру хлебопашества и разделили под пашни пологие участки левого берега Лены. До 60-х годов на этих пашнях успешно выращивали пшеницу и ячмень. Но затем после неудачных экспериментов с кукурузой часть пашен была заброшена, оставшиеся начали использовать в основном под посевы картофеля. В 90-е годы, после развала совхозов, использование пашен сократилось до минимума, население перешло на выращивание картофеля на частных участках и скотоводство.

Образование оврагов в результате размыва почвы весенними тальми водами происходило в данном районе и в прошлом. Но в последние десятилетия процесс стал более интенсивным. Наиболее ярко выражены процессы оврагообразования в Хангаласком улусе в селах Синск и Тит-Ары.

#### Материалы и методы

В настоящее время на территории Хангалаского улуса действуют агрометеорологическая станция Покровск (с декабря 1930 г. по настоящее время), метеостанция 2 разряда Исит (с сентября 1932 г. по настоящее время) и метеопост Бролог. Метеостанция Бролог с 1948 по 1988 год работала по программе М-II, затем была переведена в метеопост. В с. Синск работала метеостанция Синское (период работы 1951-1988 гг.). Данные метеостанций Бролог, Синское, Исит и Покровск вошли в Научно-прикладной справочник по климату СССР 1989 года, однако в научно-прикладной справочник «Климат России» данные метеостанций Хангалаского улуса не включены. По многолетним данным, на севере улуса, в Покровске и Брологе, среднегодовая температура воздуха ( $-10^{\circ}\text{C}$ ) заметно ниже, чем в Исити и Синске ( $-8,2$  и  $-8,8^{\circ}\text{C}$ ). Наиболее низкие температуры наблюдаются в январе, в отдельные годы – в декабре и феврале. Абсолютные минимумы за период наблюдений:  $-61^{\circ}\text{C}$  (Покровск),  $-58^{\circ}\text{C}$  (Бролог),  $-56^{\circ}\text{C}$  (Синское) и  $-54^{\circ}\text{C}$  (Исит). В июле, самом теплом месяце, средняя температура в долине р. Лена  $+18^{\circ}\text{C}$ , на территориях, более удаленных от реки, немного прохладнее  $+17^{\circ}\text{C}$ . Количество осадков около 300 мм в год, большая часть из которых выпадает в теплое время года. Снежный покров образуется во второй половине октября и разрушается в первых числах мая. Высота снежного покрова 50-60 см [4].

Для выявления динамики режима осадков, температуры воздуха и температуры верхнего слоя почвы были использованы данные метеостанции Исит из базы данных АИСОРИ (ВНИИГМИ-МЦД) [5] суточного массива:

максимальная, минимальная и среднесуточная температуры воздуха за период 1936-2017 гг.;

суточное количество атмосферных осадков за период 1936-2017 гг.;

среднесуточная температура почвы на глубине 20 см по коленчатым термометрам (под оголенной поверхностью) за период 1985-2012 гг.;

среднесуточная температура почвы на глубине 20 см по вытяжным термометрам (под естественным покровом) за период 1985-2012 гг.

Рассчитаны средние многолетние характеристики максимальной, минимальной и среднесуточной температуры воздуха за период наблюдений; суточная амплитуда температуры воздуха ( $A = t_{\min} - t_{\max}$ ), разности среднесуточной температуры почвы на глубине 20 см под оголенной поверхностью и естественным покровом за теплый период (июнь-сентябрь).

