

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ СВЯЗИ МЕЖДУ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ СОВРЕМЕННОГО ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ПРОЦЕССА, МОРФОЛОГИЧЕСКИМ СТРОЕНИЕМ ПОЧВ И СТРУКТУРОЙ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА (НА ПРИМЕРЕ ТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ПАУЖЕТСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ)

Самкова Т.Ю.

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

Характерной особенностью структуры растительного покрова термальных полей является микропоясность, неоднократно становившаяся предметом изучения исследователей (Нешатаева, 1994; Нешатаева и др., 1997; Плотникова, Трулевич, 1975; Рассохина, Черныгина, 1982; Самкова, 2007; Трасс, 1963 и др.). В качестве факторов, обуславливающих микропоясность, отмечались температурный режим почв, степень увлажнения субстратов, химизм термальных вод и т.д., при этом вопрос о ведущих факторах остается открытым.

Целью данной работы являлось изучение влияния гидротермального процесса на структуру растительного покрова термальных полей. Эта цель определила постановку и решение, в числе прочих, следующих задач: выделить регулирующие факторы и оценить их влияние на структуру растительного покрова; установить связь между закономерностями сложения растительного покрова и характеристиками местообитаний, обусловленными гидротермальным процессом.

Изучение растительности и почв термальных полей проводилось на Верхнем и Восточно-Паужетском термальных полях, а также на термопроявлении Южный источник Паужетской гидротермальной системы (рис. 1) в полевые сезоны 1990–1991 гг., в период с 1993 г. по 2004 г. и в полевые сезоны 2006–2007 гг.

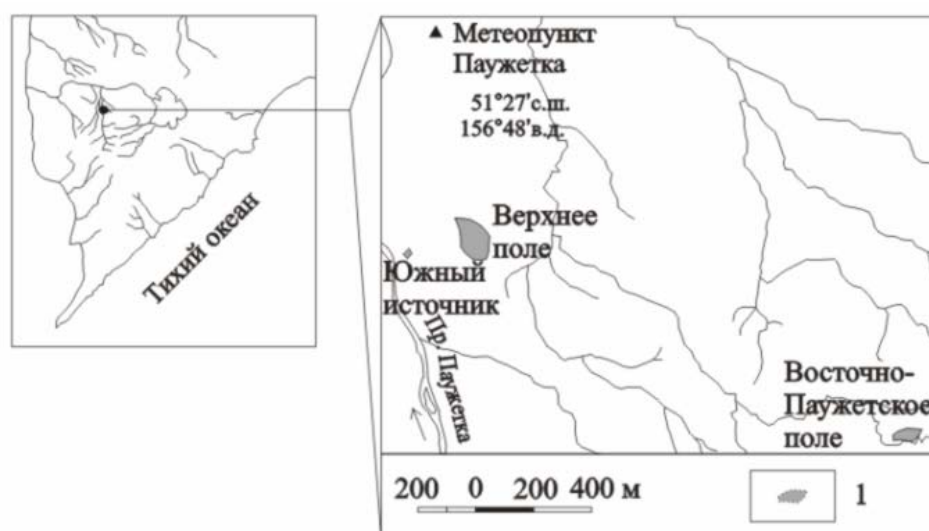


Рис. 1. Район исследований: 1- термальные поля.

Исследование проводилось с использованием метода экологического профилирования (Юнатов, 1964) с заложением почвенных разрезов. Для выявления связи сообществ с показателями тепловой интенсивности гидротермального процесса применялся метод прямой ординации по температурным характеристикам корнеобитаемого слоя почв и всего почвенного разреза.

