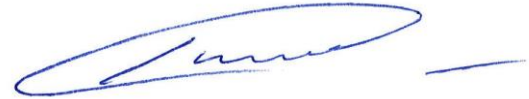


На правах рукописи



Пестеров Антон Олегович

**ЦЕНОТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОГО
ПОКРОВА ВОСТОЧНОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЯСА ПОЛУОСТРОВА
КАМЧАТКА**

03.02.08 – «Экология (в биологии)»

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Санкт-Петербург
2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ботаническом институте им. В.Л. Комарова Российской академии наук

Научный руководитель

доктор биологических наук, старший научный сотрудник

Нешатаева Валентина Юрьевна

Официальные оппоненты:

Черненкова Татьяна Владимировна,

доктор биологических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук, ведущий научный сотрудник

Мирин Денис Моисеевич,

кандидат биологических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический сад-институт Дальневосточного отделения Российской академии наук

Защита состоится 5 апреля 2017 года в 14:00 на заседании диссертационного совета Д 002.211.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ботаническом институте им. В.Л. Комарова Российской академии наук по адресу: 197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2.

Тел. (812) 372-54-42, факс (812) 372-54-43, dissovet.d00221102@binran.ru

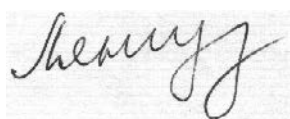
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук.

Автореферат разослан «__» февраля 2017 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

доктор биологических наук



Лянгузова Ирина Владимировна

Общая характеристика работы

Актуальность исследования. Вулканизм является ведущим природным фактором, влияющим на растительный покров полуострова Камчатки. Тем не менее, влияние современного вулканизма на структуру растительного покрова полуострова до настоящего времени изучено очень слабо.

Цели и задачи исследования: Цель работы – выявление ценотического разнообразия и особенностей структуры растительного покрова Восточного вулканического пояса Камчатки на примере территории Кроноцкого государственного биосферного заповедника. Были поставлены следующие задачи:

1. дополнить эколого-фитоценотическую классификацию растительности Кроноцкого государственного заповедника;
2. оценить влияние основных экологических факторов на растительный покров;
3. проанализировать структуру растительного покрова и выявить её важнейшие особенности, связанные с воздействием современного вулканизма;
4. составить серию крупно- и среднемасштабных геоботанических карт и планов модельных территорий.

Научная новизна: Впервые составлена серия карт растительности различного масштаба и геоботанических планов модельной территории; впервые выделены территориальные единицы растительного покрова, связанные с воздействием современного вулканизма и проанализированы закономерности их структуры; впервые разработана эколого-фитоценотическая классификация растительности вулканогенных местообитаний Кроноцкого заповедника.

Личный вклад автора. Диссертационная работа является результатом 3-х геоботанических экспедиций в Кроноцкий государственный заповедник (2011–2013 гг.), а также обработки массива полевых данных камчатских экспедиций кафедры Геоботаники СПбГУ. Личный вклад автора состоит в постановке задач, разработке методики исследований, планировании маршрутов, сборе и обработке

полевого материала, анализе наземных и дистанционных данных, проведении классификации растительности и ординации сообществ в многомерном пространстве факторов; составлении таблиц, диаграмм, карт растительности и геоботанических планов, анализе структуры растительного покрова.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты исследования вносят существенный вклад в изучение растительности полуострова Камчатка; углубляют знания о процессах, происходящих в растительном покрове под воздействием современного вулканизма. Изучены основные экологические факторы, влияющие на растительный покров. Полученные данные могут быть использованы для моделирования структуры растительного покрова в вулканических районах, при проектировании геотермальных электростанций и др.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, приложения; изложена на 270 страницах, в т.ч. приложение на 102 страницах; содержит 3 таблицы и 26 рисунков. Список литературы включает 172 источника, в том числе 8 на иностранных языках.

Положения, выносимые на защиту: 1) В районах Восточного вулканического пояса Камчатки под влиянием современного вулканизма происходит трансформация растительного покрова, выражающаяся в снижении доли участия фоновых растительных сообществ, повышении доли участия вулканогенных сообществ и группировок, а также увеличении фитоценотического разнообразия растительного покрова. 2) В результате вулканогенных нарушений формируются специфические растительные сообщества лавовых потоков, шлаковых полей. В окрестностях термальных источников возникают специфические термофильные растительные сообщества и группировки, а также инверсионные сообщества, обычно встречающиеся в пределах других высотных поясов, что обусловлено отепляющим воздействием гидротермопроявлений.

Апробация работы. Основные положения работы были доложены на Международной конференции European Vegetation Survey: EVS-20 Workshop, (Roma (Italy) April, 6–9, 2011); Всероссийской научной конференции

«Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы» (Санкт-Петербург, 20–24 сентября 2011 г.); XII Международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 14–15 декабря 2011 г.); Международной конференции EVS-21 Workshop, (Vienna (Austria) May, 24–27, 2012); IV Всероссийской школе–конференции «Актуальные проблемы геоботаники» (Уфа, 1–7 октября 2012 г.); II (X) Международной Ботанической конференции молодых ученых в Санкт-Петербурге (11–16 ноября 2012 г.); Региональной научной конференции «Ботанико-географические исследования внутриконтинентальной северо-восточной части криолитозоны Евразии» (Якутск, 20–21 марта 2013 г.); Рабочем совещании CBVM Workshop (Helsinki, February, 17–21, 2014); Международной конференции EVS-23 Workshop (Ljubljana (Slovenia), May, 7–12, 2014); Международной конференции EVS, 24 Workshop (Rennes (France) May, 4–8, 2015), заседаниях секции Геоботаники РБО.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 работ, в том числе 4 статьи в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Основное содержание работы

1.1. Общая характеристика района исследований

Восточный вулканический пояс расположен в восточной части п-ова Камчатка и тянется от Авачинской бухты до вулкана Шивелуч. Здесь насчитывается 28 действующих и 150 потухших вулканов. По сравнению с другими вулканическими поясами Камчатки, для Восточного пояса характерно преобладание средних и кислых продуктов вулканизма, а также развитие гидротермальных процессов; число исторических извержений действующих вулканов невелико (Действующие вулканы Камчатки, 1991). Для проведения исследований были выбраны ключевые участки с разной давностью нарушений и различной спецификой вулканических проявлений: вулканы Кроноцкий (высота 3521 м), Крашенинникова (1856 м), Кихпинич (1552 м), кальдеры вулканов Узон (1591 м), Крашенинникова, Большой Семячик (1739 м).

1.2 Природные условия района исследований

Рельеф Восточного вулканического пояса горный, вершины вулканов удалены от океана в среднем на 20–25 км. Подножия вулканов располагаются на высотах 600–700 м над ур. моря, образуя вулканические плато. Спуск к океану плавный, перепад высот в среднем составляет 300–500 м на 10 км. Наши исследования проводились на высотах от 20 до 1600 м над ур. моря.

Климат района морской, влажный. Средняя t° января–февраля $-8,-9^{\circ}\text{C}$, августа $+12-+13^{\circ}\text{C}$. Продолжительность вегетационного периода 130–140 дней. Среднегодовая сумма осадков 1000–1400 мм. Высота снежного покрова 1,5–2 м.

Почвы. Распространены слоисто-пепловые вулканические почвы. Они характеризуются полигенетичностью почвенного профиля, образованного чередованием погребенных горизонтов и пепловых прослоек (Соколов, 1973).

Флора сосудистых растений Кроноцкого заповедника насчитывает 728 видов, 308 родов и 86 семейств (Якубов, 2010). Бриофлора Кроноцкого заповедника изучена довольно подробно (Федосов, Кузьмина, 2014), ряд работ посвящен бриофлоре кальдеры Узон (Кузьмина, 2010; Потемкин и др., 2011) и Долины гейзеров (Федосов и др., 2015). Лихенофлора включает около 800 видов.

Фауна. В Кроноцком заповеднике обитает 54 вида млекопитающих, из них 15 видов включены в Красную книгу Камчатки, 11 видов – в Красную книгу РФ.

История исследований. Первые ботанические исследования проведены в 1908–1909 гг. под руководством В.Л. Комарова (Комаров, 1912). В 1974–1978 гг. на территории заповедника работала Камчатская геоботаническая экспедиция Ленинградского университета (ЛГУ) под руководством Ю.Н. Нешатаева. Особое внимание уделено термальной растительности Долины Гейзеров (Трасс, 1963; Рассохина, Чернягина, 1982; Чернягина, Рассохина, 1990). Геоботанические исследования в Кроноцком заповеднике продолжены в 2009–2015 гг. Камчатским геоботаническим отрядом БИН РАН под руководством В.Ю. Нешатаевой.

2. Материалы и методы

2.1. Полевые методы. Заложена серия пробных площадей на ключевых участках. Геоботанические описания выполняли по стандартной методике (Ипатов, 2000) на пробных площадях размером 5×5 м для растительных группировок лавовых потоков, 10×10 м для тундровых, луговых и стланиковых сообществ и 20×20 м для лесных сообществ. Для каждой пробной площади указывали высоту над уровнем моря, крутизну и экспозицию склона; отмечали положение в рельефе, особенности микрорельефа, характер увлажнения. Под фоновой мы понимаем растительность, сформированную на отложениях возрастом 11700 лет и старше. Всего выполнено 420 геоботанических описаний; для анализа также использовано 130 описаний экспедиций ЛГУ. На термальных полях заложено 12 трансектов с характеристикой степени увлажнения субстрата в баллах, температуры и *pH* корнеобитаемого слоя почвы. Для 4-х термальных полей Узона и 4-х полей вулк. Б. Семячик составлены геоботанические планы.