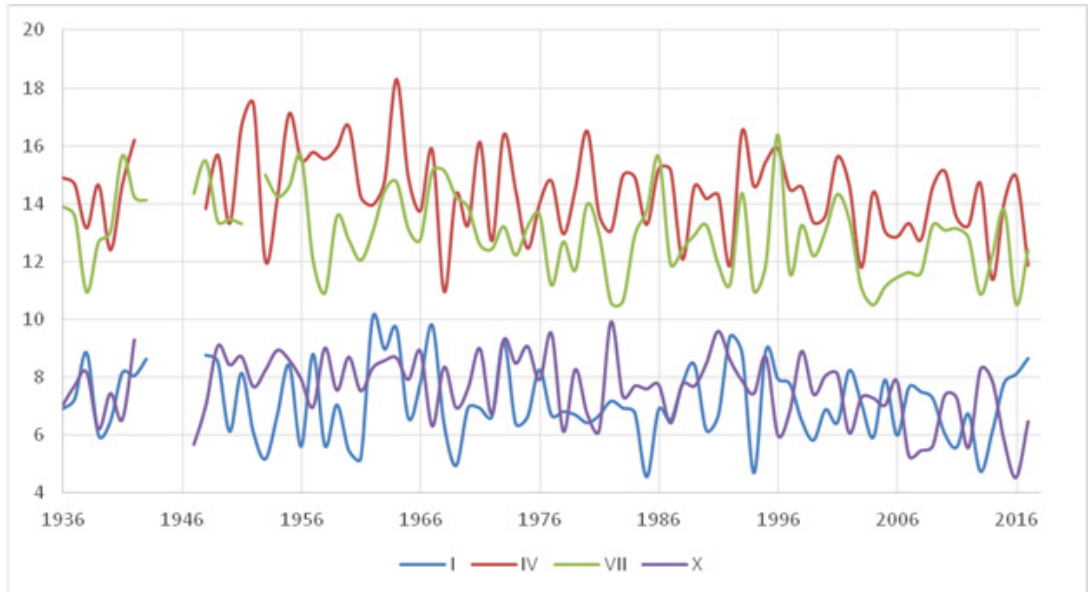
В период экспедиции в июне-июле 2018 года в селах Синск и Тит-Ары собран опросный материал среди населения и в администрациях муниципальных образований. Целью опроса было выявление восприятия населением изменений климата, оценка жителями последствий этих изменений на экономику и повседневную жизнь. В каждом селе было опрошено по 10-15 местных жителей старшего возраста. Многие из респондентов отмечали проблемы, связанные с деградацией многолетней мерзлоты – образование оврагов, разрушение дорог и др. Также в

период экспедиции собран фотоматериал, свидетельствующий об интенсивных процессах оврагообразования на территориях вышеуказанных наслегов, проведены замеры самого большого из обнаруженных нами оврагов.

**Результаты**

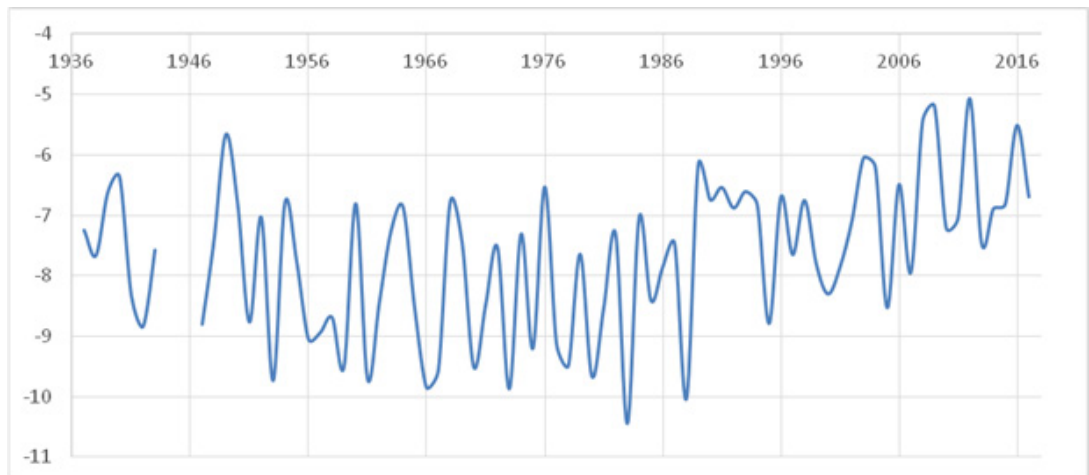
Средняя разность между температурой почвы на глубине 20 см под оголенной поверхностью (пашней) и под естественным покровом за период 1985-2012 гг. по данным метеостанции Исит в июне равна +1,1°C, в июле +2,1°C. Максимальные значения в отдельные дни достигают 5-6°C и более.

