

На правах рукописи

Корзников Кирилл Александрович

**Растительный покров грязевых вулканов
о. Сахалин**

03.02.01 – Ботаника

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2015

Работа выполнена на кафедре геоботаники биологического факультета Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Научный руководитель:

Павлов Вадим Николаевич
доктор биологических наук,
чл.-корр. РАН, профессор
кафедры геоботаники МГУ им. М.В.Ломоносова

Официальные оппоненты:

Нешатаева Валентина Юрьевна
доктор биологических наук,
и.о. зав. лабораторией общей геоботаники
ФГБУН «Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН»

Крестов Павел Витальевич

доктор биологических наук,
директор ФГБУН «Ботанический сад-институт ДВО РАН»

Ведущая организация: ФГБУН «Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН»

Защита состоится 2 октября 2015 г. в 15³⁰ на заседании диссертационного совета Д.501.000.46 при ФГБУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по адресу: 19991, Москва, Ленинские горы д.1, стр. 12 биологический факультет, аудитория М1.

Факс: (495) 939-43-09; e-mail: shch_a_w@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГУ имени М.В.Ломоносова.

Автореферат разослан 5 июня 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук



Андрей Виторович
Щербаков

Общая характеристика работы

Актуальность исследования. В мире насчитывается свыше 40 регионов с активными грязевыми вулканами. В России остров Сахалин, наряду с Керченско-Таманским регионом, является одним из мест проявления вулканизма. Грязевой вулканизм является самостоятельным природным явлением и генетически не связан с вулканизмом магматическим. На Сахалине активны три грязевых вулкана – Дагинский, Южно-Сахалинский и Магунтан, с двумя вулканами-спутниками Малым Северным и Малым Южным (Пугачевская группа). Растительный покров грязевых вулканов изучен слабо. В международных научных журналах, по данным реферативных баз данных Scopus и Web of Science, опубликовано лишь 3 статьи, посвященные растительным сообществам грязевых вулканов (Srivastava, Singh, 1962; Korzhenevskaya, Klyukin, 1991; Ting, Poulsen, 2009), хотя само явление имеет довольно широкое распространение. Актуальность работы определяется не только исследованием почти неизвестных в геоботаническом отношении специфических экосистем, но и пополнением знаний о растительном мире Сахалина.

На флористические особенности растительного покрова сахалинского грязевого вулкана Магунтан впервые обратили внимание японские исследователи (Sugawara, 1940). Позднее флора этого грязевого вулкана привлекла внимание отечественных ботаников (Попов, 1949; Толмачев 1959, 1974; Бухтеева, 1960; Пробатова, 1984; Таран, 1997, 2003; Баркалов и др., 2006). При этом полномасштабных геоботанических изысканий на вулкане Магунтан не проводилось. Кроме того, отсутствовали какие-либо данные о флоре и растительности Южно-Сахалинского и Дагинского вулканов.

Целью работы стало выявление специфических черт растительного покрова грязевых вулканов Сахалина и обуславливающих их факторов.

Поставленная цель достигнута путем реализации следующих задач:

1. Описание и классификация растительных сообществ грязевых вулканов.

2. Установление пространственной структуры растительного покрова вулканов и выявления фитоценологических характеристик растительных сообществ.

3. Определение факторов, влияющих на состав, структуру и динамику растительных сообществ.

4. Анализ закономерностей формирования растительных сообществ грязевых вулканов во времени.

Положения, выносимые на защиту.

1. Растительные сообщества грязевых вулканов Сахалина резко контрастируют с фоновыми фитоценозами региона, поскольку формируются в специфических местообитаниях в условиях постоянной эруптивной активности вулканов.

2. Флора и растительность каждого из трех сахалинских грязевых вулканов имеют собственные характерные черты, которые объясняются индивидуальным для каждого вулкана комплексом экологических факторов.

3. Растительность каждого вулкана существует в виде единой эколого-динамической системы. Динамическое развитие растительного покрова грязевых вулканов идет по автогенно-аллогенному пути, поскольку связано не только с улучшением условий местообитаний вследствие деятельности живых организмов (автогенные факторы), но и с трансформацией химизма изверженного грязевого субстрата – уменьшение засоление и рН под воздействием абиотических агентов выветривания (аллогенные факторы).

4. Постоянная активность грязевых вулканов является необходимым условием поддержания сукцессионных рядов и разнообразия растительных сообществ.

Научная новизна работы заключается в наиболее полном выявлении флоры сахалинских грязевых вулканов и описании их растительности, разработке классификации и составлении схем временной динамики растительных сообществ. Использование методов прямой и непрямой ординации позволило объяснить особенности видовой структуры растительных сообществ вулканов, проверить ряд гипотез о путях формирования

пространственной структуры и разнообразия растительного покрова в эдафотопках, сформировавшихся под влиянием грязевулканической активности.

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в пополнении знаний о растительном мире острова Сахалин, принципах организации растительных сообществ в условиях экологического стресса, вызванного активностью грязевых вулканов. Выявленные закономерности организации растительного покрова будут полезны при планировании природоохранных мероприятий и мероприятий по реструктуризации сети региональных ООПТ, составлении «Зеленых книг», для развития краеведческой деятельности и экотуризма. Материалы работы могут быть использованы в образовательном процессе, включая полевые практики студентов, при подготовке высших профессиональных кадров в университетах страны по направлениям биология, география, экология и природопользование.

