

УДК 581.9 (571.63): 582.542.1

СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ КАК ОТРАЖЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ПАУЖЕТСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ)

© 2007 Т.Ю. Самкова

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006;
e-mail: samkova@kscnet.ru*

Структура растительности термальных полей рассматривается как сочетание мозаичных и микропоясных комплексов. Установлены экологические ряды фитоценозов, упорядоченные вдоль комплексного градиента интенсивности гидротермального воздействия. На основе многолетних наблюдений рассмотрена временная динамика температурного поля. Количественно описаны особенности различных местообитаний на территории термального поля. Предложена экологическая модель микропоясного комплекса.

ВВЕДЕНИЕ

Характерной особенностью структуры растительного покрова термальных полей является зональное расположение растительности. Пристальное внимание к проблеме микропоясности на термальных полях было привлечено в результате исследований Х.Х. Трасса (1963), изучавшего растительность термальных участков Долины Гейзеров. Х.Х. Трасс описал пять микрозон растительности вокруг горячего ключа в Долине Гейзеров, указывая, что может быть выделено несколько типов зональной комплексности (ключевая, склоновая, фумарольная и др.), каждой из которых будут присущи свои комбинации растительных микрозон.

Изменения в характере растительности, имеющие микрозональный характер, были отмечены вблизи горячих источников в Новой Зеландии и США (Bockheim, Ballard, 1975; Vucetich, Wells, 1978; Wilson, Rodman et al., 1997). Исследовалась растительность терм Японии (Kagawa, 1940), Филиппин (Gates, 1914), США (Smith, 1981), Гренландии (Halliday et al., 1974), Новой Зеландии (Winterbourn, 1973) и других районов.

В дальнейшем явление микропоясности изучалось на многих группах термальных источников Камчатки (Нешатаева, 1994; Плотникова, Трулевич, 1975; Рассохина, Чернягина,

1982; Самкова, 2001а, 2001б; и др.). Многие исследователи отмечали зависимость распределения растительных группировок на термальных полях от температуры субстрата и расстояния от выходов термальных вод, указывали на специфичность фитоценозов термальных местообитаний и малую общность видового состава растительного покрова различных групп горячих ключей (Липшиц, 1936; Нешатаева и др., 1997; Рассохина, Чернягина, 1982; Трасс, 1963). Однако, вопрос о главных факторах, регулирующих распределение растительности на термальных полях, остается открытым. Требуется ясности вопрос о роли температурного режима в распределении растительных группировок. Отмечаемая исследователями зависимость распределения растительности от температуры почвы наряду с вопросом, «могут ли столь несущественные различия в температурах, как это наблюдается в различных зонах, быть причинными условиями» (Трасс, 1963, с.132), нуждаются в объяснении. Необходимым этапом в исследовании является построение экологической модели последовательной смены фитоценозов в радиусе действия термопроявления. Эта задача предполагает выделение показателей, характеризующих интенсивность гидротермального воздействия.

Целью работы являлось изучение влияния гидротермальной деятельности на структуру растительного покрова термальных полей. Эта цель определила постановку и решение следующих

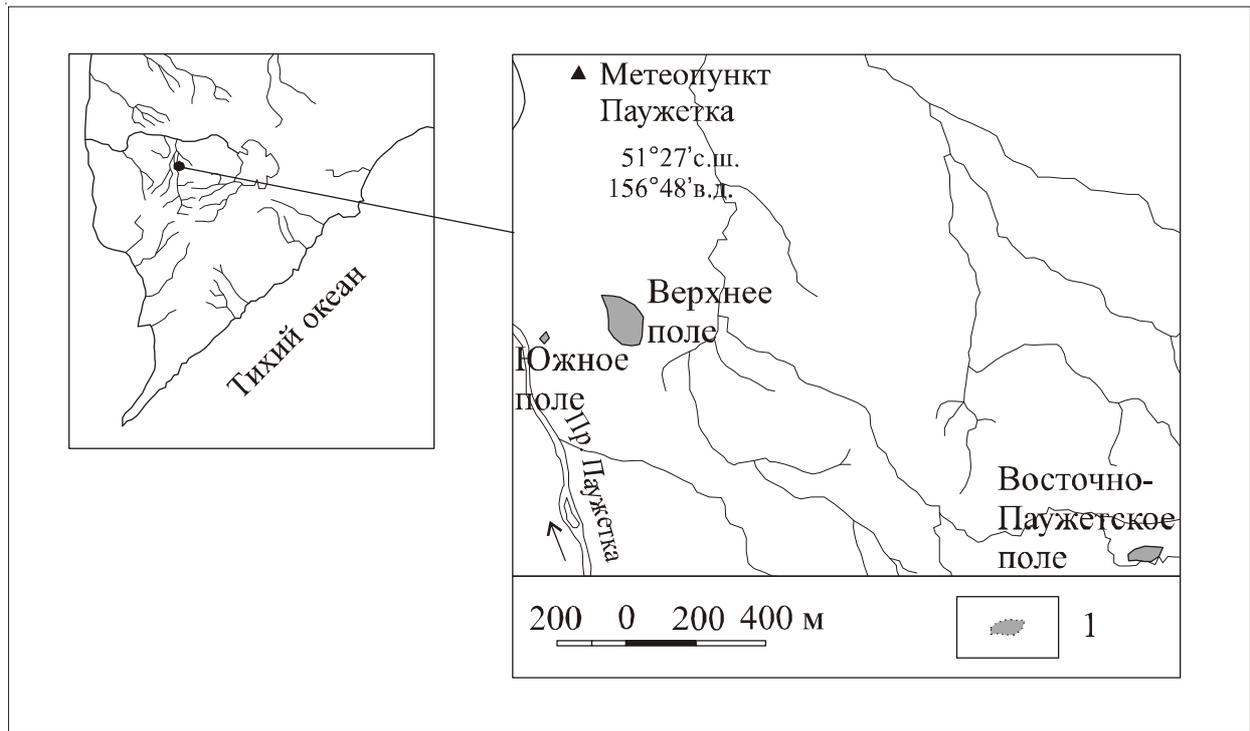


Рис. 1. Район исследований: 1- термальные поля

задач: изучить флористический состав и строение растительных сообществ термальных полей; выявить разнообразие растительного покрова термальных полей на ценоотическом уровне; определить особенности его пространственной структуры; упорядочить виды и сообщества вдоль оси интенсивности гидротермального воздействия; выделить регулирующие факторы и оценить их влияние на структуру растительного покрова; установить связь между закономерностями сложения растительного покрова и характеристиками местообитаний, обусловленными гидротермальным процессом, с учетом сезонной динамики.

Изучение растительности термальных полей проводилось на Верхнем, Южном и Восточно-Паужетском термальных полях Паужетской гидротермальной системы (Южная Камчатка) (рис. 1) в период с 1990 г. по 2004 г. и в полевые сезоны 2006-2007 гг.

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА РАБОТ

Термальные поля с многочисленными термопроявлениями обусловлены наличием на глубине высокотемпературных подземных вод. В результате пароотделения с поверхности гидротерм на исследованных термальных полях наблюдаются паровые струи, участки рассредоточенного парения («парящий грунт»), грязевые котлы и озера, возникшие вследствие внедрения пара в понижения, заполненные поверхностными водами. Эти

виды термопроявлений являются преобладающими на исследованных термальных полях, и растительный покров изучался на участках, находящихся в сфере влияния данных проявлений гидротермальной деятельности.