2.2. Методы обработки полевых материалов

2.2.1. Классификация растительности. При разработке классификации растительности использовали принципы и методы эколого-фитоценотической классификации. Под ассоциацией мы понимаем тип фитоценозов со сходной структурой и близким флористическим составом, которые отражают сходство взаимоотношений между растениями в сходных условиях местообитания. Для объективизации обработки данных использованы статистические методы анализа геоботанических материалов (Шмидт, 1984; Нешатаев, 1987; Джонгман, 1999; Новаковский, 2004; McCune, Peck, 2010; Meffod, 2011).

2.2.2. Ординация растительных сообществ и факторный анализ. Использованы методы ординации растительных сообществ в пакете PC-Ord (NMDS, DCA), с последующей экспертной интерпретацией и выявлением основных факторов, влияющих на распределение растительных сообществ в экологическом пространстве факторов. Для подтверждения полученных гипотез проводили однофакторный анализ по анализируемым факторам. Таким образом,

выявляли группы сообществ (ассоциации, группы ассоциаций), приуроченных к определенным условиям местообитания.

2.2.3. Анализ структуры растительного покрова. Под структурой растительного покрова мы понимаем закономерные сочетания или комбинации фитоценозов в пространстве, в зависимости от экологических факторов, а также их взаиморасположение между собой (Грибова, Исаченко, 1972). Растительный покров (РП) проанализирован на 3-х уровнях: Макроуровень: проанализирована высотная поясность растительности, охарактеризован РП кальдер и крупных лавовых потоков. Изучена зависимость структуры РП от основных экологических факторов (высоты над ур. моря, крутизны и экспозиции склонов). Размер контура при картографировании – от 1 га и больше. Мезоуровень: проанализирована поясная и внепоясная растительность, инверсионная растительность, РП гидротермальных проявлений, несомкнутая растительность (размер контура – менее 1 га). Микроуровень: проанализирован РП термальных полей.

Мы различаем высотно-поясную растительность, внепоясную растительность, инверсионную растительность. Мы выделяем следующие территориальные единицы (ТЕ) или комбинации: **комплексы** – комбинации на генетически однородной территории; **сочетания** – комбинации на генетически разнородной территории; **ряды** – совокупность закономерно сменяющих друг друга ТЕ, находящихся под воздействием одного или нескольких экологических факторов; **серии** – совокупность неустойчивых по видовому составу и структуре ТЕ – фрагментов растительных сообществ, расположенных определенным, либо случайным образом.

2.2.4. Геоботаническое картографирование. Составлена серия геоботанических карт и планов различного масштаба (М 1:300 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:500, 1:200). Для распознавания картографируемых единиц использовали комплексный подход. Геоботанические карты М 1: 50 000 и меньше создавали на основе космических снимков Landsat 7 и SAS-Planet; данных геоботанических описаний с GPS-привязкой, топоосновы и карты растительности Кроноцкого

заповедника М 1:100 000. Применяли методы экспертного дешифрирования ДДЗЗ на основе полевых данных. Геоботанические планы термальных местообитаний составляли на основе натурной съёмки РП.

3. Классификация растительности Восточного вулканического пояса Камчатки

3.1. Высотно-поясная растительность. В пределах Восточного вулканического пояса выражены три высотных пояса: пояс каменноберезовых лесов, пояс ольхового и кедрового стланика и горнотундровый пояс. Каменноберезовые леса подразделяются на фоновые высотно-поясные и внепоясные (инверсионные) каменноберезняки. К фоновой растительности района исследований относятся следующие синтаксоны:

Формация *Betuleta ermanii* – каменноберезовые леса. Выделено 6 групп ассоциаций и 18 ассоциаций. Группы асс.: *Betuleta ermanii varioherbosa* (Балмасова, 1994), *Betuleta ermanii althiherbosa* (Балмасова, 1994), *Betuleta ermanii filicosa* (Балмасова, 1994), *Betuleta ermanii calamagrostidosa* (Балмасова, 1994), *Betuleta ermanii fruticulosa* (Балмасова, 1994).

Формация *Pineta pumilae* – кедрового стланика: 9 групп ассоциаций и 13 ассоциаций. Группы асс. *Pineta pumilae pura* (Нешатаева, 2011), *Pineta pumilae hylocomiosa* (Нешатаева, 2011), *Pineta pumilae sphagnosa* (Нешатаева, 2011), *Pineta pumilae fruticulosa* (Нешатаева, 2011), *Pineta pumilae herbosa* (Нешатаева, 2011), *Pineta pumilae pteridosa* (Нешатаева, 2011), *Pineta pumilae rhododendrosa* (Нешатаева, 2011), *Pineta pumilae lichenosa* (Нешатаева, 2011).

Формация *Alneta kamtschaticae* – ольхового стланика: 4 группы ассоциаций и 4 ассоциации. Группы асс. *Alneta kamtschaticae pteridosa* (Нешатаева, 2009), *Alneta kamtschaticae calamagrostidosa* (Нешатаева, 2009), *Alneta kamtschaticae fruticulosa* (Нешатаева, 2009), *Alneta kamtschaticae pura*.

Формация *Saliceta pulchrae* – ивняки из ивы красивой: 2 ассоциации.

Горнотундровая растительность. Мы выделяем единый тундровый тип растительности, включающий 7 классов формаций, 8 групп формаций, 12 формаций и 20 ассоциаций.

Класс формаций *Cladonietosa* (Нешатаев, Храмов, 1994), группа формаций *Cladinetosum* (Нешатаев, Храмов, 1994), формация *Cladineta arbusculae-rangiferinae* (Нешатаев, Храмов, 1994).

Класс формаций *Flavocetrarietosa* (Нешатаев, Храмов, 1994), группа формаций *Flavocetrarietosum* (Нешатаев, Храмов, 1994), формации: *Flavocetrarieta* (Нешатаев, Храмов, 1994), *Bryocauleta*, *Stereocauleta* (Нешатаев, Храмов, 1994).

Класс формаций *Rhododendretosa aurei* (Нешатаев, Храмов, 1994), группа формаций *Rhododendretosum aurei* (Нешатаев, Храмов, 1994), формация *Rhododendreta aurei* (Нешатаев, Храмов, 1994).

Класс формаций *Vaccinieta uliginosii – Empetretosa* (Нешатаев, Храмов, 1994), группа формаций *Arctoetosum alpinii*: формация *Arctoeta alpinii*; группа формаций *Empetretosum*: формация *Vaccinieta uliginosii* (Нешатаев, Храмов, 1994); группа формаций *Salicetosum arcticae*: формация *Saliceta arcticae* (Нешатаев, Храмов, 1994).

Класс формаций *Loiseleurietosa procumbentis* (Нешатаев, Храмов, 1994), группа формаций *Loiseleurietosum* (Нешатаев, Храмов, 1994), формации: *Loiseurieta procumbentis* (Нешатаев, Храмов, 1994), *Empetreta sibirici*.

Класс формаций *Betuletosa nanae* (Нешатаев, Храмов, 1994), группа формаций *Betuletosum nanae*: формация *Betuleta exilis* (Нешатаев, Храмов, 1994).

К л а с с ф о р м а ц и й *Racomitrietosa*, группа формаций *Racomitrietosum*: формация *Racomitrieta*.

3.2. Внепоясная растительность.

Формация *Abieteteta gracilis*: 2 ассоциации.

Приморские тундры. Класс формаций *Loiseleurietosa procumbentis*, формация *Empetreta sibirici* (Нешатаева, 2009).

Растительность болот: Тип растительности *Phragmitetion* – (Нешатаева, 2009): формация *Uligniherbeta* (Zinzerling, 1929); Тип растительности *Sphagnetion* (Нешатаева, 2009): формации: *Sphagneta*, *Herbosphagneta*, *Hypneta*.

Луговая растительность: 5 формаций, 5 ассоциаций. Формация *Filipenduleta camtschaticae* (Нешатаева, 2009), формация *Calamagrostideta langsdorfii* (Нешатаева, 2009), формация *Saussurieta-Geranieta* (Нешатаева, 2009), формация *Irideta setosii* (Нешатаева, 2009), формация *Sanguisorbeta officinalis* (Нешатаева, 2009).

3.3. Вулканогенная растительность.

Внепоясные инверсионные каменноберезняки. 5 групп ассоциаций, 8 ассоциаций. **Внепоясные папоротниковые сообщества:** 1 группа формаций, 2 формации, 2 ассоциации.

Серийные сообщества и группировки шлаковых полей и лавовых потоков. Критерием для выделения несомкнутых группировок являлось проективное покрытие видов различных экобиоморф. Принимали следующие значения проективного покрытия: для мхов и лишайников <40 %; для трав и кустарничков <25 %; для кустарников и стлаников <15 %; для деревьев <10 %. Серийные сообщества и группировки объединяли в **типы** на основании структурно-морфологических признаков. **Типы** несомкнутых группировок объединяются в **группы типов** по аспектирующей экобиоморфе.

Сомкнутые серийные сообщества: Класс **лишайниковых** сообществ, группа **лишайниковых** сообществ: тип сообществ **ракомитриево-лишайниковый**, тип сообществ **остролодочниково-стереокаулевый**.

Класс **кустарничковых сообществ**, группа **кустарничковых сообществ**: типы сообществ: **лишайниково-кустарничковый**, **разнотравно-стереокаулево-филлодоцевый**, **разнотравно-кустарничковый**, **ивковый** (преобладает *Salix chamissonis*), **лишайниково-ивковый**, **остролодочниково-кустарничковый**.

Класс *разнотравных* сообществ, группа *разнотравных* сообществ: типы сообществ: *шикшево-полынный*, *разнотравный*, *лишайниково-разнотравный*; группа *остролодочниковых* сообществ: тип сообществ *остролодочниковый*.