Методология и методы исследования. Работа выполнена на основе оригинальных полевых обследований растительных сообществ грязевых вулканов по принятым в современной геоботанике методикам. В диссертации приведены полные таблицы авторских геоботанических описаний.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из 8 глав, 12 приложений, изложена на 239 страницах. Текст сопровождается 66 рисунками и 25 таблицами. Список литературы содержит 267 цитируемых источников, из которых 106 на иностранных языках.

Степень достоверности и апробация результатов. Результаты работы докладывались на конференциях: «Растительный мир Северной Азии: проблемы изучения и сохранения биоразнообразия», Новосибирск, 1–3 октября 2013 г.; «Проблемы и перспективы исследований растительного мира», Ялта, 13–16 мая 2014 г.; «Растительность Восточной Европы и Северной Азии», Брянск, 29 сентября–3 октября 2014 г. По теме диссертации опубликовано 8 работ, из них 5 – в журналах, входящих в перечень ВАК, 3 – тезисы материалов конференций.

Исследование не могло быть выполнено без помощи, советов и поддержки большого числа людей. Хочу выразить глубокую признательность своему научному руководителю, д.б.н., чл.-корр. РАН, профессору кафедры геоботаники МГУ В.Н. Павлову и д.б.н., заведующему кафедрой геоботаники МГУ В.Г. Онипченко. За неоценимую помощь и поддержку благодарю д.б.н, профессора кафедры биогеографии МГУ Г.Н. Огуреву. За помощь в работе выражаю благодарность и признательность сотрудникам кафедры геоботаники МГУ: д.б.н. В.Э. Федосову, к.б.н. О.В. Чередниченко, к.б.н. М.Н. Кожину, С.В. Дудову и К.Б. Поповой.

Содержание работы

Глава 1. Природные условия

Сахалин – один из крупнейших островов России. Большая протяженность острова с севера на юг предопределяет существенное разнообразие природных условий (Литенко, Егоров, 1967). Климатические условия острова суровы для его широт. Сахалин является молодой в геологическом отношении страной, где формирование поверхностей еще не завершилось (Ивлев, 1977). Природные условия Сахалина обусловили формирование на острове растительности, существенно отличающейся от растительности Европы и Сибири в тех же широтных границах (Толмачев, 1959; Попов, 1969).

Общая площадь территории, занятая молодыми поверхностями, образованными твердыми компонентами выбросов грязевых вулканов, не превышает 30 га. Как местообитания грязевые вулканы крайне специфичны, а их растительный покров обладает рядом интересных черт.

Глава 2. Явление грязевого вулканизма

Грязевые вулканы – это геологические образования, возникающие в результате выбрасывания глинистых масс, минерализованных вод и газов на дневную поверхность или морское дно. По данным L. Dimitrov (2003) на планете функционируют 1100 наземных грязевых вулканов и 700 подводных, но число последних может оказаться большим

Остров Сахалин удовлетворяет трем главным условиям необходимым для проявления грязевого вулканизма: наличие мощных осадочных толщ с нефтяными и газовыми залежами, высокая современная сейсмостектоническая активность и сложная система разломов (Ершов, 2012). В настоящее время на острове функционируют три очага развития грязевого вулканизма. На севере острова – Дагинский грязевой вулкан, расположенный у одноименных термоминеральных источников близ устья р. Нельбута, на берегу Ныйского залива, Ногликский административный район (Цитенко, 1961; Сирык, 1970). Два других центра грязевого вулканизма располагаются в южной половине острова. Наиболее крупный центр, группа Пугачевских грязевых вулканов, находится в Макаровском административном районе и включает вулканы Магунтан, Малый Северный и Малый Южный. Они расположены приблизительно в трех километрах к северо-востоку от поселка Пугачево. Южно-Сахалинский грязевой вулкан расположен в южной части Западно-Сахалинских гор (Камышовый хребет), в 20 км к северо-западу от города Южно-Сахалинск (Мельников, 2002).

Эруптивная деятельность грязевых вулканов в целом схожа с таковой у магматических вулканов, за тем лишь исключением, что на дневную поверхность выбрасываются холодные разжиженные осадочные породы (сопочные брекчии) и газы, преимущественно углеводородного состава (Щукин, 1938; Якубов, 1980; Лимонов, 2002; Dimitrov, 2003). Твердые продукты извержений грязевых вулканов Сахалина представлены сопочной брекчией – переработанной глинистой массой. Воды грязевых вулканов отличаются относительно высокой минерализацией, от 0,34 до 28,01 г/л (Сирык, 1970).

Наиболее сильные извержения вулкана Магунтан происходили в 1929, 1934, 1961, 1967 гг. (Сирык, 1970), а самым масштабным является зимнее извержение 2005 г. (Мельников, 2005; Ершов, Мельников, 2007). Сильные извержения Южно-Сахалинского грязевого вулкана происходили в 1959, 1979, 2001 гг. (Шилов и др., 1961; Занюков и др., 1982; Мельников, 2002). Бурных извержений Дагинского вулкана никогда не наблюдалось, на нем происходит постепенное выделение газа,

воды и жидкой грязи из многочисленных сальз (Цитенко, 1961; Сырык, 1970).