Особенности климата района исследований – холодного и избыточно-влажного - определяют близость холодных акваторий, интенсивная циклоническая деятельность и горный рельеф местности (Кондратюк, 1974). В основу климатической характеристики района положен материал, полученный в результате проведенной автором обработки данных метеопункта Паужетка за семилетний период: с 1997 по 2003 гг.. На основании этих данных построена климатограмма метеопункта Паужетка (рис. 2). Метеопункт Паужетка расположен в 700 м на север от Верхнего термального поля и имеет географические координаты: 51°27' с. ш., 156°48' в. д. Среднегодовая температура в рассматриваемый период по данным метеопункта составила 2.2°C. Самый холодный месяц – февраль. Средняя многолетняя температура февраля -8.5°C. Средняя многолетняя температура июля +13.5°C. На протяжении 1997–2003 гг. годовое количество осадков варьировалось в пределах 1354.2 – 1921.7 мм, составив в среднем 1554.8 мм в год. Максимальное количество осадков выпадало в период с октября по декабрь (рис. 2). Минимум осадков пришелся на июнь. Основная масса осадков - в виде снега. На открытой площадке мощность снежного покрова достигала 209 см (март 1999 г.). В оврагах высота снежного покрова составляла 5 и более метров. В пос. Паужетка

СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ

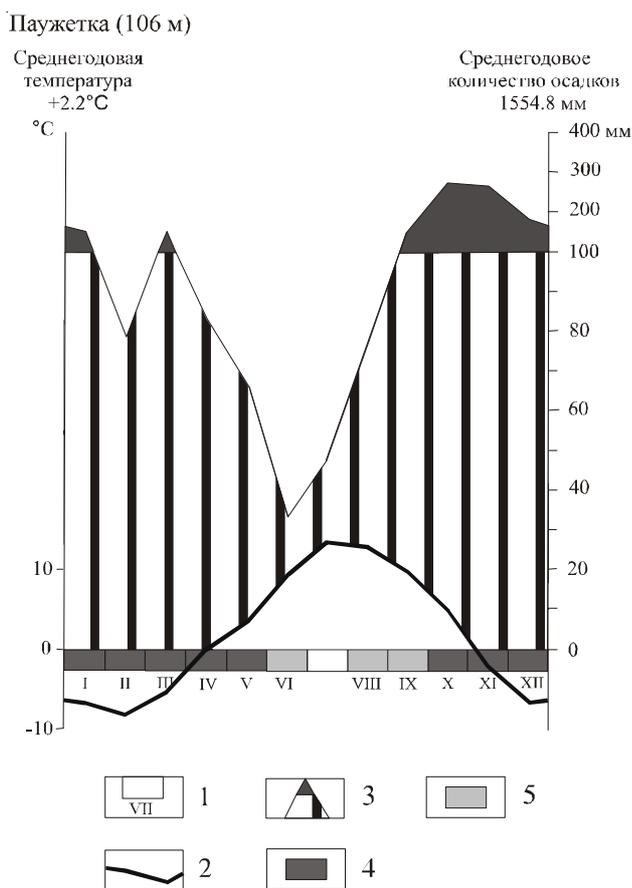


Рис. 2. Климатодиаграмма пос. Паужетка. Условные обозначения: 1 – месяцы; 2 – кривая среднемесячных температур; 3 – кривая осадков, штриховкой показано количество месячных осадков, не превышающее 100 мм, полностью закрашена часть диаграммы, соответствующая количеству месячных осадков более 100 мм; 4 – время года, когда среднесуточная минимальная температура ниже 0°C; 5 – месяцы, в течение которых лишь абсолютная минимальная температура может быть ниже 0°C (возможны заморозки).

снег выпадал уже в последней декаде октября и держался до конца мая – начала июня. Средняя продолжительность залегания снежного покрова в пос. Паужетка составила 213 дней.

В районе исследований распространены слоисто-охристые и слоисто-пепловые вулканические почвы (Соколов, 1973). Как показано И.Л. Гольдфарбом (2005), на территории термальных полей в зависимости от интенсивности и длительности гидротермального воздействия происходит либо трансформация отдельных свойств вулканических почв, либо формирование новых почвенных тел с особой системой горизонтов. Выделяют (Гольдфарб, 2005) три группы почв: 1) на пирокластических субстратах (без морфологических признаков гидротермального изменения); 2) на частично преобразованных гидротермальным процессом субстратах; 3) на полностью преобразованных (гидротермальных) субстратах. На исследованных термальных полях представлены почвы всех трех групп.

На северо-западном склоне Камбального хребта, к которому приурочены исследованные термальные поля, выражены три основных высотных пояса: лесной, стланиковый и горнотундровый. Лесной пояс образован небольшими массивами каменноберезовых (из *Betula ermanii* Cham.) лесов, встречающихся на северо-западном склоне Камбального хребта в диапазоне высот 105–315 м над ур. моря. Стланиковый пояс прослеживается на высотах от 100 м до 800–900 м над ур. моря и представлен сообществами ольхового (*Alnus fruticosa* Pall.) и кедрового (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) стлаников. Горнотундровый пояс (900–1000 м над ур. моря) образован сообществами горных кустарничковых тундр. Луговая растительность представлена долинными крупнотравными гигромезофитными (шеломайниковыми) лугами, пойменными вейниковыми лугами и разнотравными мезофитными лугами лесного пояса (названия синтаксонов по (Нешатаева, 2006). В поясе стлаников небольшими участками встречаются субальпийские луга.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа на экологических профилях. Выделение и изучение пространственных экологических рядов растительных сообществ проводилось путем заложения экологических профилей (Юнатов, 1964). Под экологическими рядами понимают сочетания фитоценозов, упорядоченные вдоль комплексного градиента, опосредствованного в пространстве (Миркин и др., 2002, с. 196).

На Верхнем, Южном и Восточно-Паужетском термальных полях было заложено более 20 профилей. Линия профиля пересекала участок термоаномалии. Вдоль профильного хода протягивалась рулетка. Работа на профиле заключалась в следующем: 1) учитывались все виды растений, произрастающие в полосе трансекта шириной 40 см; 2) выделялись растительные сообщества, пересекаемые профильным ходом, устанавливались их границы, и измерялась их протяженность; 3) проводились описания растительных сообществ; 4) характеризовались температурные условия экотопа: вдоль линии профиля через равные промежутки (1,0 м) измерялась температура корнеобитаемого слоя почвы (на глубине 5 см). Результаты наблюдений на профилях были представлены в виде диаграмм. Один из таких профилей, а именно профиль 1-07, заложенный на Верхнем термальном поле, представлен на рис. 3.

Ввиду небольшой площади сообществ и фрагментов сообществ, распространенных на территории термального поля, сообщества описывались в естественных границах. Границы

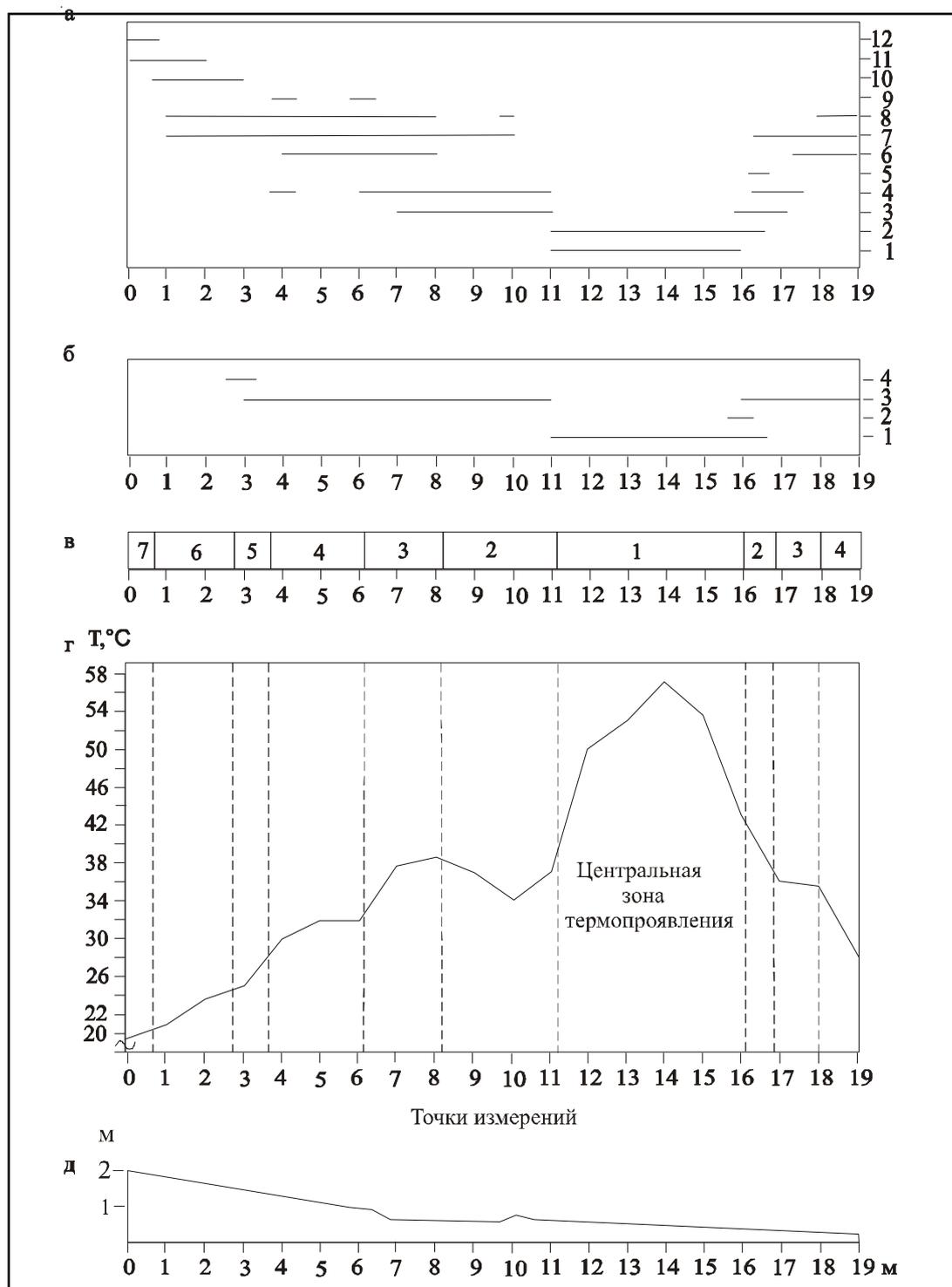


Рис. 3. Экологический профиль 1-07. Расположение профиля показано на рис. 4. 1-19 – точки наблюдений (через 1 м).

