

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ МОРСКОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

*На правах рукописи*

**КАЗАКОВ АРТЕМ ИВАНОВИЧ**

**ВЫЯВЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ  
ОБЪЕКТОВ РАЙОНОВ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

(25.00.10 – геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых)

**НАУЧНЫЙ ДОКЛАД ОБ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ НАУЧНО-  
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ДИССЕРТАЦИИ)**

Научный руководитель  
кандидат геолого-минералогических наук  
Веселов Олег Васильевич

Южно-Сахалинск – 2019

**Оглавление**

Введение.....	3
Структура и объем научно-квалификационной работы.....	9
Заключение .....	11

## Введение

Структура геофизических данных зависит от способа их получения. Если данные получены в результате профильных измерений, то в первичном виде они представляют собой одномерные массивы (векторы) измеренных геофизических параметров. В случае площадных измерений массив геофизических данных будет двухмерным. При наблюдениях на стационарных пунктах записи представляют собой временные ряды.

Геофизические данные различной структуры могут быть использованы для изучения верхних слоев Земли, поисков и разведки полезных ископаемых, а также в инженерно-геологических, гидрогеологических и других изысканиях. Геофизические методы (гравиметрические, электрометрические, магнитометрические и т. д.) объединяют средства наблюдения, способы использования этих средств для проведения измерений и алгоритмы первичной обработки полученных геофизических данных [Кунщиков, 1976]. Повышение качества результатов геофизических исследований происходит как за счет совершенствования измерительной аппаратуры, так и за счет оптимизации обработки массивов геофизической информации.

Статистические методы широко применяются в геофизике. Для выполнения сложных математических расчетов в рамках статистического анализа, хранения промежуточных результатов этих расчетов и построения математических моделей необходимо использование ЭВМ. По мере совершенствования вычислительной техники наибольшее развитие получили те статистические методы, которые используют сложные математические расчеты, поскольку ранее применение этих методов практически не было осуществимо. Современные возможности программирования выводят интерпретацию геофизических данных на новый уровень: например,

платформа для разработки и отладки алгоритмов обработки данных геофизических исследований [SIMPEG: An open ..., 2015].

### **Актуальность темы исследования**

Исследования в области наук о Земле сталкиваются со значительными трудностями: реконструкция глубинных процессов, произошедших в далеком прошлом, по их проявлениям на поверхности планеты выполняется в условиях неполноты данных и требует учета многогранности этих процессов. В связи с этим количественные признаки, характеризующие объекты, описывают в виде динамики средних, а не точных значений. Именно для таких сложно формализуемых областей знаний, в первую очередь, разработаны методы статистического анализа.

Существуют целые классы статистических методов, имеющих довольно широкий диапазон возможного применения, но во многих науках для решения конкретных задач используются только избранные методы статистической обработки. В связи с этим актуальным является исследование эффективности применения различных подходов к обработке геофизических данных в рамках статистического анализа. При первичной обработке измерений в полевых условиях, когда отсутствует ЭВМ, востребованы статистические методы, не требующие громоздких расчетов. К этой группе можно отнести, например, двумерные корреляционный и регрессионный анализ, метод сетей, распознавание образов и др. [Справочник по математическим..., 1987; Орлов, 2004; Карапетян, 2012; Дэвис, 1990а; Дэвис, 1990б]. В научно-квалификационной работе рассмотрено применение этих и некоторых других инструментов математической статистики к обработке данных, полученных в результате геолого-геофизических исследований, проведенных на вулканах Тятя и Головнина (о. Кунашир, Курильские о-ва) и на месторождении термоминеральных вод Дачное (о. Итуруп).

Сахалинская область находится в зоне высокой сейсмической и вулканической активности, и эти факторы необходимо учитывать при принятии управленческих решений по развитию региона. С одной стороны, развертыванию инфраструктуры должен предшествовать анализ карт сейсмического, вулканического районирования. С другой стороны, отдельного рассмотрения требуют возможности рационального использования уникальных гидротермальных ресурсов Курильских островов. Оригинальная комбинация методов математической статистики, использованных в научно-квалификационной работе как подход к изучению взаимосвязей геофизических факторов в области наук о Земле, вносит вклад в формирование комплексной системы мониторинга за состоянием геосистем в геологически активном регионе. Этим определяется актуальность проведенных исследований как в отношении практической значимости этих результатов для хозяйственной жизнедеятельности на Курильских островах, так и в методологическом отношении применения рассмотренных методов исследования.

