

УДК 502. 654

О.М. Морина, Т.С. Демидова, Л.П. Майорова*

РОЛЬ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ В ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

Отисывается метод определения динамики температуры почв с помощью сопряженного анализа температуры воздуха и почвы на основе графиков, построенных в MS Excel. Предлагается схема распределения динамики температуры почвы на разных глубинах. Показана роль лесной подстилки в формировании теплового режима и в диагностике заболачивания территории.

Ключевые слова: сопряженный анализ, ход температур, воздух и почва, зоны потепления и похолодания.

Применение метода сопряженного анализа динамики температур воздуха и почв, как в горных районах, так и на равнинных территориях, в послерубочно-последпожарных условиях позволяет выявить начало деградации экосистем, а именно заболачивание. Динамика почвенных температур является одним из наиболее эффективных методов диагностики состояния экосистем.

Принято считать, что ход температуры в почве аналогичен ходу температуры воздуха. Однако, как показывает практика, вектор изменений температуры почвы на разных почвенных горизонтах может, как сохранять направление хода температур воздуха, так и изменять его на противоположное. Так, в северных районах Хабаровского края, территория которых намечена к активному освоению, температура воздуха имеет тенденцию к повышению, в то время как температура почвы, по среднегодовым и сезонным значениям, понижается [1]. Недоучет разнонаправленности температурного режима может негативно сказаться на результатах различных видов природопользования: при лесовосстановлении, планировании и

строительстве дорог, нефтепроводов и других линейных сооружений, а также объектов промышленного и сельскохозяйственного назначения.

Существует убеждение, что температура воздуха и почвы на южных склонах всегда выше, чем на ровной поверхности и северных склонах. Перераспределение температуры воздуха древесным пологом может нивелировать эти различия в зависимости от крутизны склона, густоты и степени перекрытия крон древостоев. Характер изменения температуры почвы на склонах разных экспозиций зависит также от типа лесной подстилки [2, 3].

Послерубочно-последпожарные трансформации в равнинных лесах приводят к изменению гидротермического режима, в частности, к заболачиванию, развитие которого на начальной стадии трудно заметить. Однако начало развития этого процесса можно выявить по динамике летних почвенных температур [4].

Наступившее глобальное потепление проявляется неодинаково в разных местах планеты. Значительное повышение температуры атмосферного воздуха отмечается в Прибайкалье, Забайкалье,

Приморье и Приамурье. Вместе с тем, на общем фоне потепления, в Хабаровском крае, как и в некоторых других северных районах, встречаются территории со стабильным ходом температур и даже с её понижением (похолоданием).

Наблюдения проводились в Хабаровском крае на горном Хехцирском стационаре в течение 1972-1988 гг. и на равнинном Быстринском стационаре в течение 1969-1980 гг. Хехцирский стационар организован на двух рядом расположенных элементарных водосборах. Метеонаблюдения проводились на двух южных и двух северных склонах, двух долинах и промежуточном водоразделе. Всего было оборудовано 6 метеопостов.

Пробные площади на Быстринском стационаре располагались в однородных геоморфологических условиях (плоская высокая древняя терраса Амура). Микроклиматические наблюдения выполнялись в трех типах леса с выраженной направленностью смен лесной растительности. Здесь получено количественное выражение послепожарных трансформаций микроклимата ельников при различных вариантах их сукцессий.

Объектом изучения был микроклимат с главным акцентом на температуре воздуха и почвы. Комплексно изучались гидроклиматические (температура воздуха и почвы, глубина промерзания, твердые и жидкие осадки), почвенные (физические свойства почвы), лесоводственные характеристики по общепринятым методикам.

В качестве источника информации использовались также метеорологические ежегодники и ежемесячники, из которых

выбирались сведения о ежемесячной температуре по метеостанциям всего Хабаровского края с момента организации наблюдений по 2008 г. включительно. Используются значения температуры воздуха на 79 метеостанциях, на 23 из которых велись наблюдения за температурой почвы. Данные гидрометеослужбы обрабатывались методом скользящих пятилетних как наиболее оптимального для этого ряда наблюдений подхода.