а. Распределение видов сосудистых растений: 1 - *Fimbristylis ochotensis*; 2 - *Agrostis pauzhetica*; 3 - *Digitaria ischaemum*; 4 - *Acetosella vulgaris*; 5 - *Lycopus uniflorus*; 6 - *Festuca rubra*; 7 - *Potentilla stolonifera*; 8 - *Artemisia opulenta*; 9 - *Hypericum kamtschatikum*; 10 - *Anaphalis margaritacea*; 11 - *Cirsium kamtschaticum*; 12 - *Thalictrum minus*

б. Распределение мхов: 1 - *Campylopus umbellatus*; 2 - *Polytrichastrum longisetum* var. *anomalum*; 3 - *Rhytidiadelphus squarrosus*; 4 - *Rhodobryum roseum*

в. Экологический ряд сообществ (фрагментов сообществ): 1 – полевицево-фимбристелисово-моховое; 2 – росичковое; 3 – лапчатково-моховое; 4 – лапчатково-полынно-моховое; 5 – полынное; 6 – анафалисное; 7 – разнотравно-бодяковое.

г. График температуры почвы на глубине 5 см (в °C). Замеры 27.08.07 г. Пунктирными линиями обозначены границы сообществ.

д. Топографический профиль.

СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ

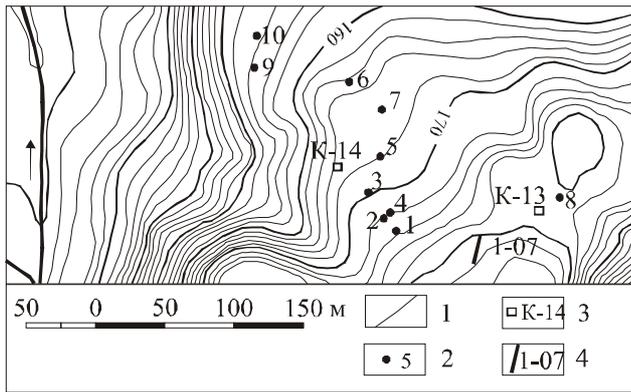


Рис. 4. Расположение точек микроклиматических наблюдений и профиля 1-07: 1 – горизонтали, проведены через 2 м; 2 – точки наблюдений; 3 – скважины; 4 – экологический профиль 1-07.

определялись визуально в поле, по доминантам. В ходе геоботанического описания выявлялся флористический состав травяного яруса, отмечались проективное покрытие (в процентах), средняя высота, фенофаза и жизненность каждого вида. Проективное покрытие видов учитывалось на площадках 50 x 20 см, одно сообщество характеризовало несколько учетных площадок, чтобы получить представление о варьировании этого показателя по линии трансекта.

Поскольку классификация растительности термальных местообитаний еще не разработана, названия сообществ даны по доминантам.

Виды сосудистых растений определены автором (Определитель..., 1981). Латинские названия сосудистых растений даны по “Каталогу флоры Камчатки (сосудистые растения)” (Якубов, Черныгина, 2004). В ходе изучения растительности отбирались образцы мхов. Эти образцы были определены Е.А. Игнатовой (МГУ). Названия мохообразных даны по М.С. Игнатову и Е.А. Игнатовой (2003, 2004).

Режимные наблюдения за температурой корнеобитаемого слоя проводились на Верхнем термальном поле Паужетской гидротермальной системы в периоды с марта 1997 г. по август 1998 г. и с октября 2000 г. по сентябрь 2001 г. В ходе наблюдений были перерывы, нет данных за сентябрь, октябрь 1997 г., май 1998 г., декабрь 2000 г..

Микроклиматические исследования производились методом маршрутных микроклиматических съемок. Наблюдения велись на 10 стационарных точках, расположенных на территории термального поля и за его границами (рис. 4). Критерием выбора местоположения точек наблюдения служила степень распространенности растительных сообществ на территории термального поля и в его окрестностях. Пункты наблюдений размещались в типичных растительных сообществах. При этом

точки № 1, № 2, № 3 были приурочены к сообществам с большой степенью сходства видового состава.

На этих точках проводились замеры температуры почвы срочным термометром на глубине 5 см с периодичностью 1 раз в месяц. Наблюдения проводились в 13 часов (один из основных климатологических сроков).

В результате проведенных наблюдений максимальное количество измерений для одной точки составило 27 (точка № 5). Точку № 7 характеризовало 25 измерений. В точках с наличием снежного покрова общее количество измерений составило 26 (точки № 1, 2, 3, 6), а точку № 4 характеризовало 22 измерения. Из-за мощного снежного покрова количество измерений в точках № 8, 9, 10 сокращено до 13.

Результаты наблюдений были представлены в виде графиков (рис. 5).

Для того чтобы определить степень различий по микроклиматическим показателям обследуемых участков, полученные полевые данные необходимо было сравнить с результатами одновременных наблюдений на метеопункте Паужетка, расположенном в 700 метрах к северу от Верхнего термального поля (рис. 1). Для сравнения использовалась среднесуточная температура воздуха (рассчитанная по данным метеопункта Паужетка) в дни маршрутных микроклиматических съемок.

Выбор среднесуточной температуры воздуха для сравнения с результатами измерений температуры корнеобитаемого слоя почвы продиктован следующими причинами. Известно (Лархер, 1978), что суточные колебания температуры прослеживаются в верхних слоях почвы примерно до глубины 50 см, что делает возможным сопоставление температур воздуха и почвы. В общем случае в верхних слоях почвы ход суточных изменений температуры почвы повторяет ход суточных изменений температуры воздуха с некоторым смещением во времени. Кроме этого, на суточные колебания температуры почвы оказывает влияние растительность. По данным (Лархер, 1978), сомкнутая растительность, защищая почву от сильного притока и оттока радиации, выравнивает температурные условия в почве. Вследствие этих факторов – «запаздывания» суточных колебаний температур почвы относительно суточных изменений температуры воздуха и влияния растительности – одновременность, требуемая для сопоставления метеорологических данных, приобретает относительный характер. Полевые измерения проводились на участках с различной степенью задернованности почвы и сомкнутости растительного покрова. Соответственно, суточный ход температуры почвы в разных местообитаниях имел свои особенности. Относи-

