

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФЛОРЫ «КАМЧАТСКОГО ОГНЕННОГО КОЛЬЦА»

Выполнила:

Восковская Варвара Витальевна, 10 класс

ГБОУДО МДЮЦ ЭКТ

Руководитель:

Яковлев Алексей Александрович

Педагог доп. образования, ГБОУ МДЮЦ ЭКТ, гор. Москва

Москва, 2025 г.

ВВЕДЕНИЕ

Камчатка – полуостров в северо-восточной части Евразии на территории России. Этот край довольно популярен среди туристов и натуралистов из-за большого количества сейсмоактивных зон, действующих вулканов, гейзеров и сероводородных источников. Полуостров привлекает множество людей со всего мира, желающих насладиться его уникальной природой и разнообразием живых организмов. Здесь можно наблюдать различные виды китов, дельфинов, необычных птиц и растений, которые в России обитают только в этом регионе.

На территории полуострова находится 16 ООПТ с разными статусами – от природных парков до заповедников, благодаря чему видовое разнообразие этого региона сохраняется, а туризм наносит меньший экологический вред. Из-за географической изолированности, сурового резкого климата и различных геологических особенностей, Камчатский край обладает уникальной и уязвимой природой.

Помимо природы, Камчатка уникальна своими ландшафтами: на полуострове неслучайно большое количество вулканов, 29 из которых активные. Такое количество активных вулканов приводит к непрекращающимся изменениям ландшафта вокруг – каждое извержение захоранивает под пеплом растения, появляются и исчезают кислотные озера, реки меняют свои русла. Кроме того, на стратовулканах в силу высотности низкие температуры, из-за чего постоянно накапливается снег, впоследствии превращающийся в лед. На Камчатке более 400 ледников разных типов. Их таяние влияет на влажность и на погоду. Также на полуострове расположено большое количество термальных зон, горячих озер, грязевых котлов и гейзеров. Долина гейзеров, располагающаяся в Кроноцком заповеднике, даже была занесена в список всемирного наследия ЮНЕСКО. Совокупность всех этих факторов влияет на видоразнообразие и видообразование на этой территории, вследствие чего складывается уникальная флора и фауна, дополняемая морскими и океаническими видами с побережья, в том числе и из Авачинской бухты.

Изучение флоры Камчатки началось в 1725 году, во время экспедиции Витуса Беринга. Сейчас флористический состав насчитывает около 1200 видов сосудистых растений, при этом наблюдается сравнительная обеднённость сообществ, по сравнению с Дальним Востоком, находящимся в той же климатической зоне. Для этого полуострова также очень характерно высокотравье – сообщество высоких травянистых растений, часто с большим количеством эфемероидов и с малым одернением вследствие малого количества осок и злаков на этих участках. В основном их образуют растения семейства Астровых и Зонтичных.

Исследования растительного мира Камчатки имеют большое значение для понимания процессов формирования и развития экосистем в этом регионе. Они также помогают сохранить уникальные и редкие виды растений, которые находятся под угрозой исчезновения из-за деятельности человека. Из этого можно сделать вывод, что крайне

важно исследовать туристические маршруты, для того чтобы наносить минимальный ущерб природе.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Флора Камчатки начала изучаться в 1725 году, однако большинство вулканов не были в должной степени исследованы. Во время подготовки к экспедиции и поиска литературы для написания работы мной была найдена всего одна статья по Горелому вулкану, причем не охватывающая все флористическое разнообразие. [1] Работ по Мутновскому вулкану оказалось также крайне мало, несмотря на то, что и он, и Горелый – одни из самых посещаемых туристами мест. [2, 3] Отсутствие должного исследования флоры в локациях с высокой антропогенной нагрузкой может привести к нарушению экосистем и утрате первозданного вида сообществ.

Исследовать флору туристических маршрутов, а также ежегодно контролировать ее изменения крайне важно для сохранения сообществ туристических мест. Ежегодно маршрут «Камчатского огненного кольца» проходит больше тысячи человек. Если не контролировать изменения, происходящие вследствие антропогенного воздействия, с каждым годом сообщества будут разрушаться все больше.

Флора Авачинского вулкана была достаточно хорошо исследована, как и в целом флора Корякской группы вулканов, а также Ключевской, Кроноцкой группы и вулканы Южно-Камчатского природного парка. Авачинский вулкан имеет достаточно высокое сходство с остальными изученными вулканами, однако распределение типов растительности по горной местности на каждом вулкане разное. [4]

Основные закономерности распределения растений по вулканам Камчатки описаны в работе В.Ю.Ненашевой «Растительность полуострова Камчатка». В первую очередь, стоит отметить резкое различие климата в разных частях полуострова, а также довольно резкие границы между поясами высотности. Не меньшее влияние на флору имеет геологическая составляющая биогеоценоза.

