

УДК 551.345

ОЦЕНКА ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Скрябин П.Н., Варламов С.П.

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, e-mail: vsp@mpi.ysn.ru

Проанализированы изменения теплового состояния грунтов при техногенных воздействиях. Выявлено значительное повышение среднегодовой температуры верхних горизонтов криолитозоны и увеличение глубины сезонного протаивания при вырубке леса и удалении напочвенного покрова, вырубке леса на гарях в межаласном типе местности. Количественно оценена динамика среднегодовой температуры грунтов на разнорезимных вырубках, на гарях в зависимости от стадий сукцессионного развития растительности.

Ключевые слова: Центральная Якутия, термический режим грунтов, нарушенные ландшафты, техногенез, криолитозона

ESTIMATING THE THERMAL STATE OF DISTURBED LANDSCAPES DURING VEGETATION RECOVERY

Skryabin P.N., Varlamov S.P.

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, e-mail: vsp@mpi.ysn.ru

This article analyses changes in the ground thermal state induced by human activities. The study has shown significant increases in mean annual temperature of the upper permafrost layers, as well as in seasonal thaw depth in the inter-alas terrain type following tree removal, ground surface stripping and post-fire clearing. Quantitative estimates are given for the dynamics of mean annual ground temperatures on cuts and burns in relation to vegetation succession.

Keywords: Central Yakutia, ground thermal regime, disturbed landscapes, human impact, permafrost

В Центральной Якутии все шире расширяется строительство трубопроводов, железных и автомобильных дорог, линий электропередач, которое неизбежно сопровождается значительными нарушениями природных условий. Техногенные воздействия различного типа и масштаба (вырубка леса, пожары, удаление растительности и т.д.) приводят к изменению геоэкологических условий, в том числе теплового состояния ландшафтов и развитию негативных криогенных процессов.

Результаты исследований эволюции ландшафтов при техногенных воздействиях освещены в работах сотрудников Института мерзлотоведения СО РАН [2, 5, 7, 8, 10 и др.]. Влияние пожаров, орошения и распашки на водно-тепловой режим мерзлотных почв проанализировано в работах Д.Д. Саввинова [6], Л.Г. Еловской и А.К. Коноровского [4], В.Г. Тарабукиной и Д.Д. Саввинова [9] и др. Устойчивость мерзлотных ландшафтов к антропогенным воздействиям оценена в многих работах [1, 3 и др.].

Цель исследований – оценка тепловой реакции мерзлотных ландшафтов на техногенные воздействия.

В статье обобщены результаты экспериментальных исследований проводимых авторами с 1987 г. на северном участке железной дороги Томмот-Якутск, в полосе проложения газопровода Таас Тумус-Якутск и водовода Нижний Бестях-Мундулах.

Материалы и методы исследований

Комплексные исследования в нарушенных ландшафтах выполняются в шести типах местности: низкотеррасовом, песчано-грядовом, межгрядово-низинном, аласном, межаласном и плакорном. Объектами исследований являются природные комплексы ранга урочищ и фаций. Основными термическими параметрами их литогенной основы являются мощность сезоннопротаивающего слоя (ξ) и температура на подошве слоя годовых теплооборотов (t_0).

При нарушении природных условий, когда отмечаются различные стадии самовосстановления растительности, исследования проводятся в соответствии с требованиями метода физико-географического сравнения или природных аналогий на основе организации длительных натуральных наблюдений.

Наблюдательная сеть геотемпературного мониторинга охватывает около 50 техногенных ландшафтов, в том числе с удаленным напочвенным покровом – 5, на вырубках – 16, на гарях – 12, на гарях с вырубкой – 14. Натурные наблюдения проводятся 3-4 раза в холодный и тёплый периоды года. Полевые работы предусматривают повторное обследование нарушенных ландшафтов, проведение наблюдений за факторами, определяющими термический режим грунтов (высота и плотность снега, строение, свойства, протаивание и температура грунтов, теплопроводность напочвенных покровов, криогенные процессы).

Результаты исследований и их обсуждение

В Центральной Якутии в последние 30 лет наблюдается один из наиболее высоких в России трендов повышения среднегодовой температуры воздуха достигающий $0,08^\circ\text{C}/\text{год}$. За этот период отмечались

24 зимы с температурами воздуха выше нормы. Первое десятилетие нового века отмечается 8 аномально теплыми летними сезонами. В естественных условиях в различных типах местности самые низкие и высокие температуры грунтов отмечены соответственно в аномально малоснежный 2002/03 и аномально многоснежный 2006/07 гидрологические годы.

