УДК 551.345

ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА СЕВЕРНОМ УЧАСТКЕ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ТОММОТ – ЯКУТСК

Скрябин П.Н.

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

Представлены результаты многолетних геотемпературных исследований, выполненных методом природных аналогий на нарушенных ландшафтах. Показано влияние антропогенных факторов на тепловое состояние грунтов. Количественно оценена динамика глубины протаивания и среднегодовой температуры грунтов нарушенных ландшафтов на различных стадиях сукцессионного развития растительности.

Ключевые слова: Центральная Якутия, нарушенные ландшафты, гари, вырубки, температура, глубина протаивания, криолитозона

THE THERMAL STATE OF DISTURBED LANDSCAPES ALONG THE NORTHERN SECTION OF THE TOMMOT-YAKUTSK RAILROAD

Skryabin P.N.

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

The results of long-term ground temperature studies carried out using the method of natural analogs on disturbed landscapes are presented. The effect of anthropogenic factors on the ground thermal state is shown. Quantitative estimates are given for the dynamics of seasonal thaw depth and mean annual ground temperature on the disturbed landscapes in relation to vegetation succession stages.

Keywords: Central Yakutia, disturbed landscapes, burns, cuts, temperature, thaw depth, permafrost

Оценка теплового состояния ландшафтов при изменении климата и антропогенных воздействиях является приоритетной проблемой геокриологии. Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН постоянно уделяет внимание исследованиям температурного режима слоя годовых теплооборотов в нарушенных ландшафтах. На территории, прилегающей к северному участку железной дороги Томмот-Якутск, все шире расширяется строительство трубопроводов, автомобильных дорог, линий электропередач и т.д., которое неизбежно сопровождается нарушениями природных условий. Антропогенные воздействия различного типа и масштаба (вырубка леса, пожары, удаление напочвенных покровов и т.д.) приводят к изменению геокриологических условий, в том числе теплового состояния грунтов, развитию негативных криогенных процессов. Геокриологическое обеспечение инженерно-изыскательских, проектных и строительных работ на северном участке железнодорожной линии Томмот – Якутск с 1987 г. предусматривало оценку термического состояния грунтов [1, 6, 7 и др.]. Статья составлена по результатам экспериментальных исследований в полосе проложения газопровода Хаптагай – Борогонцы, водовода Нижний Бестях – Майя, федеральной дороги Лена, ЛЭП Нерюнгри – Нижний Бестях.

Прилегающая к железнодорожной полосе территория характеризуется сложными геокриологическими условиями: распространением многолетнемерзлых пород, наличием водоносных таликов, развитием подземных льдов [2].

Материалы и методы исследования

Геокриологические исследования в естественных и нарушенных ландшафтах выполняются в шести типах местности: низкотеррасовом, песчано-грядовом, межгрядово-низинном, аласном, межаласном и плакорном. Объектами исследований являются грунты слоя годовых теплооборотов до глубины 10-15 м. Основными критериямии тепловой реакции криолитозоны на антропогенные воздействия являются мощность сезоннопротаивающего слоя (ξ) и среднегодовая температура на подошве слоя годовых теплооборотов (t_0). Работы проводятся в соответствии с требованиями метода природных аналогий на основе организации длительных натурных исследований [5].

Наблюдательная сеть геотемпературного мониторинга охватывает около 50 нарушенные ландшафты, 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 исследования и их обсуждение

По оценке Ю.Б. Скачкова [4] в Центральной Якутии со второй половины 60-х годов прошлого века наблюдается один из наиболее высоких в России трендов повышения среднегодовой температуры воздуха (до 0,07 °С /год). Период с 2001 по 2013 гг. является самым теплым за всю историю метеорологических наблюдений в г. Якутске: –7,9 °С при норме –10,0 °С. Ожидаемые тенденции изменения температуры воздуха в XXI веке у климатологов различные. Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова (ГГО), на основе результатов экстраполяции климатических характеристик, предсказывает, что тренд повышения средней годовой температуры воздуха на территории России к 2010–2015 гг. сохранится и приведет к росту, по сравнению с 2000 г. на 0,6±0,2°С, к 2030 г. – на 1,5 °С и увеличению среднего количества зимних осадков. Оценка изменения среднегодовой температуры приземного воздуха в г. Якутске, составленный в Институте мерзлотоведения СО РАН Л.Г. Нерадовским и Ю.Б. Скачковым [3] к 2050 г. показывает превышение к 2050 г. среднегодовой температуры воздуха достигнутого климатического уровня не более чем на 0,7–1,0 °С.

Экспериментальные исследования позволили количественно оценить влияние антропогенных воздействий на тепловой режим грунтов в различных ландшафтных условиях.

