

На правах рукописи



ДРОВНИНА Светлана Игоревна

**ВЛИЯНИЕ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ЗЕМЛИ
НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА
РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)**

25.00.36 - «Геоэкология»

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Москва - 2007

Работа выполнена в группе экологии леса
лаборатории экологической радиологии
Института экологических проблем Севера Уральского отделения
Российской академии наук (Россия, Архангельск)

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук
Беляев Владимир Васильевич

Научный консультант: член-корр. РАН, доктор геолого-
минералогических наук
Юдахин Феликс Николаевич

Официальные оппоненты: доктор географических наук
Кочуров Борис Иванович
кандидат географических наук
Бызова Наталья Михайловна

Ведущее учреждение: Институт геологии Карельского научного
центра РАН

Защита состоится 14 декабря 2007 г. в 11 час. на заседании Совета по защите кандидатских и докторских диссертаций Д.002.046.03 в Институте географии РАН по адресу: 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29.

Факс дисс. совета: (495) 959-00-27.
E-mail Института: igras@igras.geonet.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института географии РАН по адресу: 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29.

Автореферат разослан 13 ноября 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук  Л.С. Мокрушина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Появление дистанционно-геотермического метода космической съемки земной поверхности, способного зафиксировать конвективный тепловой поток (КТП) Земли, позволило выявить зоны с аномально высоким показателем КТП в бореальной зоне Европейского Севера и Западной Сибири, их естественный подогрев (Горный, 1999). В условиях Севера тепловой фактор является ведущим (лимитирующим) в развитии лесных экосистем. Для более глубокого познания закономерностей пространственной гетерогенности таежных экосистем, влияющих на устойчивость управления природными ресурсами на Европейском Севере России, необходима оценка влияния КТП на лесные биогеоценозы. Данный вопрос на настоящий момент изучен слабо.

Пространственная структура объекта определяется его положением относительно комплекса факторов, влияющих на функционирование и размещение. Использование в данном случае зонально-типологической концепции не объясняет распространение в сходных условиях местопроизрастания насаждений разной продуктивности. Дифференциация по подзонам тайги основывается, в первую очередь, на различии климатических факторов. Однако, геологические, геоморфологические, микроклиматические условия в пределах сходных типов леса далеко не однородны. Это обуславливает различный водный и температурный режимы, механический и химический составы почв и другие параметры. Поэтому и продуктивность лесов существенно варьирует. Таким образом, использование ландшафтной (геоэкологической) основы позволит ответить на ряд вопросов, связанных с закономерностями распространения и функционирования высокопродуктивных лесов. Использование современных дистанционных методов исследований окружающей среды позволяет выявить ряд геоэкологических факторов, таких как тепловой поток Земли, влияние которых на биоту практически не изучалось.

На территории таежной зоны Архангельской области главное влияние на продуктивность лесных биоценозов оказывают тепло, влага и элементы минерального питания. Среди всех факторов, влияющих на лесные экосистемы, особо выделяют тепловые характеристики экотопа. Это связано с тем, что температурные параметры, такие как температура почвы и воздуха, определяют само возникновение и развитие биотических компонентов таежных экосистем (Михайлов, 2000). Согласно имеющимся данным (Горный, 1999; Горный, Теплякова, 2000), на 5 – 10 % территории Севера Европейской части России отмечается аномально высокий конвективный тепловой поток Земли, достигающий десятков Вт/м², что составляет до 25 % летней среднесуточной нормы

суммарной солнечной радиации. Это, вероятно, не может не сказаться на микроклиматических особенностях таких территорий, гидрологическом и почвенном режимах. Изменение геоэкологических условий, безусловно, влияет и на растительный покров.

Цель работы выявить влияние КТП на состояние и структуру лесных экосистем таежной зоны Европейского Севера России на примере Архангельской области.

Для достижения поставленной цели в процессе исследования на территориях с различными показателями КТП решались следующие **задачи**:

- 1) определить особенности географического распространения данных территорий в Архангельской области;
- 2) проанализировать таксационные показатели лесных насаждений, сравнить их продуктивность;
- 3) изучить экологические условия в лесных экосистемах (температурный режим почвы, химический состав, активность изотопов);
- 4) дать эколого-ценотический анализ лесных экосистем;
- 5) оценить биоразнообразие растительных сообществ.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. КТП в пределах Архангельской области характеризуется неравномерным распределением и в значительной мере приурочено к размещению разломов в земной коре и генетическому типу ландшафта;
2. КТП меняет зонально-региональный фон территории, преобразуя фоновые биоклиматические условия через эдафические факторы (температуру почвы);
3. КТП оказывает влияние на типологическую структуру лесов Архангельской области.
4. В зонах интенсивного выноса эндогенного тепла повышается продуктивность и разнообразие лесных биогеоценозов тайги Архангельской области.

Научная новизна работы. Впервые установлено, что лесные экосистемы в зоне повышенного выноса эндогенного тепла существенно отличаются по продуктивности, по сравнению с ареалами пониженного КТП. Установлено, что во всех изучаемых районах северной подзоны тайги доля территорий с повышенным КТП составляет более 20 % площади, а с пониженным КТП занимают в среднем от 15 до 30 % площади.

Установлена достоверная связь между площадью территорий с пониженными значениями КТП и особенностями ландшафтов: генетическим типом и высотой местности. На основе выполненного комплексного анализа состояния таежных экосистем Европейского Севера России доказано, что в ареалах с повышенным показателем КТП

температура почвы достоверно выше, чем на территориях с пониженным КТП.

Практическая значимость. Результаты, полученные в ходе исследования, могут быть использованы в практике лесного хозяйства, прежде всего для повышения эффективности лесовосстановления на Севере (подбор площадей для первоочередного лесовосстановления). Также данные могут применяться в лесоводстве для разработки системы природосберегающего лесного хозяйства в лесах региона, отбора территорий для восстановления и сохранения редких видов растений. Результаты переданы на естественно-географический факультет Поморского государственного университета им. М.В. Ломоносова для использования в вузовских лекционных курсах «Экология», «Геоэкология и краеведение», при проведении полевых практик студентов.

Связь работы с научно-исследовательскими темами. Исследования проводились в группе экологии леса лаборатории экологической радиологии Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН в рамках плана ФНИР по теме «Структура лесных экосистем Европейского Севера в условиях длительного антропогенного воздействия» (№ гос. регистрации 01.200.1 13712). Отдельные разделы диссертационной работы выполнялись при поддержке грантов конкурса научных проектов молодых ученых и аспирантов Уральского отделения Российской академии наук 2006 года по теме «Биогеоценозы тайги Архангельской области в зонах с различным показателем конвективного теплового потока» и гранта «Лучшие аспиранты 2006 года» Фонда содействия отечественной науке по направлению «Науки о Земле».