Пионерные группировки: Класс *травяных* группировок, группа *разнотравных* группировок: типы группировок: *разнотравно-кустарничковый*, *стереокаулево-разнотравный*, *леймусовый*.

Сообщества и группировки лавовых потоков: группа *лишайниковых* сообществ, типы сообществ: *мохово-лишайниковый*, *кустарничково-лишайниковый*; группа *лишайниковых* группировок, типы группировок: *лишайниково-кустарничковый*, *мохово-лишайниковый*; группа *печеночниковых* сообществ, тип сообществ *кустарничково-печеночниковый*.

Сообщества термальных полей. На термальных полях выявлено 6 типов растительности, 8 классов формаций, 16 формаций, 28 ассоциаций.

Термальные луга. Класс формаций *Prata thermophytica* – термофильные луга: формация *Fimbristileta ochotensi*, формация *Calamagrostideta purpurei*, формация *Junceta filiformis*, формация *Cariceta thermophytica*.

Кустарничковые сообщества термальных полей. Класс формаций *Vaccinieta uliginosii–Empetretosa* (thermophytica) – термофильные кустарничковые пустоши: формация *Vaccinieta uliginosii*, формация *Empetreta nigri*.

Кустарничковые сообщества термальных полей. Класс формаций *Salicetosa pulchrae* – бореальные и субарктические мезофитные листопадные кустарники, формация *Spiraeta beauverdianaе*, формация *Betuleta exilis*.

Сообщества термофильных лишайников. Класс формаций *Cladonietosa* – лишайниковые пустоши: формация *Cladonieta granulantis*. Класс формаций *Placynthielletosa*: формация *Placynthiellata uliginosii*.

Термальные болота. Класс формаций *Sphagnetosa* (thermophytica) – термофильно-сфагновый: формация *Sphagneta* (thermalis). Класс формаций *Hypnetosa* – гипновый: формация *Polytricheta jenseni*, формация *Polytricheta juniperinii*, формация *Plagiobryeta*.

Термофильно-печеночниковые сообщества. Класс формаций *Hepaticosa* – Печеночниковые ковры: формация *Gymnocola thermalis*.

4. Ординация синтаксонов в пространстве экологических факторов.

Макроуровень: основным фактором, влияющим на структуру РП, является высота над уровнем моря, перераспределяющая поступление тепла и осадков. Выделено 3 высотных пояса растительности: пояс каменноберезовых лесов – от побережья океана до 350 м над ур. моря; стланиковый пояс – 350–1000 м.; горнотундровый пояс – 950–1600 м.

Мезоуровень: выражены закономерности распределения формаций и типов растительности по высотному градиенту. *Кедровые стланики* встречаются в 2-х высотных диапазонах: 1) 10–400 м над ур. моря; где приурочены к приморским районам; 2) 400–1500 м – в поясе стлаников; *Ольховые стланики* также встречаются на 2-х высотных уровнях: 1) 350–700 м; 2) 700–1000 м – в поясе стлаников. *Горные тундры* встречаются в пределах 3-х высотных подпоясов: 1) 660–700 м – инверсионные тундры кальдеры Узон, которые встречаются в поясе стлаников; 2) 700–1100 м – в горнотундровом поясе; 3) 1100–1600 м над ур. моря – высокогорные тундры (дриадовые, лишайниковые, ракомитриевые).

Для стланиковой и горнотундровой растительности характерна дифференциация по высотным ступеням на уровне ассоциаций, а для высокогорных лишайниковых тундр и микротермных моховых тундр – на уровне групп формаций. Высотные диапазоны сообществ на мезоуровне, также как и на макроуровне, значительно перекрываются, образуя мезокомбинации (рис. 1).

Инверсионные каменноберезняки встречаются на высотах 580–750 м, т.е. заходят в стланиковый пояс; они приурочены к окрестностям термальных полей кальдеры Узон. Сообщества каменноберезняков ольховниковых приурочены к Ю и З склонам крутизной 10–20°, на высотах 700–750 м. Инверсия каменноберезовых лесов в стланиковый пояс связана с наличием выноса тепла с термальных полей, повышающего температуру почвы и воздуха, а также с

наличием местообитаний, закрытых от холодных ветров крутыми склонами кальдеры, что обеспечивает особый микроклимат.

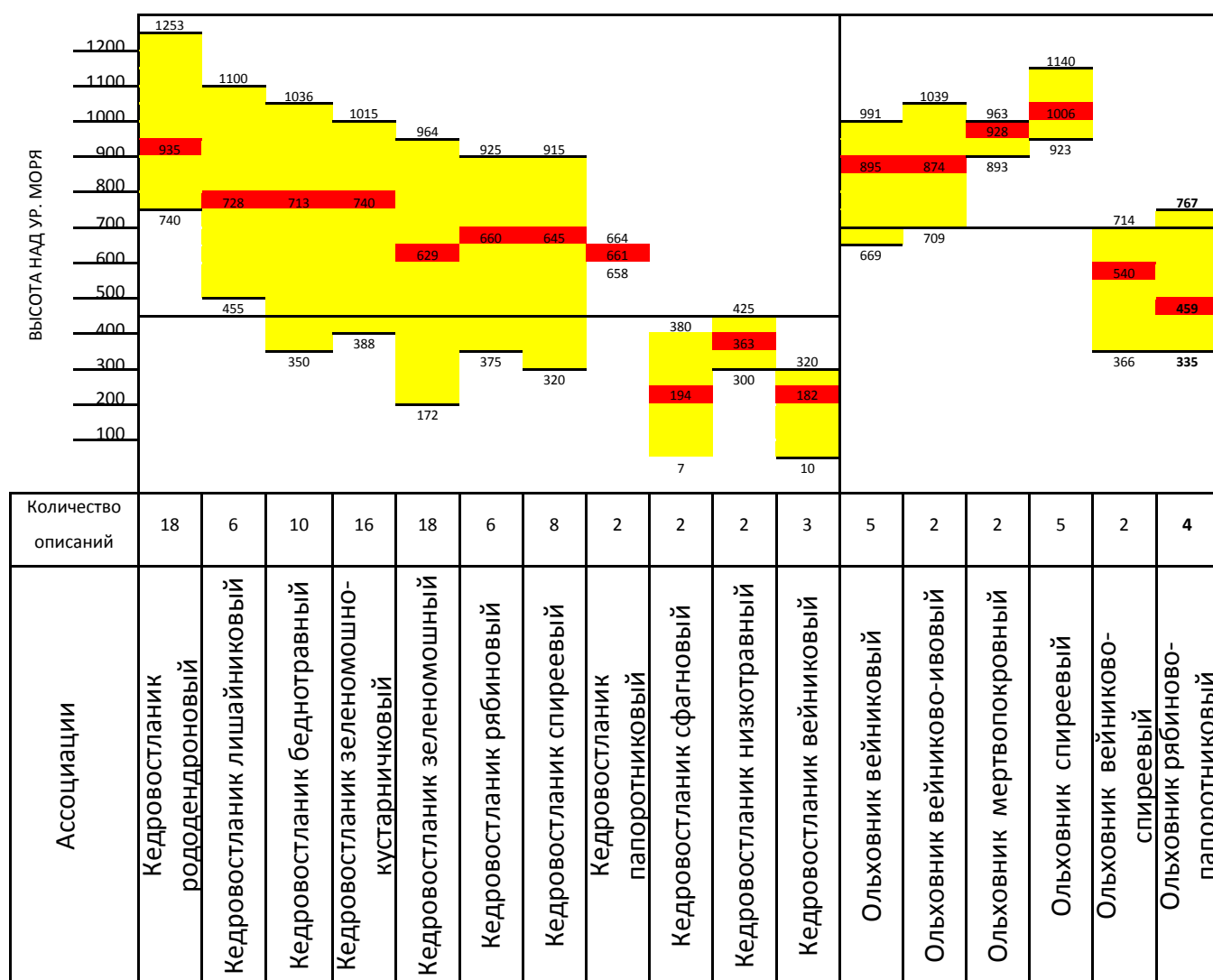


Рис. 1. Схема распределения стланиковых сообществ по высотному градиенту

4.1 Микроуровень. Отображаются ценотическое разнообразие и структура РП термальных полей. Растительность термальных полей хорошо отличается от фоновой растительности изучаемой территории. Структура РП термальных местообитаний связана с t° почвы, увлажнением, pH субстрата и др. Для выявления экологических различий между термальными сообществами выполнена ординация в комплексных осях с учетом степени увлажнения, t° и pH корнеобитаемого слоя.