Экспериментальные исследования позволили количественно оценить влияние восстановления растительности на тепловое состояние грунтов в различных ландшафтах.

1. *Удаление напочвенного покрова.* На северном участке железной дороги Томмот-Якутск в песчано-грядовом типе местности на мари в июле 1990 г. был удален мохово-торфяной слой мощностью 0,15–0,25 м. Среднегодовая температура грунтов на глубине 6 м при удалении напочвенного покрова повысилась на третий год – на 4°C, мощность сезонноталого слоя увеличилась в 1,6 раза. Спустя 20 лет интенсивное зарастание нарушенного участка ерниково-березовым молодняком сократило разницу среднегодовой температуры до 1,8°C, мощность сезонноталого слоя уменьшилась до 1,4 м.

В межлассном типе местности в 1992 г. для прокладки водовода Нижний Бестях-Мундулах был вырублен лиственный лес с последующим нарушением напочвенного покрова бульдозерами и автотранспортом. Через 18 лет на просеке по сравнению с естественными условиями температура грунтов на глубине 10 м повысилась на 2°C, а глубина сезонного протаивания увеличилась на 1,4 м и превышала 3 м. Такие изменения теплового состояния грунтов при залегании повторно-жильных льдов на глубине 2–2,5 м обусловили просадку поверхности до 0,6 м и более, и развитие формирования полигональной формы рельефа.

На склоне межлассья в районе руч. Тарынг при прокладке лесовозной дороги в 1989 г. был удален бульдозером напочвенный покров и поверхностный слой грунтов. Развитие термоэрозии через 5 лет привело к формированию оврага длиной 340, шириной – 10–16, глубиной до 6 метров. Спустя 20 лет на конусе выноса отмечено интенсивное зарастание ивняковой заросли. В 2009 г. при повторном бурении обнаружен сложный геокриологический разрез. Мощность сезонноталого слоя составила 1,8 м. В интервале глубин 3,4–3,8 и 4,2–5,5 м сформировались талые прослойки грунтов, что определяется влиянием техногенеза и стадий восстановления растительности.

2. *Рубка леса.* В песчано-грядовом типе местности при сплошной вырубке соснового леса по сравнению с естественными условиями отмечается резкое увеличение глубины сезонного протаивания на 0,8 м и повышение температуры грунтов на 0,4°C. Понижение t_0 на 0,9°C, сокращение СТС на 0,3 м отмечается на старой вырубке, где идет восстановление лиственнично-соснового леса. Выборочная рубка лиственного леса в межлассном типе местности приводит к незначительному повышению температуры грунтов (0,2–0,4°C).

Мониторинговые исследования позволяют выявить динамику межгодовой изменчивости среднегодовой температуры грунтов при разнорегимных рубках лесов. На старой сплошной вырубке редкостойного соснового леса на стадии развития молодняка (10–30 лет) тепловое состояние грунтов было близко к исходному. При выборочной рубке лиственнично-соснового леса на березово-кустарниковой стадии развития растительности (10–20 лет) t_0 понижается на 0,3–0,6°C. Постепенная рубка лиственного леса на травяной (3–8 лет) и березово-кустарниковой стадиях (10–20 лет) развития приводит к повышению t_0 на 0,5–1,2°C. На старой сплошной вырубке на стадии восстановления березово-лиственного молодняка (чаща) возрастом 10–30 лет t_0 понижается в среднем на 1°C. На этом участке годовые циклы (2005–2008 гг.) с теплыми зимами и мощными снегоотложениями способствовали повышению t_0 на 2,1°C. Малоснежные зимы 2009–2010 гг. привели к понижению t_0 (рис. 1).

3. *Лесные пожары.* Влияние пирогенеза на температурный режим грунтов изучено наиболее обширно в песчано-грядовом типе местности. В течение первых 2 лет после пожара (1987 г.) отмечается резкое повышение температуры грунтов (примерно на 1,5°C). Начиная с 4-го года, на гаревом участке при постепенном самовосстановлении березово-кустарниковой растительности наблюдается стабилизация температуры грунтов, и ее значения не выходили за пределы –0,3...–0,4°C.