Гидротермальный процесс, воздействуя на все компоненты ландшафта и режимы среды фитоценозов, существенно меняет условия существования растений. Изменяются как прямые, так и косвенные факторы среды фитоценозов. К прямым факторам,

испытывающим воздействию гидротермального процесса, относятся физиологически действующие режимы среды: в приземном слое воздуха – тепловой, газовый режим и режим влажности воздуха, в почве – тепловой, водный, почвенно-воздушный режим и режим почвенного раствора. Косвенное воздействие оказывают изменяющиеся под влиянием гидротермального процесса энтопические условия: микрорельеф и гранулометрический состав почв. Все эти факторы изменяются в пространстве по мере изменения тепловой интенсивности гидротермального воздействия, составляя комплексный градиент. Однако, из общего комплекса факторов, порождаемых гидротермальным процессом, можно вычлениить ведущие факторы, отвечающие за смену растительных сообществ.

Наиболее явные изменения под воздействием гидротермального процесса претерпевает морфологическое строение почв. Вулканические почвы, особенностям которых посвящен ряд работ (Захарихина, 2006; Зонн и др. 1963; Ливеровский, 1959; Соколов, 1973 и др.), уступают место почвам гидротермальных систем (рис. 2).



**Рис. 2.** Почвы территории Паужетской гидротермальной системы: 1 – слоисто-вулканические (в окрестностях Верхнего термального поля); 2 – почвы на частично преобразованных гидротермальным процессом субстратах (Верхнее термальное поле); 3 – почвы на гидротермальных субстратах (Верхнее термальное поле).

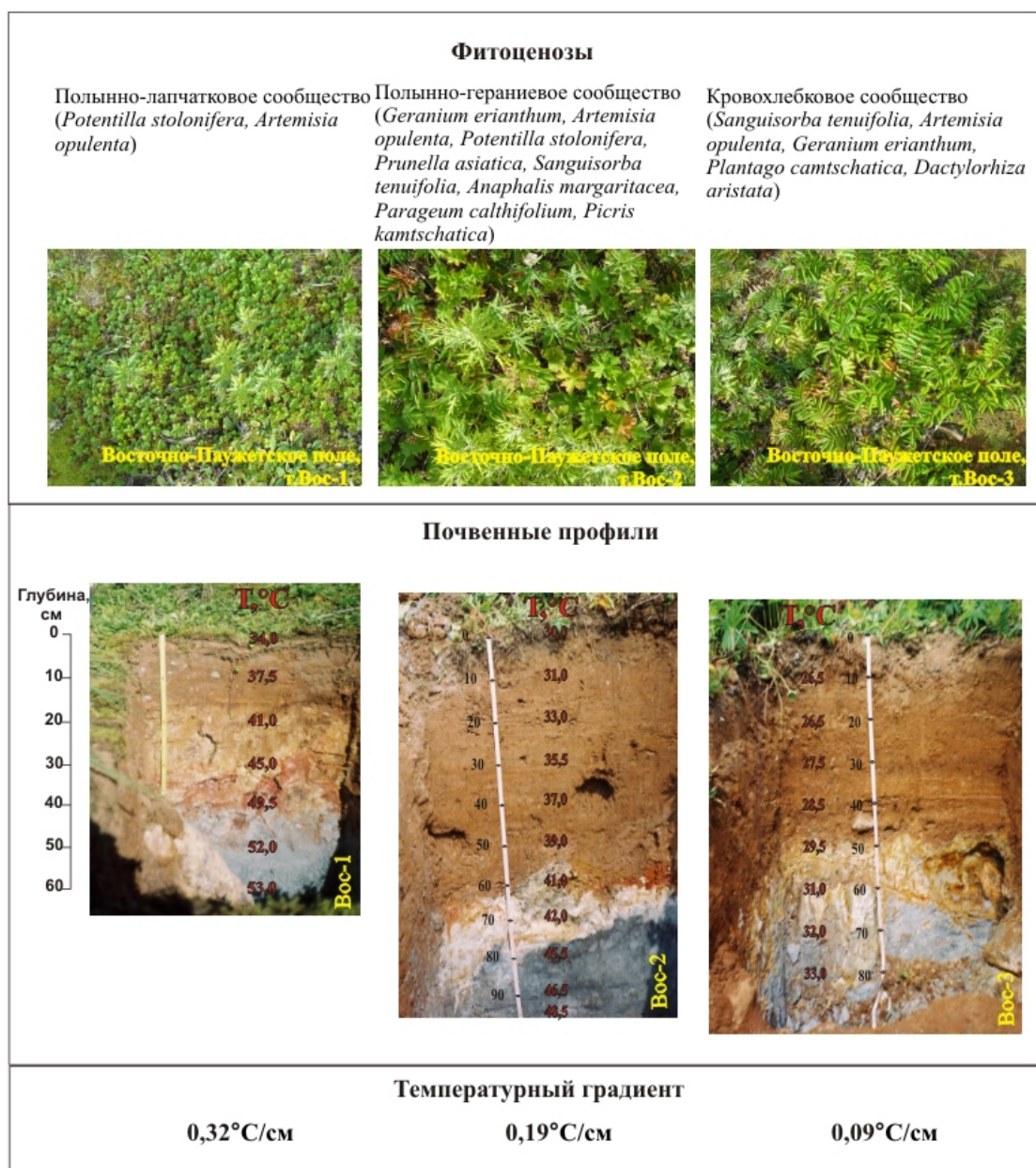
На территории и в окрестностях исследованных термальных полей распространены почвы трех групп, выделяемых на Камчатке в пределах гидротермальных систем (Гольдфарб, 2005): 1) развивающиеся на аэральных пирокластических субстратах (без морфологических признаков гидротермального изменения); 2) развивающиеся на пирокластических субстратах, частично преобразованных гидротермальным процессом; 3) формирующиеся на гидротермальных субстратах. Установлено (Гольдфарб, 2005), что по мере приближения к осевой зоне термопроявлений сокращается общая мощность почв и мощности отдельных генетических горизонтов, изменяются основные диагностические признаки. Происходит утяжеление гранулометрического состава, одновременно изменяются водно-физические свойства почв.