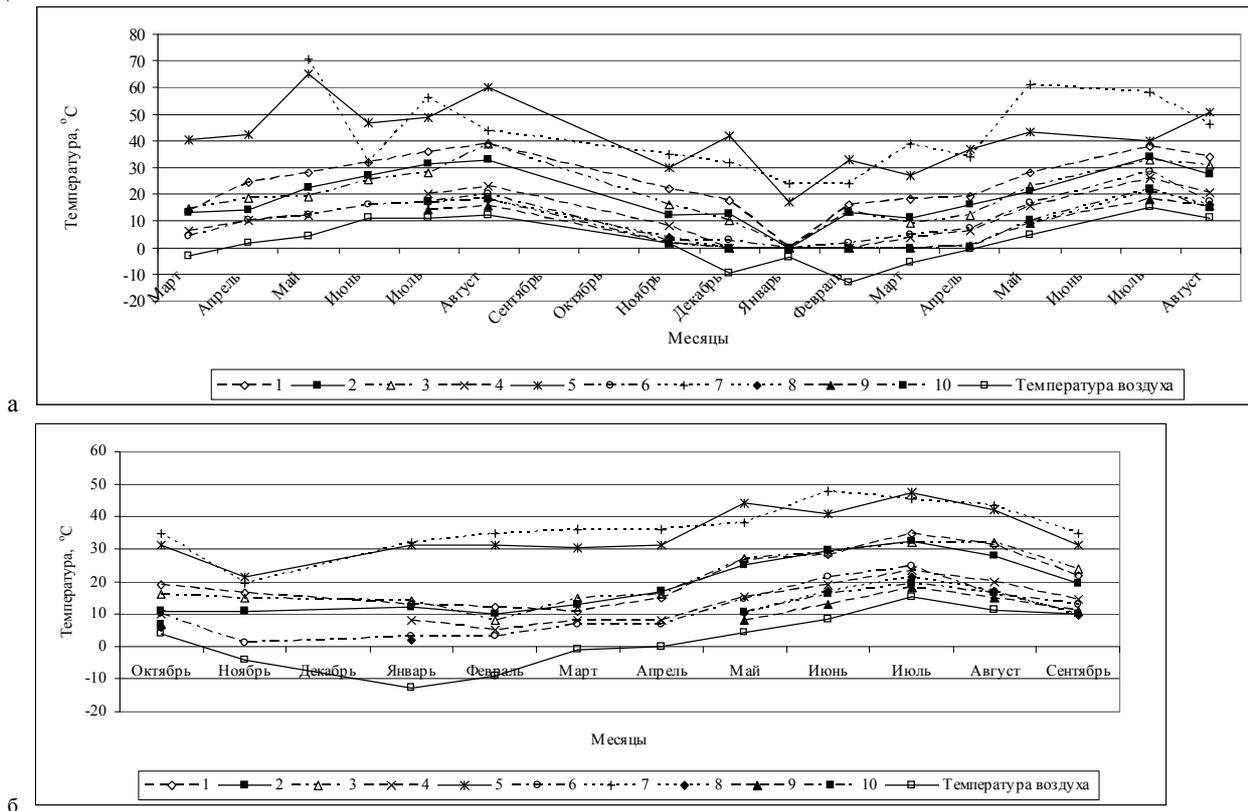


Рис. 5. Графики температуры воздуха и почвы на глубине 5 см в точках микроклиматических наблюдений (точки 1 – 10): а - в период с марта 1997 г. по август 1998 г.; б - в период с октября 2000 г. по сентябрь 2001 г. Расположение точек наблюдений показано на рис. 4.

тельно сгладить эти различия и соблюсти требование одновременности сравниваемых данных можно было путем использования для сравнения среднесуточной температуры воздуха.

Среднесуточная температура воздуха рассчитывалась как средняя арифметическая максимальной и минимальной температур, зафиксированных в течение суток метеопунктом Паужетка.

Дальнейшая проверка правильности выбора сравниваемого показателя путем вычисления корреляции между среднесуточными температурами воздуха и температурами почвы в точке № 9 (расположенной за пределами термального поля) показала, что корреляция между этими данными составила 0.973. Высокий коэффициент корреляции подтвердил правомочность примененного подхода.

Коэффициенты корреляции между измеренными температурами почвы и среднесуточными температурами воздуха были подсчитаны далее для каждой точки. Расчеты производились в программе Excel.

Для каждой точки была подсчитана разность между температурой корнеобитаемого слоя почвы (x_n) и среднесуточной температурой воздуха (x_b) в каждый день наблюдений:

$$x = x_n - x_b \quad (1)$$

Различия между точками по этому показателю (x) связаны с обогревающим воздействием гидротермальной деятельности. Поэтому при дальнейших расчетах и интерпретации результатов данный показатель использовался под рабочим названием «величина обогревающего воздействия».

Для каждой точки была подсчитана средняя величина обогревающего воздействия, которая определялась как средняя арифметическая из значений этой величины для каждого дня измерений:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (2)$$

В качестве обобщающего показателя вариации величины обогревающего воздействия определялось среднее квадратическое отклонение S:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (3)$$

В результате вышеописанной обработки данных был получен ряд показателей, характеризующий каждую точку наблюдений. Ранжирование точек по величинам этих показателей привело к

СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ

Таблица 1. Температурные характеристики местообитаний.

Сообщества	Номера точек	Температура почвы, °С		Годовая амплитуда температур почвы, °С	Коэффициент корреляции	Средняя разность температур почвы и воздуха, °С	Среднее квадратическое отклонение, °С
		максимальная	минимальная				
Зона I							
Глинистая площадка, лишенная растительности	7	70.5	19.5	51.0	0.596	37.2	9.7
Зона II							
<i>Fimbristylis ochotensis</i> - <i>Campylopus umbellatus</i>	5	65.0	17.0	48.0	0.580	36.2	9.1
Зона III							
<i>Potentilla stolonifera</i> + <i>Artemisia opulenta</i> - <i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	1	39.0	11.0	28.0	0.878	21.1	4.2
<i>Artemisia opulenta</i> + <i>Potentilla stolonifera</i> - <i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	3	39.0	8.0	31.0	0.887	18.1	4.1
<i>Potentilla stolonifera</i> - <i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	2	34.0	8.0	26.0	0.870	17.1	4.3
Зона IV							
Сообщество <i>Artemisia opulenta</i>	4	26.0	4.0	22.0	0.906	9.7	3.3
Сообщество <i>Sanguisorba tenuifolia</i>	6	28.5	1.0	27.5	0.903	8.6	3.7
Зона V							
Сообщество <i>Thalictrum minus</i>	8	21.5	2.0	19.5	0.873	5.6	3.4
Разнотравный луг	10	22.0	0.5	21.5	0.939	4.2	2.4
Зона VI							
Сообщество <i>Filipendula camtschatica</i>	9	18.0	1.0	17.0	0.973	2.9	1.3

объединению точек с близкими значениями показателей в группы. Исходя из того, что температурные характеристики являются наиболее ясным показателем интенсивности гидротермального воздействия, полученные группы точек рассматривались как зоны, различающиеся по степени интенсивности гидротермального процесса.

В итоге полученные данные были сведены в таблицу (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Значительная пространственная неоднородность среды на территории развития гидротермального процесса определяет большое фитоценотическое разнообразие.

Структура растительности исследованных термальных полей представляет собой сочетание мозаичных и микропоясных комплексов: на мозаичном фоне разбросаны отдельные участки микропоясного строения (рис. 6).

Участки микропоясного строения представляют различные формы поясной комплексности: концентрические, эксцентрические, которые, располагаясь на близких расстояниях, создают картину полицентрической комплексности.

Линейные размеры микропоясных комплексов варьируются в широких пределах: от нескольких метров до нескольких десятков метров. Наиболее часто встречаются микропоясные комплексы, центральная зона которых составляет 4–5 метров.

Комбинации сообществ, образующих микропоясные комплексы, неоднократно повторяются на территории термального поля и характерны для всех трех исследованных полей: Верхнего, Восточно-Паужетского и Южного.

На рис. 3 представлен экологический профиль 1-07, проложенный через микропоясный комплекс на Верхнем термальном поле. Микропоясный комплекс приурочен к участку рассредоточенного парения.

Распределение видов сосудистых растений по профилю представлено на рис. 3а. Популяции растений распределяются микрозонально. Последовательность внедрения сосудистых растений на территорию термопроявления (участок рассредоточенного парения) следующая: *Fimbristylis ochotensis* (Meinsh.) Kom. - *Agrostis pauzhetica* Probat. - *Digitaria ischaemum* (Schreb.) Muehl. - *Lycopus uniflorus* Michx. - *Acetosella vulgaris* (Koch) Fourr. - *Potentilla stolonifera* Lehm. ex Ledeb. - *Festuca rubra* L. - *Artemisia opulenta* Pamp. и т.д.

Рис. 3б иллюстрирует распределение видов листостебельных мхов. Анализ распределения показывает, что мхи также образуют микрозоны; наиболее характерные виды образуют ряд: *Campylopus umbellatus* (Arn.) Paris - *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst.

В центральной части микропоясного комплекса среди видов мхов доминирует *Campylopus umbellatus* (Arn.) Paris с проективным покрытием 5–40%. Далее зону *Campylopus umbellatus* сменяет зона *Rhytidiadelphus squarrosus* (проективное покрытие – 40–70%). Этот вид мха образует



Рис. 6. Микропоясный комплекс на Верхнем термальном поле.