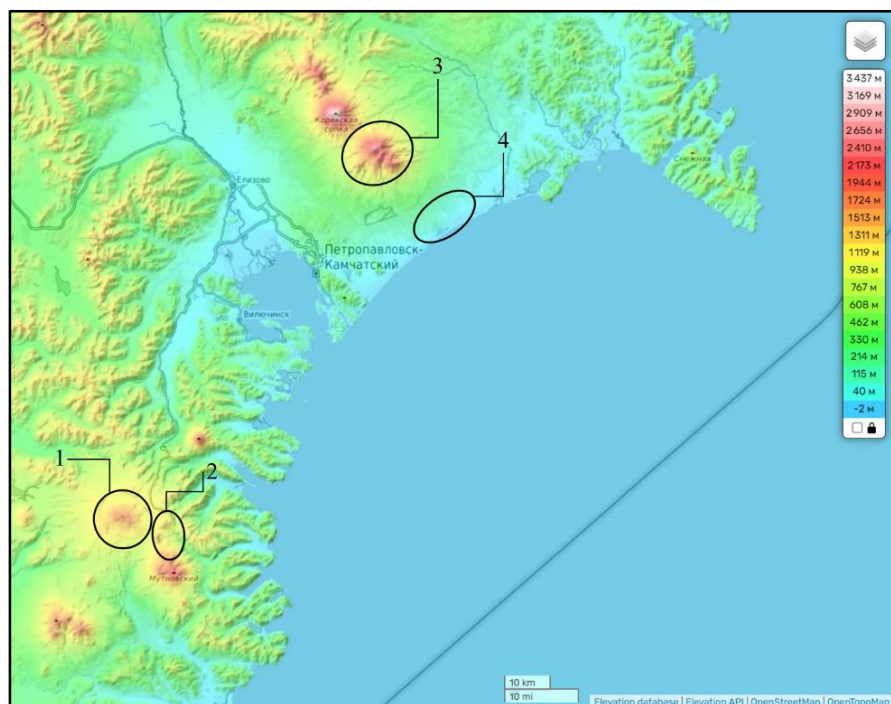
Цель: изучить особенности распределения растений на маршруте «Камчатского огненного кольца».

Задачи:

1. Провести маршрутный учёт сосудистых растений, составить и оценить видовые списки для каждой локации
2. Оценить географические и геологические особенности локаций и обозначить их влияние на флору
3. Выявить границы альпийских, верхних субальпийских и нижних субальпийских поясов
4. Сравнить видовое разнообразие всех локаций между собой и выявить участки с уникальным видовым составом растений в условиях высокогорья

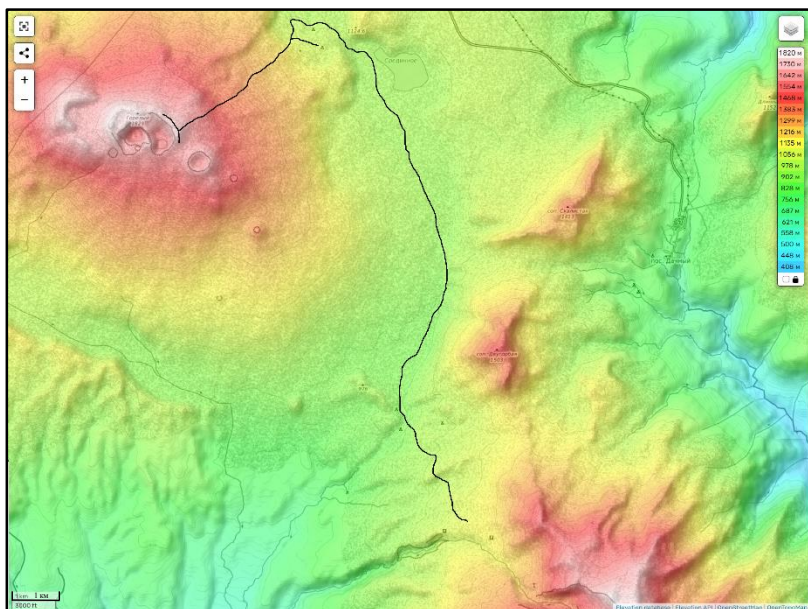
МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Были исследованы 4 локации Камчатского огненного кольца.



Карта 1. Расположение локаций. 1 – влк. Горелый, 2 – Дачные источники, 3 – влк. Авачинский, 4 – Халактырский пляж.

луговой части и по лесной части чуть поодаль от уреза воды. (Координаты лагеря $52^{\circ} 31' 52.9''$ N, $158^{\circ} 11' 43.4''$ E), в окрестностях лагеря и по дороге к термальным источникам (ваннам). На Халактырском пляже учёт производился вдоль берега протяженностью океана по луговой части и по лесной части чуть поодаль от уреза воды. (Координаты $52^{\circ} 59' 43.4''$ N, $158^{\circ} 51' 02.1''$ E) По ходу маршрутов описывалась не только флора, но и геологические и географические особенности местности.