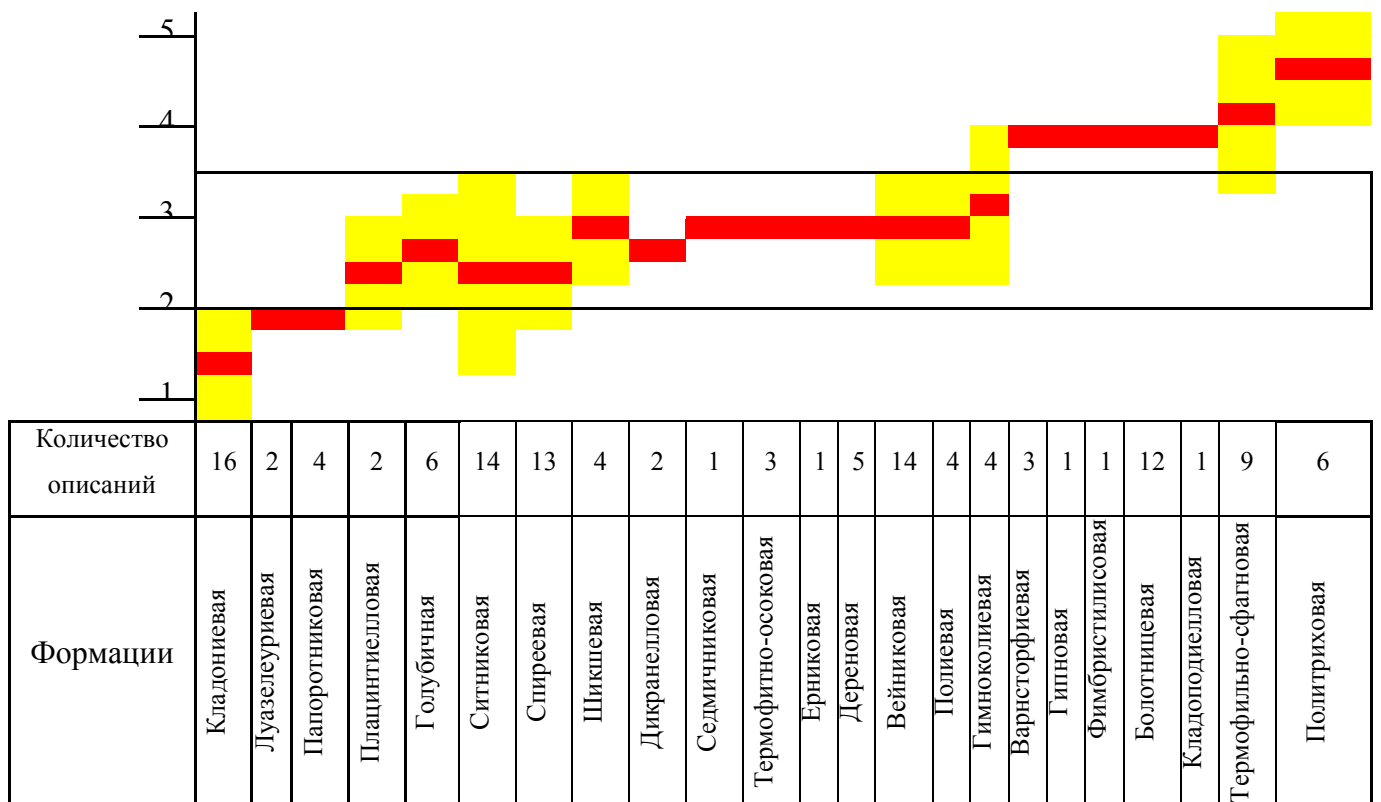


Рис. 2. Распределение термальных сообществ по градиенту увлажнения

По градиенту увлажнения термальные сообщества делятся на 2 группы: мезофильные – кладониевые пустоши, орляковые и луазелеуриевые сообщества; гигрофильные – политриховые ковры, сфагновые и гипновые термальные болота. По температурному градиенту выделяются: фимбристилисовые сообщества (*Fimbristylis ochotensis*), t° корнеобитаемого слоя 46–52 $^{\circ}\text{C}$; болотнищевые сообщества (*Eleocharis kamtschatica*, *E. quinqueflora*) – 30–37 $^{\circ}\text{C}$; вейниковые сообщества (*Calamagrostis purpurea*, *C. angustifolia* subsp. *tenuis*) – 22–34 $^{\circ}\text{C}$. Таким образом, состав и структура РП термальных полей обусловлены набором и сочетанием специфических факторов, значительно отличающихся от фоновых условий, в связи с чем растительные сообщества термальных местообитаний не подчиняются высотно-поясным закономерностям. Во всех изученных термальных местообитаниях наблюдаются микропоясные ряды растительности, связанные с t° субстрата, значением pH и градиентом увлажнения. В ряде случаев отмечена не концентрически-поясная, а неупорядоченная структура РП, объясняющаяся перекрыванием различных факторов. Число видов в фитоценозах и суммарное

проективное покрытие возрастает от центра термального поля к его периферии, по мере уменьшения температуры корнеобитаемого слоя. Результаты наших исследований подтверждают данные Т.Ю. Самковой (2007, 2009), полученные на Паужетском гидротермальном поле (Южная Камчатка).