1. Удаление напочвенного покрова. В районе 77 км федеральной автодороги Лена в межгрядово-низинном типе местности на мари в июле 1990 г. был удален мохово-торфяной слой мощностью 0,15–0,25 м. По сравнению с естественными условиями при удалении напочвенного покрова среднегодовая температура грунтов на глубине 6 м повысилась на третий год на 4 °С, мощность сезонноталого слоя увеличилась в 1,6 раза и составила 1,5 м. Спустя 20 лет интенсивное зарастание нарушенного участка ерниково-березовым молодняком сократило разницу среднегодовой температуры до 1,8 °С, мощность сезонноталого слоя сохранился на таком же уровне (1,4–1,5 м), т.е. отмечается стабилизация теплового состояния грунтов.

В межаласном типе местности в 1992 г. для прокладки водовода Нижний Бестях – Майя для создания водохранилища Мундулах был вырублен лиственничный 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 °С, 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, развитие полигональной формы рельефа, угрожающей устойчивости водовода.

В районе пикета (ПК) 7309 на участке пересечения трассы проектируемой железной дороги и ручья Тарынг при прокладке лесовозной дороги на склоне межаласья в 1989 г. был удален бульдозером напочвенный покров и поверхностный слой грунтов. После выпадения обильных осадков в июне 1990 г. вдоль дороги началось развитие термоэрозии и, как следствие, – формирование оврага. Через 5 лет размеры оврага оказались следующими: длина – 340, ширина – 10-16, глубина до 6 метров. На участке конуса выноса образовался намыв грунтов толщиной 0,5 м и за 2 года погиб весь лес. Спустя 4 года t° повысилась на 1,5 °С [4]. Здесь спустя 20 лет на конусе выноса произрастала ивняковая заросль. 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, ослабляющие устойчивость мерзлых пород.

2. Рубка леса. Разнорежимные рубки лесов (выборочная, постепенная, сплошная) на участках, прилегающих к трассе железной дороги, приводят к изменению мерзлотных условий. В песчано-грядовом типе местности влияние вырубок на температурный режим грунтов изучены на 7 участках. На 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 °С. Понижение t° на 0,9 °С, сокращение ξ на 0,3 м отмечается на старой вырубке, где идет восстановление лиственнично-соснового леса.

Мониторинговые исследования позволяют выявить динамику среднегодовой температуры грунтов при разнорежимных рубках лесов. В районе ПК 7810 на песчано-грядовом типе местности при сплошной рубке редкостойного соснового леса на стадии развития молодняка (10-30 лет) тепловое состояние грунтов было близко

к исходному. В районе ПК 7303 в межаласном типе местности при выборочной рубке лиственнично-соснового леса на березово-кустарниковой стадии развития растительности (10-20 лет) t° понижается на 0,3-0,6 °С. В районе ПК 7309 постепенная рубка лиственничного леса на травяной (3-8 лет) и березово-кустарниковой стадиях (10-20 лет) развития приводит к повышению t° на 0,5-1,2 °С. В районе ПК 7270 на старой вырубке, на стадии восстановления березово-лиственничного молодняка (чаща) возрастом 10-30 лет t° понижается в среднем на 1 °С. На этом участке годичные циклы (2005-2008 гг.) с теплыми зимами и мощными снегоотложениями способствовали повышению t° на 2,1 °С. Малоснежные зимы 2009-2010 гг. привели к понижению t° (рис. 1).

свежих вырубках и охватывают травяную и березово-кустарниковую стадии восстановления растительности. На просеке слева от железнодорожной линии повышение температуры грунтов на глубине 10 м по сравнению с естественными условиями можно оценить в пределах 0,3-0,8 °С. Вырубка леса справа от оси трассы без нарушения напочвенного покрова сопровождается увеличением ξ на 0,2-0,4 м. Увеличение ξ в 1,7-2,5 раза отмечается на просеке слева, что обусловлено нарушением и уничтожением напочвенного покрова при вывозке древесины и очистки участка методом пожогов. На просеках отчетливо наблюдается тенденция ежегодного увеличения слоя сезонного протаивания. На пятый год ξ на просеке слева составила 1,9 м и сопровождалась протаиванием повторно-жильных льдов, залегающих с глубины 1,2-2,1 м (рис. 2). Здесь четко отмечается развитие тепловой просадки грунтов, угрожающей устойчивости железнодорожной насыпи.