Гари и рубка леса является распространенным видом техногенеза. Для количественной оценки влияния такого нарушения на термический режим грунтов в низкотеррасовом типе местности были организованы наблюдения в лиственничнике и на участке, где после пожара 1986 г. проведена сплошная рубка горелого лиственничного леса. Пирогенное воздействие и рубка-

ка леса привели через год к повышению t_0 на $0,5^\circ\text{C}$ и увеличению x на $0,15$ м, а через 3 года – соответственно на $0,8^\circ\text{C}$ и $0,43$ м.

Через 20 лет после пожара в связи с самовосстановлением березово-лиственничной чащи понижение t_0 составило $0,5^\circ\text{C}$.

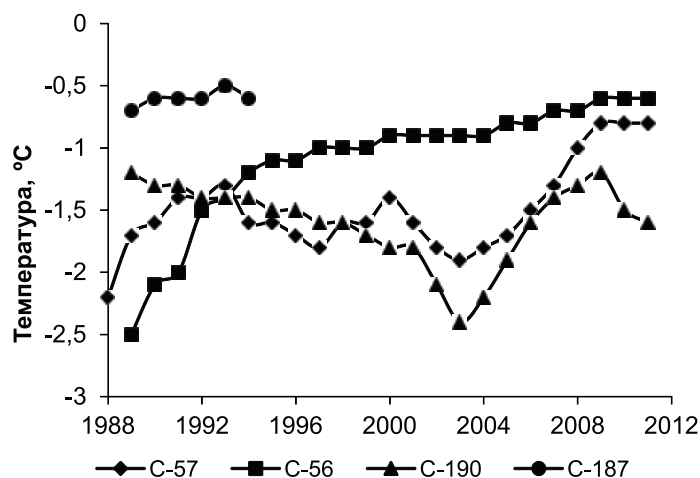


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры грунтов в лиственничнике (С-57), при выборочной (С-187), постепенной (С-56) и сплошной (С-190) рубках леса в межлесном типе местности

Посттехногенные изменения теплового состояния грунтов через 25 лет в других типах местности также показывают понижение температуры грунтов, обусловленные самовосстановлением растительности и ее затеняющим эффектом.

Временная изменчивость термического состояния грунтов под воздействием пожара в 1986 г. и вырубке лиственничного леса изучается в межлесном типе местности.

Выборочная рубка леса с нарушением напочвенного покрова после пожара в первые 5 лет способствовали повышению t_0 на $0,3-0,5^\circ\text{C}$. В дальнейшем естественное возобновление травяно-мохового покрова и березово-лиственничной чащи на 2–3 стадиях сукцессионного развития сократило поступление солнечной радиации на поверхность грунта, привело к постепенному понижению температуры грунтов на $0,5-0,8^\circ\text{C}$ (рис. 2).

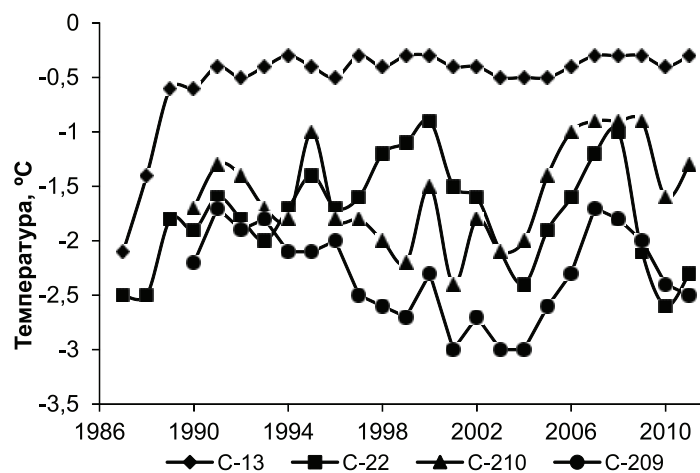


Рис. 2. Динамика среднегодовой температуры грунтов в сосняке (С-22), на гари с вырубкой (С-13) на песчано-грядовом и в лиственничнике (С-210), на старой гари (С-209) в межлесном типах местности

Влияние пожара и вырубки леса на тепловое состояние грунтов изучается по трассе газопровода Таас Тумус-Якутск в межлесном типе местности. В 2002 г. пожар в березово-лиственничном лесу

привел к вывалу большей части древостоя. При залегании верхней кровли повторно-жильных льдов на глубине $2,5$ м мощность сезоннопротаивающего слоя суглинистых грунтов с повышенной влажностью через

год на гари увеличилась на 0,5 м по сравнению с контрольным участком. В конце многоснежной зимы 2005 г. на гари установлено формирование сезонномерзлого слоя мощностью 2,2 м. Под этим слоем до верхней границы мерзлой толщи, залегающей на глубине 3,2 м образовался талик. Однако в малоснежный 2010 г. отмечено полное промерзание талика (рис. 3).