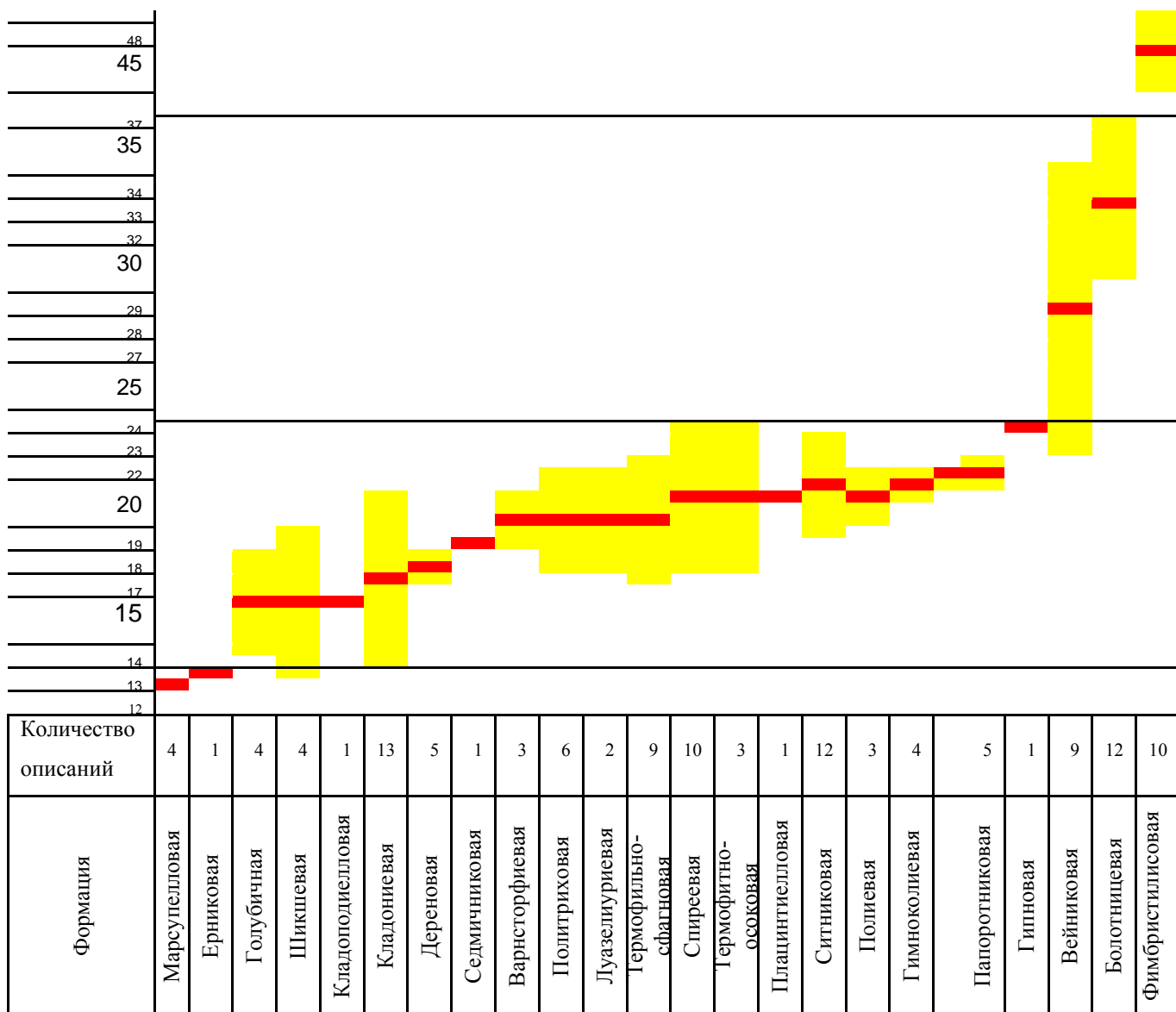


Рис. 3. Распределение термальных сообществ по температуре корнеобитаемого слоя

почвы

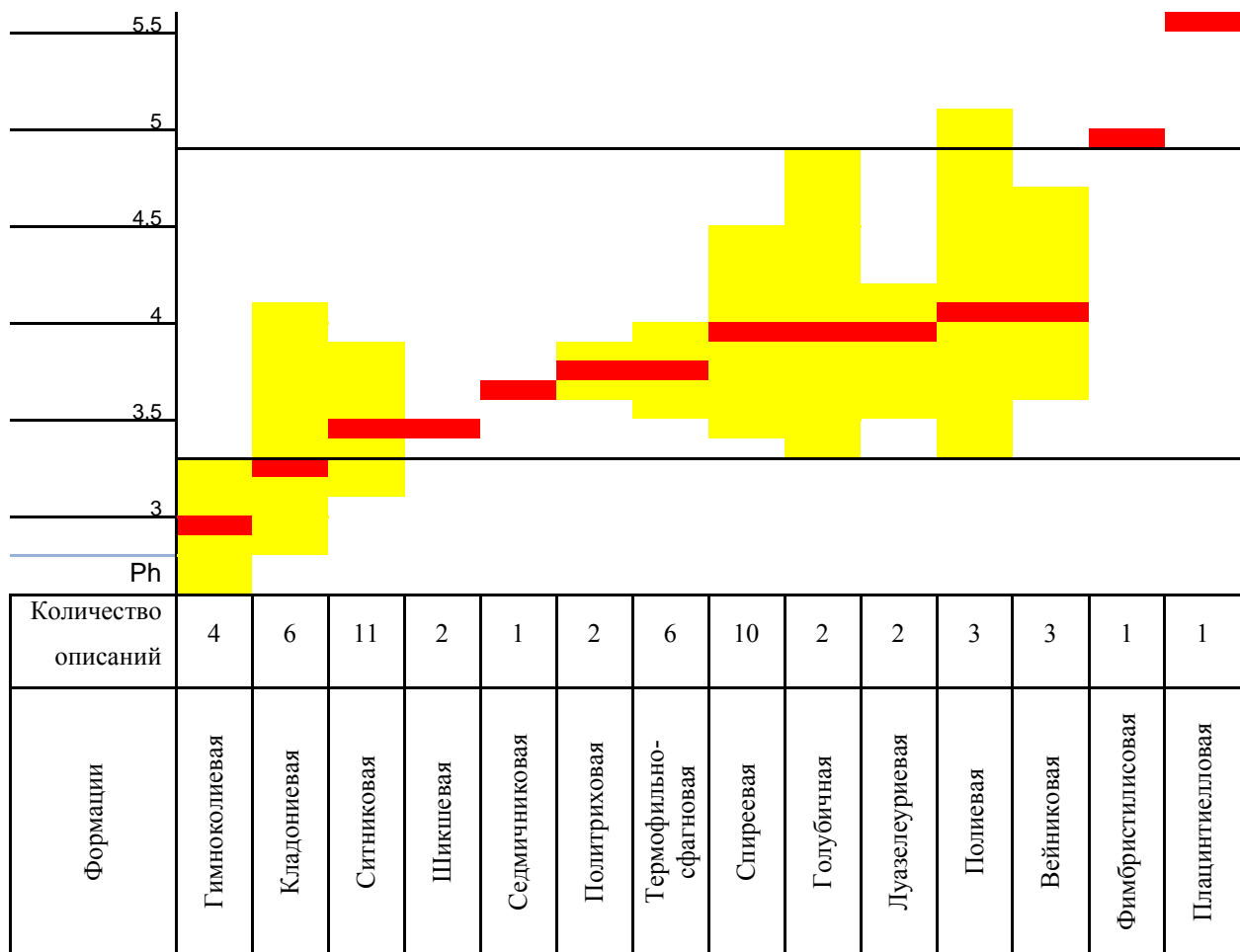


Рис. 4. Распределение термальных сообществ по значениям pH корнеобитаемого слоя почвы

5. Геоботаническое картографирование территории исследований и картометрический анализ.

5.1 Среднемасштабное геоботаническое картографирование.

Составлена среднемасштабная геоботаническая карта (М 1: 300 000). При среднемасштабном картографировании крупные подразделения легенды выделяются по высотной поясности, заголовки выделяются по формациям (для лесной и стланиковой растительности), типам растительности (для тундровой и внепоясной растительности). Сочетания занимают 25 % территории. Выделены следующие мезокомбинации: 1) сочетания каменноберезняков и ольховых стлаников – внедрение каменноберезняков, заходящих по долинам и распадкам в стланиковый пояс; 2) сочетания кедровых и ольховых стлаников; 3) сочетания кедровых стлаников и горных тундр; 4) сочетания ольховых стлаников и горных

тундр. Составлен график зависимости коэффициента формы от размера контура (рис. 5). Показано, что, чем больше площадь, тем больше коэффициент формы, т.е. бóльшие контуры имеют более вытянутую форму. Распределение коэффициентов формы по типам растительности показывает, контуры каких сообществ имеют более правильную форму. На карте видно, что ольховые стланики опоясывают кальдеры вулканов, в которых преобладает горнотундровая растительность.

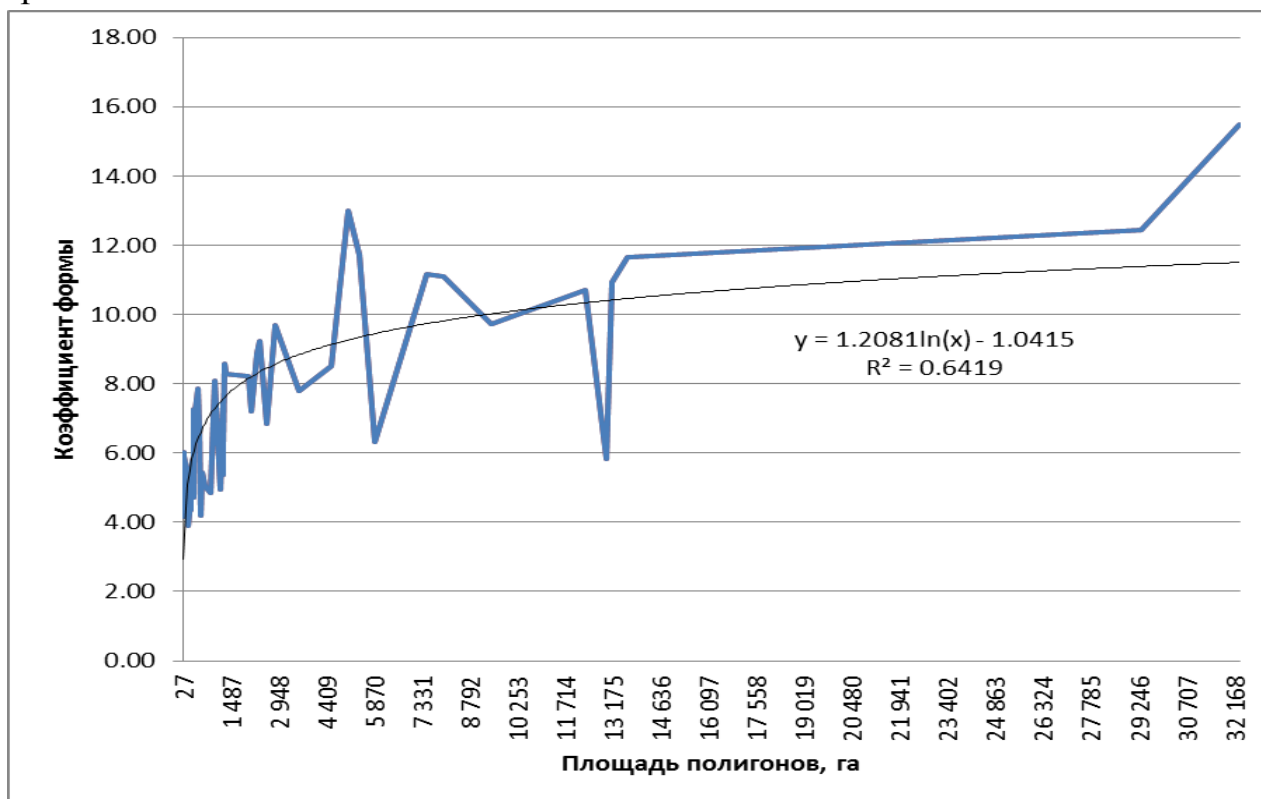


Рис. 5. Зависимость коэффициента формы растительных контуров от их размера

5.2. Крупномасштабное геоботаническое картографирование

Карта растительности кальдеры вулкана Крашенинникова (М 1:50 000). Площадь кальдеры 28000 га. Вулканическая активность выражается в формировании крупных лавовых потоков, шлаковых конусов и шлаковых полей. На карте прослеживается пояс ольховых стлаников, остальная растительность представлена более мелкими контурами в виде мозаики. Неоднородность РП связана с внедрением стланиковой растительности в горно-тундровый пояс; наблюдаются сочетания стланиковых и горно-тундровых сообществ с серийными

сообществами и пионерными группировками, что связано с неравномерным зарастанием лавовых потоков и шлаковых полей, подвижностью субстрата, ветровой и водной эрозией. Сообщества кедрового и ольхового стланика занимают 30% территории кальдеры, горные тундры – 7%, сочетания кедровых и ольховых стлаников и горных тундр – 9%. Остальные 54 % площади заняты вулканогенной растительностью.