**Целью научно-квалификационной работы** является изучение применения статистических методов к анализу данных, полученных в результате проведения геолого-геофизических исследований на Курильских островах.

**Задачи исследований:**

- обзор статистических методов обработки массива геофизических данных;
- статистический анализ данных, полученных в результате малоглубинной термосъемки на месторождении термоминеральных вод Дачное (о. Итуруп, Курильские о-ва);

- обработка статистическими методами информации о размере фрагментов и толщине слоя тефры извержений вулканов Тятя и Головнина (о. Кунашир, Курильские о-ва);
- построение математических моделей распределения тефры извержения вулканов Тятя и Головнина и математической модели температурного поля месторождения термоминеральных вод Дачное;
- расчет статистических критериев, анализ согласованности построенных математических моделей с исходными данными и с результатами, полученными другими исследователями, отбор статистических методов, показавших наилучшие результаты при обработке данных геолого-геофизических исследований, проведенных на Курильских островах, и формирование рекомендаций по их применению.

### **Фактический материал и методика исследований**

Информационную основу исследований (фактический материал) составляли первичные данные, полученные в полевых геолого-геофизических экспедициях, проведенных сотрудниками Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской Академии наук (ИМГиГ ДВО РАН). При обработке и визуализации данных использовалось следующее программное обеспечение (ПО): Microsoft Excel, Mathcad, Surfer Demo, графический редактор GIMP.

Методика исследования основана на принципе заимствования методологических подходов из одной области знаний в другую. Основные статистические методы, использованные в настоящем исследовании: корреляционный анализ, регрессионный анализ, тренд-анализ, метод сетей, метод главных компонент, распознавание образов.

**Научная новизна** работы состоит в применении известных статистических методов для решения задач обработки и интерпретации

геофизических данных, которые обычно решаются другими математическими методами. Построена математическая модель распределения приповерхностных температур месторождения термоминеральных вод Дачное (о. Итуруп). Примененная математическая модель интерпретации данных малоуглубинной термосъемки определенными статистическими методами позволила выделить на месторождении термоминеральных вод Дачное оптимальные местоположения буровых площадок для вывода на поверхность термальных вод. Впервые построены логарифмические трехмерные модели распространения продуктов извержения вулканов Тятя и Головнина (о. Кунашир, Курильские о-ва), а также получены уравнения зависимости мощности слоя тефры от размера ее фрагментов.

### **Практическая значимость работы**

Результаты обработки материалов малоуглубинной термосъемки на месторождении термоминеральных вод Дачное (о. Итуруп, Курильские о-ва) с применением методов статистического анализа могут использоваться для постановки бурения высокодебитных скважин. Математические модели распространения продуктов извержения вулканов Тятя и Головнина (о. Кунашир, Курильские о-ва) могут использоваться при построении карт вулканического районирования.

### **Личный вклад автора**

Автор является основным разработчиком оригинальных методических подходов к обработке данных геофизических исследований. В ходе работы автор реализовал статистический анализ результатов геолого-геофизических исследований, проведенных на вулканах Тятя, Головнина (о. Кунашир, Курильские о-ва) и на месторождении термоминеральных вод Дачное (о.

Итуруп, Курильские о-ва), принимал непосредственное участие в интерпретации полученных распределений.

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций** обеспечивается корректным использованием методов математической статистики; обеспечивается согласованностью и непротиворечивостью полученных результатов с результатами, полученными ранее другими авторами и другими методами.

### **Апробация работы**

Основные результаты, полученные в ходе авторского исследования, были представлены на четырех всероссийских научных конференциях:

Молодежном инновационном конвенте Сахалинской области (Южно-Сахалинск, 2014); Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска» (Южно-Сахалинск, 2015); XVII Уральской молодежной школе по геофизике (Екатеринбург, 2016); VI Сахалинской молодежной научной школе (Южно-Сахалинск, 2016), III Всероссийской научной конференции с международным участием "Геодинамические процессы и природные катастрофы» (Южно-Сахалинск, 2019).

Результаты работ докладывались автором на специализированных семинарах Института морской геологии и геофизики.