Апробация работы. Материалы и основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях: международная научно-практическая «Экологическое образование и экологическая наука: сотрудничество и проблемы» (Архангельск, 2004), XII Молодежная научная «Актуальные проблемы биологии и экологии» (Сыктывкар, 2005), Третьих Мелеховских чтениях, посвященных 100-летию со дня рождения И.С. Мелехова: Проблемы лесоведения и лесоводства (Архангельск, 2005), Всероссийской конференции с международным участием «Академическая наука и ее роль в развитии производительных сил в северных регионах России» (Архангельск, 2006), Всероссийской конференции молодых ученых «Экология в меняющемся мире» (Екатеринбург, 2006), Международной молодежной конференции «Экология-2007» (Архангельск, 2007), на заседаниях Ученого совета ИЭПС УрО РАН (2004, 2005, 2006).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 работ, из них 1 статья в рецензируемом журнале перечня ВАК РФ.

Структура диссертации. Диссертация объемом 198 страниц, в том числе 36 рисунков, 41 таблица, состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы и приложения на 22 страницах. Список литературы содержит 275 работ, из них 32 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Физико-географическая характеристика района исследований

В главе приведены характеристики климата, геологического строения, рельефа, почвенно-растительного покрова исследованных районов северной и средней тайги Европейского Севера России (Архангельская область).

Глава 2. Состояние вопроса и обоснование темы

В главе рассмотрены понятие, виды, причины возникновения, формы проявления и значение конвекции (Череменский, 1972; Хорай, Уэда, 1972; Гогель, 1978; England, 1980; Sclater et al., 1980; Смирнов, 1982, 1984; Трубицын, Фрадков, 1985; Поляк (Pollack), 1982, 1988; Лысак, 1988; Кутас, Цвященко, Корчагин, 1989; Горный и др., 1993, 1999, Горный, 1997, 2000, 2005; Сорокин, 1994; Булгаков, Соловьев, 2001; Ранцман, Гласко, 2004 и др.) и условия формирования лесных биогеоценозов на Европейском Севере России (Морозов, 1949; Анненская и др., 1963; Lambert et al., 1972; Крауклис, 1974; Киреев, 1975; Раменская, 1975; Львов, Ипатов, 1976; Калашников, 1977; Калашников, Киреев, 1978; Дылис, 1978; Сочава, 1978; Мильков, 1981; Солнцев, 1981; Киреев, 1984; Волосевич, 1984; Бострем, 1984; Горячкин, 1990, 1996; Еруков, 1991; Мильков и др., 1993; Федорчук, 1994; Дьяконов, Пузаченко, 1995, 2000; Грибов, 1996; Чураков, 1996; Angelstam, 1997; Fjeldsa et al., 1997; Ипатов, Кирикова, 1999; Кружалин, 2001; Точилов, 2003; Хорошев, 2003; Цветков, 2004; Коломыц, 2006). Показано, что работы по изучению влияния КТП на лесные экосистемы появились лишь с 2001 года (Горный, Теплякова, 2001; Беляев, 2003; Беляев, Потапов, 2003; Шварцман, Болотов, 2005; Беляев, Бурлаков, 2005; Болотов, 2006), и данная тема является слабо изученной.

Глава 3. Материалы и методика исследования

Изучение лесных экосистем Европейского Севера России в пределах Архангельской области проводили в течение трех лет – в летне-осенние сезоны 2004-2006 гг. Проведено 1109 измерений

температуры почвы на глубине 30 см, 400 - в приземном слое воздуха. Отобрано 36 проб почв. Составлено 150 геоботанических описаний.

При проведении анализа фактического материала автором применялись растровые карты: конвективного теплового потока масштаба 1:1 000 000, выполненная Научно-исследовательским центром экологической безопасности РАН в 2000 году (авторы: Т.А. Давидан и др., редактор В.И. Горный), и тепловая карта Северо-Западного региона России (по данным спутника NOAA) масштаба 1:1 000 000, выполненная в 1999 году (авторы: Т.А. Давидан и др., редактор В.И. Горный), любезно предоставленные В.И. Горным. Анализ по карте КТП проведен для Пинежского, Плесецкого, Холмогорского, Онежского, Лешуконского, Мезенского и Приморского районов. С помощью программы Map Info 6.5 методом полигонов подсчитана площадь аномальных зон (повышенного и пониженного КТП) в пределах указанных районов. Для сравнения полученных данных нами был введен и рассчитан коэффициент КТП по формуле:

$$\frac{\text{Доля площадей с повышенным КТП, \%}}{\text{Доля площадей с пониженным КТП, \%}} = K_{\text{КТП}} \quad (1)$$

Затем на основе полученных значений $K_{\text{КТП}}$ выделены районы: с $K_{\text{КТП}} < 1$ были признаны «холодными», районы с $K_{\text{КТП}} = 1 - 2$ – «умеренно-теплыми», районы с $K_{\text{КТП}} = 2 - 3$ – «теплыми», а районы с $K_{\text{КТП}} = 3 - 4$ и более – «очень теплыми». По тому же принципу нами рассчитан коэффициент аномалий ночных температур на основе результатов анализа данных тепловой карты по формуле:

$$\frac{\text{Доля площадей с повышенными ночными температурами, \%}}{\text{Доля площадей с пониженными ночными температурами, \%}} = K_{\text{НТ}} \quad (2)$$

Доля площадей с пониженными ночными температурами, %
Затем в программе MapInfo 6.5. построены карты-схемы районов области по коэффициентам КТП (рис. 4) и ночных температур.

Для выяснения взаимосвязи между КТП и генетическими типами ландшафтов в пределах северной подзоны тайги нами рассчитано в программе MapInfo 6.5 распределение площадей с повышенным и пониженным КТП по физико-географическим районам области, по результатам построены карты-схемы. Проведен однофакторный дисперсионный анализ полученных данных в программе SPSS 11.0 для выявления коэффициента детерминации между типами ландшафтов и показателем КТП.

Для сравнения групп типов леса использовали коэффициент увлаженности групп типов леса ($K_{\text{УТЛ}}$) с различным увлажнением по формуле:

$$\frac{\text{Доля долгомошно-сфагново-травяной группы, \%}}{\text{Доля кислично-черничной группы типов леса, \%}} = K_{\text{УТЛ}} \quad (3)$$

По материалам Севергеолкома и отчета ВИМСа «Коры выветривания и россыпи массивов формации ультрамафитов, ийолитов и карбонатитов» (С.А. Постников, Е.М. Эпштейн и Н.А. Данильченко, 1986); Отчета о научно-исследовательской работе «Создание геофизической основы для листов Государственной геологической карты России масштаба 1:1 000 000» (ответственный исполнитель Ю.В. Асламов, СПб: ВИРГ - Рудгеофизика, 2000), исследовался геологический состав пород изучаемой территории, характеристика подземных вод, пространственное размещение разломов; по лесостроительным материалам были проанализированы таксационные характеристики выделов на территории области, предоставленные Архангельской лесостроительной экспедицией.