Графики динамики температур, построенные в MS Excel, анализировались по угловому коэффициенту, т.е. по тренду. Принципиальным методическим моментом, принятым при анализе динамики температур, является дифференцированный подход, в котором кроме среднегодовой температуры учитываются среднемесячные, среднелетние (с мая по октябрь), и среднезимние (с января по апрель и за ноябрь – декабрь текущего года) показания. Как показал опыт, динамика среднегодовых температур может свидетельствовать об относительно стабильной обстановке, тогда как сезонная, а в еще большей степени помесечная, обнаруживают отчетливую тенденцию к повышению или понижению температуры. Ровная горизонтальная полоса средней температуры принималась за стабильное состояние, отклонения в ту или иную сторону в пределах $0,3^{\circ}\text{C}$ включительно учитывались как небольшое повышение или понижение. В остальных случаях изменения температур отражались как потепление, если аппроксимирующая поднималась вверх (рис. 1), или как понижение, если она опускалась вниз (рис. 2).

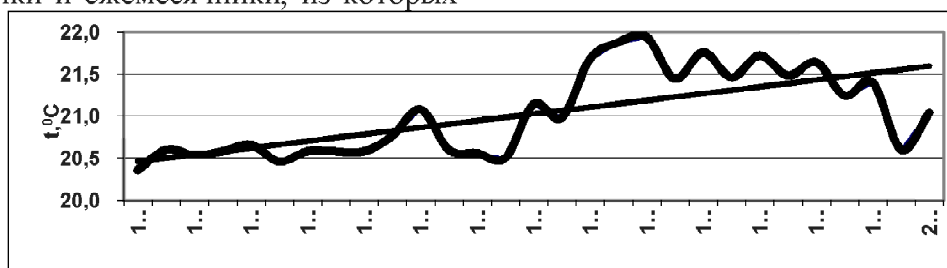


Рис. 1. Динамика температуры воздуха в мае, $^{\circ}\text{C}$, АГМС Хабаровск

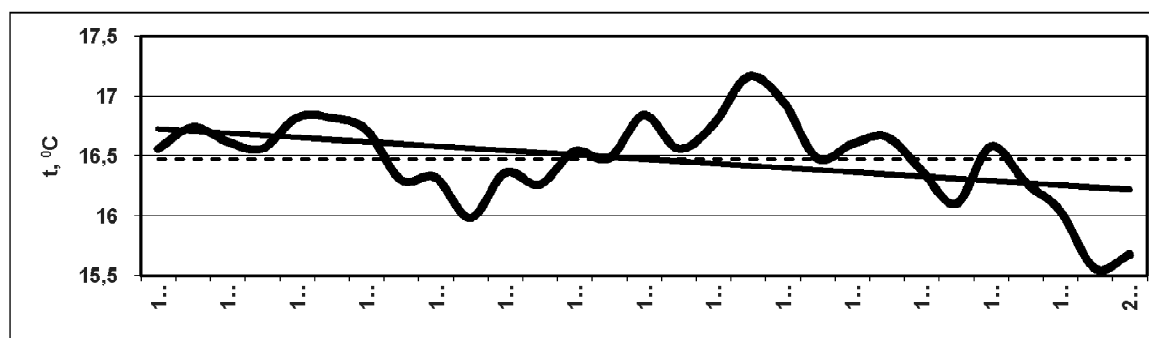


Рис. 2. Динамика температуры почвы на глубине 0,4 м в мае, °С, АГМС Хабаровск

Всего было построено и обработано 1200 графиков динамики температуры воздуха и 2000 графиков температуры почвы по глубинам.

Для решения вопроса формирования особенностей микроклимата на различно ориентированных облесенных склонах была составлена карта проекций крон, которая показала, что типичным для всех метеопостов и метеоточек является тройное перекрытие.

Густой полог крон из кедра корейского (*Pinus Koraiensis*) и дуба монгольского (*Quercus mongolica*) на южном склоне пропускает гораздо меньше тепла, по сравнению с рыхлым пологом северного склона, где преобладают береза желтая (*Betula costata*) и липа амурская (*Tilia amurensis*). Поэтому срочные, т.е. текущие, температуры воздуха на высоте 2 м

на обоих склонах практически равны в течение всего вегетационного периода.