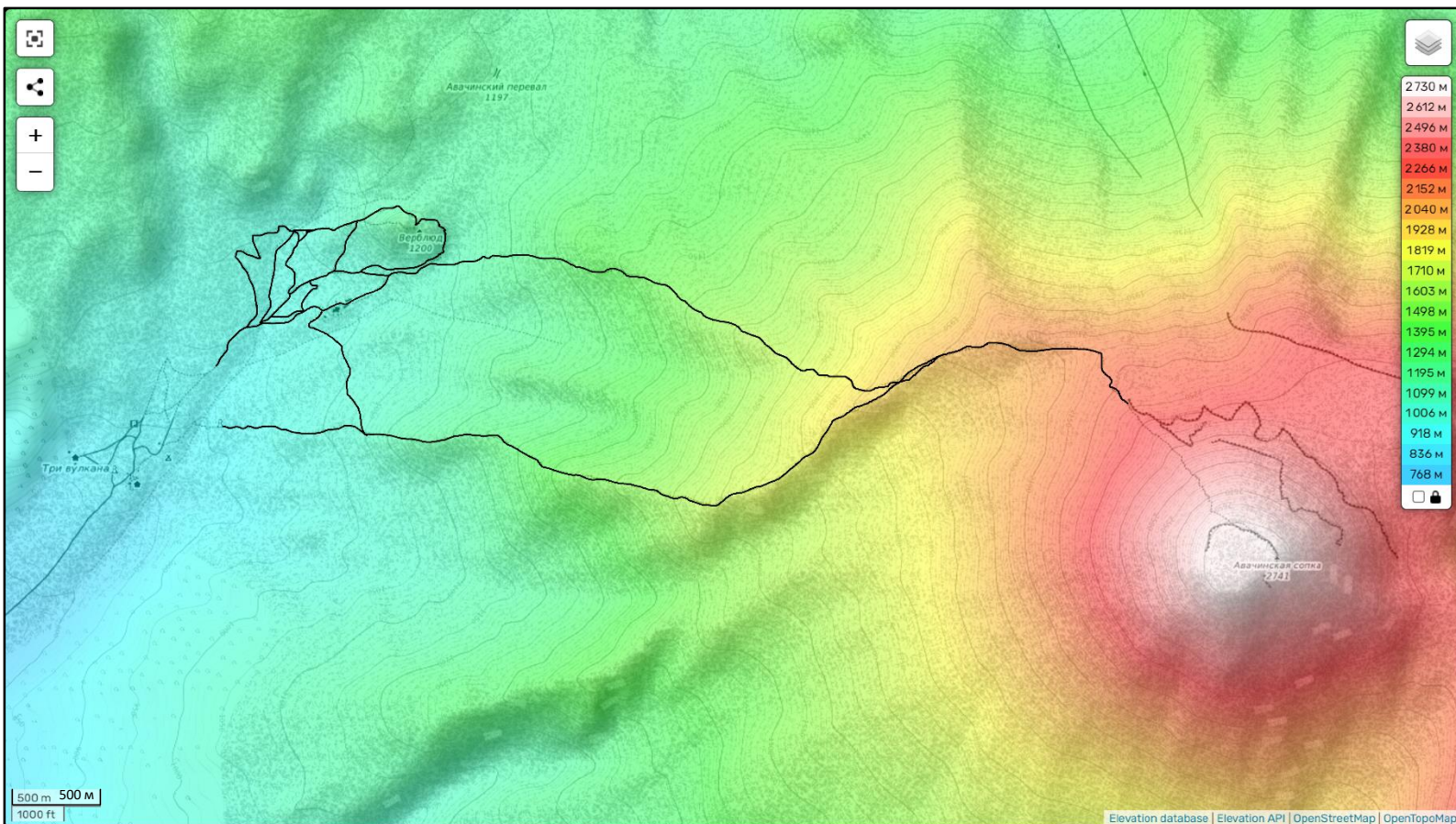


Карта 2. Маршруты на вулкане Горелом.

На вулкане Горелом маршрут учёта пролегал по тропе подъёма и спуска на вулкан и по тропе к каньону Опасный в кальдере. (Карта 2) На Авачинском вулкане маршрут учёта проходил по тропе подъёма, тропе спуска с Авачинского вулкана, по тропе спуска с Верблюда и на плато у базы МЧС. (Карта 3) На Дачных источниках списки составлялись по тропе от Мутновской ГеоЭС к лагерю (Координаты лагеря $52^{\circ} 31' 52.9''$ N, $158^{\circ} 11' 43.4''$ E), в окрестностях лагеря и по дороге к термальным источникам (ваннам). На Халактырском пляже учёт производился вдоль берега протяженностью океана по

Использовался метод маршрутного учёта видов с фиксацией высот встреч. Определение приуроченности вида к определенной пояности проводилось с опорой на работу В.В.Якубова, О.А.Чернягиной и А.Н.Беркутенко «Флора Авачинского вулкана» [5] и работу В.В.Якубова и О.А.Чернягиной «Каталог флоры Камчатки (сосудистые растения)» [3]. Определение растений производилось по В.Л.Комарову – двухтомник «Флора полуострова Камчатки» [6] и 30-ти томнику АН СССР «Флора СССР» [7], сверка определений по трудам В.В.Якубова «Иллюстрированная

флора Кроноцкого заповедника» [8], «Атлас растений Камчатки» [9].



Карта 3. Маршрут на Авачинском вулкане.

Установление флористического сходства определялось по коэффициенту

Сьёренсена $k_s = \frac{2 \cdot n(A \cap B)}{n(A) + n(B)}$, где $n(A)$, $n(B)$ – кол-во видов в сообществе А и В соответственно, $n(A \cap B)$ – кол-во видов общих для сообществ.

После составления полных видовых списков определялись границы высотной поясности. Границы поясов определялись по совокупности двух фактов: находилась точка (по высоте), в которой большое количество видов заканчивают свое произрастание и точка (по высоте), в которой большое количество видов начинают свое произрастание. Там, где эти две точки сходились, граница определялась методом выявления наименьшего сходства между сообществами.

Определение происхождения видов производилось с помощью Депозитария живых систем МГУ по атласу карт флоры и с опорой на описания географии видов в «Флоре СССР». [10, 7]

Сравнение видового разнообразия вулканов и оценка «типичности» также производились, опираясь на работы В.В.Якубова «Сосудистые растения Кроноцкого заповедника: список» [11], «Каталог флоры Камчатки (сосудистые растения)» и опираясь на работу А.Н.Беркутенко «Растения вулканов Камчатки».

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ

Были исследованы 4 самые посещаемые локации Камчатского огненного кольца: вулкан Горелый, Дачные источники (Мутновская ГеоЭС), вулкан Авачинский и Халактырский пляж. Эти места являются одними из самых посещаемых туристами. На Горелом маршрут был проложен через тропу подъёма и спуска, по кальдере в сторону пещер и по кальдере в сторону каньона Опасный. На Авачинском вулкане учет проводился в районе базового лагеря, на тропе подъёма и спуска, на тропе к Верблюду и на спуске с него и у подножья у базы МЧС. Исследуемые высокогорные районы (вулканы Авачинский и Горелый), по полученным данным о распределении растительности по высотам на склоне, были разбиты на 3 пояса высотности – альпийский, верхний субальпийский, нижний субальпийский.