Глава 3. Растительный покров в условиях влияния вулканической и поствулканической деятельности (обзор научной литературы)

Грязевые вулканы, как геологические объекты, в первую очередь отождествляются с магматическими вулканами, несмотря на то, что эти явления имеют различную природу, разный состав извергаемых материалов и оказывают средообразующее влияние на несопоставимых по площади территориях.

Грязевые вулканы подобно магматическим вулканам оказывают прямое и косвенное воздействие на растительный покров. К прямому воздействию относится погребение растений под потоками сопочной брекчии и механическое повреждение растений газовыми выбросами во время извержений. Интенсивность прямых воздействий максимальна во время сильных извержений. Косвенное воздействие выражается в изменении химизма субстрата, увлажнения, состава приземного воздуха за счет эмиссии газов из эруптивных центров и трещин в субстрате. Извержения вулканов определяют обстановку, на фоне которой будут существовать растительные сообщества. Мощность извержения и объем выброшенного субстрата, определяют характер формирования и особенности микрорельефа и микроэкотопов. Влияние грязевых вулканов, как и магматических, на растительность выражается в появлении динамических рядов растительных сообществ – от пионерных, до климаксовых, т.е. инициировании процесса экологической сукцессии (Манько, Сидельников, 1989; Гришин, 1992; Гришин и др., 2000; Нешатаева, 2009; 2014; Grishin et al., 1996; del Moral, 1983, 1998; del Moral et al., 2012).

Грязевые отождествляются и с объектами поствулканической активности эндогенной активности (горячие источники, гейзеры, сольфатарные поля и др.). Фоновые растительные сообщества и большая часть слагающих их видов не способны существовать в подобных экотопах. Ведущими факторами могут быть: повышенный температурный фон, кислая или щелочная реакция

почв, высокие концентрации токсичных веществ или элементов. Влияние термалей на растительность выражается в формировании экологических рядов, в структуре растительного покрова наблюдается микропоясность: смена видов, изменение видового состава, проективного покрытия, биомассы, других характеристик сообщества по мере изменения интенсивности действий факторов стресса (Ворошилов и др., 1977; Юрцев, 1981; Нешатаева и др. 2005; 2013; Самкова, 2009; Burns, 1997; Chiarucci et al., 2008).

Наибольший вклад в исследование фитоценозов грязевых вулканов внес В.А. Корженевский, вместе с коллегами изучающий экологию, структуру растительных сообществ и синтаксономию растительности грязевых вулканов Крыма (Korzhenevskaya, Klyukin, 1991; Корженевский, Ключин, 2004; Корженевский, Квитницкая, 2009). Развитию растительного покрова и почвообразованию на извержениях грязевых вулканов Крыма посвящена работа В.Ф. Иванова и соавторов (1989). Флористический состав сообществ меняется от конкурентно-слабых к конкурентно устойчивым видам. Возрастает видовое разнообразие и проективное покрытие. Повышается продукция фитоценозов и количество органического детрита, система растительность-среда обретает устойчивость.

Флору и растительность грязевых вулканов на Андаманских островах изучали G.S. Srivastava и A. Singh (1962). T.M. Ting и A.D. Poulsen (2009) выявили разнообразие растительного покрова грязевых вулканов на о. Борнео. Согласно их данным, с увеличением расстояния от вулканов увеличивается число видов на пробных площадях – α -разнообразие, но число особей видов растений уменьшается. Авторы приходят к выводу, что активность грязевых вулканов является естественным нарушающим фактором, определяющим состав и структуру растительного покрова.

Глава 4. Материалы и методы

Детальные геоботанические описания растительных сообществ грязевых вулканов провели в разные периоды вегетационного сезона в 2012–2014 гг. Описания выполняли на

учетных площадках 1×1 м на Южно-Сахалинском и Пугачевских вулканах, размером 5×5 м – на Дагинском вулкане. Размещение учетных площадок осуществляли нерегулярным способом, преследуя цель охватить как можно большее разнообразие вариантов растительных сообществ. Местоположение каждой учетной площадки привязывали к географическим координатам с помощью GPS навигатора Garmin eTrex30. В итоговый анализ включили 474 геоботанических описаний. Латинские названия растений даны по сводке С.К. Черепанова (1995), для некоторых таксонов по многотомной сводке «Сосудистые растения советского (российского) Дальнего Востока» (1985–1996).

Отбор образцов грязевулканических брекчий разного возраста, субстратов на которых развиваются растительные сообщества, и их химический анализ проводили в 2013–2014 гг. Субстрат для химического анализа брали из корнеобитаемого слоя, с глубины 3–10 см, 23 образца с вулкана Магунтан, 20 образцов с Южно-Сахалинского вулкана. Устанавливали величину pH и засоление, в 11 образцах провели катионно-анионный анализ по методикам ГОСТ. В полевых условиях на Дагинском вулкане измеряли температуру, засоление и pH субстрата при помощи совмещенного pH-солемера-термометра Hanna HI 98130.

Для классификации описаний растительного покрова Пугачевских грязевых вулканов использовали алгоритм кластеризации TWINSpan (Hill, 1979; McCune et al., 2002). Растительные сообщества Южно-Сахалинского грязевого вулкана выделяли по топологическому принципу. Поскольку для этого вулкана имеются картосхемы грязевых полей, возникших в ходе последних сильных извержений 1959, 1976 и 2001 гг., то участки растительного покрова и геоботанические описания в пределах контура грязевого поля относили к одному сообществу. Растительные сообщества Дагинского вулкана, ввиду простоты состава и структуры в описанных выше классификационных приемах не нуждались.