Значительно более сложны и мозаичны процессы формирования почвенного тепла. На метеоплощадках в летние месяцы (май – сентябрь) создаются примерно одинаковые термические условия на противоположных склонах. По среднемесячным значениям разница в 1 °С в пользу северного склона достигается в июле (рис. 3). Мы полагаем, что почвы южного склона недополучают тепло из-за наличия в лесной подстилке дубового опада, обладающего высокой термоизоляционной способностью [2], в то время как подстилка на северном склоне, состоящая из опада мелколиственных пород, обладает несравненно меньшим термоизоляционным эффектом.

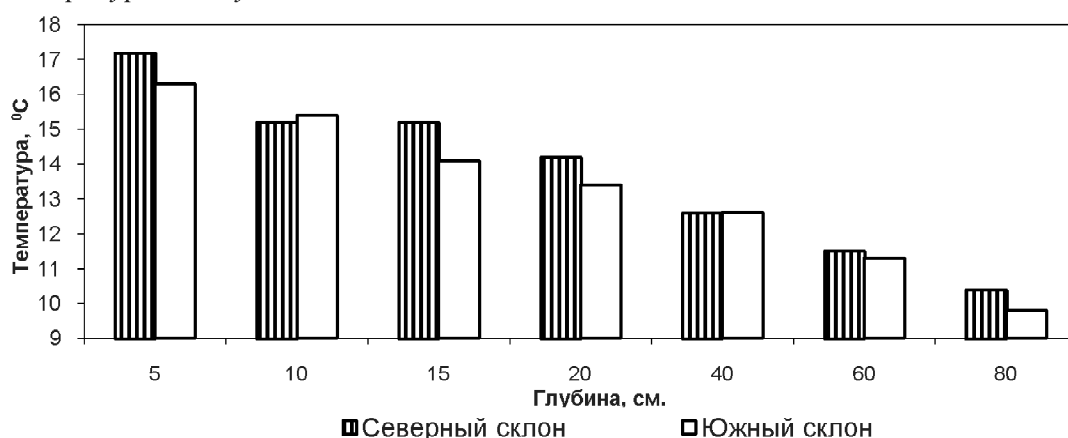


Рис. 3. Средние температуры почвы в июле на Хехцирском стационаре за период 1972-1975 гг.

К одному из важнейших экологических факторов, влияющих на состав, строение и развитие лесных биоценозов, относятся пожары. Природное разнообразие лесов складывается в основном из различных стадий послепожарных сукцессий. Кроме снижения экологического потенциала леса, роль пожаров сказывается на изменении баланса углерода и кислорода. Послепожарное возобновление растительности является ключом к восстановлению продуцирования кислорода.

Пожары растительности происходят во всех типах ландшафтов: болотных, луговых, тундровых, лесных. Наибольшее количество возгораний возникает в местах скопления людей и интенсивного освоения территории. Но наибольшие площади леса (с экологической точки зрения важна именно эта площадь) выгорают в отдаленных районах, где интенсивность пользования невелика, но затруднена доставка средств тушения и людей. Там пожары превращаются в крупные, охватывая десятки тысяч гектаров.

Горимость лесов Хабаровского края является одной из самых высоких в Российской Федерации. За последние 50 лет площадь, подвергшаяся воздействию огня, составила более 9 млн. га. Катастрофические лесные пожары 1998-1999 годов в крае повредили или полностью уничтожили леса на 3 % от общей площади лесного фонда. Было уничтожено 150 млн. м³ древесины, что составило 20 годовых объемов заготовки древесины в крае [5].

Трансформированность лесного покрова промышленными рубками и лесными пожарами в Хабаровском крае составляет 36 %. В структуре измененного покрова до 70 % составляют болота, 15 % – травянисто-кустарниковые пустоши, 10 % – редины, 5 % – каменисто-щебнистые обнажения [6].