достаточно протяженные рыхлые покровы, окаймляющие центральные зоны термопроявлений. С появлением сомкнутого травяного яруса на периферии микропоясного комплекса моховой ярус изреживается (проективное покрытие 1-30%). Здесь встречаются *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst., *Brachythecium erythrorrhizon* B.S.G., *Rhodobryum roseum* (Hedw.) Limpr. и др.

Рис. 3в иллюстрирует распределение растительных сообществ по профилю 1-07. В таблице 2 приведено проективное покрытие видов.

Сообщества микропоясного комплекса характеризуются резкими границами. С удалением от центра микропоясного комплекса наблюдается тенденция к размыванию границ между сообществами. На периферии поясного комплекса ясно

Таблица 2. Проективное покрытие видов сообществ микропоясного комплекса

Сообщество	полевицево-фимбристилисово-моховое					росичковое			лапчатково-моховое				Лапчатково-полынно-моховое				анафалисное
	12	13	14	15	16	10	11	16a	17	18	7	8	4	5	6	19	
Номера точек измерений	12	13	14	15	16	10	11	16a	17	18	7	8	4	5	6	19	2
Травяной ярус, покрытие (%)	50	40	75	70	90	50	70	65	80	45	35	50	55	50	30	63	90
<i>Fimbristylis ochotensis</i>	40	25	40	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Agrostis pauzhetica</i>	10	15	40	25	40	-	-	8	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Digitaria ischaemum</i>	5	-	-	-	-	25	65	50	8	-	-	25	-	-	-	-	-
<i>Acetosella vulgaris</i>	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	10	-	-	4	-	-
<i>Lycopus uniflorus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Festuca rubra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1
<i>Potentilla stolonifera</i>	-	-	-	-	-	25	5	8	70	35	25	25	5	5	10	3	2
<i>Artemisia opulenta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2	10	7	-	50	45	18	60	10
<i>Anaphalis margaritacea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80
Мхи, проективное покрытие (%)	40	40	10	5	5	60	50	30	40	40	70	60	70	70	70	30	-

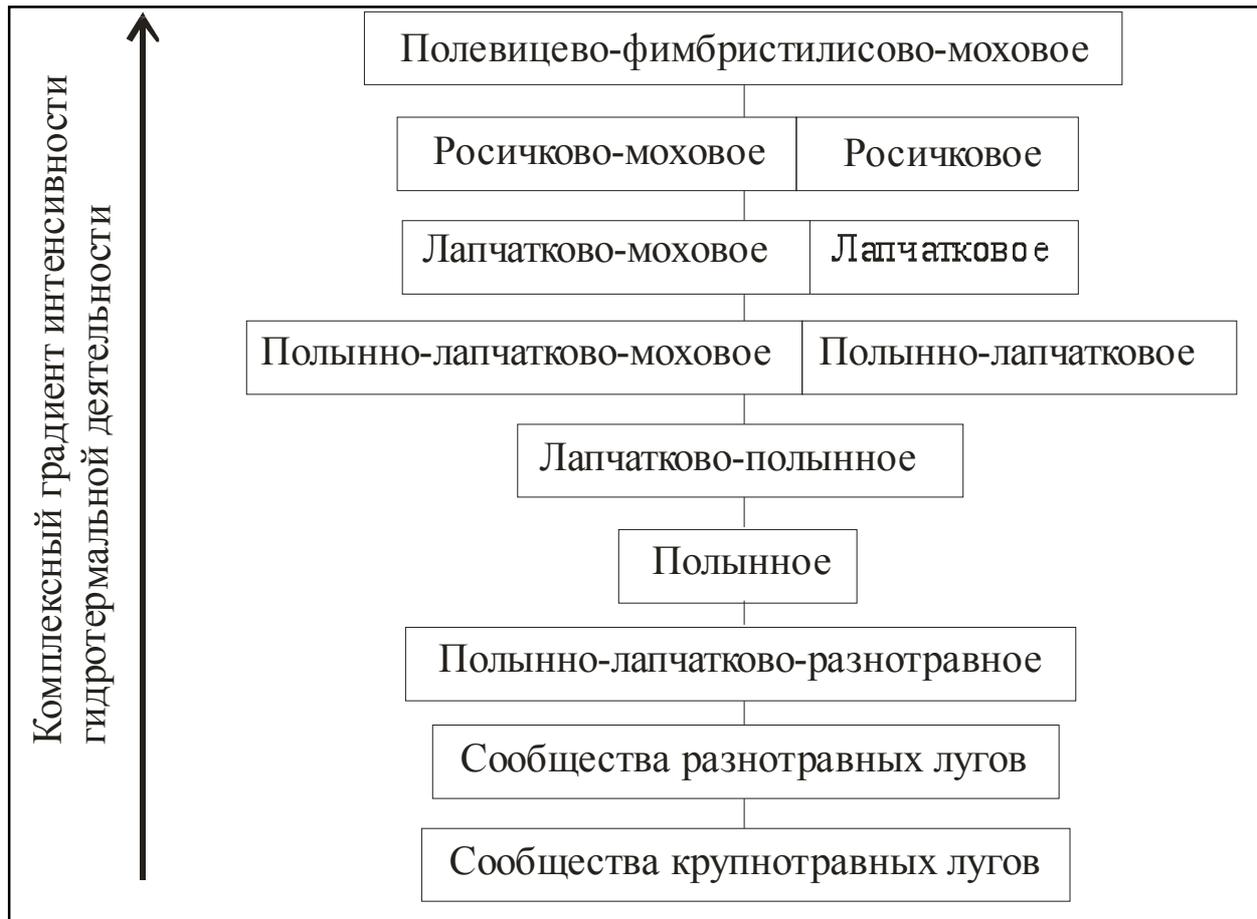


Рис. 7. Обобщенный экологический ряд сообществ.

отграниченные друг от друга, другими словами, дискретные сообщества центральной части микропоясного комплекса сменяются сообществами, связанными с соседними непрерывными переходами.

Согласно рис. 3г, изменения в растительном покрове сопряжены с изменением температуры почв. Максимальные температуры отмечаются в центре микропоясного комплекса под полевицево-фимбристилисово-моховым сообществом (43-57°C). По мере удаления от центра термоаномалии температура почв снижается. Под росичковым сообществом температура почв изменяется в диапазоне 34-37°C с одной стороны микропоясного комплекса и в диапазоне 37-40°C с другой стороны. Под лапчатково-моховым сообществом температура почв варьируется в пределах 33-38,5°C и 35,5-36°C, соответственно; под лапчатково-полынно-моховым в диапазоне 30-32°C и 28,5-35,5°C, соответственно. Далее температура продолжает последовательно снижаться, составляя 25°C под полынным сообществом, 21 - 23,5°C под анафалисным сообществом и 19,5°C под разнотравно-бодяковым сообществом (рис. 3в, г).

Изменение температуры почв отражает вариации интенсивности гидротермальной деятельности. Смена растительности определяется не

отдельным фактором, а сочетанием факторов, которые синхронно изменяются в пространстве, т. е. комплексным градиентом среды а именно, градиентом интенсивности гидротермальной деятельности.

Воздействуя на все компоненты ландшафта, гидротермальная деятельность коренным образом меняет условия существования растений. Изменяется весь комплекс абиотических факторов, в том числе: микроклиматические (термический режим, влажность и состав приземного слоя воздуха), эдафические (механический и химический состав почв, их физические свойства) и орографические факторы. Как следствие, изменяются и биотические факторы (влияние растений-сообитателей, микробиологическая активность, микогенные и зоогенные факторы). Определение роли каждого фактора заслуживает отдельного обстоятельного рассмотрения и вследствие этого не затрагивается в данной работе. Здесь рассматривается связь растительности и интенсивности гидротермального воздействия.

Последовательно сменяющиеся друг друга сообщества рассмотренного выше микропоясного комплекса (рис. 3в, сообщества 1-2-3-4-5-6-7) образуют экологический ряд. Сопоставление этого и других экологических рядов, составляющих

поясные комплексы на исследованных термальных полях, позволило выявить обобщенный экологический ряд сообществ (рис. 7). В каждом экологическом ряду, выделяемом на местности, могли отсутствовать некоторые сообщества, а на основе сравнения этих рядов определялось место каждого сообщества в обобщенном ряду.

Отсутствие тех или иных сообществ в экологическом ряду связано со следующими факторами.

1. Линейные размеры очага термоаномалии. При небольших размерах очагов термопроявлений вокруг них наблюдаются отдельные экземпляры растений, распределение которых подчиняется приведенной выше последовательности внедрения видов растений на эту территорию.