Вулкан Горелый состоит из 2 построек – древней, щитовой, которая образовала кальдеру диаметром 12 км, и новой, находящейся сверху кальдеры. Новая постройка – активный стратовулкан с 5 конусами, в кратерах которых находятся фумарольные поля, спад активности пришёлся на 2010 год, тогда же было последнее извержение. Горелый характеризуется большим количеством пепла в грунте, застывшими лавовыми потоками и большим количеством каменистых осыпей, состоящих из пород и шлаков. Породы на Горелом вулкане относительно кислые, состоят из андезитодацитов, андезитовых лав и дацитовых лав, а также шлаком. Его сообщества довольно сильно изолированы от остальных из-за наличия больших осыпей и кальдеры. Всего в локации Горелого было найдено 60 видов из 25 семейств растений, наибольшее количество видов из семейства Астровые – *Asteraceae* (11 видов) и из семейства Вересковые – *Ericaceae* (8 видов).

Авачинский вулкан – это стратовулкан, последнее извержение которого было в 2001 году. В его конусе есть фумарольное поле. Склоны Авачинского вулкана характеризуются меньшим количеством лавовых потоков, также на нем больше каменистых осыпей, но состоящих из более мелких обломков пород и шлаков, а не из крупных, как на Горелом. Породы на Авачинском более основные, чем на Горелом, в основном представлены андезитобазальтами, андезитовыми лавами и базальтовыми лавами, а также туфами и шлаком, пепел серо-желтый, в то время как на Горелом серо-черный. На этой локации было найдено больше всего видов растений – 110 видов из 32 семейств, наибольшее количество видов из семейства Астровые – *Asteraceae* (14 видов), семейства Вересковые – *Ericaceae* (11 видов) и из семейства Гвоздичные – *Caryophyllaceae* (9 видов).

На Дачных источниках было найдено 63 вида из 30 семейств, наибольшее количество видов в семействах Астровые – *Asteraceae* (13 видов) и Розовые – *Rosaceae* (8 видов). Наибольшее количество видов для этой локации было описано на склонах и вдоль троп, а в фумарольных полях растений было крайне мало. В целом локация характеризуется схожим составом пород с Горелым вулканом, но сообществ больше, так как локация располагается несколько ниже, а также в силу особенностей ландшафта и протекания реки рядом.

На Халактырском пляже было обнаружено 83 вида из 29 семейств растений, наибольшее количество видов из семейства Астровые – *Asteraceae* (14 видов), Розовые – *Rosaceae* и Мятликовые – *Poaceae* (по 8 видов). На пляже было представлено 2 сообщества – наиболее близко к океану расположен луг, состоящий в основном из осок, злаков и растений семейства астровые, в отличие от остальных локаций, где луга в большей части представлены высокотравьем. Второе сообщество – лесистый участок чуть поодаль от уреза воды.

По коэффициенту Съеренсена были получены данные о сходствах между сообществами. (Табл. 1) Разные пояса высотности на Горелом вулкане схожи между собой больше, чем разные пояса на Авачинском. При этом сравнение поясов высотности между Авачинским и Горелым дают большее сходство, чем сравнение поясов внутри одной локации. Наиболее отличающаяся от всех остальных локация – Халактырский пляж.

	Горелый низ	Горелый середина	Горелый верх	Авачинский низ	Авачинский середина	Авачинский верх	Дачные источники	Халактырский пляж
Горелый низ	1	0,3662	0,2813	0,5612	0,5957	0,1404	0,5000	0,2656
Горелый середина	0,3662	1	0,4000	0,3833	0,5467	0,2105	0,3441	0,1651
Горелый верх	0,2813	0,4000	1	0,2124	0,5291	0,6452	0,1395	0,0588
Авачинский низ	0,5612	0,3833	0,2124	1	0,2378	0,0935	0,5100	0,3164
Авачинский середина	0,5957	0,5467	0,5291	0,2378	1	0,1774	0,4969	0,0758
Авачинский верх	0,1404	0,2105	0,6452	0,0935	0,1774	1	0,2931	0,0105
Дачные источники	0,5000	0,3441	0,1395	0,5100	0,4969	0,2931	1	0,4960
Халактырский пляж	0,2656	0,1651	0,0588	0,3164	0,0758	0,0105	0,4960	1

Таблица 1. Коэффициент Съеренсена для всех точек.

На каждом вулкане хорошо выявляются границы поясов высотности по распределению видов – появляются точки, в которых начинает или заканчивает расти большое количество видов одновременно. На Горелом граница нижнего и верхнего субальпийского поясов – 1230 метров над уровнем моря, граница субальпийского и альпийского – 1340 метров над уровнем моря. На Авачинском вулкане граница нижнего и верхнего субальпийского поясов – 1015 метров над уровнем моря, граница субальпийского и альпийского – 1320 метров. (Схема 1) Граница между альпийским и субальпийскими поясами проходит на Горелом и Авачинском вулканах практически на одной высоте.

На каждой из точек наибольшее разнообразие растений семейства Астровые. На вулканах второе место по разнообразию занимает семейство Вересковых, а на более нижних участках, Дачных источниках и Халактырском пляже, второе по разнообразию семейство Розовые. По происхождению наибольшее количество видов являются голарктическими.