Нами показано, что в результате послепожарной трансформации среднегодовая температура почвы становится выше за счет зимних значений. Хотя многие исследователи связывают повышение

температур с потеплением климата, мы объясняем этот подъем (в исследуемом регионе) процессом заболачивания. Лесная подстилка из мхов, имеющая большую мощность, охлаждается в бесснежный период и становится мощным конденсатором холода, который препятствует оттаиванию почвы. Мерзлый слой толщиной

20-25 см сохраняется в лиственничнике до конца июля – начала августа.

Служение за помесечной зимней температурой почвы позволило установить, что на фоне подъема зимних температур (за счет выделения тепла при замерзании связанной воды) происходит снижение летних почвенных температур, свидетельствующее о начале деградации экосистем, что выражается в развитии мохового и багульникового покрова.

Известно, что лесные пожары вызывают резкую смену фитоценозов и изменение параметров гидроклиматического режима почв. При этом происходят коренные изменения экотопических условий местообитаний, что вызывает смену направления естественной динамики биогеоценологического покрова. Несмотря на общую разработанность схемы естественного хода послепожарного восстановления растительности, в литературе уделено мало внимания изучению трансформации экосистем и получению количественных характеристик механизма изменений.

Изучение физических свойств почв в ельнике зеленомошном и его производных, возникших под влиянием рубок и пожаров, показало, что смена коренных древостоев в Нижнем Приамурье сопровождается резким изменением почвенных условий и нарушением водного режима, что отражается прежде всего в морфологии почвенного профиля.

Почвы коренного ельника промерзают глубже, чем под сообществами пирогенных сукцессий, что обусловлено меньшей мощностью снега в ельнике перед началом промерзания. Почвы лиственничника промерзают на меньшую глубину из-за

высоких теплоизоляционных свойств багульниково-сфагнового покрова и более мощного слоя снега.

При наличии мощного снегового покрова (82–110 см) происходит оттаивание почвы снизу вверх за счет внутреннего тепла земли. Оттаивание почвы происходит раньше всего в березовом молодняке, затем в ельнике зеленомошном и в последнюю очередь в лиственничнике багульниковом. Лесная подстилка в лиственничнике, являясь плохим проводником тепла, даже летом препятствует оттаиванию почвы сверху.

Стационарными исследованиями установлено, что на части территории, на которой после пожара началось заболачивание, отмечается уменьшение глубины промерзания. Если анализировать динамику температур только по мерзлотным показателям, можно прийти к неверному выводу, а именно к мнению о значительной деградации мерзлоты. В таких случаях дополнительным уточняющим фактором начинающегося процесса деградации территории может служить температура почвы. При заболачивании изменения температурного режима проявляются именно в летний период, и наиболее ярко – в снижении июльских и августовских температур почвы.

Наши наблюдения показали, что теплоизолирующая роль подстилки в лиственничнике весьма велика и в период вегетации (май – октябрь). Тенденция к постепенному выхолаживанию почв с годами здесь особенно заметна по среднелетним температурам. Низкие температуры в лиственничнике обусловлены слабым прогреванием почвы из-за очень густого кустарничкового покрова (сплошной багульник) и мощной лесной подстилки, толщина которой в августе была в 4,7 раза больше, чем в березовом молодняке, и в 3,5 раза больше, чем в ельнике зеленомошном. Хотя среднегодовые температуры по профилю почв во всех типах леса положительные, самые низкие температуры наблюдаются в лиственничнике (табл. 1).