ДСА-ординация выполнена на основе матриц «виды-описания». Участие видов было дано по семибалльной шкале проективного покрытия. Программная функция уменьшения значимости редких видов («Downweight rare species») не

использовалась. Число сегментов («Number of segments») равнялось двадцати шести.

Глава 5. Флора грязевых вулканов

Флора сосудистых растений грязевых вулканов о. Сахалин, общая площадь которых лишь немногим превышает 30 га, небогата и состоит из 70 видов, входящих в состав 23 семейств. Малое число видов, слагающих растительный покров, вполне характерно для грязевых вулканов, сольфатарных полей, гидротермалей и других подобных местообитаний.

Флора Пугачевской группы вулканов насчитывает 30 видов сосудистых растений. На центральном вулкане группы – Магунтане произрастает 29 видов сосудистых растений и 8 видов мохообразных, хотя число последних может оказаться и большим. Несмотря на небогатый видовой состав флора вулканов Пугачевской группы своеобразна и самобытна. Наиболее яркой чертой флоры Пугачевских вулканов является наличие узкоэндемичных таксонов. С территории вулкана японскими ботаниками были описаны три вида: *Artemisia limosa*, *Primula sachalinensis*, *Gentianella sugawarae* (*Gentiana sugawarae* Н. Hara, *Gentiana paludicola* Koidz. ex Sugaw.) (Sugawara, 1940), а в 1984 Н.С. Пробатовой – *Deschampsia tzvelevii*. Таксономический статус этих видов оспаривается (Попов, 1949; Баркалов, Таран, 2004; Баркалов и др., 2006), однако очевидно, что экотоп грязевого вулкана является местом протекания формообразовательных процессов.

Локальная флора Южно-Сахалинского вулкана насчитывает 38 видов сосудистых растений и 2 вида мхов. В видовом ансамбле Южно-Сахалинского вулкана эндемичные таксоны отсутствуют, но велика доля рудеральных и адвентивных для острова видов. Флора Дагинского грязевого вулкана самая бедная – 10 видов сосудистых растений и 2 вида мхов. Бедность флоры объясняется не только активностью грязевого вулкана, но и периодическим затоплением территории приливными водами Охотского моря.

В спектрах жизненных форм растений в растительных сообществах грязевых вулканов преобладают многолетние травы, на Южно-Сахалинском вулкане значительна доля деревьев (9

видов), хотя представленных, главным образом, в виде проростков.

Несмотря на единую природу явления грязевого вулканизма, схожий химизм выбросов, сходство флор грязевых вулканов незначительное и они существенно отличаются друг от друга. Лишь *Triglochin palustre* входит в состав флор всех трех вулканов. Общими для Южно-Сахалинского вулкана и вулкана Магунтан являются 5 видов.

Для фитоценозов грязевых вулканов Сахалина вполне характерны свойства флор районов проявления эндогенной геологической активности: небольшое число видов, специфический видовой ансамбль, наличие формообразовательных процессов и локальных эндемичных таксонов.

Глава 6. Растительность грязевых вулканов Сахалина

6.1. Растительность Дагинского вулкана

Дагинский вулкан сопряжен с одноименными термоминеральными источниками, окружен приморскими осоково-злаковыми и злаково-разнотравными лугами и зарослями тростника, которые по мере удаления от залива сменяются среднетаежными лиственничными лесами (*Larix gmelinii*) и отдельными участками сфагновых болот. Растительный покров Дагинского вулкана формируется не только под влиянием грязевулканической активности, но и при постоянном воздействии соленых вод Ныйского залива Охотского моря.

Растительность Дагинского грязевого вулкана сложена сообществами двух широко распространенных растительных ассоциаций. Продромус растительности, в рамках эколого-флористической классификации, выглядит следующим образом: класс *Juncetea maritimi* Br.- Bl. in Br.- Bl. et al. 1952, порядок *Juncetalia maritimi* Br.-Bl. Ex Horvatic 1934, союз *Puccinellion maritimae* Tx. 1937, **ассоциация** *Caricetum subspathaceae* Hadač 1946; класс *Phragmito-Magno-Caricetea* Klika in Klika et Novák 1941, порядок *Phragmitetalia communis* Koch 1926, союз *Meliloto dentati-Bolboschoenion maritimi* Hroudová et al. 2009, **ассоциация** *Schoenoplectetum tabernaemontani* De Soó 1947.

Сообщество ассоциации *Caricetum subspathaceae* развивается на засоленном (>10 г/л) илисто-глинистом субстрате грязевого поля и заливается морской водой во время приливов. Доминирующим видом является *Carex subspathaceae*. *Puccinelia phryganoides* выступает в качестве субдоминанта. С незначительным проективным покрытием встречаются *Triglochin palustre*, *Salicornia europaea*, *Eleocharis* sp.