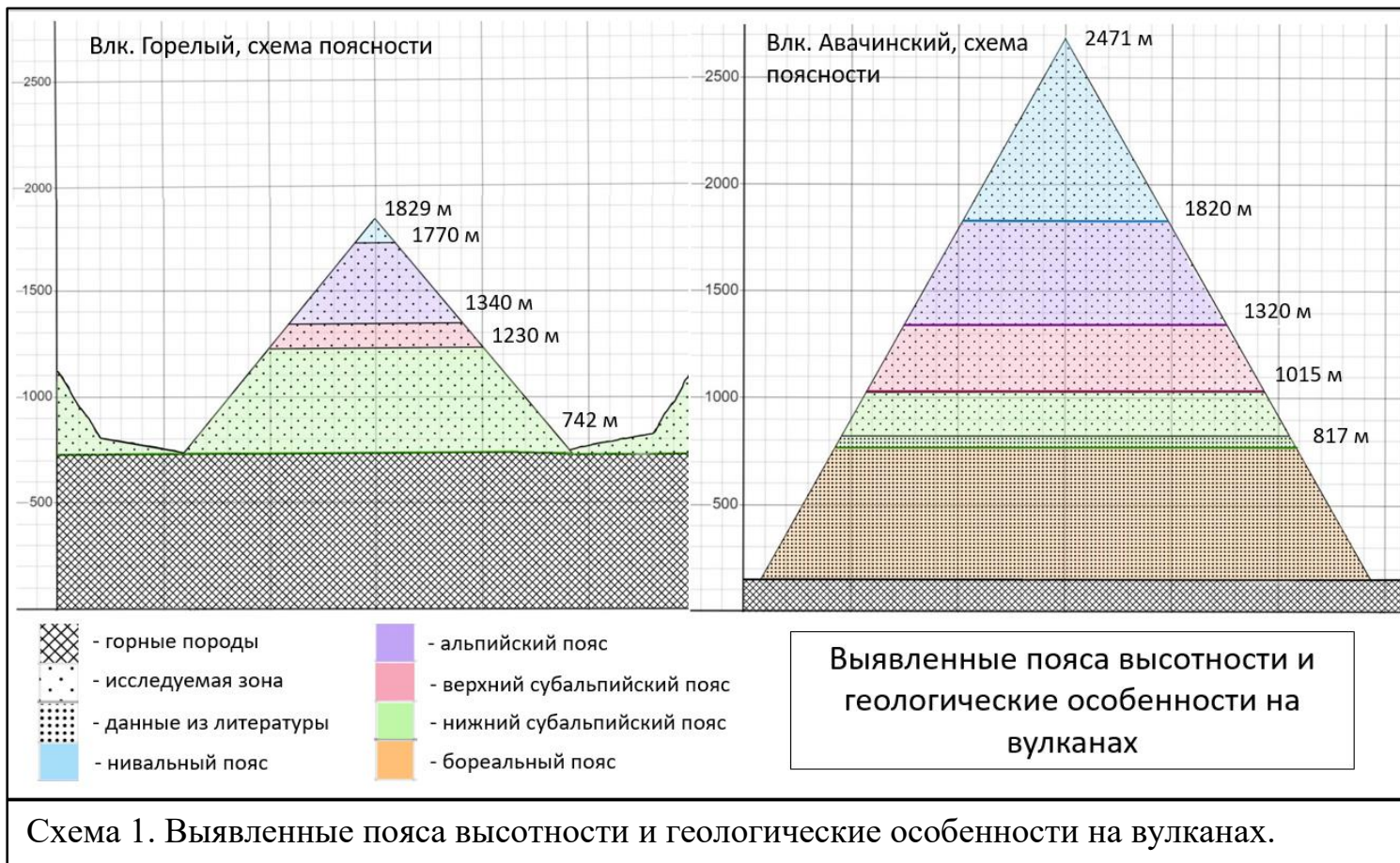
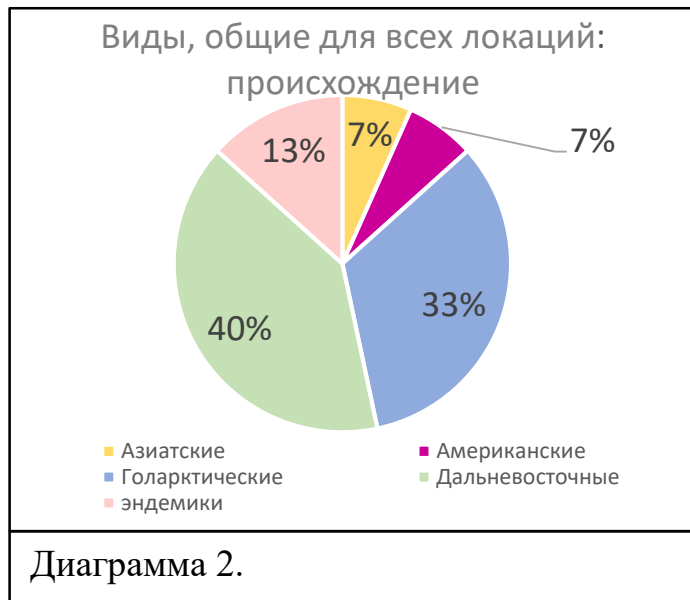
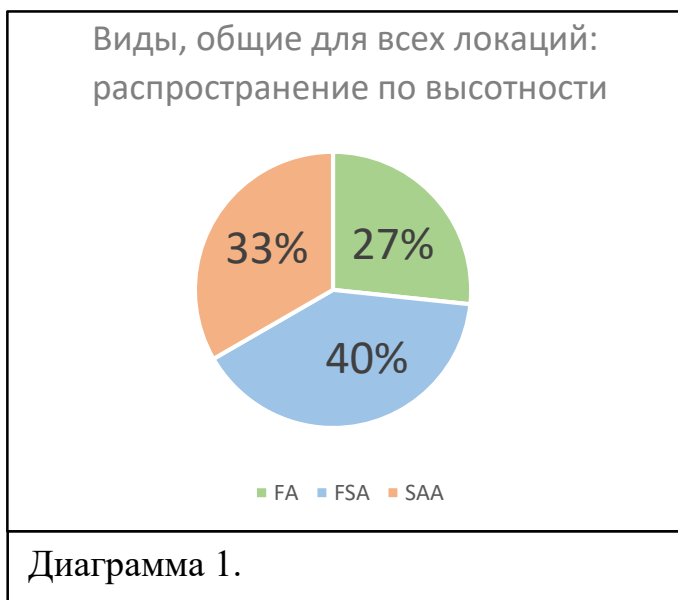


Схема 1. Выявленные пояса высотности и геологические особенности на вулканах.