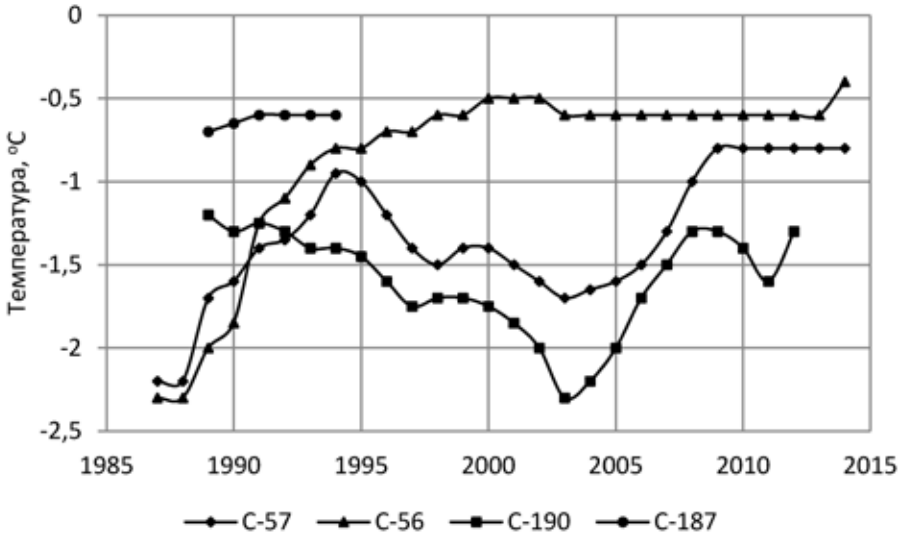

Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры грунтов на глубине 10 м в лиственничнике (С-57), при выборочной (С-187), постепенной (С-56) и сплошной (С-190) рубках леса в межаласном типе местности

Выборочные, постепенные и сплошные рубки лесов в различных типах местности сопровождаются повышением t° на 0,2–0,8 °С, увеличением ξ на 0,3–0,6 м.

С 2007 г. исследования организованы в районе ледового комплекса со сложными геокриологическими условиями. Экспериментальные работы продолжаются на 8 поперечных профилях с 32 скважинами на

Наибольшая мощность сезонноталого слоя формируется на более освещенной просеке с западной стороны железнодорожной насыпи, а наименьшая – на затененной просеке с восточной стороны.

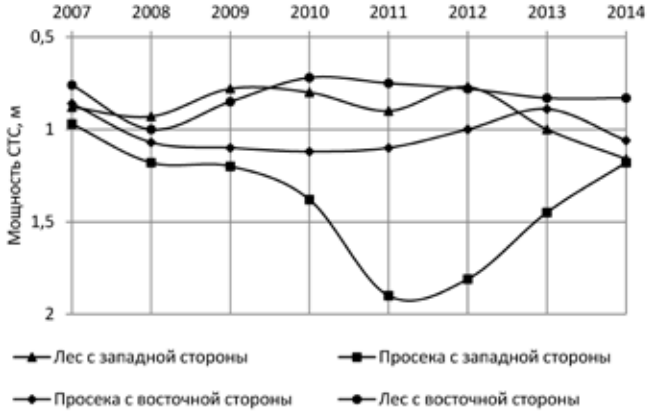

Рис. 2. Динамика мощности сезонноталого слоя в лесу и на просеках у земляного полотна

3. Лесные пожары. Типы лесов и напочвенных покровов по классам пожарной опасности в низкотеррасовом, межаласном и плакорном типах местности относятся к высокопожароопасным, в песчано-грядовом – к очень высокопожароопасным, в межгрядово-низинном – к среднепожароопасным. Влияние пирогенеза на температурный режим грунтов изучено наиболее детально в песчано-грядовом типе местности на 10 участках. В районе ПК 7810 пожар в сосновом лесу в июне 1987 г. уничтожил маломощный травяно-толокнянковый напочвенный покров и в последующем стал причиной вывала молодого соснового древостоя. В течение первых 2 лет после пожара отмечается резкое повышение температуры грунтов на глубине 10 м (примерно на 1,5 °С). Начиная с 4-го года, на гаревом участке при постепенном самовосстановлении березово-кустарниковой растительности наблюдалась стабилизация температуры грунтов, и ее значения не выходили за пределы –0,3…–0,4 °С.

Для количественной оценки влияния гари и вырубка леса на термический режим грунтов в низкотеррасовом типе местности в районе 1075 км автодороги Лена были организованы наблюдения в лиственничнике и на участке, где после пожара 1986 г. проведена сплошная вырубка горелого лиственничного леса. Пирогенное воздействие и вырубка леса привели через год к повышению t° на 0,5 °С и увеличению x на 0,15 м, а через 3 года – соответственно на 0,8 °С и 0,43 м. Через 20 лет после пожара в связи с самовосстановлением березово-лиственничной чащи понижение t° составило 0,5 °С, но сохранилось увеличение ξ на 0,5 м.