Монодоминантное растительное сообщество *Scirpus tabernaemontani* располагается в юго-западной части грязевого поля вулкана, вне зоны прямого воздействия приливных вод. Граница между двумя растительными сообществами резкая, явно заметная, что свидетельствует о преобладающей роли влияния морских вод на состав и структуру растительного покрова. Субстрат под сообществом остается обводненным и за счет поступления теплых (25–30° С) минерализованных вод горячих источников.

6.2. Растительность Южно-Сахалинского вулкана

Вулкан располагается в привершинной части невысокого холма, площадь грязевого поля около 7,5 га, наибольшая в.н.м. равна 305 м. Вулкан окружают производные леса южной тайги (*Betula ermanii*, *Abies sachalinensis*, *Picea ajanensis*).

Участок растительного покрова, занимающий грязевой поток того или иного года генерации, мы рассматриваем как растительное сообщество. На Южно-Сахалинском вулкане развиваются 4 растительных сообщества: пионерное одновидовое с *Triglochin palustre*; сообщество *Phragmites australis*–*Triglochin palustre* (PA–TP) на субстрате 2001 г.; сообщество *Aster glehnii*–*Phragmites australis* (AG–PA) на субстрате 1976 г.; сообщество *Salix caprea*–*Phragmites australis* (SC–PA) на грязевом поле, сформировавшемся в 1959 г.

Интерпретируемые нами как сообщества участки растительного покрова на грязевых отложениях разного возраста являются стадиями динамического ряда растительного покрова. Наличие разновозрастных грязевых отложений позволяет оценить изменение флористического состава, проективного покрытия, разнообразия растительного покрова в ходе сукцессии (таблица 1).

Таблица 1 – Постоянство видов в фитоценозах Южно-Сахалинского вулкана

Сообщество	SC-PA	AG-PA	PA-TP
Год генерации грязевого поля	1959	1976	2001
Число описаний	62	45	40
Флор. насыщенность, медиана	6	3	1
Вид	Постоянство, %		
Деревья			
<i>Salix caprea</i>	47	29	-
<i>Betula</i> spp.	37	17	-
<i>Picea ajanensis</i>	13	-	-
<i>Salix udensis</i>	11	-	-
<i>Abies sachalinensis</i>	8	-	-
<i>Alnus hirsuta</i>	6	-	-
<i>Larix gmelinii</i>	6	-	-
<i>Sorbus commixta</i>	6	-	-
Кустарники			
<i>Spiraea salicifolia</i>	8	-	-
<i>Rosa amblyotis</i>	6	-	-
Травянистые растения			
<i>Phragmites australis</i>	97	100	50
<i>Aster glehnii</i>	69	51	9
<i>Picris japonica</i>	61	32	-
<i>Senecio cannabifolius</i>	50	32	5
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	47	39	18
<i>Pilosella aurantiaca</i>	45	34	9
<i>Triglochin palustre</i>	-	-	98
<i>Artemisia montana</i>	18	-	7
<i>Filipendula camtschatica</i>	18	5	-
<i>Elymus woroschilowii</i>	10	10	2
<i>Calamagrostis extremiorientalis</i>	10	7	9
<i>Tussilago farfara</i>	6	10	9
<i>Plantago major</i>	3	5	9
<i>Crawfurdia volubilis</i>	15	17	-
<i>Cirsium kamtschaticum</i>	11	5	-
<i>Agrostis tenuis</i>	10	12	-
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	5	7	-
<i>Petasites amplus</i>	5	2	-
<i>Sonchus arvensis</i>	5	2	-
<i>Equisetum arvense</i>	3	5	-
<i>Anaphalis margaritacea</i>	8	-	-
<i>Angelica ursina</i>	8	-	-
<i>Dactylorhiza aristata</i>	6	-	-
<i>Carex cespitosa</i>	5	-	-
<i>Artemisia koidzumii</i>	3	-	-
<i>Epipactis papillosa</i>	3	-	-
<i>Neottianthe cucullata</i>	3	-	-

Сопочные брекчии разного возраста, к которым приурочены разные стадии первичной сукцессии, обладают щелочной реакцией рН и содово-хлоридным химизмом засоления. Концентрация солей и рН на грязевых полях вулкана уменьшаются по мере увеличения возраста субстрата. Как указывают В.Ф. Иванов и соавторы (1989), это происходит, в основном, за счет вымывания солей. Сообразно уменьшению концентрации токсичных солей в грязевом субстрате с увеличением его возраста снижается и значение рН (рисунок 1).