Эндемичных видов всего было встречено 12 – *Carex krascheninnikowii*, *Juncus beringensis*, *Agrostis kamschatica*, *Elymus kamczadalarum*, *Papaver microcarpum*, *Saxifraga cherlerioides*, *Oxytropis adamsiana*, *Potentilla vulcanicola*, *Salix reptans*, *Arabidopsis lyrata*, *Stellaria escholschiana*, *Veronica grandiflora*. Наибольшее количество эндемиков Камчатки было определено среди семейства Мятликовые, и в целом среди порядка Однодольных. Растениями, встреченными в каждой локации, в большей части являются представители семейства Астровые – *Cirsium kamtschaticum*, *Erigeron thunbergii*, *Saussurea pseudo-tilesii*, *Solidago californica*, *Taraxacum ceratophorum*. Всего растений, встречающихся на всех локациях, было 15 видов, большая часть из них относится к борео-субальпийским по высотности, а по происхождению – дальневосточные и голарктические. (Диаграмма 1, 2)



При этом наиболее приспособленным к условиям высокой поясности является семейство Вересковые (*Bryanthus gmelinii*, *Cassiope lycopodioides*, *Phyllodoce caerulea*, *Pyrola minor*, *Rhododéndron auréum*). Это можно объяснить особенностями морфологии растений, в частности, характерной «вогнутостью» листа вересковых с нижней стороны для лучшего улавливания влаги из воздуха и конденсации ее на трихомах, с целью дальнейшего всасывания, так как в горах растения преимущественно воду получают из осадков.

По мере спуска с Авачинского вулкана хорошо прослеживаются закономерности уменьшения процента альпийских и субальпийско-альпийских видов, уменьшения процента растений американского происхождения и увеличения процента растений голарктического происхождения, в то время как на Горелом вулкане определенных закономерностей распределения растений по происхождению и привязке к высотности не было выявлено. (Диаграмма 3, 4)

Диаграмма 3: распределение видов по высотности, виды

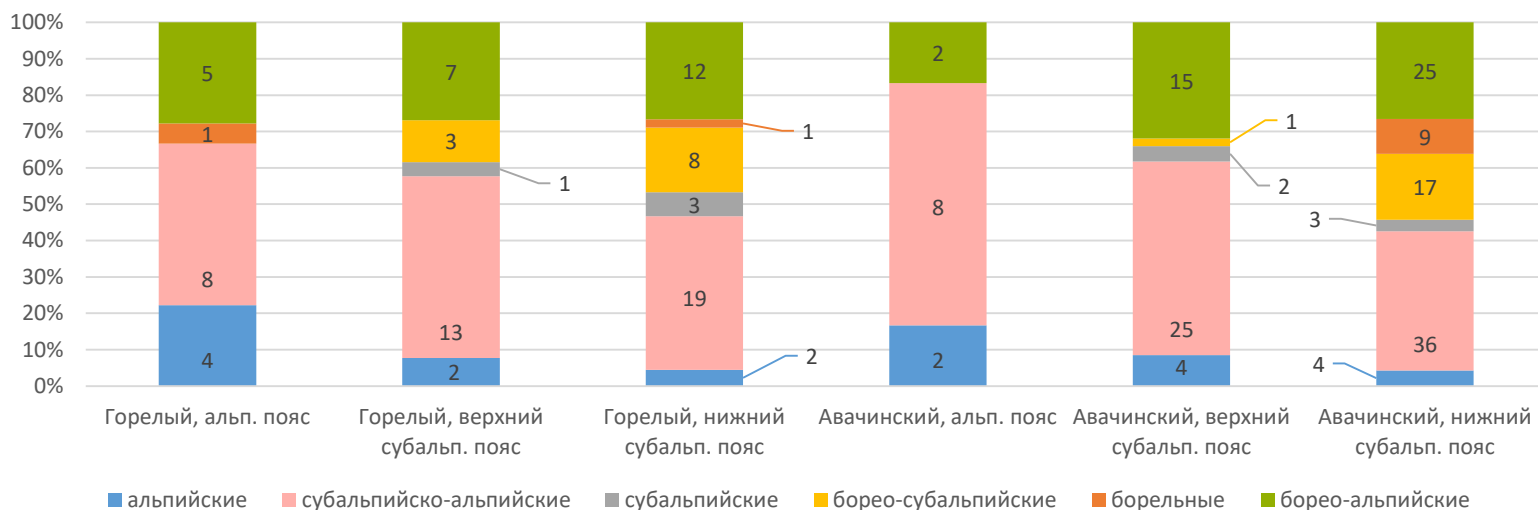
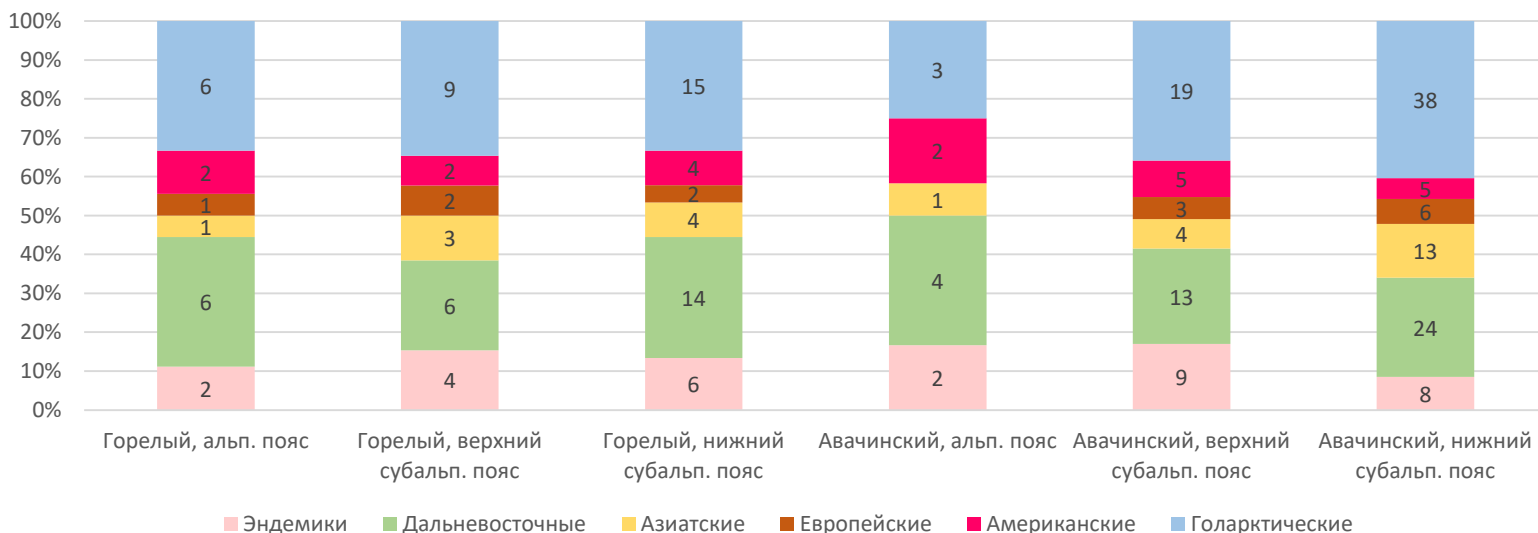