2. Интенсивность гидротермальной деятельности в центре поясного комплекса. В центре поясного комплекса могут находиться лапчатковые или полынно-лапчатково-моховые сообщества. На Верхнем термальном поле такие случаи нередки. Случаи обнаружения этих сообществ среди сообществ разнотравных лугов в окрестностях Верхнего термального поля служили признаком наличия в этом месте гидротермального воздействия, что подтверждалось дальнейшими исследованиями почвенного профиля под этими сообществами.

3. Условия увлажнения. Рассматриваемый здесь тип микропоясности характеризует мезоморфные условия. В гигромезоморфных условиях реализуется другой эколого-фитоценологический ряд. Например, в гигромезоморфных условиях пониженной части Верхнего термального поля выявлен экологический ряд сообществ:

- полевицево-фимбристелисово-моховое сообщество;
- росичково-полевицево сообщество;
- полынное сообщество;
- лапчатково-полынно-кровохлебковое сообщество;
- ирисово-кровохлебковое сообщество;
- лангсдорфовойниковое сообщество.

4. Расстояние между отдельными очагами термоаномалии. В случае близкого расположения отдельных очагов создается картина полицентрической комплексности, характерная для Верхнего термального поля. В результате перекрывания зон действия отдельных очагов термопроявлений структура растительности приобретает мозаичный характер с отдельными участками микропоясного строения. При этом каждый элемент мозаики занимает определенное место в обобщенном экологическом ряду сообществ.

Подтверждением последнего предположения стали результаты режимных микроклиматических наблюдений в разных местообитаниях.

Микроклиматические наблюдения велись на точках, рассредоточенных по территории термального поля и в его окрестностях и приуроченных к различным растительным сообществам, относящимся к разным территориальным объединениям фитоценозов на территории термального поля. В результате были получены следующие данные.

Последовательность сообществ и разделение на зоны, осуществленные по микроклиматическим показателям. Анализ табл. 1, полученной в результате обработки данных микроклиматических наблюдений, показывает, что по сумме показателей (максимальные и минимальные температуры, годовая амплитуда температур почвы, значение корреляции между температурами почв и воздуха, средняя величина отепляющего воздействия, среднее квадратическое отклонение) можно выделить несколько групп местообитаний, соответствующих зонам интенсивности гидротермального процесса. Внутри каждой зоны местообитания характеризуются сходными условиями температурного режима (табл. 1). I зона включает экстремально прогретые местообитания, лишенные растительности (точка 7), II зона – экстремально прогретые местообитания с растительным покровом (точка 5), III зона – прогретые местообитания (точки 1, 3, 2), IV – умеренно прогретые (точки 6, 4), V зона – слабо прогретые местообитания (точки 8, 10) и VI зона – практически непрогретые местообитания (точка 9). Полученная в результате ранжирования точек по микроклиматическим показателям последовательность сообществ (табл. 1) соответствует обобщенному экологическому ряду (рис. 7). Важно уточнить, что точки наблюдений были рассредоточены по территории поля и за его пределами и характеризовали сообщества, не смежные в большинстве случаев и входящие в состав различных объединений уровня выше фитоценоза. Таким образом, упорядочивание видов и сообществ вдоль оси интенсивности гидротермального воздействия (прямая ординация) и определение экологических условий местообитаний, рассредоточенных по территории термального поля, привели к одному результату, явились разными ракурсами одной сущности: связи определенных сообществ с определенными параметрами, характеризующими интенсивность гидротермального воздействия.

Экологическая интерпретация параметров. Выделенные параметры – коэффициенты корреляции между температурами почвы и среднесуточными температурами воздуха, разность между температурами почвы и среднесуточными температурами воздуха, среднее квадратическое отклонение – могут быть экологически проинтерпретированы.

СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ

Установлено, что между измеренными температурами почвы и среднесуточными температурами воздуха существует положительная корреляция, величины которой для разных точек варьируются в пределах 0.580 – 0.973 (табл. 1). Максимальные величины корреляции характерны для зоны VI (точка 9): 0.973. Минимальные величины корреляции отмечены для зон I и II: 0.596 и 0.580, соответственно. Последовательное уменьшение величин корреляции по мере увеличения интенсивности гидротермального воздействия на местообитания свидетельствует об уменьшении роли экзогенного фактора и возрастании роли эндогенного фактора в функционировании самых прогретых ландшафтов. Низкие значения корреляции в центральных участках термоаномалии соотносятся с азональным характером растительности в этих местах.

Азональный характер фитоценозов в центральных участках термоаномалии, характеризуемых точкой № 2, обусловлен значительным своеобразием видового состава. *Fimbristylis ochotensis* (Meinsh.) Kom., *Agrostis pauzhetica* Probat., произрастающие в прогретых местах на Верхнем термальном поле, встречаются на Камчатке только в термальных местообитаниях (Красная книга Камчатки, 2007).

Распространенные в прогретых местах виды листостебельных мхов отличаются чрезвычайной редкостью. Характерный для наиболее прогретых участков исследованных термальных полей *Campylopus umbellatus* (Arn.) Paris в пределах России встречается только здесь (Игнатова, Самкова, 2006). Встречающийся вместе с ним *Campylopus atrovirens* De Not в пределах России известен также только с термальных полей окрестностей пос. Паужетка. Для *Campylopus pyriformis* (Schultz) Brid. это – вторая находка на Дальнем Востоке. *Trematodon longicollis* Michx., найденный около парогазового выхода на Верхнем термальном поле, впервые обнаружен на Камчатке (Игнатова, Самкова, 2006).

Азональный характер растительности, специфичность видового состава фитоценозов в центральных участках термоаномалии свидетельствуют о жесткой связи между режимом среды и редкими видами растений, которая обуславливает индикаторную роль последних.

Разность между температурой почвы и среднесуточной температурой воздуха, обусловленная влиянием гидротермальной деятельности, рассматривалась автором как величина обогревающего воздействия. Установлено, что средние значения этого показателя для каждой точки составили ряд по убыванию от точки № 7 до точки № 9 (табл. 1). В результате выноса тепла в центре термоаномалии температура субстратов превышает температуру воздуха в среднем на 37.2°C (табл. 1,

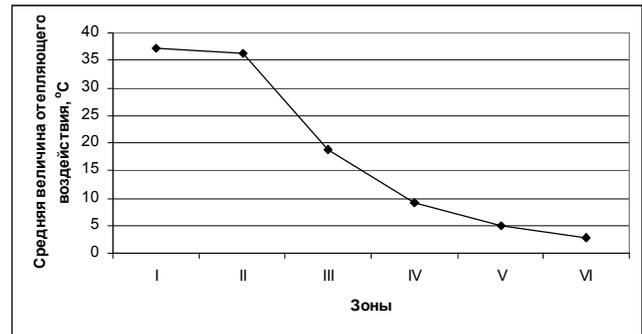


Рис. 8. Изменения средней величины обогревающего воздействия по зонам.

точка № 7). Для шеломайникового сообщества за пределами поля (табл. 1, точка № 9) эта величина составила 2.9°C. Остальные точки по этому показателю расположились в пределах указанного диапазона температур (табл. 1). При этом каждой точке, следовательно, местообитанию каждого конкретного сообщества соответствовало свое значение величины обогревающего воздействия.

Анализ изменений величин обогревающего воздействия показал, что для сообществ одной зоны характерны близкие значения (табл. 1). В то же время между зонами наблюдается разрыв по этому показателю. Дискретность классов параметров среды тем выше, чем более прогретым является местообитание. Например, есть значительная разница между величинами обогревающего воздействия в зоне II (точка № 5) и в зоне III (точки №№ 1, 3, 2), хотя характеризуемые ими сообщества находятся близко друг от друга в обобщенном экологическом ряду и могут соседствовать на местности. Аналогичный разрыв, только меньшего размера, существует между зоной III (точки №№ 1, 3, 2) и зоной IV (точки №№ 4, 6). По мере удаления от центральных участков термоаномалии к периферии разрыв между величинами показателя постепенно сокращается.

Изучение распределения величин обогревающего воздействия привело к выявлению типа кривой, связывающей значения этого показателя для разных зон. Это распределение соответствует логарифмической кривой (рис. 8): по направлению к центру термоаномалии данный показатель возрастает в геометрической прогрессии.