Для заверки аномалий КТП, выделенных на основе дешифрирования данных дистанционного зондирования, были проведены наземные исследования теплового состояния почв и геоботанические исследования территорий. Пробные площади расположены на севере Русской равнины в пределах северной (Ижемское и Новодвинское лесничество Архангельского лесхоза – Приморский и Холмогорский районы Архангельской области) (рис. 1, табл. 1) и средней (Моржегорское лесничество Виноградовского района Архангельской области) (рис. 2) подзон тайги.

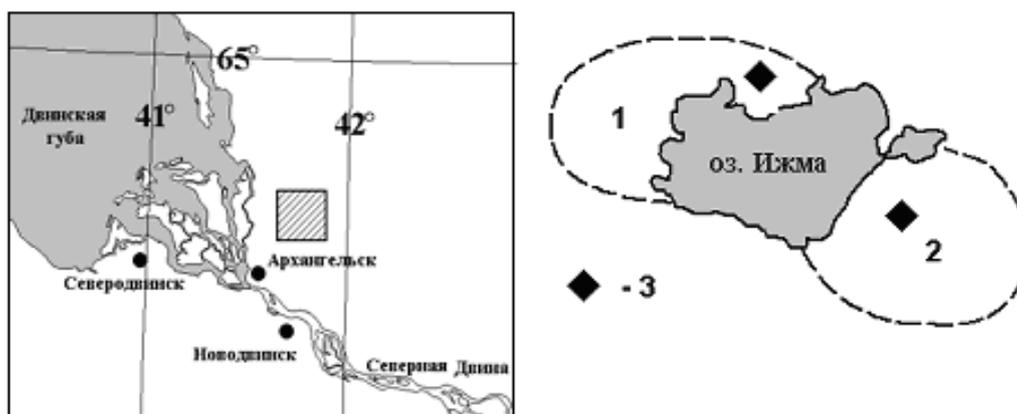


Рис. 1. Расположение пробных площадей в районе Ижмы в пределах зон с различным показателем КТП. Условные обозначения: 1 – зона пониженного КТП, 2 – зона повышенного КТП, 3 – местоположение пробных площадей (с повышенным КТП - 64°46'50"с.ш. 40°50'08"в.д.; с пониженным КТП - 64°48'20"с.ш. 40°48'02"в.д.).

Изучение роста, продуктивности и морфологической структуры лесных биогеоценозов проводилось по существующим общеизвестным методикам (Леонтьев, 1935; Соколова, 1935; Ниценко, 1969; Методические рекомендации к экологической..., 1987; Малышев, 1991; Леса Республики Коми, 1999; Пузаченко и др., 1999; Структура и динамика..., 2000; Оценка и сохранение..., 2000; Дегтева и др., 2001; Санникова, 2003; Методы экологического мониторинга..., 2005;

Смирнов и др., 2006). По фитоиндикационным шкалам Л.Г. Раменского нами проведена экологическая оценка изучаемой территории Целезерской системы озер (Методические рекомендации..., 1987; Методы полевых..., 2001).

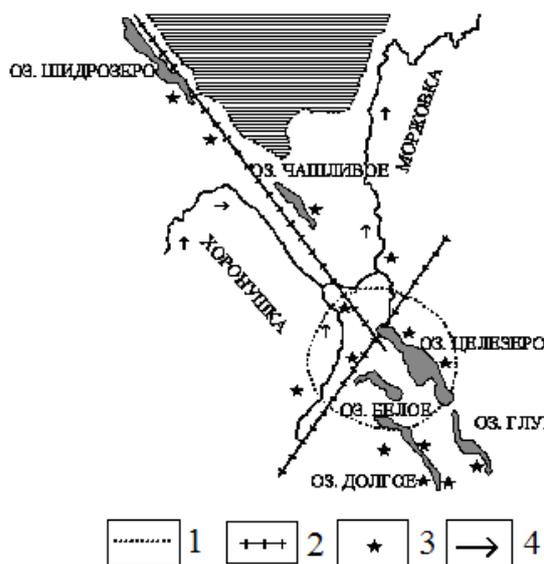


Рис. 2. Схема района исследований в пределах Целезерской системы озер Моржегорского лесничества Виноградовского района. Цифрами обозначены:
1 – территория с повышенным уровнем КТП,
2 – расположение разломов,
3 – участки геоботанических описаний,
4 – направление течения рек.

Таблица 1

Характеристика пробных площадей Ижмы.

Показатели	Пробная площадь	
	С повышенным КТП	С пониженным КТП
Тип леса	Ельник черничник свежий	
Состав древостоя	8Е2Б	9Е1Б
Полнота	0,5	0,6
Средний возраст, лет	200	220
Средняя высота, м	26	26
Средний диаметр, см	32	28
Почва	подзолистая супесчаная на суглинистой морене	

По результатам геоботанических исследований (растениям-индикаторам средне- и слабокислых, нейтральных почв; почв, богатых азотом, фосфором, калием) определяли сходство экологических условий сравниваемых ключевых участков (Виноградов, 1964). Определение видовой принадлежности собранных растений проводили на основе работ И.А. Шанцер (2004), по определителям (Водоросли, лишайники..., 1978; Губанов и др., 2004; Киселева и др., 2005; Ignatov, Afonina, 1992; Santesson, 2004) и Красной книге природы Ленинградской области (2000).

Для определения массы запасов травянистого яруса (с корнями) отбиралась лесная подстилка: лопатой в подстилке вырезался квадрат 25*25 см. Образцы помещались в пронумерованные индивидуальные пакетики. В полевом дневнике фиксировалась состав каждой пробы.

Собрано 32 пробы на 2 пробных площадях: 16 проб под кронами елей и 16 на открытом участке каждой пробной площади. Пробы подготавливали к высушиванию: очищали от полуразложившихся остатков растений и почвенных частиц. Затем проба помещалась в сушильный шкаф на 1,5 часа при $t^\circ = 105^\circ\text{C}$. Высушенные образцы взвешивались на электронных весах «Kern» 440-33.

Методика исследований температурного режима сводилась к одновременному измерению температуры почвы на глубине 30 см и температуры воздуха на высоте 1 м в 100 точках, подобранных случайным методом, на территориях с повышенным и пониженным КТП. При этом использовали контактные термометры ТК 5-05 и аспирационные психрометры.

Отбор почвенных образцов проводился по существующим общеизвестным методикам (Добровольских, 1982; Алещукин, Польских, 1985). Название почвы давалось согласно принятому в России эколого-генетическому подходу к классификации почв после описания её морфологических особенностей (Лукина и др., 2002). Было отобрано 36 проб почв (по 18 на каждой пробной площади) из разных почвенных горизонтов в межкрановом и подкрановом пространстве.