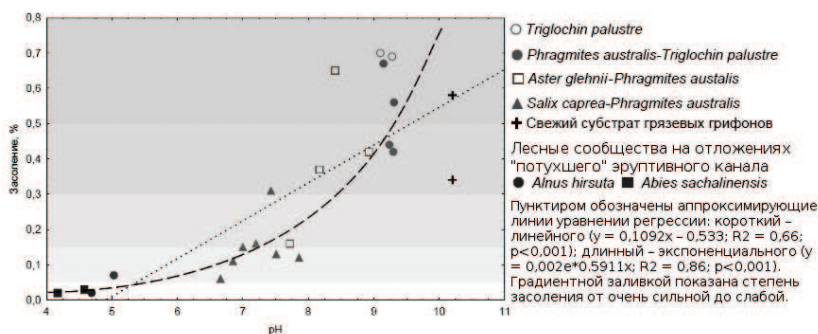


Рисунок 1 – Засоление и рН образцов субстрата Южно-Сахалинского вулкана

6.3. Растительность вулкана Магунтан

Вулкан окружен древостоем из *Larix gmelinii* с отдельными локусами *Abies sachalinensis* и *Picea ajanensis*. Общая площадь разновозрастных грязевых полей вулкана составляет около 20 га, высота над уровнем моря центра вулкана равна 58 м, а окраин 55–56 м. Вокруг основных эруптивных каналов вулкана покров из высших растений отсутствует. Извергнутый во время извержения 2005 г. субстрат занимает одновидовое пионерное сообщество *Deschampsia tzvelevii* (DT). На основании классификации 203 геоботанических описаний растительного покрова вулкана мы выделили еще 8 сообществ (таблица 3): TP–DT – *Triglochin palustre*–*Deschampsia tzvelevii*; PS–DT – *Primula sachalinense*–*Deschampsia tzvelevii*; GS–PS – *Gentianella sugawarae*–*Primula sachalinensis*; FR–AL – *Festuca rubra*–*Artemisia limosa*; EK – *Eleocharis kamtschatica*; D–SF – *Dicranum*–*Salix fuscescens*; SF–HS – *Salix fuscescens*–*Hedysarum sachalinense*; SF–CN –

Salix fuscescens–*Calamagrostis neglecta*. Пространственная структура растительного покрова в общем виде представляет смену растительных сообществ от центра вулкана к периферии, выражена микропооясность (рисунки 2,3; таблица 2).



Рисунок 2 – Грязевой вулкан Магунтан, 2014 г.



Рисунок 3 – Пионерные сообщества эколого-динамического ряда во время цветения *Primula sachalinensis*.

Таблица 2 – Постоянство видов в фитоценозах вулкана Магунтан

Растительное сообщество	TP–DT	PS–DT	GS–PS	FR–AL	D–SF	SF–HS	SF–CN	EK
Число описаний	12	26	37	19	28	33	33	15
Число видов в сообществе	4	10	12	10	16	21	21	15
Флор. насыщ. , медиана	2	3	5	5	5	5	5	3
Виды с высоким постоянством (>60%)								
<i>Deschampsia tzvelevii</i>	100	100	70	42	32	·	·	20
<i>Triglochin palustre</i>	100	38	65	84	75	12	9	20
<i>Primula sachalinensis</i>	25	100	100	74	43	6	·	7
<i>Gentianella sugawarae</i>	·	19	86	37	·	·	·	·
<i>Allium maximowiczii</i>	·	27	84	79	57	39	9	7
<i>Artemisia limosa</i>	·	4	8	68	29	3	·	·
<i>Festuca rubra</i>	·	31	43	63	46	24	3	·
Bryophyta	·	23	73	37	79	48	85	·
<i>Salix fuscescens</i>	·	8	11	58	96	88	94	·
<i>Hedysarum sachalinense</i>	·	·	·	5	25	88	·	·
<i>Calamagrostis neglecta</i>	·	·	·	5	·	33	85	27
<i>Carex limosa</i>	·	·	·	·	·	·	61	13
<i>Eleocharis kamtschatica</i>	8	4	3	·	39	12	30	100

В эколого-динамическом ряду увеличивается флористическая насыщенность, проективное покрытие, альфа-разнообразие, спектр жизненных форм, уменьшается участие эндемичных таксонов.

На диаграмме рассеяния в пространстве первых двух осей варьирования (DCA-ордианция) заметно, что описания растительных сообществ вулкана образуют достаточно плотные и почти не перекрывающиеся друг с другом облака рассеяния (рисунок 4). В то же время точки описаний образуют постепенные непрерывные ряды вдоль осей варьирования, одно облако точек плавно перетекает в другое, что объясняется континуальной сменой флористического состава вдоль комплексного градиента. Первый градиент (ось 1) сопряжен с топологическим положением растительного сообщества, отражает возраст субстрата, концентрацию токсичных солей, содержание элементов минерального питания и органического вещества в почвогрунте. Вторая ось отражает степень увлажнения, этот фактор вносит дополнительную неоднородность в растительный покров на фоне ведущего комплексного эколого-динамического градиента (сообщество ЕК).

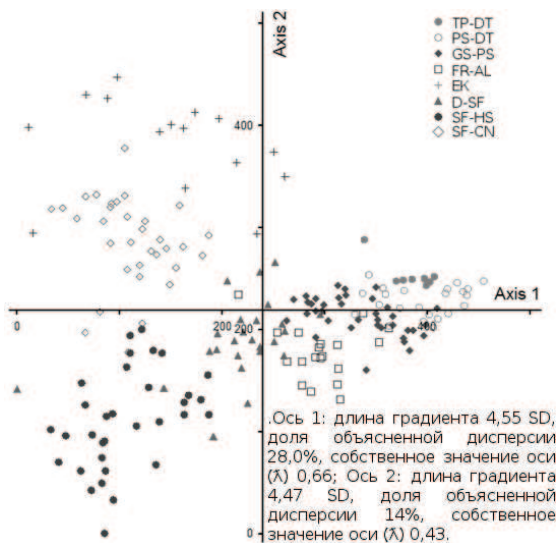


Рисунок 4 – DCA-ординация геоботанических описаний.