В районе ПК 7314 и 7810 изменения теплового состояния грунтов нарушенных ландшафтов через 25 лет в других типах местности также показывают понижение температуры грунтов, обусловленные самовосстановлением растительности и ее затеняющим эффектом (рис. 3).

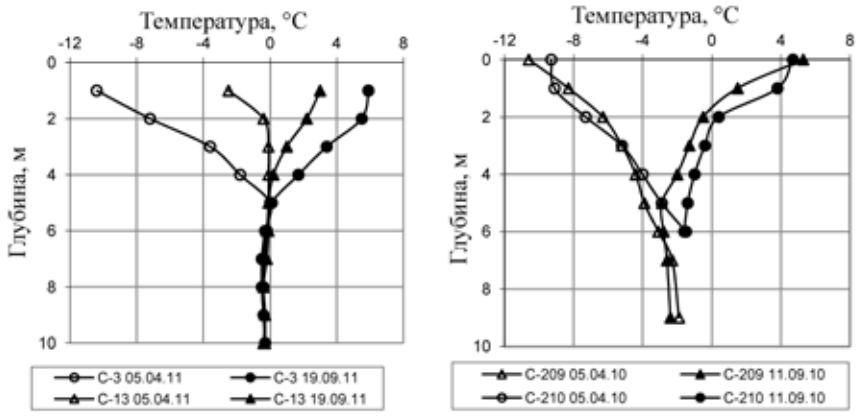

Рис. 3. Изменение температуры грунтов в сосняке (С-3) и на гари с вырубкой (С-13) в песчано-грядовом типе местности, в лиственничнике (С-210) и при восстановлении растительности на гари (С-209) в межаласном типе местности

В районе ПК 7314 выборочная рубка леса с нарушением напочвенного покрова после пожара 1986 г. в первые 5 лет способствовали повышению t° на 0,3-0,5 °С. В дальнейшем естественное возобновление травяно-мохового покрова и березово-лиственничной чащи на 2-3 стадиях сукцессионного развития через 25 лет сократило поступление солнечной радиации на поверхность грунта, привело к постепенному понижению t° на 1 °С.

Влияние лесных пожаров на тепловое состояние грунтов в плакорном типе местности изучены на двух старых гарях. На этих участках при слабом самовосстановлении лиственничного и березового лесов сохраняется увеличение x на 0,3-0,4 м, повышение t° в пределах 0,4-0,7 °С.

Таким образом, результаты многолетних исследований позволяют количественно оценить влияние нарушения природных условий на тепловое состояние грунтов.

Выводы

На основе выполненных исследований можно сформулировать следующие выводы.

Многолетняя изменчивость теплового состояния грунтов при антропогенных воздействиях свидетельствует об их относительной устойчивости в песчано-грядовом и слабой устойчивостью в межаласном типах местности.

Результаты исследований теплового состояния грунтов можно экстраполировать на аналогичные нарушенные ландшафты, прилегающие к железной дороге.

Экспериментальные данные будут полезны для оценки устойчивости осваиваемых территорий к антропогенным воздействиям и разработке природоохранных мероприятий.

Список литературы

1. Варламов С.П. Льдистость грунтов северного участка проектируемой железной дороги Томмот-Кердем (ст. Олень – ст. Кердем) // Теория и практика оценки состояния криосферы Земли и прогноз ее изменения: Материалы международной конференции (Тюмень, 8-9 сент., 2006 г.). – Тюмень, 2006. – Т. 2. – С. 212-214.

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

3. Нерадовский Л.Г., Скачков Ю.Б. Прогноз температуры воздуха в Якутии до 2050 г. // Проблемы инженерного мерзлотоведения: материалы IX Международного симпозиума (Мирный, 3-7 сентября 2011 г.) – Мирный. – Якутск, 2011. – С. 389-393.

4. Скачков Ю.Б., Скрябин П.Н., Варламов С.П. Изменчивость температуры грунтов слоя годовых теплооборотов в окрестностях г.Якутска за последние 40 лет // Современные проблемы теплофизики и теплоэнергетики в условиях Крайнего Севера: Материалы X научно-технической конференции памяти профессора Н.С.Иванова (Якутск, 7 дек., 2011 г.). – Якутск, 2013. – С. 113-122.

5. Скрябин П.Н. Развитие наблюдательной сети термического мониторинга в Центральной Якутии // Криосфера Земли. – 2001. – Т. V, № 3. – С. 56-62.

6. Скрябин П.Н., Варламов С.П. Термический режим грунтов нарушенных ландшафтов Центральной Якутии // Криосфера Земли. – 2013. – Т.XVII, № 3. – С. 44-49.

7. Скрябин 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.