Перед измерением концентрации радионуклидов образцы почвы высушивали. Были определены активности изотопов естественных радиоактивных веществ семейства ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th и техногенного ^{137}Cs на сцинтиляционном гамма-спектрометре «Прогресс-Гамма» (программное обеспечение «Прогресс» 3.10, геометрия измерения Маринелли). Химический анализ почвенных образцов пробных площадей Ижмы проводился в испытательной лаборатории федерального государственного учреждения станции агрохимической службы «Архангельская» Министерства сельского хозяйства РФ (протокол испытаний № 301/д от 25 августа 2006 г.), где определялись основные химические свойства почв по методикам, изложенным в следующих нормативных документах: органическое вещество – ГОСТ 26213-91 п.2 (по Тюрину); общий азот – ГОСТ 26107-84 (по Тюрину); подвижный фосфор – ГОСТ 26207-91 (по Кирсанову); pH водной суспензии – ГОСТ 26483-85 (патенциометрический метод); сумма обменных оснований – ГОСТ 27821-88; обменный кальций – ГОСТ 26487-85.

Расчет индексов разнообразия и сходства ключевых участков осуществляли в программе Biodiv (Baev, Penev, 1993). Сходство топических комплексов по структуре (Евклидово расстояние) оценивали при помощи качественной формы индекса Чекановского-Серенсена (I_{CSa}). По рассчитанным коэффициентам проводили кластерный анализ методом среднего присоединения объектов по невзвешенному среднему арифметическому сходству (UPGMA), результаты его представляли

графически в виде дендрограмм (Гусев, 1970; Песенко, 1982; Унифицированные методы..., 1990; Goodall, 1970; Hall, 1970; Lambert, Dale, 1964; Pielou, 1969; Lambert, 1972; Austin, 1972). Компонентный анализ проводили в программе Statistica 6.1 (лицензия № AXXR601C975413FA) и SPSS 11.0. Латинские названия видов растений в тексте диссертационной работы приведены в соответствии со сводкой С.К. Черепанова (1995).

Глава 4. Географическое распределение зон с различными показателями КТП и его влияние на почвенные условия лесных экосистем Европейского Севера

В главе проведен анализ географического распространения зон с различным показателем КТП по территории Архангельской области и их связи с другими геоэкологическими параметрами (Дровнина, Беляев, 2004, 2005, 2005а, 2005б, 2006, 2006а).

Величина КТП зависит от строения земной коры: мощности и проницаемости осадочного чехла, наличия разрывов. Наиболее активным структурообразующим элементом геологической среды изучаемой территории являются тектонические разломы фундамента. Установлено пространственное совпадение между активными разломами и аномалиями КТП, что подчеркивает их тесную связь (рис. 3). Распространение линейных участков с высоким значением КТП является следствием сложного разломно-блокового строения региона (Кутинов, Чистова, 2001, 2004).

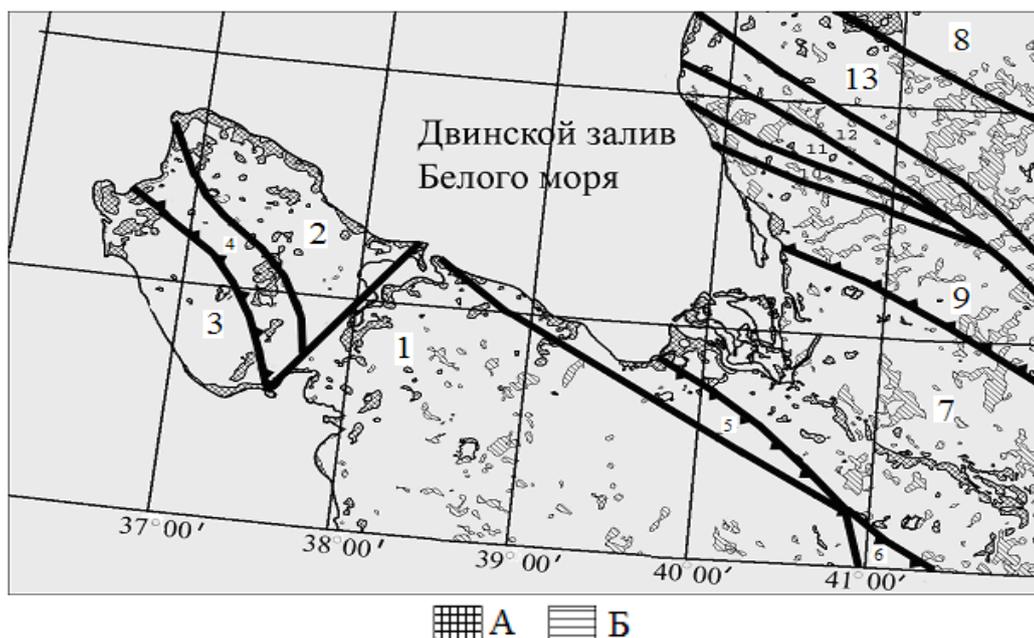


Рис. 3. Карта-схема структур фундамента изучаемой территории (по: А.Ф. Станковскому, 1986) и аномалий КТП (по: Горный и др., 2000). Цифрами обозначены: 1 – Онежский грабен, 2 – Лопшеньгский блок Онежского грабена, 3 – Лямецкая ступень горста Ветреного пояса, 4 – Пурасозерская ступень Онежского

грабена, 5 – Ненокская ступень Онежского грабена, 6 – Емецкий блок Онежского грабена, 7 – Архангельский горст, Зимнегорский авлвоген: 8 – Падунский выступ, 9 – Керецкий грабен, 10 – Кепинская ступень, 11 – Верхнезолотицкая ступень, 12 – Золотицкий выступ, 13 – Пачугский грабен. А – территории с повышенными значениями КТП, Б – территории с пониженными значениями КТП.

Установлено, что во всех районах доля территорий с повышенным КТП составляет более 20 % площади, а в Приморском районе более 50 %. Территории с пониженным КТП занимают в среднем от 15 до 30 % площади районов, кроме Плесецкого, где этот показатель наименьший. Что подтверждают данные по коэффициенту КТП ($K_{\text{КТП}}$) (рис. 4.). Высокие показатели КТП Приморского и Мезенского районов объясняются сложным геологическим строением, наличием активных разломов. Так в Приморском районе в зоне Онежского грабена – Пурасозерская ступень - расположено несколько положительных аномалий КТП. Установлено, что аномалии теплового потока связаны с расположением гравиметрических и магнитных аномалий. Ю.Г. Кутинов и З.Б. Чистова (2004) это объясняют зависимостью их расположения от геологического строения территории.

Условно наиболее «холодным» типом ландшафта можно считать плато на пестроцветах и песчаниках с мореной московского оледенения, расположенных на востоке области, а так же сюда можно отнести физико-географические районы в пределах плато с близким залеганием известняков и гипсов. То есть, если карбонатные породы перекрыты мореной и находятся не на плато, то в пределах таких физико-географических районов наблюдается рост доли территорий с повышенными значениями КТП и наоборот.