Выделенные группы почв связаны с участками различной интенсивности гидротермального воздействия (Гольдфарб, 2005): почвы на аэральных пирокластических субстратах распространены за пределами термальных полей; почвы, частично преобразованные гидротермальным процессом, формируются в зоне слабого или умеренного гидротермального воздействия; почвы на гидротермальных субстратах формируются в зоне наиболее интенсивного гидротермального воздействия.

Наши исследования почвенных профилей на Верхнем и Восточно-Паужетском термальных полях подтверждают установленные закономерности связи между степенью трансформации морфологических особенностей почв и интенсивностью

гидротермального процесса. При этом динамика гидротермального процесса, проявляющаяся в активизации его на одних участках и в угасании на других, а также консервативность морфологических характеристик приводят к тому, что картина связи между морфологическим строением почв и интенсивностью **современного** гидротермального процесса значительно усложняется. В результате пространственная структура морфологических изменений почв неточно отражает пространственную структуру современного гидротермального процесса. Эта неточность выражается в том, что есть как случаи соответствия между степенью трансформации морфологических особенностей почв и интенсивностью современного гидротермального процесса, так и случаи противоречия этих явлений друг другу.

Рис. 3 иллюстрирует случаи противоречия между степенью трансформации морфологических особенностей почв и интенсивностью современного гидротермального процесса.



**Рис. 3.** Вариант первый: сходное морфологическое строение почвенных профилей — разные значения температурного градиента — разные фитоценозы.