Отбор образцов грязевого субстрата для определения концентрации солей и величины pH на грязевом вулкане Магунтан производили с участков, занятых сообществами DT, PS-DT, GS-PS, FR-AL, D-SF, SF-HS, представляющих последовательный ряд зарастания сопочной брекчии при отсутствии избыточного увлажнения (рисунок 5).

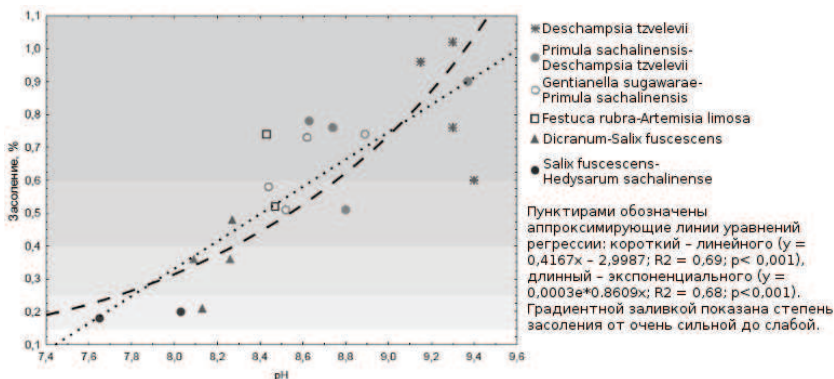


Рисунок 5 – Засоление и pH субстрата вулкана Магунтан.

В изменении показателей засоления и pH субстрата вулкана Магунтан наблюдается та же закономерность, что и на Южно-Сахалинском вулкане – статистически значимое уменьшение, обуславливающее прогрессивное развитие растительного покрова

6.4. Растительность Малых вулканов

Малые вулканы располагаются в 500 м к северу и к югу от Магунтана. Площадь территории Малого Южного вулкана составляет всего около 0,3 га, Малого Северного – около 0,4 га. Формирование растительного покрова на грязевых полях Малых вулканов идет по тем же закономерностям, что и на главном вулкане Пугачевской группы. Незначительная площадь, редкие и слабые извержения обуславливают меньшее разнообразие микроекотопов, по сравнению с вулканом Магунтан, что отражается в меньшем разнообразии растительного покрова.

На Малом Южном вулкане мы описали сообщества DT, GS–PS, D–SF; на Малом Северном – DT, GS–PS, D–SF, SF–HS. Для растительности Малых Вулканов также характерна микропопаяность. Поскольку от силы извержения зависит площадь грязевого поля, то на более крупном вулкане Магунтан позднесукцессионные сообщества располагаются на значительном удалении от центра вулкана – чем дальше от эруптивного канала располагается участок, тем большей силы должно быть извержение, чтобы грязевой поток достиг его. Для Малых вулканов частые и сильные извержения не характерны, поэтому участок грязевого поля может находиться в нескольких десятках метрах от эруптивного канала и не подвергаться повторному нарушению в течение многих десятилетий.

Глава 7. Особенности динамики растительного покрова грязевых вулканов

Каждое сообщество на субстрате того или иного возраста представляет дискретную единицу из динамического ряда развития растительного покрова. На грязевых вулканах наиболее полный динамический ряд сообществ наблюдается в случае постоянной активности и интенсивной деятельности с генерацией перекрывающихся или не сильно перекрывающихся грязевых

полей, как на вулкане Магунтан. В случае если вулкан малоактивен, то некоторые стадии из динамического ряда зарастания сопочной брекчии могут отсутствовать.

Смены растительных сообществ на грязевых вулканах несут черты как аллогенного процесса, поскольку снижение концентрации токсичных для растений веществ и элементов происходит за счет факторов абиотического выветривания, так и автогенного, индуцированного живыми организмами преобразования экотопа – накопление элементов минерального питания и органического вещества в почве. Поэтому, интерпретируя пространственный ряд сообществ вулкана Магунтан как динамический, или рассматривая сукцессионный ряд сообществ Южно-Сахалинского вулкана, датировки которого известны, мы имеем дело с комплексным экологическим градиентом. Он включает в себя степень токсичности субстрата для растений, содержание органического вещества и элементов минерального питания, интенсивность конкуренции между растениями.

На вулкане Магунтан возможно существование мозаики разновозрастных грязевых полей, которые находятся на разных стадиях геохимического преобразования. Другими словами, на вулкане Магунтан выражен комплексный экологический градиент, пространственно ориентированный в радиальном направлении от центра вулкана к его периферии. На Южно-Сахалинском вулкане долговременное существование ценопопуляции того или иного вида оказывается невозможным. Раз за разом перекрывающие друг друга грязевые потоки инициируют первичные сукцессии и исключают возможность долговременного существования ценопопуляций. Растительные сообщества возникают из поступивших на вулкан диаспор видов, произрастающих в окрестностях вулкана, а не из сохранившихся в «микрорефугиумах» ценопопуляций грязевулканических растений. Поэтому локальная флора Магунтана оказывается специфичной и уникальной, в то время как на Южно-Сахалинском вулкане растительные сообщества слагают виды с широкими ареалом и диапазоном экологической валентности.