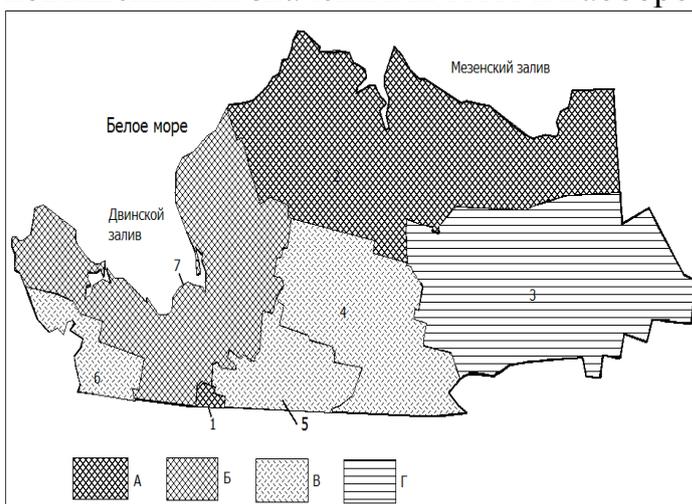


Рис. 4. Районы Архангельской области по коэффициенту КТП ($K_{\text{КТП}}$). Условные обозначения: А – «очень теплый» ($K_{\text{КТП}} = 3 - 4$ и более), Б – «теплый» ($K_{\text{КТП}} = 2 - 3$), В - «умеренно-теплый» ($K_{\text{КТП}} = 1 - 2$), Г – «холодный» ($K_{\text{КТП}} < 1$); административные районы: 1 – Плесецкий, 2 – Мезенский, 3 – Лешуконский, 4 – Пинежский, 5 – Холмогорский, 6 – Онежский, 7 – Приморский.

Установлена достоверная связь между площадью территорий с пониженными значениями КТП и генетическим типом ландшафтов, которых выделяется шесть в пределах 31 физико-географического района области (рис. 5). Ранжирование физико-географических районов по площади территорий с повышенными и пониженными значениями

КТП, с учетом их генетического типа ландшафта, показало, что приморские террасированные ландшафты в 66 % случаев имеют территории с повышенными значениями КТП, включая участки с максимальной долей таких территорий по отношению к общей площади физико-географического района.

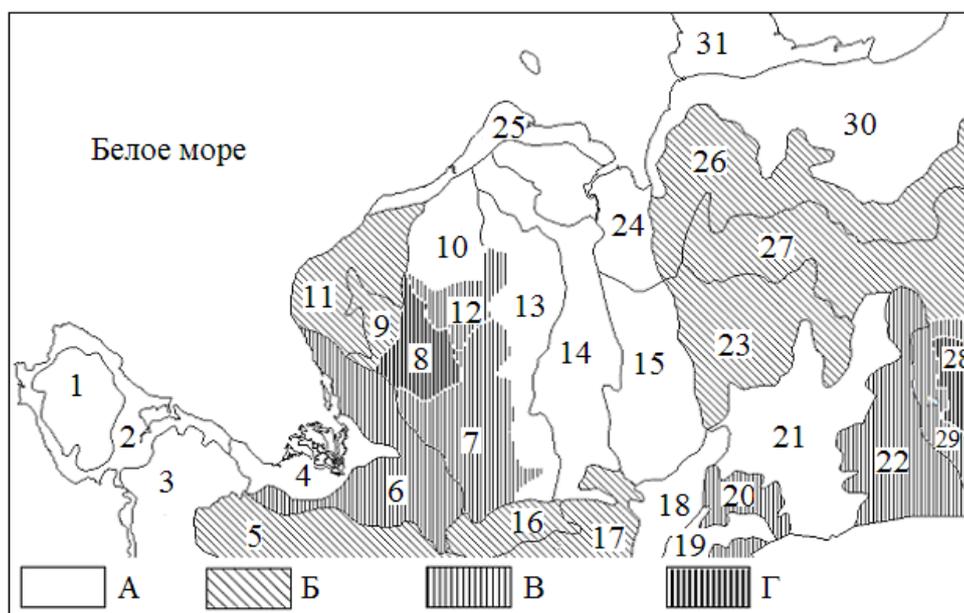


Рис.5. Доля территорий с пониженным КТП от площади физико-географических районов, %. Цифрами обозначены физико-географические районы области(см. примечание к рис.4.9); Буквами обозначена доля территорий с пониженным КТП в процентах: А – 0 – 5 %, Б – 5 – 10 %, В – 10 – 20 %, Г – более 20 %.

Компонентный анализ показал, что существует высокая степень корреляции параметров ландшафта (высоты поверхности и генетического типа) и площади территорий с пониженными значениями КТП. Связь параметров растительности, ландшафта и КТП местности на мезомасштабном уровне статистически не подтверждается, но выявлена на уровне конкретных сообществ (глава 5).

Изучение температуры почвы в пределах территорий с различными значениями КТП в северной и средней подзоне тайги показало, что участки с повышенным значением КТП имеют более высокую температуру почвы, чем пробные площади с пониженными значениями КТП и в северной подзоне эта разница составляет 1 °С (табл. 2). Статистический анализ полученных данных показал, что различия средних значений температуры почвы пробных площадей, отличающихся по величине КТП, имеют высокую достоверность и составляют от 0,6 °С в мае до 1 °С в июле 2006 года.

То есть, выявленная в 2004 году разница в температурных показателях пробных площадей сохранилась, следовательно, мы можем достоверно говорить о том, что участок с повышенным КТП имеет более высокую температуру почвы, чем пробная площадь с пониженным КТП.

Таблица 2

Температура почвы (°C) на глубине 30 см на территориях с разной величиной КТП в Архангельской области, 2005 г.

Показатели	Место наблюдений					
	Район озера Ижма (Пустынное)		Район озера Опогра		Чадромское лесничество Устьянского лесхоза	
Время наблюдений	июль		июль		июль - сентябрь	
КТП	Повы- шенный	Пони- женный	Повы- шенный	Пони- женный	Повы- шенный	Пони- женный
Число наблюдений	100	100	100	100	54	55
Среднее (M), °C	10,8±0,5	9,8±0,6	11,0±0,9	10,6±1,0	11,5±0,9	10,6±1,1
Критерий Стьюдента (<i>t</i>)	14,8		4,2		6,1	
Достоверность различий ср. значений (<i>P</i>)	<0,01		<0,01		<0,01	

В ходе анализа химических свойств почв Ижмы на территориях с различными показателями КТП в северной подзоне тайги установлено, что на участке с повышенными значениями КТП в лесной подстилке больше органического вещества, выше показатель гумификации и больше подвижного фосфора (P_2O_5), а также обменного кальция в горизонте С, выше кислотность подстилки и ниже кислотность иллювиального горизонта, чем на участке с пониженными значениями КТП.