Диаграмма 4: распределение видов по происхождению, виды



При этом стоит заметить, что нижний субальпийский пояс Горелого и Авачинского примерно на 50% схож с Дачными источниками. При этом нижний субальпийский пояс Горелого больше схож с верхним субальпийским Авачинского. Распределение растений по высотности на Дачных источниках и Халактырском пляже в целом похоже, однако на дачных источниках примерно поровну распределены борео-субальпийские, борео-альпийские и субальпийско-альпийские виды. (Диаграмма 5, 6, 7, 8)

Дачные источники, распределение видов по высотности

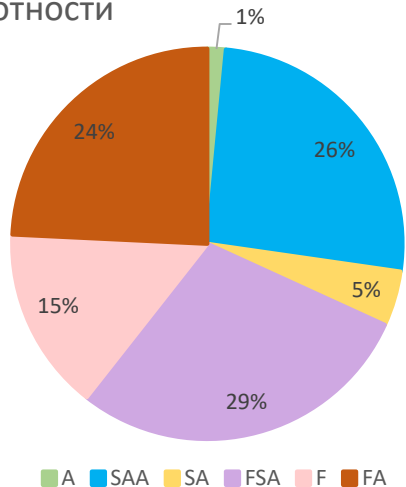


Диаграмма 5.

Дачные источники, происхождение

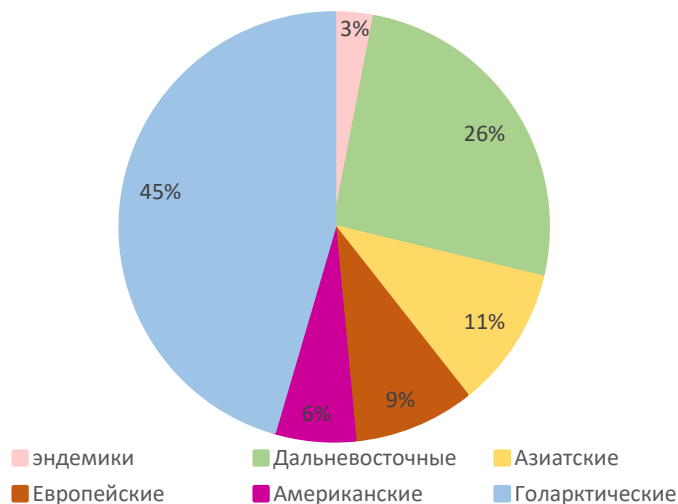


Диаграмма 6.

Халактырский пляж, распределение видов по высотности

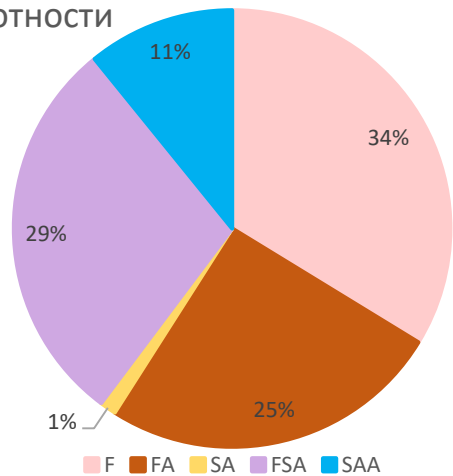


Диаграмма 7.

Халактырский пляж, распределение видов по происхождению

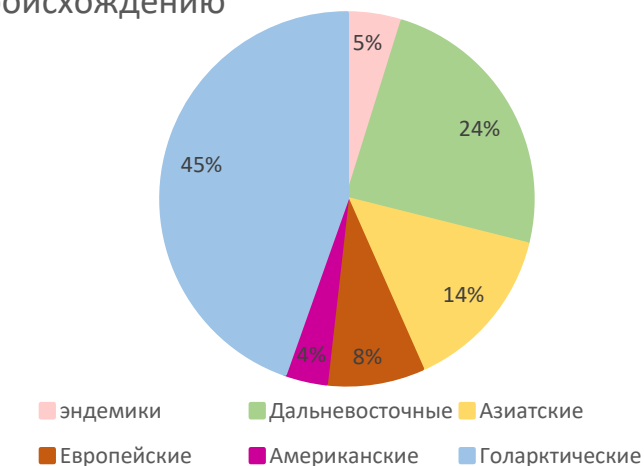


Диаграмма 8.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Видна четкая районированность поясов на вулканах, причем граница альпийского и субальпийского пояса на Горелом и Авачинском практически одинаковы, что может говорить об отсутствии влияния климатического фактора между этими вулканами. Однако

на Горелом граница перехода нижней субальпийской зоны в верхнюю сильно сдвинута вверх, а сообщества в целом беднее, но уникальнее, чем на Авачинском вулкане, который в общем схож с Мутновским и группой Кроноцких. Это можно объяснить изолированностью сообществ Горелого вулкана из-за кальдеры и большого количества каменистых осыпей из больших лавовых бомб и магматических пород. Изолированность Горелого порождает на нём новые уникальные виды, а также, вследствие отграниченности растительного покрова осыпями, возникает хаотичное распространение растений по склону, закономерности проследить не удаётся.