Глава 8. Охрана экосистем грязевых вулканов

Все грязевые вулканы Сахалина являются особо охраняемыми природными территориями регионального значения – памятниками природы. Как элементы регионального перечня ООПТ грязевые вулканы до сих пор не имеют ни постоянного научного сопровождения, ни стратегии развития, которая бы учитывала специфику экосистем и предусматривала компромиссный вариант реализации их природоохранного, научно-просветительского и рекреационного потенциалов. Совершенно очевидно, что такие природные объекты должны быть правильно интегрированы в систему особо охраняемых природных территорий региона и соответствовать целям и задачам программ и мероприятий, направленных на сохранение биоразнообразия.

Заключение

1. Локальные флоры грязевых вулканов небогаты. Число видов сосудистых растений равно 30 для Пугачевских грязевых вулканов (на центральном вулкане группы отмечено 29 из них), 38 для Южно-Сахалинского вулкана, 10 для Дагинского. Общим для всех грязевых вулканов является лишь один вид – *Triglochin palustre*. Наиболее специфична флора вулкана Магунтан, поскольку включает в себя 4 узколокальных эндемика и один вид эндемичный для острова, а также ряд видов, не произрастающих в окружающих вулкан растительных сообществах.

2. На каждом грязевом вулкане формируется присущий только ему набор растительных сообществ, образующих структуро-динамический ряд. Растительный покров Южно-Сахалинского и Пугачевских вулканов сильно контрастируют с окружающей растительностью. В растительном покрове Южно-Сахалинского вулкана развиваются 4 сообщества, где в роли доминирующих видов выступают *Triglochin palustre* и *Phragmites australis*. Растительность Пугачевских вулканов слагают 9 сообществ, с основными доминантами: *Deschampsia tzelevii*, *Primula sachalinensis*, *Salix fuscescens*, *Hedysarum sachalinense*, *Calamagrostis neglecta*. Растительные сообщества этих вулканов не могут быть отнесены ни к одному известному синтаксону

эколого-флористической классификации растительности. Растительный покров Дагинского грязевого вулкана, образуют сообщества широко распространенных ассоциаций *Caricetum subspathaceae* и *Schoenoplectetum tabernaemontani*.

3. Растительные сообщества грязевых вулканов формируются вдоль комплексных градиентов условий. Ведущим фактором является уровень засоления субстрата. На вулкане Магунтан важным фактором, определяющим состав и размещение растительных сообществ, является степень увлажнения субстрата. На Дагинском вулкане специфические условия грязевулканических местообитаний затушевываются действием приливных вод Охотского моря.

4. Растительные сообщества грязевых вулканов являются различными стадиями первичной сукцессии на грязевых отложениях разного возраста. Пространственный ряд сообществ является и эколого-динамическим рядом. В динамическом ряду растительных сообществ наблюдается увеличение флористического богатства и разнообразия, проективного покрытия, усложнение спектра жизненных форм, пространственной структуры.

5. Сукцессионные смены в растительном покрове грязевых вулканов имеют аллогенно-автогенную природу. Аллогенный фактор – постепенное уменьшение засоления изверженного субстрата под действием агентов выветривания в сукцессионном процессе играет не меньшую роль, чем автогенные (эндоэкогенитические) факторы. Вклад аллогенных факторов более значим на первых этапах сукцессии, по мере развития растительного покрова большее значение начинают приобретать автогенные факторы.

6. Наличие разновозрастных грязевых полей и периодически возникающих нарушений в виде извержений является необходимым условием для устойчивого долговременного существования сукцессионного комплекса растительных сообществ и видов грязевулканической флоры.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК

1. Корзников К.А. Развитие сети особо охраняемых природных территорий юга острова Сахалин // Проблемы региональной экологии. – 2013. – № 3. – С. 173–177.
2. Корзников К.А. Растительные сообщества Южно-Сахалинского грязевого вулкана // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – № 1. – С. 56–65.
3. Корзников К.А. Растительные сообщества грязевого вулкана Магунтан (о. Сахалин) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2015. – Т.120. – Вып. 1. – С. 61–68.
4. Корзников К.А. Растительный покров молодых грязевых полей грязевого вулкана Магунтан (о. Сахалин) // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. – 2015. – № 2. – С. 51–55.
5. Корзников К.А. Грязевые вулканы о. Сахалин в системе особо охраняемых природных территорий региона // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2015. – № 1. – С.34–39.
6. Korznilov K.A. Plant communities of the Maguntan mud volcano (Sakhalin Island, Russia) // Phytocoenologia. – 2015. – In press.

Статьи в прочих изданиях

1. Корзников К.А. Растительные сообщества двух грязевых вулканов на о. Сахалин // Растительный мир Северной Азии: проблемы изучения и сохранения биоразнообразия. Материалы Всероссийской конференции (Новосибирск, 1 – 3 октября 2013 г.). – Новосибирск: ЦСБС СО РАН, 2013. – С. 74–76.
2. Корзников К.А. Состав и структура растительных сообществ Пугачевских грязевых вулканов (о. Сахалин, Россия) // Проблемы и перспективы исследований растительного мира. Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых (13-16 мая 2014 г., г. Ялта). – Ялта, 2014. – С. 106.
3. Корзников К.А. Грязевые вулканы о. Сахалин и эндемизм сосудистых растений // Растительность Восточной Европы и Северной Азии. Материалы Международной научной конференции (Брянск, 29 сентября – 3 октября 2014 г.). – Брянск: Брянское полиграфическое объединение, 2014. – С. 74.