Воздействие эндогенного фактора на общие химические свойства почв наиболее ярко проявляются в нижних горизонтах разрезов территории с повышенными значениями КТП (рис. 6).

Выявленные закономерности могут быть связаны с усилением водно-миграционных потоков на территориях с повышенными значениями КТП. Предполагаем, что определенным рубежом действия повышенных температур, связанных с КТП, является горизонт A_2 , где отмечается увеличение числа Fe-Mn конкреций.

Выявленная граница, скорее всего, достаточно динамична и в летние сезоны проходит выше – в органогенных горизонтах. Более высокий температурный фон способствует увеличению микробиологической активности, скорости минерализации органического вещества и, как следствие, некоторому уменьшению общей мощности органогенных горизонтов на участке с повышенными значениями КТП.



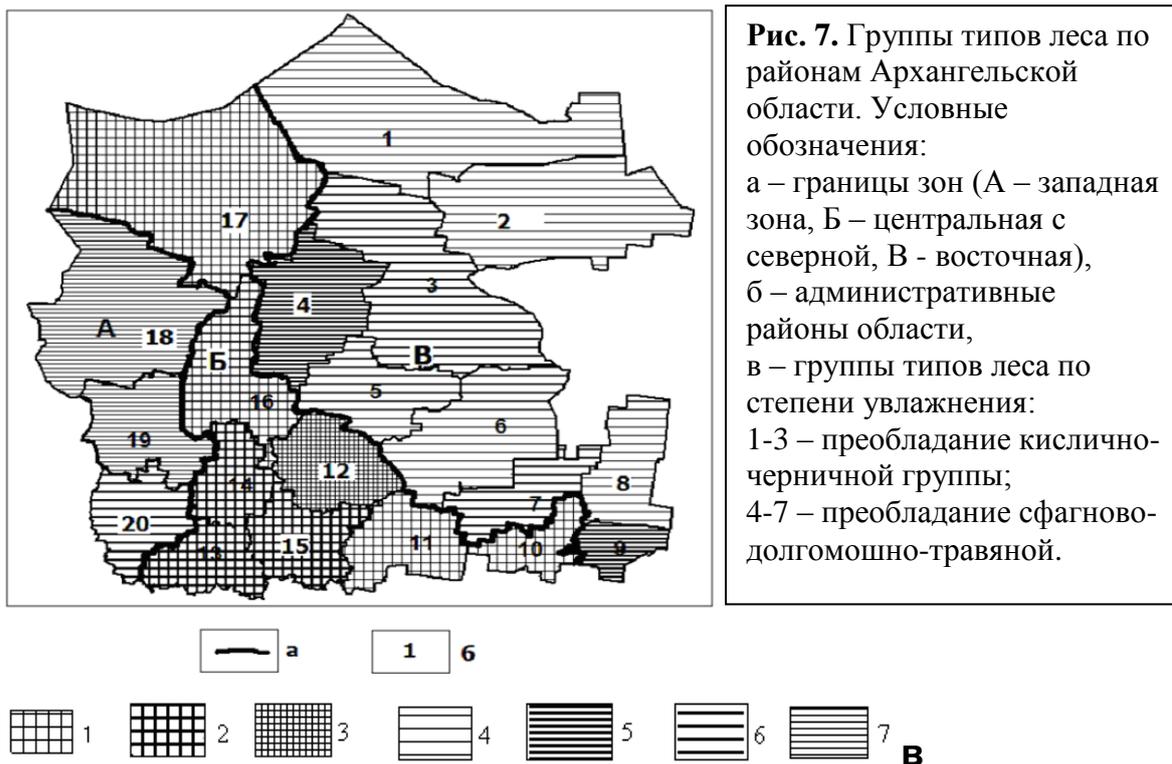
То есть, исследуемые территории в северной подзоне тайги по физическим и химическим показателям близки, хотя наблюдаются незначительные различия.

Глава 5. Состояние лесных экосистем на территориях таежной зоны Европейского Севера с различными показателями эндогенного тепла

При оценке влияния КТП на типологическую структуру лесов мы исходили из того, что в переносе КТП важную роль играет вода, поэтому сочли необходимым рассмотреть распределение по территории области групп типов леса, отличающихся по степени увлажнения. По лесоустроительным данным мы объединили типы лесов области по степени увлажнения в 3 группы: 1 – лишайниково-брусничную (сухую), 2 – кислично-черничную (с нормальным увлажнением), 3 – долгомошно-сфагново-травяную (сырую). По их соотношению все лесхозы области можно объединить в три зоны: *западную* и *восточную* с преобладанием долгомошно-сфагново-травяной группы типов леса, *центральную*, где ведущей является кислично-черничная группа (рис. 7).

Увеличение доли долгомошно-сфагново-травяной группы типов леса (сырой) связано с возрастанием доли территорий с пониженным КТП. А рост доли лесов кислично-черничного типа леса связан с долей повышенного КТП. В области преобладают кислично-черничная и долгомошно-сфагново-травяная группы типов леса.

Установлено, что лесные насаждения, произрастающие в зонах с повышенным КТП, имеют более высокую продуктивность (по запасам древесины), хотя с территориями с пониженным КТП их объединяет сходный тип, возраст и состав древостоя (табл. 3).



В целом, в нашей области более продуктивные типы леса, такие как ельники черничные, имеют разницу по запасам древесины на участках с повышенными значениями КТП на 14 % больше, чем на территориях с пониженными значениями КТП, что, несомненно, ценно с точки зрения лесного хозяйства и экономической роли данных территорий.

Следует учитывать и то, что для лесного хозяйства разница в продуктивности лесов в 5 % - высокий показатель, который говорит о том, что позднее продуктивность такого участка повысится на 20 м³/га. Самую высокую разницу в продуктивности (до 200 %) показали сосняки сфагновые.

Результаты определения массы подстилки в воздушно-сухом состоянии пробных площадей Ижмы показало (рис. 8), что данные пробной площади с повышенным КТП в 87,5 % случаев превышают показатели на пробной площади с пониженным КТП. Это нельзя объяснить различной степенью освещенности и сомкнутости крон участков, поскольку по этим показателям выделяется пробная площадь с пониженным КТП и пробная площадь с повышенным КТП получает меньше прямой солнечной радиации. Это объясняется только тем, что температура почвы на участке с повышенным КТП стабильно выше на протяжении всего вегетационного периода.