Наибольшие значения средней за месяц суточной амплитуды температуры воздуха отмечаются в весенний и летний периоды (рис. 1). Показательно, что с 60-х годов прошлого столетия идет постепенное снижение суточной амплитуды. С амплитудой температуры связан такой расчетный показатель, как индекс континентальности. Для станции Исит индекс континентальности (по формуле Горчинского) за последние 30 лет снизился с 86,5 % до 84 %.



**Рис. 1.** Средняя за месяц суточная амплитуда температуры воздуха, ст. Исит

Графики температуры воздуха и атмосферных осадков (рис. 2, 3) по данным метеостанции Исит за период 1936-2017 гг. подтверждают характерный для всей Центральной Якутии устойчивый тренд к повышению температуры воздуха и увеличению количества осадков.



**Рис. 2.** Среднегодовая температура воздуха (°C), ст. Исит за период 1936-2017 гг.



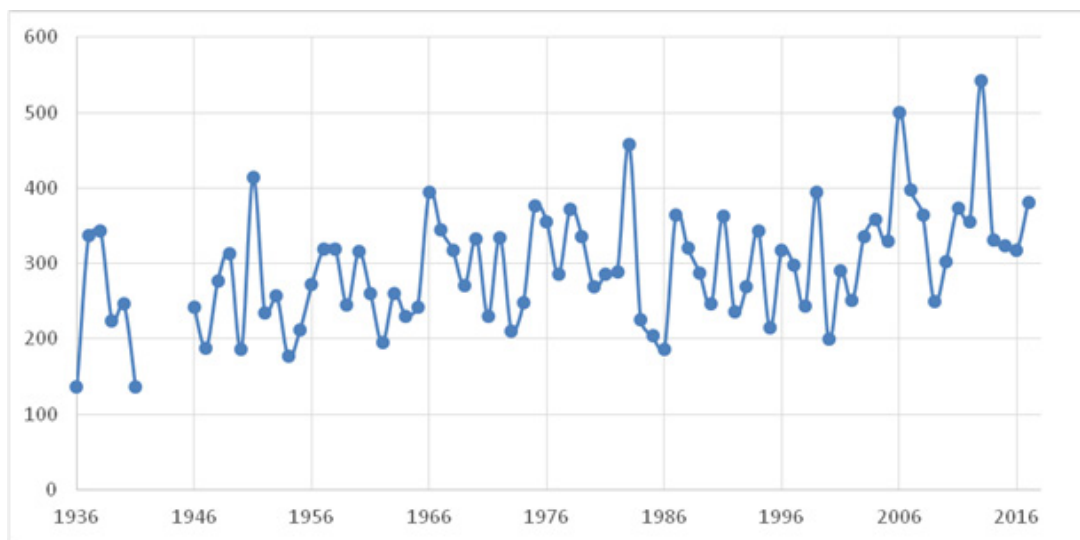


Рис. 3. Количество атмосферных осадков (мм), ст. Исит за период 1936-2017 гг.

Опрос населения Тит-Аринского и Синского наслегов Хангаласского улуса РС (Я) показал, что в последние десятилетия деградация грунтов идет более интенсивно.



Рис. 4. Стадии образования (а), развития (б, в) и зарастания (г) оврага в с. Тит-Ары

Летней школой РГО был собран наглядный фотоматериал (рисунок 4), иллюстрирующий стадии образования (а), развития (б, в) и зарастания (г) оврагов на примере окраины с. Тит-Ары (рис. 6). Фото начальной стадии наглядно свидетельствует, что спусковым механизмом для образования оврага зачастую служит нарушение естественного покрова (луговой травы) автомобильным транспортом.

Одним из ярких примеров последствий изменения климата можно назвать овраг в с. Синск, образовавшийся в 2007 году. По свидетельству местных жителей, летом 2007 года прошел сильный ливень с грозой, нанесший ущерб частным хозяйствам – за одну ночь с огородов был смыт плодородный слой почвы вместе с посадками, а на северо-западной окраине села небольшая канава превратилась в большой овраг.