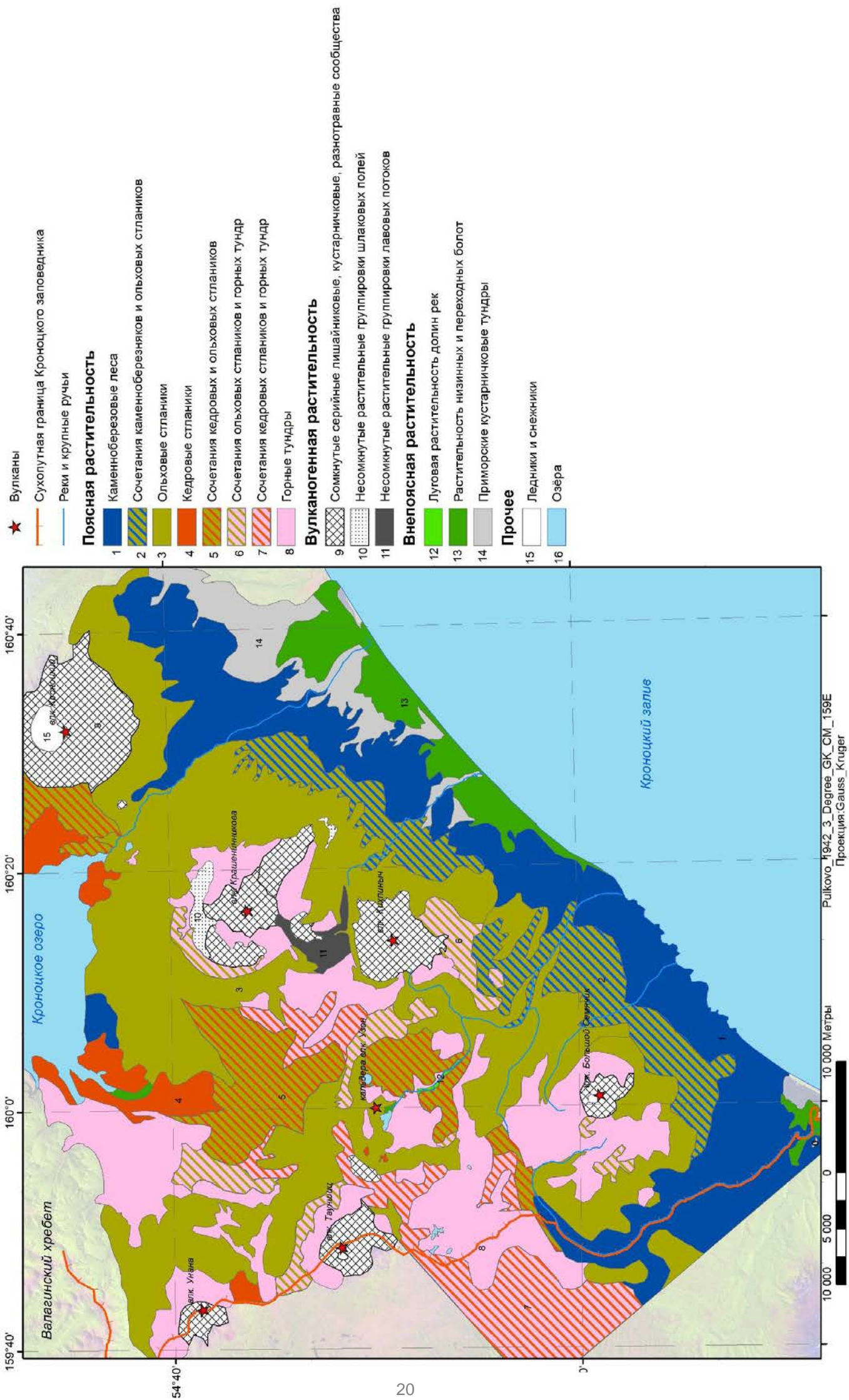
Карта растительности кальдеры вулкана Узон (М 1:30 000). В кальдере Узон вулканогенная растительность занимает 7% территории, в то же время, ее фитоценоотическое разнообразие здесь существенно выше (65 ассоциаций), что объясняется мелкоконтурностью растительного покрова. Разнообразие поясной и внепоясной растительности – 70 ассоциаций, а вулканогенной растительности кальдеры Крашенинникова – 25 типов серийных сообществ. В районе Восточного термального поля кальдеры Узон наблюдается увеличение мозаичности РП и уменьшение площади контуров.

Таким образом, новейший и современный вулканизм существенно влияет на структуру растительного покрова: усложняется картина высотной поясности растительности; нарушаются соотношения площадей фоновых растительных сообществ; возникает инверсия растительных поясов; уменьшается средняя площадь картографируемых единиц; увеличивается фитоценоотического разнообразие.

Карта растительности Восточного вулканического пояса в пределах Кроноцкого заповедника

Условные обозначения

1:300 000



Пулково 1942_3_Degree_GK_CM_159E
Проекция:Gauss_Kruger

10 000 5 000 0 10 000 Метры

Карта растительного покрова кальдеры вулкана Крашенинникова

М 1 : 50 000

ЛЕГЕНДА

ПОЯСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ СТЛАНКОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

- 1 Кедровые стланики
- 2 Ольховые стланики
- 3 Сочетания сообществ ольховых стлаников и листопадных кустарничковых горных тундр
- 4 Сочетания сообществ ольховых стлаников и серийных лавово-разнотравных сообществ

ГОРНОТУНДРОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

- 5 Желтые лишайниковые горные тундры
- 6 Листопадные кустарничковые горные тундры
- 7 Сочетания кустарничково-лишайниковых горных тундр и кедровых стлаников
- 8 Сочетания кустарничковых горных тундр и пионерных группировок
- 9 Ракотриновые горные тундры

ВУЛКАНОГЕННАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ШЛАКОВЫХ ПОЛЕЙ

- 10 Пионерные группировки
- 11 Массивные серийные сообщества
- 12 Разнотравные серийные сообщества
- 13 Сочетания пионерных группировок и серийных ивовых сообществ
- 14 Сочетания пионерных группировок и ольховых стлаников

РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ЛАВОВЫХ ПОТОКОВ

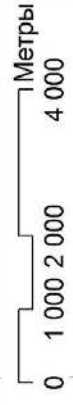
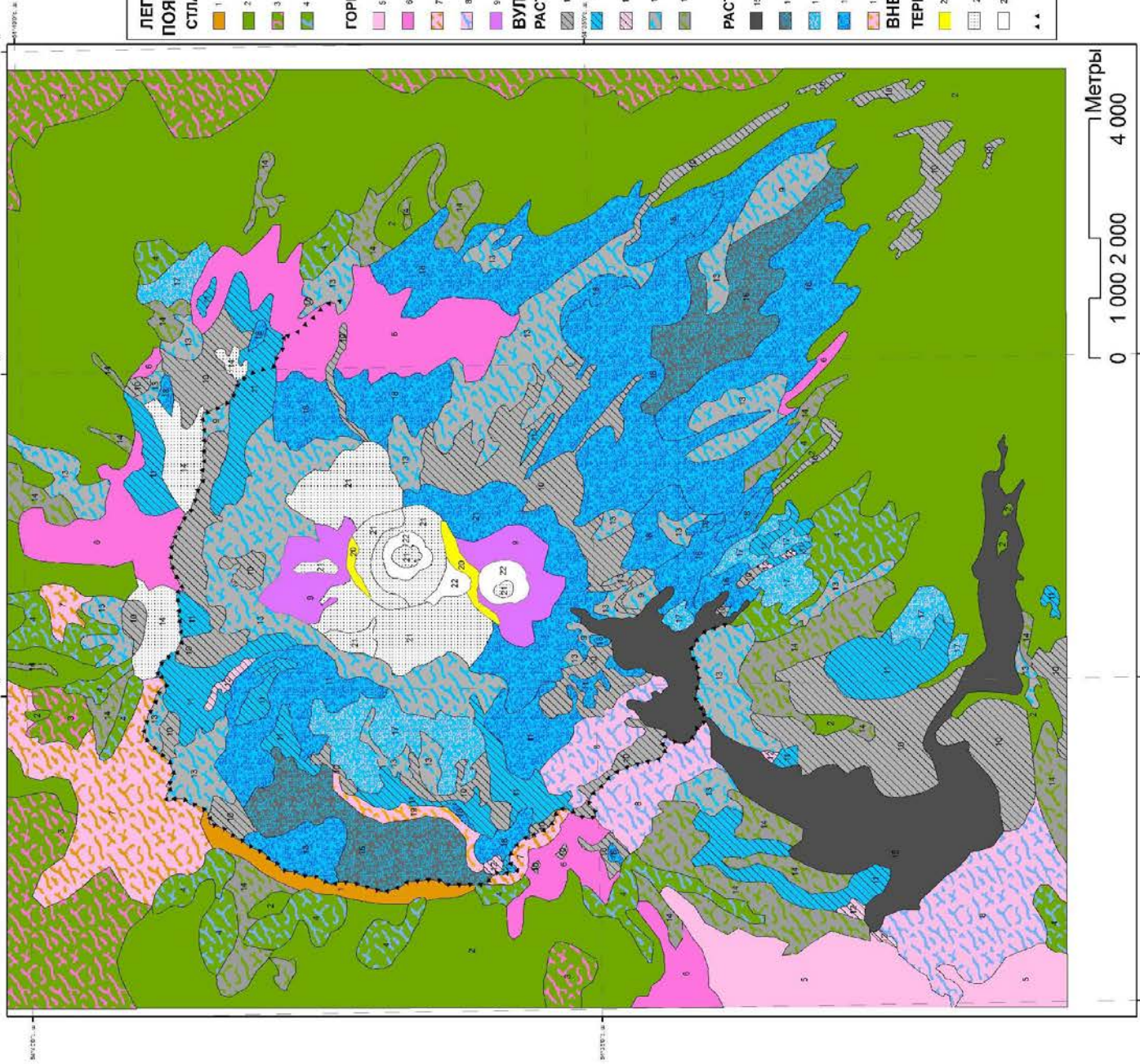
- 15 Агрегации на молодых лавовых потоках
- 16 Лишайниковые сообщества зарастающих лавовых потоков
- 17 Кустарничковые серийные сообщества
- 18 Ивово-лишайниковые серийные сообщества
- 19 Сочетания сообществ кедрового стланика и лишайниковых сообществ зарастающих лавовых потоков

ВНЕПОЯСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

ТЕРРИТОРИИ С РАЗРЕЖЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ИЛИ БЕЗ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