Таблица 1

Среднелетние температуры почвы на глубине 20 см (°С) в различных древостоях

Годы	Ельник	Лиственничник	Березняк
1972	7,4	5,6	8,5
1973	6,5	5,5	8,8
1974	7,6	6,3	11,0
1975	7,0	5,4	9,1
1976	7,2	4,8	8,8
1977	8,3	5,9	10,2
1978	7,8	4,8	9,2
1979	8,3	4,7	10,1
Среднее	7,6	5,4	9,4

Таким образом, при послепожарной и послерубочно-послепожарной смене типов леса в темнохвойных лесах Нижнего Приамурья наибольшие микроклиматические изменения происходят в термокриорежиме почв. При смене темнохвойных лесов светлохвойными и лиственными значительно увеличивается снегонакопление под пологом, и соответственно растет теплообеспеченность почв. Если смена сопровождается заболачиванием, то почвы зимой теплее, а летом холоднее (в связи с резко замедленным оттаиванием), чем в коренном типе леса. Кроме того, торможение процессов промерзания и оттаивания при заболачивании происходит из-за повышенных расходов и выделения тепла при фазовых превращениях влаги. Изменение световой обстановки оказывает на микроклимат значительно меньшее влияние, чем изменение в снегонакоплении. Постпирогенные изменения микроклимата и напочвенного покрова влияют на экологическую роль лесов – обильное зарастание почвы багульником препятствует возобновлению не только исходного, но и коренного типа леса, и уменьшая испарение, вызывает заболачивание почв.

О значительной роли характера лесной подстилки в распределении почвенного тепла говорят и наблюдения в мерзлотных областях. Так, несмотря на увеличение температуры воздуха в северных районах за 30 лет почти на 2 °С, глубина

протаивания на многих участках уменьшилась [7].

Для изучаемого района по среднегодовым значениям в 67 % случаев отмечается потепление, в 22 % – похолодание, в 11 % – состояние стабильно (табл. 2).

Таблица 2
Направление изменения температуры воздуха в Хабаровском крае, %

Тренд изменений	Месяцы				Средне-годовые
	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	
Потепление	11	6	10	38	67
Похолодание	72	76	84	33	22
Стабильное-состояние	17	18	6	29	11

На изучаемой территории понижения температурных условий приходится на февраль и август – ноябрь, но максимальное похолодание наблюдается в октябре, а не в ноябре, как в европейской части РФ. В ноябре практически равномерно распределены зоны потепления, похолодания и стабильные. По температуре воздуха выделяются следующие зоны: потепления и слабого потепления – побережье Охотского моря, Татарского пролива, южные сельскохозяйственные районы, западная часть края и три северных административных района. Зона снижения теплообеспеченности – большая часть долины

р. Уда, западные склоны Сихотэ-Алиня. Отсутствие выраженных тенденций на повышение или понижение температур за многолетний ряд наблюдений отмечается «пятнами» среди территории с выраженной направленностью на повышение или понижение. Ко времени, в котором преобладает потепление, относятся месяцы первого полугодия.

Положительный ход динамики среднегодовой температуры воздуха в Хабаровске показывает рост за 98 лет на 0,8 °С. При этом разброс отдельных показателей колеблется от 3 °С в марте – апреле до 0,7-1,1 °С в мае, ноябре, декабре. Вместе с тем, в месяцы активного созревания урожая, августе – октябре температурный режим не укладывается в среднегодовую картину: идет снижение температуры воздуха на 0,8 °С. Несинхронность хода температуры воздуха и почвы показаны на рис. 1, 2, 4, 5, 6.

Направление стабильного повышения теплообеспеченности почв с глубины 1,6 м практически во все периоды отмечается в южных районах края и на прибрежных территориях вдоль Татарского пролива. Тренд стабильного понижения теплообеспеченности почв по подавляющему числу глубин и периодов (с формированием сезонной и годовой тенденции) отмечен в северных и северо-западных районах края.