Почвенные разрезы (Вос-1, Вос-2, Вос-3) свидетельствуют об интенсивном и длительном гидротермальном воздействии: отсутствует слоистость, свойственная вулканическим почвам, а также не прослеживаются погребенные горизонты. Значительная часть почвенного профиля во всех трех разрезах проработана до глин. При сходстве этих консервативных морфологических особенностей, температурные характеристики почвенных разрезов, свидетельствующие об интенсивности современного гидротермального процесса, резко отличаются. В качестве показателя тепловой интенсивности современного гидротермального процесса использован температурный градиент - характеристика, отражающая нарастание температуры в градусах Цельсия на единицу глубины. Вычисление этого показателя позволяет нивелировать различия в температуре почв, связанные с суточными и месячными колебаниями; температурный градиент использовался при характеристике геотермических условий термальных полей (Белоусов и др., 1976). Температурный градиент в разрезе Вос-1 составил  $0.32^{\circ}\text{C}/\text{см}$ , что соответствует высокой тепловой интенсивности гидротермального процесса, в разрезе Вос-2 температурный градиент составил  $0.19^{\circ}\text{C}/\text{см}$  (умеренная тепловая интенсивность гидротермального процесса), а в разрезе Вос-3 температурный градиент –  $0.09^{\circ}\text{C}/\text{см}$ , что соответствует слабой тепловой интенсивности гидротермального процесса. При сходных морфологических особенностях почвенных профилей приуроченные к этим участкам растительные сообщества оказываются разными (рис. 3), так же как разными являются средние температурные градиенты в этих почвенных профилях.

Подобные случаи расхождения между степенью трансформации морфологических особенностей почв и тепловой интенсивностью современного гидротермального процесса позволили оценить степень сопряженности фитоценозов, морфологических особенностей почв и интенсивности современного гидротермального процесса и на основе этого вычленили ведущие факторы.

Результаты анализа сопряженности между вышеперечисленными явлениями и факторами приведены в таблице. В качестве показателя интенсивности гидротермальной проработки почвенного профиля использована глубина горизонта синих глин. Поскольку по мере развития гидротермального процесса происходит увеличение мощности переработанных горизонтов, которые продвигаются вверх по профилю (Гольдфарб, 2005; Ерощев-Щак и др., 1977), глубина горизонта синих глин служит мерой длительности интенсивного гидротермального воздействия и степени трансформации морфологических характеристик почв. В качестве показателя тепловой интенсивности современного гидротермального процесса использован средний температурный градиент.

Сопоставление почвенных профилей под близкими по флористическому составу фитоценозами (разрезы В-3, В-22, таблица) показало значительные различия в степени гидротермальной проработанности почвенных профилей и в их морфологическом строении, о чем свидетельствует различная глубина горизонта синих глин. Но общим для сравниваемых экотопов явилось одинаковое значение среднего температурного градиента ( $0.56^{\circ}\text{C}/\text{см}$ ) (таблица).

Аналогично, сравнение разрезов Вос-1 и В-23 под полынно-лапчатковыми сообществами показало очень близкие значения среднего температурного градиента ( $0.32-0.33^{\circ}\text{C}/\text{см}$ ) (таблица). При этом в разрезе Вос-1 горизонт синих глин начинался с глубины 31 см, что свидетельствует об интенсивном и длительном гидротермальном процессе, а в разрезе В-23 этот горизонт отсутствовал (рис. 4). Сопоставление степени проработанности почвенного профиля и современного теплового режима позволило сделать заключение о направлении развития процесса – угасании в одном случае и активизации - в другом (разрез В-23).

Факторы, связанные с глубокой трансформацией морфологических особенностей почв под действием гидротермального процесса, такие как тяжелый гранулометрический состав, ухудшение водно-физических свойств, недостаток аэрации продолжают оказывать

влияние на растительность и после остывания субстратов. Тем не менее, они все же не препятствуют сукцессии, т. е. направленной смене растительных сообществ (рис. 3).

**Таблица.** Зависимость между фитоценозами, характеристиками температурного режима и морфологическими особенностями почв