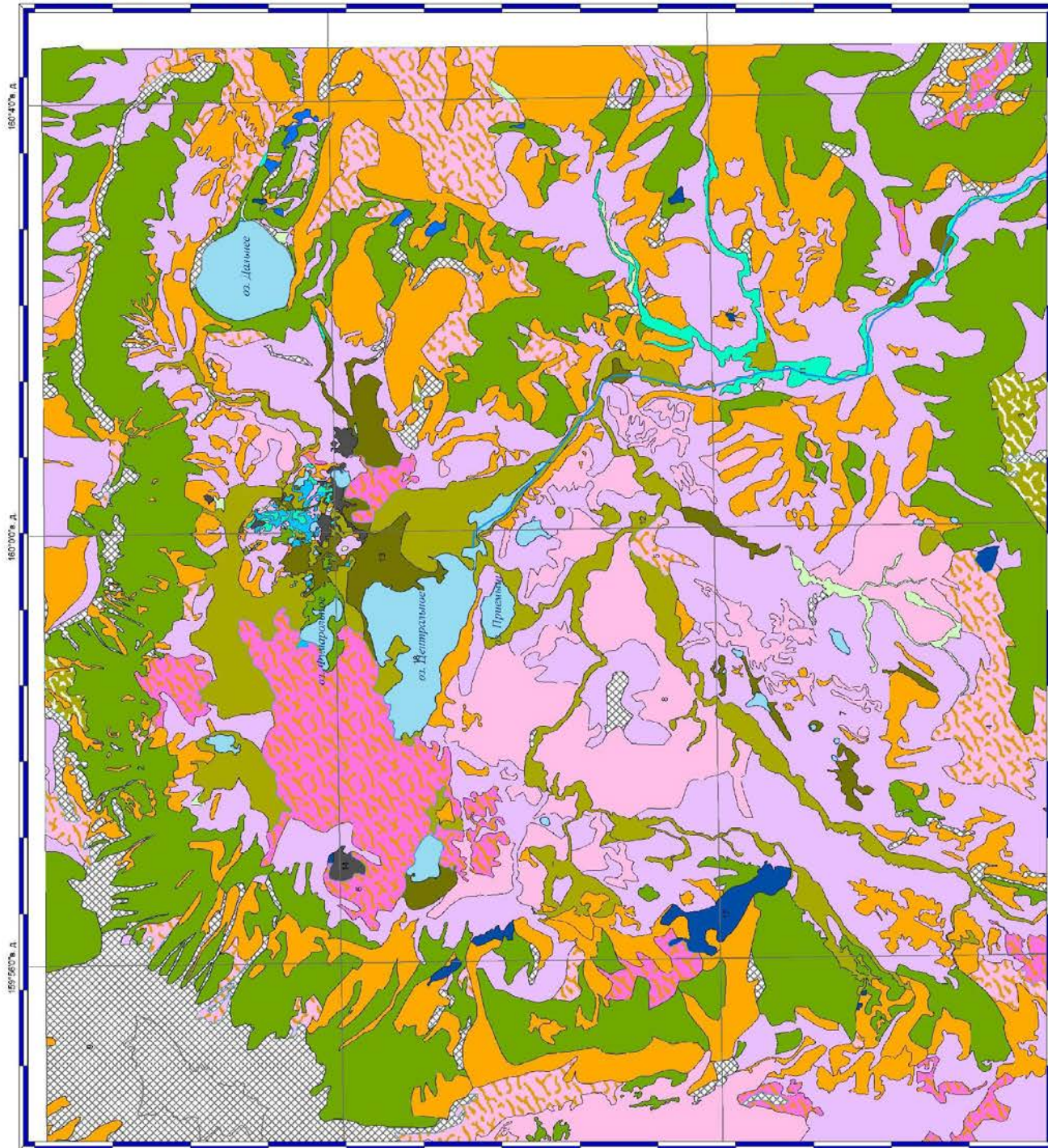
- 20 Пеленкиниевые группировки
- 21 Растительные группировки каменных осыпей и шлаковых полей
- 22 Снежинки

▲▲ Граница кальдеры вулкана Крашенинникова



Карта растительного покрова кальдеры вулкана Узон

1:30 000



- Условные обозначения**
- Поясная растительность**
- Сланниковая растительность**
- 1 Кедровые сланники
 - 2 Ольховые сланники
 - 3 Сочетания ольховых сланников и растительных группировок оселей
- Тундровая растительность**
- 4 Сочетания кустарничковых горных тундр и ольховых сланников
 - 5 Сочетания лишайниковых горных тундр и кедровых сланников
 - 6 Сочетания кустарничковых горных тундр и кедровых сланников
 - 7 Кустарничковые горные тундры
 - 8 Лишайниковые и лишайниково-кустарничковые горные тундры
- Растительность оселей**
- 9 Растительные группировки оселей
- Внепоясная растительность**
- Кустарниковая растительность**
- 10 Ульвовые сообщества из Salix pulchra
- Луговая растительность**
- 11 Высокотравные и разнотравные луга
- Растительность болот**
- 12 Переходные болота
 - 13 Низинные болота
- Термофильная растительность**
- 14 Растительность термальных полей
- Инверсионная растительность**
- Лесная инверсионная растительность**
- 15 Каменистоберезняки ольховосланниковые
 - 16 Каменистоберезняки разнотравные
 - 17 Каменистоберезняки кедровосланниковые
- 18 Озера
- Речи

Рулкото, 1942.3. Degree GK, CM, 199E
Проекция Gauss_Kruger

2 000 1 000 0 2 000 Метры

5.3. Геоботанические планы. Составлено 6 геоботанических планов термальных полей (М 1:200, 1:300, 1:500) общей площадью 0,5 га. В окрестностях крупных термальных источников хорошо прослеживается микропоясность: выделяются: серии вокруг сухих сольфатаров; серии вдоль термальных ручьев. Площади кустарниковой, кустарничковой, луговой, болотной и лесной растительности распределены относительно равномерно, наименьшую площадь занимают печёночниковые ковры (рис. 6). Площади контуров термальных сообществ, как правило, не превышают 100 м².

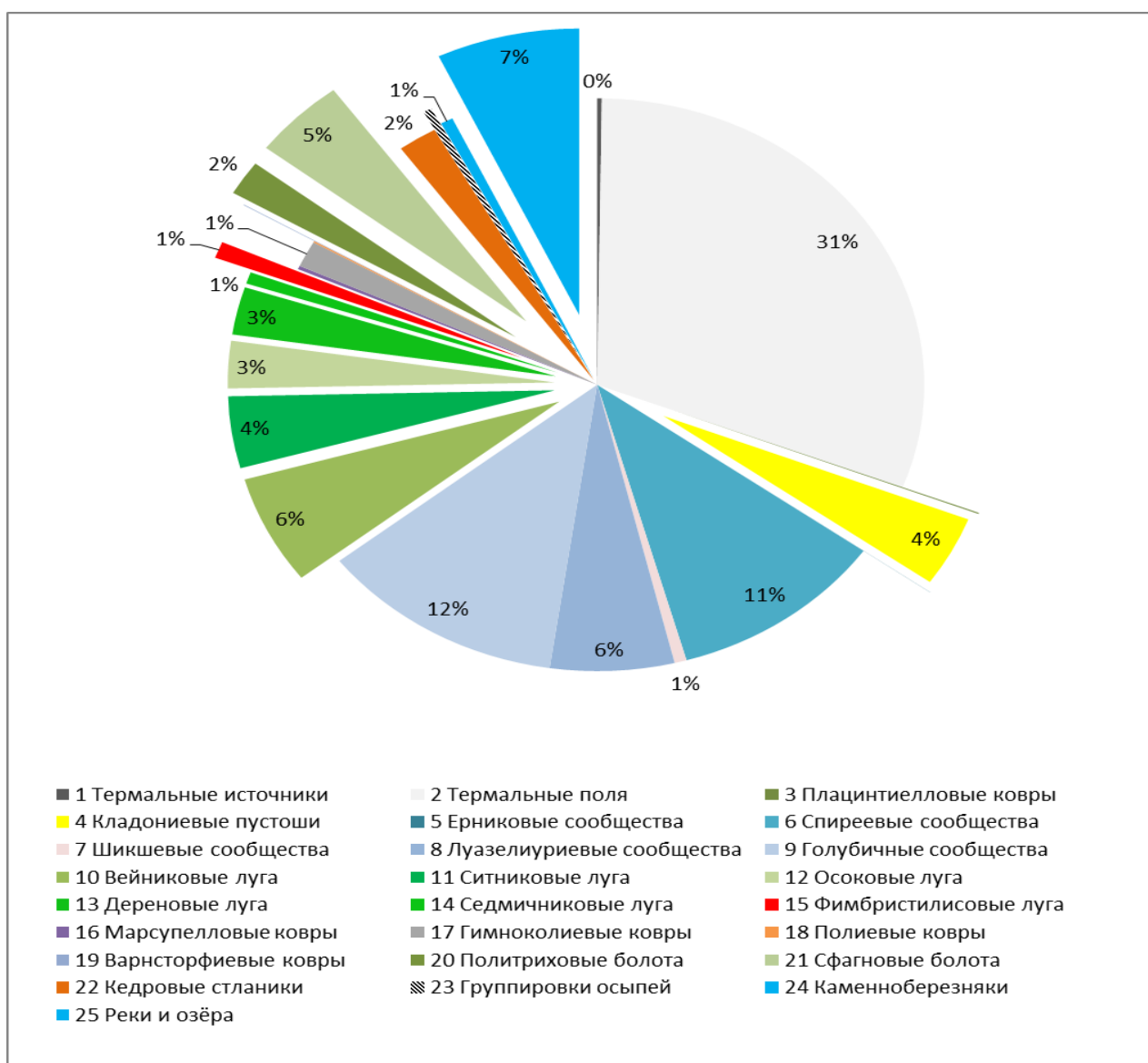
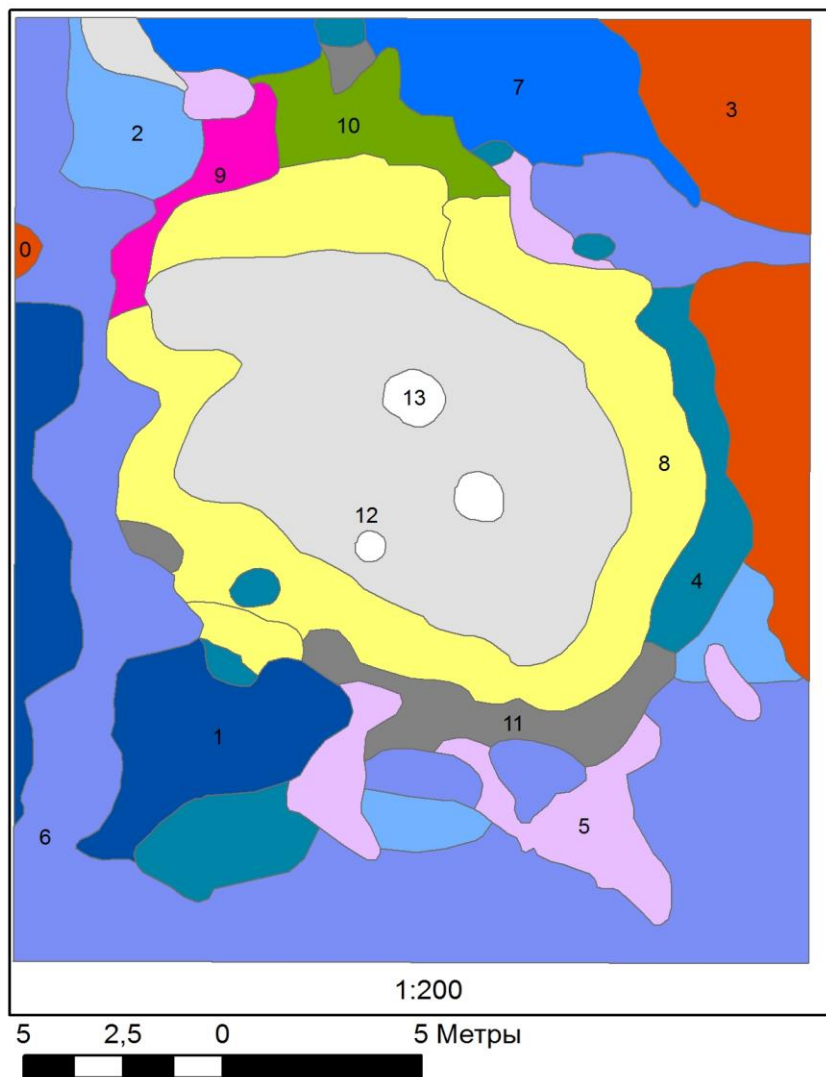