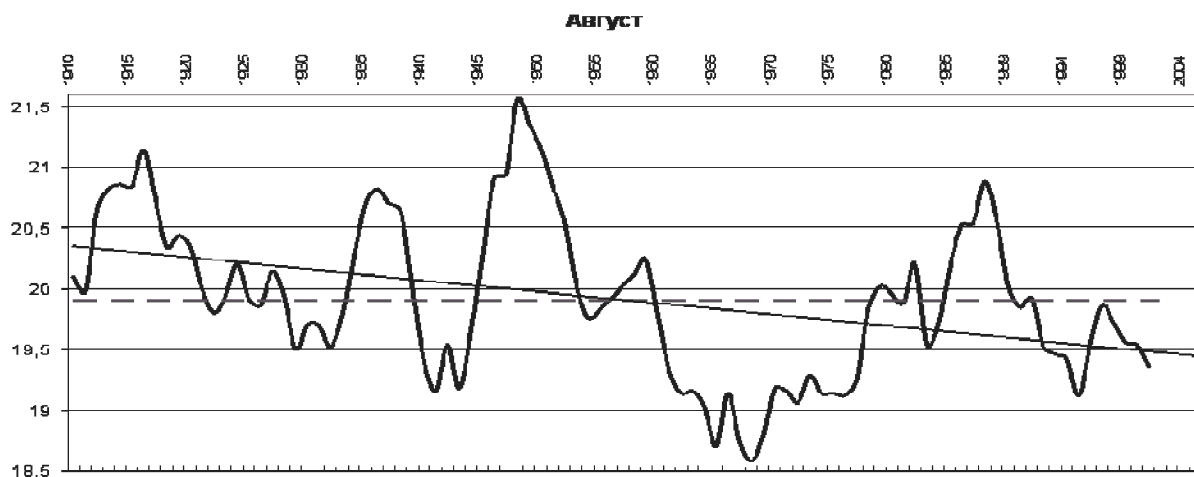


Рис. 4 – Динамика температуры воздуха на метеостанции Хабаровск в августе (пунктиром показана средняя многолетняя температура, прямая – линия тренда)

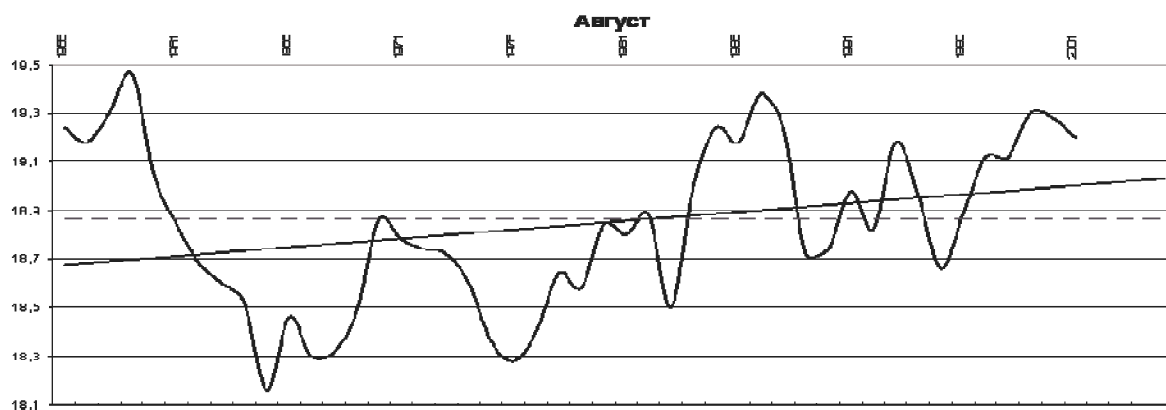


Рис. 5. Динамика температуры почвы на глубине 0,2 м на метеостанции Хабаровска в августе.