На Горелом наибольшая доля растений относится к группе борео-альпийских. Это объясняется тем, что новые бореальные и борео-субальпийские виды не могут заселиться на вулкан из-за изоляции, вследствие этого их экологическую нишу занимают другие растения, которые могут встречаться на большем диапазоне высот. Борео-альпийские виды имеют наибольший диапазон высот, на которых они могут расти, поэтому чаще всего экологические ниши остальных занимают именно они. Этим же объясняется бедность сообществ Горелого вулкана.

Помимо изоляции, на Горелый идет большая рекреационная нагрузка, больше, чем на Авачинском вулкане. Из-за антропогенной нагрузки сообщества дополнительно нарушаются, что приводит к еще большей их сепарации от остальных.

Закономерности уменьшения процента американских видов на Авачинском вулкане можно объяснить тем, что раньше полуостров был частью Североамериканского материка, однако после отделения от Северной Америки и присоединения к Евразии, на Камчатку стали больше заселяться дальневосточные и азиатские виды, очаги распространения которых находились ближе. Американские виды стали для Камчатки «реликтами», а альпийские пояса вулканов их «рефугиумами», на Халактырском пляже – самой нижней исследуемой локации, доля американских видов крайне мала и меньше, чем в остальных локациях.

Высокое разнообразие на Дачных источниках связано с большим количеством сообществ, находящихся в этой локации. Уникальные виды, не встречающиеся в других местах, произрастают у фумарол, большое количество видов было обнаружено на солнечных склонах у ручья, в сообществе, напоминающем пойменное. Благодаря большому количеству сообществ, разнообразие Дачных источников чем-то похоже на каждую локацию.

ВЫВОДЫ

1. Наибольшим разнообразием обладает Авачинский вулкан - было встречено 110 видов растений. Разнообразие высоко по причине большого количества сообществ в локации. На горелом разнообразие беднее - 60 видов, вследствие его изоляции и высокой антропогенной нагрузки.

2. Низкое видовое богатство Горелого может быть связано с его изолированностью образовавшейся кальдерой, закрытостью сообществ и с высокой антропогенной нагрузкой

3. На Горелом вулкане граница альпийского пояса с субальпийским верхним поясом совпала с границей на Авачинском (на Горелом 1340, на Авачинском 1320), однако граница внутри субальпийского пояса между верхним и нижним заметно отличается (на Горелом 1230, на Авачинском 1015). Подъём субальпийского нижнего пояса на Горелом связана с его изоляцией и тем, что борео-альпийские виды занимают экологические ниши борео-субальпийских, распространяясь выше по причине своей приспособленности

4. Дачные источники имеют высокую схожесть со всеми локациями из-за большого количества сообществ. Нижний субальпийский пояс Авачинского вулкана схож с Дачными источниками, а видовой состав Горелого вулкана - уникальный. Уникальность Горелого говорит в пользу влияния изоляции

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Участок Горелого вулкана достаточно уязвим и для сохранения уникальности его сообществ нуждается в лучшем исследовании и отслеживании изменений после туристических сезонов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котлярова Е.В. "Механизмы колонизации лавовых потоков вулкана Горелый (Камчатка) покрытосеменными растениями"// Международная Конференция: «Российская геоботаника: итоги и перспективы» (к 100-летию Отдела геоботаники БИН). 26–30 сентября 2022 г. Санкт-Петербург [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.binran.ru/files/conferences/geobotany_100/Kotlyarova.pdf (Дата обращения 07.11.2024)
2. Беркутенко А.Н. «Растения вулканов Камчатки» - Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2012. - 160 с.
3. Якубов В.В., Чернягина О.А. «Каталог флоры Камчатки (сосудистые растения)». Петропавловск-Камчатский, Изд-во «Камчатпресс», 2004. - 165 с.
4. Растительный покров вулканических плато Центральной Камчатки (Ключевская группа вулканов) / Под ред. В.Ю. Нешатаевой. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. — 461 с.
5. Якубов В.В., Чернягина О.А. и Беркутенко А.Н. «Флора Авачинского вулкана» - "Флора и климатические условия Северной Пацифики", 2001. с. 6-34.
6. Комаров, В. Л. Флора полуострова Камчатки / В. Л. Комаров; Акад. наук СССР. — М.; Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1951. — (Комаров, В. Л. Избранные сочинения: в 8 т. Т. 7: Ч. I / [ред. тома Б. К. Шишкин]. — 507, [31] с., Т. 8: Ч. II. — 304 с.)

7. АН СССР «Флора СССР»: в 30 т./ Под ред. В.Л. Комарова; Акад. наук СССР, – 30 т.
8. Якубов В.В. Иллюстрированная флора Кроноцкого заповедника (Камчатка): Сосудистые растения. — Владивосток: БПИ ДВО РАН, 2010. —296 с.
9. Якубов В.В. «Атлас растений Камчатки». Москва. 2007.- 260 с.
10. "Депозитарий живых систем" [Электронный ресурс]. Режим доступа: depo.msu.ru (Дата обращения 07.11.2024)
11. Якубов В.В. Сосудистые растения Кроноцкого биосферного заповедника (Камчатка). Владивосток, 1997. 100 с.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

A – альпийский вид

SAA – субальпийско-альпийский вид

SA – субальпийский вид

FSA – борео-субальпийский вид

F – бореальный вид

FA – борео-альпийский вид