Рис. 6. Распределение площадей растительных сообществ термальных полей

Геоботанический план термального поля №6 (Кальдера вулкана Узон)



Условные обозначения

Леса

- 1 Каменноберезняки

Кустарниковые сообщества

- 2 Сообщества из *Betula exilis*
 3 Кедровые стланики
 4 Сообщества *Spiraea beauverdiana*

Кустарничковые сообщества термальных полей

- 5 Сообщества *Loiseleuria procumbens*
 6 Сообщества *Vaccinium uliginosum*
 7 Сообщества *Empetrum nigrum*

Сообщества термофильных лишайников

- 8 Сообщества *Cladonia granulans*
 9 Сообщества кустистых лишайников (*Cetraria islandica*, *Cladonia crispata*)

Моховые группировки

- 10 Группировки *Codiophorus fascicularis*, *Niphotrichum ericoides*, *Polytrichum piliferum*, *Racomitrium lanuginosum*

Термофильно-печеночниковые сообщества

- 11 Группировки *Marsipella funckii*, *M. sprucei*

Участки, лишенные растительного покрова

- 12 Участки, лишенные растительного покрова
 13 Сольфатарные воронки

Заключение.

Новейший и современный вулканизм – важный фактор дифференциации растительного покрова вулканических регионов. Исследован растительный покров Восточного вулканического пояса Камчатки (на примере Кроноцкого государственного заповедника). Здесь выражены проявления вулканизма нескольких типов: остаточный геотермальный вулканизм в виде горячих источников, грязевых котлов, сухих сольфатаров, термальных ручьев, гейзеров; а также современный вулканизм, проявляющийся в виде извержений вулканов с выбросом большого количества вулканического пепла и шлака, образования крупных лавовых потоков и шлаковых полей. Проведенные исследования значительно дополняют существующие знания о растительности Восточного вулканического пояса Камчатки. Основное внимание уделено выявлению особенностей распределения растительных сообществ в пространстве под влиянием различных факторов и на различных уровнях рассмотрения.

Выполнение задач в рамках поставленной цели работы позволило нам получить следующие результаты и сформулировать ряд выводов:

1. Дополнена эколого-фитоценотическая классификация растительности Восточного вулканического пояса Камчатки. Выявлено ценотическое разнообразие растительного покрова. На территории исследований представлено семь типов растительности: лесной, стланиковый и кустарниковый, горнотундровый, луговой, гигрофильно-травяной, гигрофильно-моховой, лишайниковый. В пределах 7 типов растительности выделено:

- 16 классов формаций, 30 формаций, 92 ассоциации фоновой растительности; (в том числе впервые выделено 7 формаций и 28 ассоциаций).
- Разработана классификация вулканогенной растительности. Впервые выделено 7 групп и 18 типов серийных сообществ и группировок лавовых потоков и шлаковых полей;
- Разработана классификация растительности термальных полей, выделено 8 классов формаций, 16 формаций, 27 ассоциаций термофильной растительности.

2. Проведена ординация растительных сообществ в пространстве факторов, на различных уровнях организации растительного покрова. Основными факторами, определяющими структуру растительного покрова, являются: на **макроуровне** – высота над уровнем моря; на **мезоуровне** – высотный градиент, экспозиция и крутизна склонов; на **микроуровне** – увлажнение, температура и *pH* субстрата.

3. Проанализирована структура растительного покрова и выявлены её особенности, связанные с воздействием современного вулканизма:

- под воздействием вулканических извержений происходит уничтожение или существенное нарушение фоновой растительности;
- возникают новые формы рельефа, образуются ювенильные субстраты, появляются новые специфические местообитания (лавовые потоки, шлаковые поля, термальные поля), на которых формируются пионерные группировки и серийные сообщества;
- усложняется картина высотной поясности растительности;
- наблюдается инверсия растительных поясов;
- происходит изменение соотношений площадей фоновых растительных сообществ;
- уменьшается средняя площадь фитоценозов;
- увеличивается фитоценотическое разнообразие.

4. Составлена серия крупно- и среднемасштабных геоботанических карт и планов модельных территорий (1:300 000, 1:50 000, 1:30 000, 1:500, 1: 200). На основании проведенного картографического и картометрического анализа установлено соотношение площадей сообществ. Около 30% территории занимают ольховые стланики, 22% – каменноберезовые леса, 20% – горные тундры, 5% – кедровые стланики. В кальдере вулкана Крашенинникова вулканогенная растительность занимает 54% площади, в кальдере Узон – 7%.

5. Выявлены структурные единицы растительного покрова вулканогенных местообитаний:

- На **макроуровне** – сочетания каменноберезняков и ольховых стлаников; сочетания кедровых и ольховых стлаников; сочетания ольховых стлаников и горных тундр.
- На **мезоуровне** – сочетания кедровостлаников и горных тундр; сочетания стланиковых ольховников и серийных ивково-разнотравных сообществ; сочетания кустарничково-лишайниковых горных тундр и кедровостлаников; сочетания кустарничковых горных тундр и пионерных группировок; сочетания пионерных группировок и серийных ивковых сообществ; сочетания пионерных группировок и ольховников; сочетания кедровостлаников и лишайниковых сообществ зарастающих лавовых потоков; сочетания кустарничковых горных тундр и ольховников.
- На **микроуровне** выявлены микропоясные ряды и серии растительного покрова термальных полей. Значительная неоднородность растительного покрова связана с одновременным воздействием нескольких факторов, действующих на небольших территориях.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК:

Нешатаева В.Ю., Пестеров А.О., Кораблев А.П. Растительность термальных полей кальдеры вулкана Узон (Восточная Камчатка) // Тр. Карельского Научного центра РАН. Петрозаводск, 2013. № 2, с. 22–38.

Нешатаева В.Ю., Пестеров А.О. Структура растительного покрова кальдеры Узон // Изв. Самарского Научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 1(4). С. 1080–1083.

Нешатаева В.Ю., Пестеров А.О., Гимельбрант Д.Е., Федосов В.Э. Особенности формирования растительного покрова на лавовых потоках вулкана Крашенинникова (Восточная Камчатка) // Бот. журн. 2014. Т. 99. № 3. С. 282–302.

Пестеров А.О., Овчаренко М.С., Нешатаева В.Ю. Горные тундры вулканических районов Кроноцкого заповедника (Восточная Камчатка) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2015. Т. 9. № 1. С. 121–137.

Статьи в прочих изданиях:

Пестеров А.О., Нешатаева В.Ю., Гимельбрант Д.Е., Кораблев А.П., Пестерова О.А., Овчаренко М.С., Дулин М.В. Растительный покров кальдеры вулкана Крашенинникова // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Доклады XII–XIII международных научных конференций. Петропавловск-Камчатский, 2013. С. 128–157.

Нешатаева В.Ю., Пестеров А.О., Пестерова О.А., Гимельбрант Д.Е., Федосов В.Э., Коротеева Т.И. Растительность термальных полей кальдеры вулкана Большой Семячик (Кроноцкий заповедник) // Труды Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Воронеж, 2014. Вып. 3. С. 109–120.

Овчаренко М.С., Нешатаева В.Ю., Пестеров А.О., Гимельбрант Д.Е., Кораблёв А.П., Пестерова О.А., Прозорова М.В. Мониторинг растительного покрова на геоботаническом профиле «Кроноцкое озеро–Кроноцкий аэродром» (Кроноцкий заповедник, Камчатка) // Труды Кроноцкого государственного биосферного заповедника. Воронеж, 2014. Вып. 3. С. 132–141.

Нешатаева В.Ю., Пестеров А.О., Кораблёв А.П. Ценотическое разнообразие растительности термальных местообитаний Кроноцкого заповедника // Труды Кроноцкого государственного биосферного заповедника. Петропавловск-Камчатский, 2015. Вып. 4. С. 31–40.

Neshataeva V.Yu., Pesterov A. & Golubev S. Boreal Vegetation of the Kamchatka Peninsula and Adjacent Areas and its Geobotanical mapping // CAFF Proceeding Series. Report №. 8. August 2012. P. 35–41.