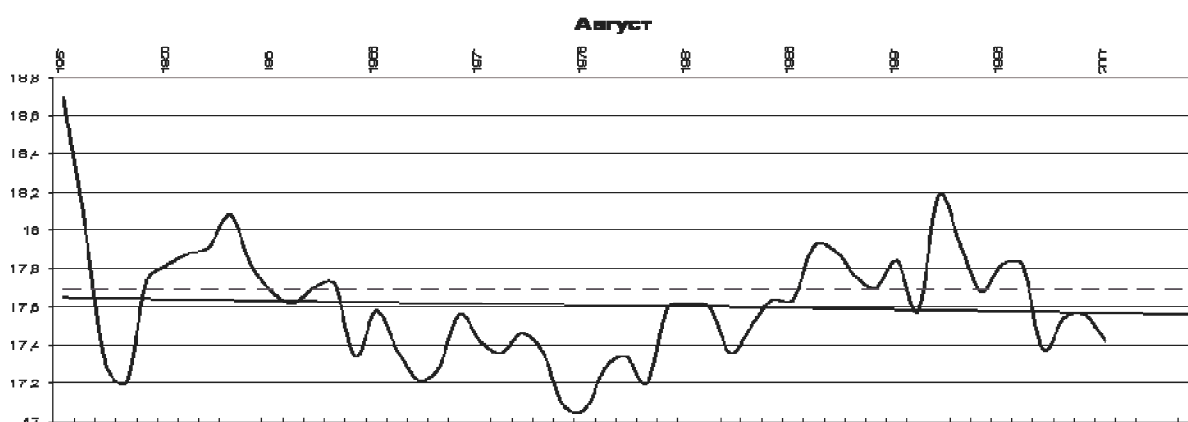


Рис. 6. Динамика температуры почвы на глубине 0,4 м на метеостанции Хабаровска в августе.

Выводы.

1. Показано, что под пологом кедрово-широколиственного леса большое влияние на микроклимат оказывает характер растительности. Густой полог крон кедр и дуба на южном склоне пропускает гораздо меньше тепла по сравнению с рыхлым пологом крон лиственных пород на северном склоне. Поэтому срочные и максимальные температуры воздуха на этих склонах на высоте 2 м практически равны в течение всего вегетационного периода.

2. Выявлено, что почвы южного и северного склонов до глубины 80 см имеют практически одинаковые значения температур в вегетационном периоде. Температура почвы южного склона в июле почти на градус ниже, чем северного. Такая разница обусловлена наличием в подстилке склона южной экспозиции дубо-

вого опада, обладающего высокой термоизоляционной способностью.

3. Установлено, что изменение параметров гидроклиматического режима почв связано с долговременными экологическими последствиями катастрофических лесных пожаров. Увеличение мощности мохово-лишайникового слоя вызывает начало процесса заболачивания территории, сказывается в резкости снижения летних температур почвы от 1 до 3,5 °С.

4. Определено, что региональными особенностями территории следует считать разнонаправленное изменение среднегодовых температур воздуха: 67 % территории испытывают потепление, 22 % – похолодание, на 11 % температуры стабильны. Наиболее сильное снижение температур отмечается в августе – октябре, от 72 % до 84 % случаев.

Мозаичность распределения температурных условий требует стратегии дифференцированного подхода к каждому конкретному участку в процессе природопользования.

5. Показано, что в южных и прибрежных районах края нижние почвенные горизонты испытывают потепление, тогда как в северных и северо-западных – похолодание.

- Работа выполнена при финансовой поддержке Управления научных исследований и инновационных программ Федерального агентства по образованию в рамках государственного контракта 1712 от 23.09.2009 г.

Литература

1. Морина О. М. Ресурсы и экологические проблемы Дальнего Востока. Хабаровск : Изд-во ДВГГУ, 2006. С. 258-261.
2. Травлеев А. П. О термоизоляционной роли лесной подстилки // Почвоведение. 1960. № 10. С. 92-95.
3. Ефремов Д. Ф., Морина О. М. О влиянии растительности на микроклимат разноориентированных склонов в кедрово-широколиственных лесах // Тр. ДальНИИЛХ. Хабаровск, 1982. Вып. 24. С. 42-50.
4. Ефремов Д. Ф., Морина О. М., Широкова М. Р. Послепожарное изменение микроклимата в приамурских ельниках зоны БАМ // Лесное хозяйство восточной зоны БАМ : тр. ДальНИИЛХ, 1981. С. 39-46.
5. Коломыцев В. М. О состоянии охраны лесов от пожаров в Хабаровском крае. Охрана лесов от пожаров в современных условиях : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Хабаровск : Изд-во КПБ, 2002. С. 6-10.
6. Ефремов Д. Ф., Швиденко А. З. Управление лесными пожарами на экорегиональном уровне. М.: Алекс, 2004. С. 66 - 71.
7. Белолуцкая М. А. Влияние изменения климата на вечную мерзлоту и инженерную инфраструктуру Крайнего Севера : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. СПб., 2004. 112 с.