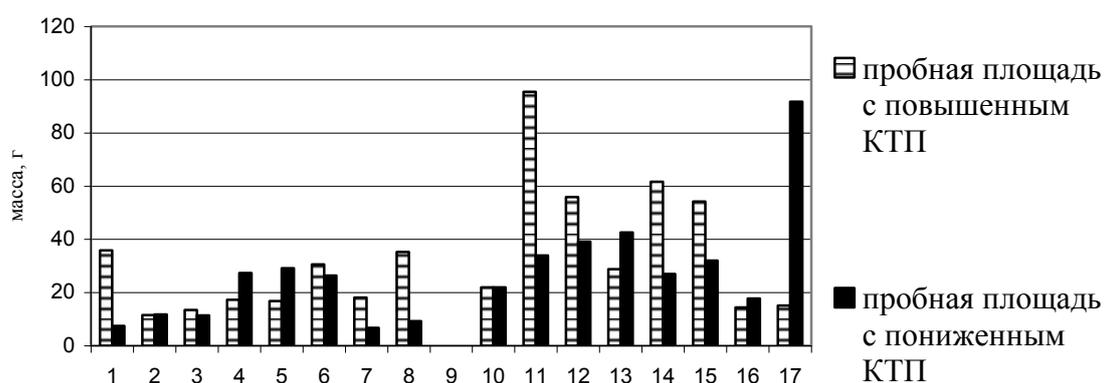
Результаты изучения растительных сообществ на территории Целезерской системы озер (средняя подзона тайги) показал, что данные участки по шкале увлажнения относятся к влажным лесам, расположенным на достаточно дренированных равнинах.

Таблица 3

Различия (в %) между характеристиками лесных насаждений на территориях с различными показателями КТП в пределах северной подзоны тайги

Местоположение	Тип леса	Порода	Различия показателей относительно территории с пониженным КТП, %		
			Высота	Диаметр	Запасы
Северодвинский лесхоз Северодвинское лесничество	Сосняк сфагновый	Сосна	55,5	25	100
	Сосняк сфагновый	Сосна	55,5	11,1	200
	Сосняк сфагновый	Сосна	55,5	25	100
	Сосняк сфагновый	Сосна	55,5	42,8	100
	Ельник долгомошный	Ель	16,6	0	42,8
		Сосна	15,4	0	
Береза		7	0		
Онежский лесхоз Караминское лесничество	Сосняк сфагновый	Сосна	37,5	50	140
Архангельский лесхоз Новодвинское лесничество	Ельник черничный	Ель	6,25	11,1	14,3
		Сосна	5,5	0	
		Береза	0	0	
	Сосняк сфагново-осоковый	Сосна	10	0	40

По шкале богатства почв здесь преобладают небогатые мезотрофные слабокислые почвы.



под кроной

открытый участок

Рис. 8. Масса запасов травяно-кустарничкового яруса в воздушно-сухом состоянии, г.

По группе типов леса они относятся к одним секциям эколого-ценотических групп (черничной, кисличной, зеленомошно-мелкотравной, зеленомошно-высокотравной и зеленомошно-кустарничковой) в классификации Л.Б. Заугольной (Заугольнова, Морозова, 2006).

Изучение флористического списка сосудистых растений указанных территорий выявило, что здесь произрастают растения 96 видов, 71 рода, 36 семейств. По числу видов преобладает семейство *Rosaceae* (Розоцветные) - 9 видов, *Asteraceae* (Сложноцветные) представлены 7 видами, *Poaceae* (Злаковые) и *Ranunculaceae* (Лютиковые) – 6 видами, по 4 вида – *Pinaceae* (Сосновые), *Ericaceae* (Вересковые), *Salicaceae* (Ивовые), *Scrophulariaceae* (Норичниковые) и *Fabaceae* (Бобовые), остальные семейства имеют небольшую видовую представленность. Главенствуют виды бореальной широтной фракции. Кластерный анализ видового состава растительности ключевых участков показал значительную степень их топического сходства.

Нами было оценено флористическое разнообразие выбранных для сравнения сообществ на указанных территориях, оценено их видовое богатство (табл. 4).

Из таблицы видно, что древесный ярус на обеих территориях однороден по числу видов. Различия наблюдаются в остальных ярусах: происходит сокращение числа видов кустарников, трав и увеличение числа видов мхов при движении с юго-востока на северо-запад из зоны повышенного в зону пониженного КТП.

Таблица 4

Число видов сосудистых растений ельников черничных оз. Целезеро и оз. Чашливое

Ярус сообщества	Повышенный КТП	Пониженный КТП
Древесный	4	4
Кустарниковый	4	2
Травяно-кустарничковый	30	25
Мохово-лишайниковый (только мхи)	6	8
Общее видовое богатство	44	39

Установлено, что независимо от ландшафтных условий для сравниваемых участков характерно преобладание в травяно-кустарничковом ярусе бореальных видов (табл. 5). На территории с повышенным КТП отсутствуют олиготрофные виды, что говорит о более богатых трофических условиях и выше показатель по числу неморальных видов. По общему видовому богатству выделяется территория с повышенным КТП, хотя в среднем количество видов сравниваемых участков невелико.

Таблица 5

Доля растений различных эколого-ценотических групп во флоре сравниваемых территорий, %

Эколого-ценотическая группа	Участки с повышенными значениями КТП	Участки с пониженными значениями КТП
Бореальная	38	42
Луговая	18	16
Неморальная	22	16
Боровая	8	8
Олиготрофная	-	3
Нитрофильная	8	7
Влажнотравная	4	6
Группа видов переувлажненных местообитаний	2	2

Известно, что имеется высокая степень корреляции между месторасположением редких видов, в том числе неморальных, характерных для зоны широколиственных лесов, или мест с высоким биоразнообразием с зонами конвективных потоков (Горный, Теплякова, 2001). Но их распространение авторы не связывают с каким-то определенным типом почв или особенностями рельефа. В исследуемых типах леса преобладают листостебельные мхи бореального элемента. Нами встречены редкие виды растений, среди которых найден один редкий и предлагаемый к охране вид мхов (*Neckera pennata* Hedw.) и лишайников (*Lobaria pulmonaria* Hoffm.). Геоботанические и флористические исследования данной территории области пополняют сведения о распространении и новых находках листостебельных мхов.

ВЫВОДЫ

1. Размещение аномалий КТП по территории Архангельской области неоднородно, зависит от морфологии участков, гидродинамики, микроклимата, физико-химических процессов в породах и почвах. Установлено, что участки с повышенным КТП занимают более 20 % площади, а в Приморском и Мезенском районах более 50 %. Зональность в распространении КТП связана с геологическим строением территории, расположением разломов в земной коре, а также генетическим типом ландшафта. Установлена достоверная связь между площадью территорий с пониженными значениями КТП и генетическим типом ландшафтов в пределах физико-географических районов области.
2. Ранжирование физико-географических районов по площади территорий с различными значениями КТП, с учетом генетического типа ландшафта, показало, что на приморских террасированных ландшафтах в 66 % случаев располагаются территории с повышенными значениями КТП, включая участки с максимальной долей таких

территорий по отношению к общей площади физико-географического района. Условно наиболее холодным типом ландшафта можно считать плато на пестроцветках и песчаниках с мореной московского оледенения, расположенных на востоке области, а так же сюда можно отнести физико-географические районы в пределах плато с близким залеганием известняков и гипсов. То есть, если карбонатные породы перекрыты мореной и находятся не на плато, то в пределах таких физико-географических районов наблюдается рост доли территорий с повышенными значениями КТП и наоборот.