По сведениям местных жителей, выше по склону примерно в 500 м было естественное углубление, где скапливались дождевые и талые воды. В 1986 году оно было углублено, в результате получилось небольшое водохранилище размером 20x20 м – накопитель талых и дождевых вод для целей технического водоснабжения. Планировалось в дальнейшем провести водопровод, но вследствие развала совхоза работы не были доведены до конца. Во время ливня пруд-накопитель переполнился, и вода устремилась сначала по колею грунтовой дороги, затем ниже по склону по канаве. В результате воздействия большого напора воды грунт размыло и образовался овраг значительных размеров.

В июле 2018 года во время работы летней школы в с. Синск были проведены замеры глубины, максимальной ширины и длины оврага. Максимальная ширина оврага составляет 18 м, максимальная глубина 3,55 м (рис. 5, 6). На момент осмотра часть оврага, прилегающая к опушке леса, начала зарастать луговой растительностью и кустарником.



Рис. 5. Схема расположения оврага в с. Синск



Рис. 6. Осмотр оврага участниками летней школы

Из-за отсутствия метеорологических наблюдений в с. Синск нет возможности установить точное количество осадков и дату их выпадения. Ближайшая станция расположена в с. Исит (90 км к ЗЮЗ). По данным станции Исит, месячное количество осадков в июне 2007 г. составило 93 мм, в июле 103,1 мм. Максимальное количество осадков за этот период выпало 19 июля (33,8 мм). [6]

По данным Якутского УГМС, весна 2007 года в Центральной Якутии была очень теплой. Аномально теплую погоду определило преобладание центральной и широтной формы циркуляции. Разрушение гребня Сибирского антициклона произошло в начале третьей декады марта, но 6-15 апреля над Центральной Якутией вновь установилось антициклонное поле, окончательное разрушение которого произошло только в конце первой декады апреля. Лишь 20-27 апреля установилась западная форма циркуляции. Температура воздуха в апреле была выше нормы на 3-4°C. Снежный покров начал разрушаться в конце второй декады апреля, и окончательный сход снежного покрова произошел в начале мая [1, 6].

В 2007 год аномалия среднегодовой температуры воздуха, осредненной по территории России, составила 2,10°C, количество выпавших осадков значительно превышало норму. В бассейнах рек Енисея, Лены лето 2007 года было экстремально влажным (среди 10 % самых влажных) [1, 7].

Таким образом, образование такого значительного по размерам оврага за короткий срок произошло в силу воздействия комплекса причин:

1. нарушения естественного растительного покрова, служащего защитным термоизоляционным слоем;
2. выпадения значительного количества ливневых осадков, по косвенным признакам соответствующего критериям ОЯ (на огородах, имеющих уклон, был смыт верхний слой почвы вместе с посадками);
3. переполнения в результате ливней пруда-накопителя.

Образование оврагов является частным случаем остро стоящей в Республике Саха (Якутия) проблемы деградации многолетнемерзлых пород. Благодаря последовательным усилиям ученых Института мерзлотоведения СО РАН в республике 22 мая 2018 года был принят «Закон об охране вечной мерзлоты в Республике Саха (Якутия)» № 2006-3 № 1571-V [8].

Законом предлагается возложить на органы исполнительной власти республики государственное управление в области охраны вечной мерзлоты, основывающееся на принципах:

- приоритета охраны жизни и здоровья населения в интересах настоящего и будущих поколений;
- обеспечения благоприятных экологических условий для жизни, труда и отдыха человека;
- недопущения необратимых последствий деградации вечной мерзлоты в результате активизации геокриологических процессов;
- государственного регулирования и мониторинга всех факторов, связанных с деградацией вечной мерзлоты;
- гласности, полноты и достоверности информации о состоянии вечной мерзлоты и ее изменениях, прогноза чувствительности и устойчивости мерзлотных ландшафтов;
- научной обоснованности, системности и комплексности подхода к охране вечной мерзлоты.

Предлагается разработать государственную программу по охране вечной мерзлоты; создание и ведение единой системы республиканского фонда информации о вечной мерзлоте; организовать систему государственного надзора в области охраны вечной мерзлоты; предусмотреть механизм введения ограничений пользования земельным участком в целях сохранения вечной мерзлоты.