### **Публикации**

В общей сложности по теме научно-квалификационной работы подготовлено 5 публикаций: 1 статья в журнале «Проблемы недропользования», индексируемом в РИНЦ, а также 4 публикации в материалах научных мероприятий.



## Структура и объем научно-квалификационной работы

Научно-квалификационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 73 наименований. Работа содержит 84 страницы машинописного текста, 20 рисунков и 4 таблицы.

**В первой главе** научно-квалификационной работы выполнен обзор литературы по тематике исследования, рассмотрено многообразие методов математической статистики для обработки массива данных, а также проанализировано применение этих методов к обработке геофизической информации. Особое внимание в первой главе работы уделено методу главных компонент и факторному анализу как одним из наиболее мощных статистических методов. Метод главных компонент далее применен в третьей главе для анализа массива содержаний основных окислов в породах извержений вулкана Тятя (о. Кунашир, Курильские о-ва). Кроме того, в первой главе описана роль информационных технологий в развитии статистических методов обработки массивов данных.

**Во второй главе** научно-квалификационной работы проведен статистический анализ результатов малоглубинной геотермической съемки гидротермального месторождения Дачное (о. Итуруп, Курильские о-ва). Приведена статистика первичных данных, выделена фоновая температура. Построены карты распределения приповерхностных температур для района исследования в целом, а также на участках детальной термосъемки. Построение изотерм было выполнено несколькими способами: вручную методом сетей, методом триангуляции и автоматически с помощью программы Surfer методом крайгинга. Выделены преимущества и недостатки обоих подходов. Оконтурены температурные аномалии, проведена интерпретация аномального термального поля и подготовлены рекомендации для постановки буровых работ на месторождении Дачное для вывода на

поверхность высокотемпературных терм. По результатам исследования сформулированы основные выводы.

**В третьей главе** научно-квалификационной работы методы статистической обработки информации применены к массивам данных о мощности слоя тефры и размере фрагментов тефры последних извержений вулканов Тятя и Головнина. С помощью методов регрессионного, дисперсионного анализа получены оптимальные двух- и трехмерные модели распределения продуктов этих извержений. Опираясь на эти модели, построена карта разностей методом сравнения карт, позволившая визуализировать распространение продуктов извержения с разрешением большим по сравнению с работами предыдущих исследователей. Выведены статистические зависимости мощности слоя тефры от размера ее фрагментов. Кроме того, методом главных компонент выполнен анализ массива содержаний основных окислов в породах извержений вулкана Тятя (о. Кунашир, Курильские о-ва), проведена редукция размерности системы с 12 степени до степени 3. Выдвинуты предложения для дальнейших исследований массива содержаний основных окислов. По результатам исследования сформулированы основные выводы.

## Заключение

По результатам проведенных исследований сформулированы основные выводы:

1. Разработана методика статистического анализа данных малоуглубинной термосъемки месторождения термоминеральных вод Дачное (о. Итуруп, Курильские о-ва) с целью повышения точности локализации температурных аномалий по сети детализирующих профилей термосъемки.
2. С помощью разработанной методики построена математическая модель температурного поля месторождения Дачное, позволившая выделить характерные особенности температурного поля, в том числе аномалии температуры в среднем течении руч. Надежда, наиболее перспективные на постановку бурения для получения высокотемпературных минерализованных вод.
3. При выделении характерных особенностей температурного поля месторождения Дачное с применением различных способов построения изотерм установлено, что каналы поступления термальных вод приурочены к сети разрывных нарушений.
4. Разработана методика статистического анализа распространения продуктов извержений вулканов Тятя и Головнина (о. Кунашир, Курильские о-ва).
5. Построенные математические модели распределения тефры извержений вулканов Тятя и Головнина характеризуются высокой точностью согласования с исходными данными (до 98%), что позволяет использовать разработанную статистическую методику для оценки вулканоопасности районов современной вулканической активности.

6. Получены уравнения взаимосвязи между мощностью слоя тефры и размером фрагментов тефры извержений вулканов Тятя и Головнина на основе модели линейной регрессии.
7. Предложенный подход к статистической обработке данных о мощности слоя тефры и размере ее фрагментов позволяет строить двух- и трехмерные модели распределения продуктов извержений вулканов островных систем.