3. На основании сравнительного анализа географического положения групп лесхозов Архангельской области в пределах 4 климатических районов по температуре на поверхности почвы (теплого, умеренного, умеренно-холодного и холодного), установлено, что закономерное изменение показателей температуры почвы по широте в пределах области нарушается и изменяется в долготном направлении. Это связано со сложным морфоструктурным строением территории, зависящим от геологического и гидрогеологического строения, а так же от КТП и рельефа рассматриваемых участков.

4. Доказано, что средние значения температуры почвы на глубине 30 см в лесных биогеоценозах, расположенных на участке с повышенными значениями КТП, достоверно выше на 1 - 1,5° С. КТП меняет зонально-региональный фон территории, преобразуя фоновые биоклиматические условия через почвенно-эдафические факторы (температуру почвы), тем самым, изменяя экологические условия лесных экосистем.

5. Показатели концентрации радионуклидов в почве пробных площадей Ижмы соответствуют норме, не имеют аномальных отклонений и, в нашем случае, не являются фактором, влияющим на изменение температуры почвы, которое обусловлено КТП. По химическим показателям почвы пробных площадей Ижмы различаются незначительно. Закономерности распределения веществ по почвенным профилям исследуемых участков не нарушаются и хорошо согласуются с геохимическими особенностями типичных для данной территории почв: Al-Fe-гумусовых подзолов северной подзоны тайги.

6. Установлено, что при движении из ареала с пониженным КТП на территорию с повышенным КТП происходит увеличение видового богатства кустарников, трав и уменьшение числа видов мхов. Лесные насаждения, произрастающие на территориях с повышенным КТП, отличаются высокой продуктивностью (запасами древесины), при сходном с участками на пониженном КТП типе, возрасте и составе древостоя. Так, сравниваемые черничные, долгомошные, сфагновые, сфагново-осоковые, травяно-болотные типы ельников и сосняков в зоне повышенного КТП имеют продуктивность выше на 80 – 90 м³/га, чем

одноименные типы леса на участках с пониженным КТП. Максимальные отличия в продуктивности характерны для влажных типов леса: сосняк сфагновый участка с повышенными значениями КТП имеет запас древесины на 100–200 % больше, чем на участке с пониженными значениями КТП. Показатели массы подстилки изучаемых территорий в ельнике черничном северной подзоны тайги с повышенным КТП в 87,5 % случаев превышают данные показатели на пробной площади с пониженным КТП.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Беляев В.В., **Дровнина С.И.** К вопросу о влиянии эндогенного тепла Земли (КТП) на растительность северотаежных лесов Архангельской области // Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов. Материалы докл. Всероссийской конфер. с междунар. участием. Архангельск, 2004. Т.1. С. 98-101.
2. **Дровнина С.И.**, Беляев В.В. Использование карты некоррелированного теплового потока (КТП) при оценке влияния эндогенного тепла Земли на лесные биогеоценозы Архангельской области // Экологическое образование и экологическая наука. Материалы докл. IV междунар. научно-практич. конфер.: проблемы и сотрудничество. Архангельск, 2004. С.214-218.
3. Беляев В.В., **Дровнина С.И.** Предварительные данные о влиянии конвективного теплового потока Земли (КТП) на лесорастительные условия // Экологические проблемы Севера: сб. науч. тр. Архангельск, 2005. Вып.8. С.56-60.
4. Drovkina S.I., Beljaev V.V. Studies of the wood biogeocenoses of northern and average taiga of the Arkhangelsk area on sites with various parameters of the convectional thermal stream of the earth. The international contact forum to preservation of habitats in Barents region. Syktyvkar, Komi Republic, Russia, 2005. P. 55-56.
5. **Дровнина С.И.**, Беляев В.В. Изучение лесных биогеоценозов северной и средней тайги Архангельской области на участках с различными показателями конвективного теплового потока Земли // Межд. контактный форум по сохранению местообитаний в Баренцевом регионе: Тез. докл. Четвертого совещания. Сыктывкар, 2005. С. 54-55.
6. **Дровнина С.И.** Изучение влияния эндогенного тепла Земли на растительность северотаежных и среднетаежных ландшафтов Европейского севера России // Актуальные проблемы биологии и экологии. Материалы XII молодеж. науч. конф. Сыктывкар, 2005. С.70-71.
7. **Дровнина С.И.**, Беляев В.В. Использование данных дистанционного зондирования Земли (на примере некоррелированного теплового потока) при изучении лесных биогеоценозов Архангельской области // Проблемы лесоведения и лесоводства. Сб. материалов Третьих Мелеховских чтений. Архангельск, 2005. С. 90-92.
8. Беляев В.В., Хмара К.А., **Дровнина С.И.** К лесоводственной оценке конвективного теплового потока Земли // Вестник Поморского университета (сер. «Естественные и точные науки»), 2005. №1. С. 66-71.
9. Беляев В.В., Хмара К.А., **Дровнина С.И.**, Бурлаков П.С. О влиянии геоэкологических факторов (на примере некоррелированного теплового потока Земли) на лесные экосистемы Севера // Структурно-функциональные

- особенности биосистем Севера (особи, популяции, сообщества). Материалы межд. науч. конф. Петрозаводск, 2005. С. 96-99.
10. **Дровнина С.И.** Лесные биогеоценозы Архангельской области на участках с различными показателями конвективного теплового потока // Принципы и способы сохранения биоразнообразия. Сб. материалов II Всероссийской научной конференции. Йошкар-Ола: Мар.гос.ун-т. 2006.С. 180-181.
 11. **Дровнина С.И.** Использование данных дистанционного зондирования Земли в геоэкологических исследованиях лесных биогеоценозов Архангельской области // Экология в меняющемся мире. Сб. материалов Всерос. конф. Екатеринбург, 2006. С. 50-52.
 12. **Дровнина С.И.,** Беляев В.В. Предварительные данные по эколого-ценотическому анализу флоры территории Целезерской аномалии КТП Виноградовского района Архангельской области // Академическая наука и ее роль в развитии производительных сил в северных регионах России. Всероссийская конф. с межд. участием. [Электр. ресурс]. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2006. 1. электрон. оптич. диск (CD-ROM).
 13. **Дровнина С.И.** Географическое распространение зон с различными показателями КТП на севере Архангельской области // Экология-2007. Материалы докл. междунар. молодежной конф. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2007. С. 37-38.

Подписано в печать 31.10.2007.
Формат 60×84 1/16. Бумага писчая. Гарнитура Таймс.
Объем 1,0 п. л. Заказ № ***
Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии Архангельского
государственного технического университета
163002, Архангельск, ул. Наб. Северной Двины, 17