Растительное сообщество	Разрез	Средний температурный градиент, °C/см	Глубина горизонта синих глин, см
<b>Полевицево-фимбристелисово-зеленомошное</b> ( <i>Fimbristylis ochotensis</i> . <i>Agrostis pauzhetica</i> . <i>Campylopus umbellatus</i> . <i>Aulacomnium palustre</i> )	<b>В-1</b>	0.86	94
<b>Полынно-зеленомошное</b> ( <i>Artemisia opulenta</i> . <i>Acetosella vulgaris</i> . <i>Rhytidiadelphus squarrosus</i> )	<b>В-3</b>	0.56	136
	<b>В-22</b>	0.56	68
<b>Лапчатковое</b> ( <i>Potentilla stolonifera</i> . <i>Rhytidiadelphus squarrosus</i> )	<b>В-2</b>	0.48	150
<b>Полынно-лапчатковое</b> ( <i>Potentilla stolonifera</i> . <i>Artemisia opulenta</i> )	<b>Вос-1</b>	0.32	31
	<b>В-23</b>	0.33	–
<b>Полынно-гераниевое</b> ( <i>Geranium erianthum</i> . <i>Artemisia opulenta</i> . <i>Potentilla stolonifera</i> . <i>Prunella asiatica</i> . <i>Sanguisorba tenuifolia</i> )	<b>Вос-2</b>	0.19	79
<b>Кровохлебковое</b> ( <i>Sanguisorba tenuifolia</i> . <i>Artemisia opulenta</i> . <i>Geranium erianthum</i> . <i>Plantago camtschatica</i> . <i>Dactylorhiza aristata</i> )	<b>Вос-3</b>	0.09	65

### Выводы

На основе анализа сопряженности фитоценозов, морфологических особенностей почв и интенсивности современного гидротермального процесса были сделаны следующие выводы:

1. Существует достаточно четкое соответствие между растительными сообществами и значениями среднего температурного градиента: полевицево-фимбристелисово-зеленомошное – 0.86°C/см; полынно-зеленомошное – 0.56°C/см; лапчатковое – 0.48°C/см; полынно-лапчатковое – 0.32-0.33°C/см; полынно-гераниевое – 0.19°C/см; кровохлебковое – 0.09°C/см.

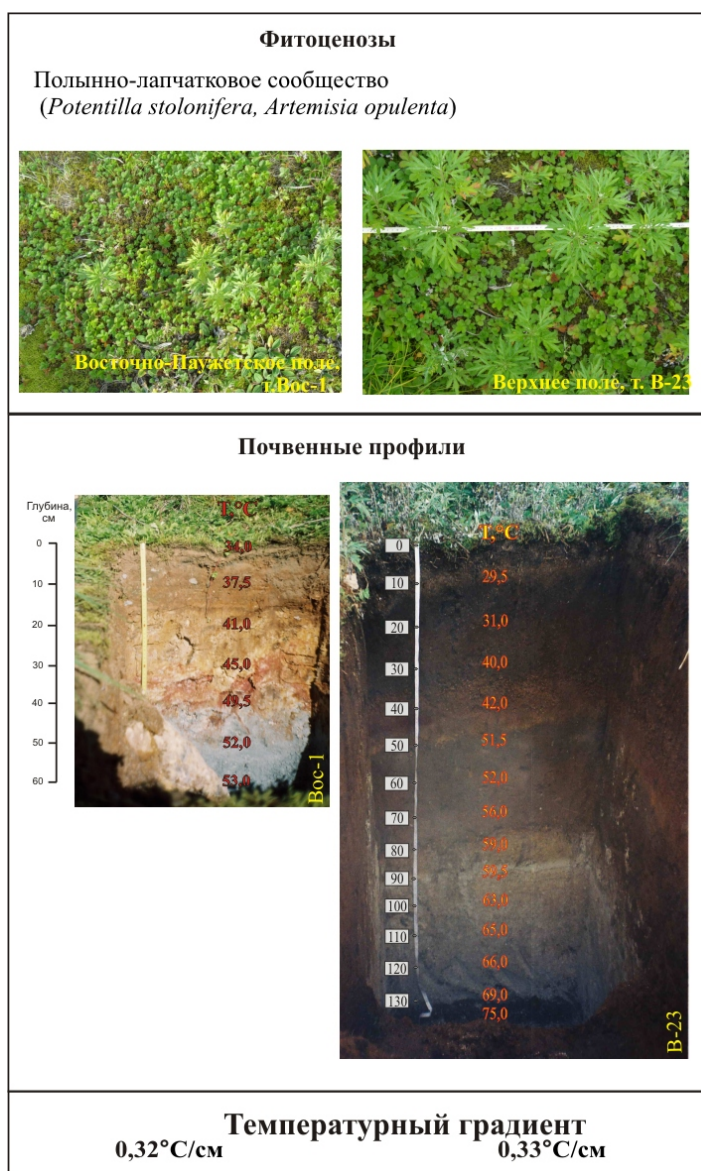
Этот вывод дополняет картину установленной ранее связи смен растительных сообществ с изменением температуры корнеобитаемого слоя почв по площади термального поля, а также с изменением совокупности показателей сезонной динамики температур почв (Самкова, 2007). С учетом всех аспектов установленной связи можно заключить, что существует четкое соответствие между растительными сообществами и следующими характеристиками: 1) температурой корнеобитаемого слоя почв (уровень горизонтальной структуры); 2) значениями среднего температурного градиента в почвах (уровень вертикальной структуры температурного поля в пределах почвенного профиля);