Органы местного самоуправления наделяются отдельными полномочиями в области охраны вечной мерзлоты, в частности, учитывать результаты мониторинга (исследования) участков с деградацией мерзлоты при распределении земель, выделении площадей под строительство зданий и сооружений различного назначения и обосновывать перед Правительством РС (Я) финансирование мероприятий по восстановлению земель, охваченных процессами деградации вечной мерзлоты.



### Заключение

Частный пример образования за короткий срок больших размеров оврага показывает, что деградации грунтов способствует комплекс факторов:

1. нарушение естественного растительного покрова, служащего защитным термоизоляционным слоем;
2. повышение температуры воздуха, увеличения количества и изменения режима атмосферных осадков;
3. просчеты в хозяйственной деятельности человека.

С деградацией мерзлоты связаны транспортные риски, эпидемиологические опасности, угроза объектам инфраструктуры, изменение привычного образа жизни жителей севера. Очевидно, что в современном мире учет климатических изменений при планировании хозяйственной деятельности становится жизненной необходимостью не только в крупных городах, но и в сельской местности.

*Работа выполнена в рамках Регионального гранта Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество». Договор № 23/2018-Р от 21.06.2018 г.*

### Литература

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2007 год. – М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2008 – 35 с.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации // (режим доступа: [http://downloads.igce.ru/publications/OD\\_2\\_2014/htm/](http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/htm/)) дата обращения: 5.11.2018.
3. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. – Санкт-Петербург, 2017 – 106 с.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3, ч. 1-6, вып. 24. – Л.: Гидрометеиздат, 1989.
5. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных // (режим доступа: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>) дата обращения: 10.11.2018.
6. Метеорологические ежемесячники. Вып. 24, ч. 2, № № 3,4,5,6,7 2007 г. – Якутск: Якутское УГМС, Гидрометеорологический центр, 2007.
7. 2007 – Бюллетень мониторинга климата России: год (декабрь 2006 – ноябрь 2007). –М.: ИГКЭ, 2008. – 34 с.
8. Закон Республики Саха (Якутия) от 22 мая 2018 года № 2006-З N 1571-V «Об охране вечной мерзлоты в Республике Саха (Якутия)» (принят постановлением Государственного Собрания (Ил Тумэн) Республики Саха (Якутия) от 22.05.2018 3 № 1572-V. // (режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/550111100>) дата обращения: 1.12.2018.

### References

1. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2007 god. – M.: Federal'naya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchej sredy, 2008 – 35 s.
2. Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii // (rezhim dostupa: [http://downloads.igce.ru/publications/OD\\_2\\_2014/htm/](http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/htm/)) data obrashcheniya: 5.11.2018.
3. Doklad o klimaticeskikh riskah na territorii Rossijskoj Federacii. – Sankt-Peterburg, 2017 – 106 s.
4. Nauchno-prikladnoj spravochnik po klimatu SSSR. Ser. 3, ch. 1-6, vyp. 24. – L.: Gidrometeoizdat, 1989.
5. Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut gidrometeorologicheskoy informacii – mirovoj centr dannyh // (rezhim dostupa: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>) data obrashcheniya: 10.11.2018.
6. Meteorologicheskie ezhemesyachniki. Vyp. 24, ch. 2, № № 3,4,5,6,7 2007 g. – Yakutsk: Yakutskoe UGMS, Gidrometeorologicheskij centr, 2007.
7. 2007 – Byulleten' monitoringa klimata Rossii: god (dekabr' 2006 – noyabr' 2007). –M.: IGKEH, 2008. – 34 s.
8. Zakon Respubliki Saha (Yakutiya) ot 22 maya 2018 goda № 2006-Z N 1571-V «Ob ohrane vechnoj merzloty v Respublike Saha (Yakutiya)» (prinyat postanovleniem Gosudarstvennogo Sobraniya (Il Tumehn) Respubliki Saha (Yakutiya) ot 22.05.2018 Z № 1572-V. // (rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/550111100>) data obrashcheniya: 1.12.2018.