За 9 лет после техногенного воздействия глубина протаивания грунтов на гари по сравнению с естественными условиями увеличилась в 1,7 раза, температура грунтов на глубине 15 м повысилась на 1,9°C, при этом тепловая просадка грунтов составила 0,07 м. Наблюдается начальная стадия формирования полигональной формы рельефа.

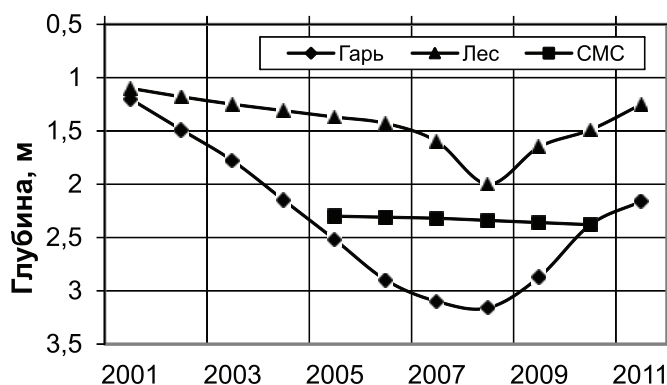


Рис. 3. Динамика глубины протаивания грунтов в лесу (С-1/03) и на гари с вырубкой (С-2/03) в межлассном типе местности. Сезонномерзлый слой обозначен линией с квадратным маркером

Выводы

Основные выводы выполненных исследований следующие:

– количественно оценена межгодовая изменчивость среднегодовой температуры грунтов нарушенных ландшафтов в зависимости от стадий самовосстановления растительности;

– многолетняя изменчивость термического состояния грунтов при техногенных воздействиях свидетельствует об их относительной устойчивости в песчано-грядовом и слабой устойчивостью в межлассном типах местности;

– результаты исследований теплового состояния грунтов можно распространить на аналогичные нарушенные ландшафты Центральной Якутии.

Список литературы

1. Босиков Н.П., Васильев И.С., Федоров А.Н. Мерзлотные ландшафты зоны освоения Лено-Алданского междуречья. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1985. – 124 с.

2. Варламов С.П., Скачков Ю.Б., Скрабин П.Н. Температурный режим грунтов мерзлотных ландшафтов Центральной Якутии. – Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 2002. – 218 с.

3. Горохов, А.Н., Саввинов Д.Д., Федоров А.Н. Прикладная экология Амги. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2000. – 168 с.

4. Еловская Л.Г., Коноровский А.К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. – Новосибирск: Наука, 1978. – 173 с.

5. Павлов А.В. Теплообмен почвы с атмосферой в северных и умеренных широтах СССР. – Якутск: Якутское кн. изд-во, 1975. – 302 с.

6. Саввинов Д.Д. Гидротермический режим почв в зоне многолетней мерзлоты. – Новосибирск: Наука, 1976. – 254 с.

7. Скрабин П.Н., Варламов С.П., Скачков Ю.Б. Оценка изменений температурного режима грунтов при нарушении природных условий // Рациональное природопользование в криолитозоне. – М.: Наука, 1992. – С. 165–173.

8. «Спасская Падь»: Комплексные исследования мерзлотных ландшафтов / А.Н. Федоров, Т.Х. Максимов, П.П. Гаврильев П.П. и др. – Якутск, Изд-во Ин-та мерзлотоведения СО РАН, 2006. – 210 с.

9. Тарабукина В.Г., Саввинов Д.Д. Влияние пожаров на мерзлотные почвы. – Новосибирск: Наука, 1990. – 120 с.

10. Федоров А.В. Роль вырубок в развитии мерзлотных ландшафтов Центральной Якутии // Региональные и инженерные геоэкологические исследования. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1985. – С. 111–117.