3) показателями сезонной динамики температур почв (уровень временной структуры температурного поля).

2. Растительные сообщества индицируют не конкретные почвенные различия, а интенсивность современного гидротермального процесса. Из этого следует, что:

а) длительность существования растительного сообщества зависит от продолжительности существования соответствующего экологического режима; изменение экологических условий по мере активизации или угасания гидротермального процесса влечет за собой сукцессионные изменения сообществ;

б) ведущими абиотическими факторами, детерминирующими смену сообществ, являются не консервативные характеристики, обусловленные гидротермальным процессом, такие как общая мощность почв, мощности отдельных генетических горизонтов, гранулометрический состав, а динамичные, изменчивые во времени факторы, существующие, пока существует интенсивный гидротермальный процесс, и исчезающие вместе с затуханием процесса. Такими ведущими факторами являются прогревание и поступление в корнеобитаемый слой почв гидротермального пара, сопровождающееся привносом солей и газов.



**Рис. 4.** Вариант второй: разное морфологическое строение почвенных профилей — близкие значения температурного градиента, а также температуры на глубине 50 см — близкие по флористическому составу фитоценозы.

## Список литературы

*Белоусов В.И., Сузробов В.М., Сузрובה Н.Г.* Геологическое строение и гидрогеологические особенности Паужетской гидротермальной системы // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток, 1976. С. 23-57.

*Гольдфарб И.Л.* Влияние гидротермального процесса на почвообразование (на примере Камчатки). Автореферат дисс. канд. геогр. наук. М., 2005. 24 с.

*Ероцев-Шак В.А., Набоко С.И., Карпов Г.А. и др.* Формирование глинистых минералов при низкотемпературном процессе (на примере кальдеры Узон) // Гидротермальный процесс в областях тектоно-магматической активности. М.: Наука, 1977. С. 172-183.

*Захарихина Л.В.* Почвообразование на кислых и основных разновозрастных вулканических пеплах // Почвоведение. 2006. № 9. С. 1229–1236.

*Зонн С.В., Карпачевский Л.О., Стефин В.В.* Лесные почвы Камчатки. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 340 с.

*Ливеровский Ю.А.* Почвы равнин Камчатского полуострова. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 132 с.

*Нешатаева В.Ю.* Растительные группировки окрестностей горячих ключей // Растительность Кроноцкого государственного заповедника (Восточная Камчатка). Труды Ботанического ин-та РАН. 1994. Вып. 16. С. 195-201.

*Нешатаева В.Ю., Чернядьева И.В., Нешатаев В.Ю.* Растительный покров территории Нижне-Кошелевских термальных источников (Южная Камчатка) // Бот. журнал. 1997. Т. 82. №.11. С. 65-79.

*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., Чернягина 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 как отражение пространственной структуры гидротермальных процессов (на примере термальных полей Паужетской гидротермальной системы) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007. № 2 Вып. 10. С. 87-101.

*Соколов И.А.* Вулканизм и почвообразование. 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.