В результате вырисовывается картина пространственной структуры температурного поля очага термоаномалии (рис. 9). Вокруг центра термоаномалии образуются дискретные зоны, характеризующиеся определенными физическими параметрами среды. Если в центре величина обогревающего воздействия составляет x , то следующая зона характеризуется величиной $x/2$, затем следует зона с величиной обогревающего воздействия, равной $x/4$ и т.д. (рис. 9). Абсолютные значения разности между величинами показателя для соседних зон возрастают к центру термоано-

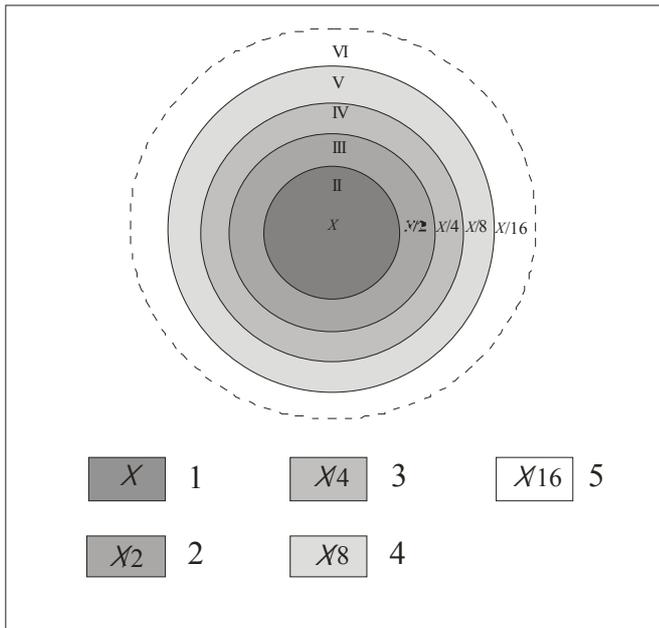


Рис. 9. Схематическая модель микропоясного расположения экотопов растительных сообществ (зоны II-VI), дифференцированных по степени тепляющего воздействия (x), в радиусе действия термопроявления. Условные обозначения: 1 – зона II с максимальной величиной тепляющего воздействия ($\sim 36^\circ\text{C}$); 2 – зона III с величиной тепляющего воздействия вдвое меньше максимальной ($\sim 18^\circ\text{C}$); 3 – зона IV с величиной тепляющего воздействия вчетверо меньше максимальной ($\sim 9^\circ\text{C}$); 4 – зона V с величиной тепляющего воздействия в восемь раз меньше максимальной ($\sim 4.5^\circ\text{C}$); 5 – зона VI с величиной тепляющего воздействия в шестнадцать раз меньше максимальной ($\sim 2.3^\circ\text{C}$).

малии, соответственно, близ центра термоаномалии наблюдается ясно выраженная дискретность классов параметров среды. К периферии термоаномалии разность значений показателей для соседних зон снижается, и дискретность классов параметров среды становится менее явно выраженной.

Предложенная схема дискретных зон интенсивности гидротермального воздействия вокруг очага термоаномалии объясняет, почему «столь несущественные разницы в температурах, как это наблюдается в различных зонах» (Трасс, 1963, с. 132) влекут смену сообществ. Температура почв и грунтов по направлению от центра к периферии термоаномалии меняется во всех направлениях непрерывно, никаких скачков температуры нет; между точками, имеющими разные температуры, непременно имеются точки со всеми промежуточными температурами. Однако значения градиентов могут меняться скачкообразно. По направлению от центра к периферии термоаномалии происходит неоднократное скачкообразное снижение градиента температуры, наглядным подтверждением этому служит ход температурной кривой (рис. 3г). Согласно закону Фурье, удельный тепловой поток (или интенсивность теплового потока) прямо пропорционален градиенту температуры. Исходя из этого, изменяющимся значениям градиента соответствуют дискретные классы значений интенсивности теплового потока, или зоны интенсивности гидротермального воздействия. Изменения в растительном покрове вдоль градиента температуры почв также происходят не непрерывно, а скачкообразно. Смена зон интенсивности гидротермального воздействия влечет за собой смену растительных сообществ.

Структурному строению очага термоаномалии соответствует структура растительного покрова на его территории. С дискретными классами пара-

метров среды связаны дискретные растительные сообщества – сообщества с ясно очерченными границами. По мере того, как ослабевает интенсивность гидротермального воздействия, и дискретность классов параметров среды становится менее различимой, структуру растительного покрова начинают определять другие факторы. Регулирующая роль переходит от физических факторов среды к биотическим. Картина ясно отграниченных друг от друга, дискретных растительных сообществ, составляющих микропоясный комплекс, сменяется картиной постепенного изменения видового состава растительности в пространстве – континуума растительности.

В качестве обобщающей характеристики размеров вариации величины тепляющего воздействия было определено среднее квадратическое отклонение (табл. 1). Анализ полученных результатов показал, что среднее квадратическое отклонение последовательно уменьшается от прогретых центральных частей термоаномалии к периферии, составляя ряд в пределах $9.7-1.3^\circ\text{C}$. В статистике среднее квадратическое отклонение является мерой надежности средней. Приведенный здесь показатель имеет экологическую интерпретацию, являясь мерой неустойчивости условий местообитаний. Исходя из этого, условия среды в центральных частях термоаномалии предстают как крайне неустойчивые, флюктуирующие. По мере удаления к периферии стабильность условий среды возрастает.

Неустойчивость условий среды является лимитирующим фактором, который может препятствовать внедрению в сообщества, расположенные ближе к центру термоаномалии, растений соседних, более удаленных зон.

Таким образом, комплексный градиент интенсивности гидротермальной деятельности включает в себя, в числе прочих, следующие оси факторов, синхронно изменяющихся в пространстве: ось температуры, ось дискретность классов среды – непрерывность, ось неустойчивость условий среды – стабильность, параллельно которым формируется градиент растительных сообществ.

Интегральные характеристики зон.

В соответствии с полученными результатами вдоль градиента интенсивности гидротермальной деятельности можно выделить шесть зон (табл. 1).

I зона характеризуется максимальными температурами почвы, превышающими летальные границы существования многоклеточных организмов. Непереходимой границей для высококодифференцированных растительных клеток считается температура немного выше 60°C (Лархер, 1978). Условия среды крайне нестабильные, здесь наблюдаются наибольшие флюктуации. Растительный покров отсутствует.

II зона характеризуется высокими температурами почвы (до +65°C), близкими к летальным границам существования многоклеточных организмов, большой годовой амплитудой температур почвы (48°C), высокой нестабильностью условий среды. В результате отепляющего влияния гидротермальной деятельности среднее превышение температур почвы над температурами воздуха составляет 36.2°C. Снежный покров отсутствует на протяжении всего года. Типичное растительное сообщество: полевицево-фимбристелисово-моховое. Во флористическом составе чрезвычайно высока доля редких видов (*Fimbristylis ochotensis*, *Agrostis pauzhetica*, *Campylopus umbellatus*, *Campylopus atrovirens*, *Campylopus pyriformis*, *Trematodon longicollis*). Зона соответствует центральным участкам микропоясных комплексов.

III зона характеризуется достаточно высокими температурами почвы (до +39°C), нестабильностью условий среды. Средняя величина отепляющего воздействия гидротермальной деятельности составляет 18.8°C. В холодное время года наблюдается маломощный снежный покров в течение непродолжительного времени (менее месяца). Типичные сообщества: лапчатковое, полынно-лапчатково-моховое. Зона может находиться в центре микропоясного комплекса.

IV зона - умеренно прогретая: максимальная температура почвы +28.5°C. Средняя величина отепляющего воздействия гидротермальной деятельности составляет 9.2°C. Маломощный снежный покров наблюдается в течение 1-3 месяцев. Типичные сообщества: полынное, кровохлебковое (в гигромезоморфных условиях).

V зона - слабо прогретая: максимальная температура почвы +22.0°C. Средняя величина

отепляющего воздействия гидротермальной деятельности составляет 4.9°C. Мощный снежный покров лежит в течение 4-6 месяцев. Типичными являются сообщества разнотравных лугов.

VI зона характеризуется температурным режимом почв, соответствующим климатическим условиям. Средняя разность температур почвы и воздуха составляет 2.9°C. Мощный снежный покров лежит в течение 4-6 месяцев. Распространены шеломайниковые сообщества, сообщества разнотравных лугов.

Выделенный шестичленный ряд сменяющих друг друга зон отражает последовательность смены экологических режимов в радиусе действия термопроявления, имеющую общий характер и применимую при анализе структуры растительности других термальных полей. Исходя из установленных закономерностей, аналогичные зоны, только отличающиеся видовым составом в соответствии со спецификой флоры окружающей термопроявления территории, могут быть выделены в дальнейшем на различных термальных полях Камчатки. Это открывает новые возможности для анализа структуры растительности термальных полей.

ВЫВОДЫ

1. На термальных полях вдоль комплексного градиента интенсивности гидротермального воздействия выявлены экологические ряды растительных сообществ. Дискретность растительного покрова и своеобразие сообществ возрастают по направлению градиента интенсивности гидротермального воздействия.

2. Каждому элементу экологического ряда сообществ соответствует свой температурный режим. Существует стойкая экологическая приуроченность определенных растительных сообществ к определенному режиму среды.

3. Изучение сезонной динамики температурного поля под различными растительными сообществами позволило количественно описать особенности местообитаний, образующих непрерывный ряд от самых прогретых до соответствующих зональным климатическим условиям.

4. Комплексный градиент интенсивности гидротермальной деятельности включает в себя следующие оси факторов: ось температуры почвы, ось неустойчивость условий среды – стабильность, ось дискретность классов среды – непрерывность, параллельно которым формируется градиент растительных сообществ. Дискретность растительного покрова на территории, охваченной гидротермальным процессом, является отражением дискретных классов значений интенсивности теплового потока.

5. Кривая изменений величины тепляющего воздействия гидротермальной деятельности имеет вид логарифмической кривой: по направлению к центру термоаномалии данный показатель возрастает в геометрической прогрессии. Гипотетическая пространственная двухмерная структура очага термоаномалии представляет собой набор концентрических зон, характеризующихся определенными параметрами, одним из которых является рассчитанный показатель величины тепляющего воздействия. Предложенная модель описывает отдельные аспекты того, что происходит в местообитаниях под действием гидротермальных процессов. Сведение результатов различных исследований открывает путь к более полной экологической модели.

6. Мозаика сообществ отражает мозаику условий среды. Выявленные закономерности связи видовых популяций, растительных сообществ и факторов среды между собой открывают возможность определения по растительности интенсивности и стадии развития гидротермального процесса.

Список литературы

- Гольдфарб И.Л.* Влияние гидротермального процесса на почвообразование (на примере Камчатки). Автореферат дисс. ... канд. геогр. наук. М., 2005. 24 с.
- Игнатов М.С., Игнатова Е.А.* Флора мхов средней части европейской России. Т. 1. Sphagnaceae - Hedwigiaceae. М.: КМК, 2003. С. 1-608.
- Игнатов М.С., Игнатова Е.А.* Флора мхов средней части европейской России. Т. 2. Fontinalaceae - Amblystegiaceae. М.: КМК, 2004. С. 609-944.
- Игнатова Е.А., Самкова Т.Ю.* *Samolopus umbellatus* (Arn.) Par. (Leucobryaceae, Musci) – новый вид для России // *Arctoa*. 2006. № 15. С. 215 – 218.
- Кондратьев В.И.* Климат Камчатки. М.: Гидрометеиздат, 1974. 204 с.
- Красная книга Камчатки. Том. 2. Растения, грибы, термофильные микроорганизмы / Отв. ред. О. А. Черныгина. Петропавловск-Камчатский: Камч. печ. двор., 2007. 341 с.
- Лархер В.* Экология растений. М.: Мир, 1978. 384 с.
- Литвиц С.Ю.* К познанию флоры и растительности горячих источников Камчатки // Бюлл. МОИП, отд. биол.. 1936. Т. 45. № 2. С. 143-158.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И.* Современная наука о растительности. М.: Логос, 2002. 264 с.
- Нешатаева В.Ю.* Растительные группировки окрестностей горячих ключей // Растительность Кроноцкого государственного заповедника (Восточная Камчатка). Труды Ботанического института РАН. 1994. Вып. 16. С. 195-201.
- Нешатаева В.Ю.* Растительность полуострова Камчатка. Автореферат дисс. ... докт. биол. наук. С.-Петербург: СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2006. 62 с.
- Нешатаева В.Ю., Черныгина И.В., Нешатаев В.Ю.* Растительный покров территории Нижне-Кошелевских термальных источников (Южная Камчатка) // Бот. журнал. 1997. Т. 82. № 11. С. 65-79.
- Определитель сосудистых растений Камчатской области. М.: Наука, 1981. 410 с.
- Плотникова Л.С., Трулевич Н.В.* Зависимость флористического состава бассейна р. Паужетки от геотермальных источников // Бюл. Главн. бот. сада АН СССР. 1975. Вып. 98. С. 49-52.
- Рассохина Л.И., Черныгина О.А.* Фитоценозы термалей “Долины Гейзеров” // Структура и динамика растительности и почв в заповедниках РСФСР. М.: ЦНИЛ Главохоты РСФСР, 1982. С. 51-62.
- Самкова Т.Ю.* Структура растительности термального поля: индикационный аспект // Современный вулканизм: прогноз, динамика и связанные с ним процессы в недрах Земли и окружающей среде. Материалы конференции молодых исследователей и специалистов. Петропавловск-Камчатский, 22-23 ноября 2000 г. Петропавловск Камчатский, 2001а. С. 87-89.
- Самкова Т.Ю.* Экологический анализ пространственного размещения растительных сообществ на территории геотермального поля // Социоэкономические и экологические проблемы устойчивого развития территорий с уникальными и экстремальными природными условиями: Материалы международной конференции. Петропавловск-Камчатский, 2001б. С. 174-176.
- Соколов И.А.* Вулканизм и почвообразование (на примере Камчатки). М.: Наука, 1973. 224 с.
- Трасс Х.Х.* О растительности окрестностей горячих ключей и гейзеров долины реки Гейзерной полуострова Камчатки // Исследование природы Дальнего Востока. Таллин: Изд-во АН ЭстССР, 1963. С. 112-146.
- Юнатов А.А.* Типы и содержание геоботанических исследований. Выбор пробных площадей и заложение экологических профилей // Полевая геоботаника. М. – Л.: Наука, 1964. Т. 3. С. 9-36.
- Якубов В.В., Черныгина О.А.* Каталог флоры Камчатки (сосудистые растения). Петропавловск-Камчатский: “Камчатпресс”, 2004. 165 с.
- Bockheim J.G., Ballard T.M.* Hydrothermal soils of the crater of Mt. Baker // *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 1975. Vol. 39. P. 997-1001.
- Gates F.C.* Swamp vegetation in hot springs areas at Los Banos, Laguna, P.I. // *Philipp. J. Sci.* 1914. Vol. 9. № 6. P. 495-516.
- Halliday G., Kliim-Nielsen L., Smart I. H.M.* Studies on the flora of the north Blosseville Kyst and on the hot springs of Greenland // *Medd. Gronland.* 1974. Vol. 199. № 2. 49 p.

- Kagawa T.* Vegetation on the areas around «Sinyu» hot-springs on Mt. Hakkoda // *Ecol. Rev.* 1940. Vol. 6. P. 227-247.
- Smith C. W.* Bryophytes and lichens of the Puhimau Geothermal Area, Hawaii Volcanoes National Park // *The Bryologist.* 1981. Vol. 84. № 4. P. 457-466.
- Vucetich C. G., Wells N.* Soils, agriculture, and forestry of Waiotapu region, central North Island, New Zealand // *New Zealand Soil Bureau Bulletin.* 1978. Vol. 31. P. 11-88.
- Wilson M.A., Rodman A.W., et al.* Acid sulfate hydro-thermal soil development from rhyolite flow and tuff: Yellowstone National Park, Wyoming, U.S.A. // *Soil Micromorphology: studies on soil diversity, diagnostics, dynamics. Proceedings of the X International Working Meeting on Soil Micromorphology. Moscow-Wageningen, 1997.* P. 219-231.
- Winterbourn M. J.* Ecology of the Copland River warm springs. South Island, New Zealand // *Proc. N. Z. Ecol. Soc.* 1973. Vol. 20. P. 72-78.

STRUCTURE OF VEGETATION OF THE THERMAL FIELD AS REFLECTION OF SPATIAL STRUCTURE OF HYDROTHERMAL PROCESSES (BY THE EXAMPLE OF THERMAL FIELDS OF PAUZHETKA HYDROTHERMAL SYSTEM)

T.Yu. Samkova

Institute of volcanology and seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006

The structure of vegetation of thermal fields is considered as mosaic structure with distinct sections of belt structure. Ecological series of phytocoenoses formed along a complex gradient of intensity of hydrothermal influence are established. Time dynamics of a temperature field is considered on the basis of long-term supervision. Features of various habitats in territory of a thermal field are quantitatively described. The ecological model of a zone complex is offered.