

## МАРГАНЕЦ, ЦИНК И МЕДЬ В КОРЕННЫХ ПОРОДАХ И ПОКРОВНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОСТРОВА КУНАШИР (КУРИЛЬКИЕ ОСТРОВА)\*

*В статье представлены оригинальные результаты исследований микроэлементного состава в коренных эффузивных породах, пирокластах и рыхлых четвертичных отложениях вулканического острова Кунашир. Описаны ключевые процессы, определяющие закономерности распределения Mn, Zn и Cu в различных породах острова. Показаны закономерности аккумуляции этих металлов в четвертичных отложениях в зависимости от свойств металлов, их концентрации и различных факторов окружающей среды.*

**Ключевые слова:** марганец, цинк, коренные породы, покровные отложения, кремнезем, кларки, концентрация, пеплы, шлаки, пемза, эффузивы, минералогический анализ, кластерный анализ, гетерогенные образования.

Вулканические острова представляют собой геосистемы, возникающие в особых условиях, в результате интенсивной вулканической деятельности и влияния соседних морских и океанических акваторий.

Вулканизм острова Кунашир носит преимущественно андезитовый и андезито-базальтовый состав. В следствии процессов дифференциации магмы часть пород обогащена кремнием. Три действующие вулкана острова Кунашир находятся на общем разломе и характеризуются разным составом лав. Вулкан Головнина по составу в основном андезито-дацитовый, вулкан Менделеева – андезито-базальто-дацитовый, вулкан Тятя – андезито-базальтовый. С севера на юг вдоль линии разлома (от вулк. Тятя к вулк. Головнина) в вулканитах острова наблюдается увеличение содержания  $\text{SiO}_2$  [5].

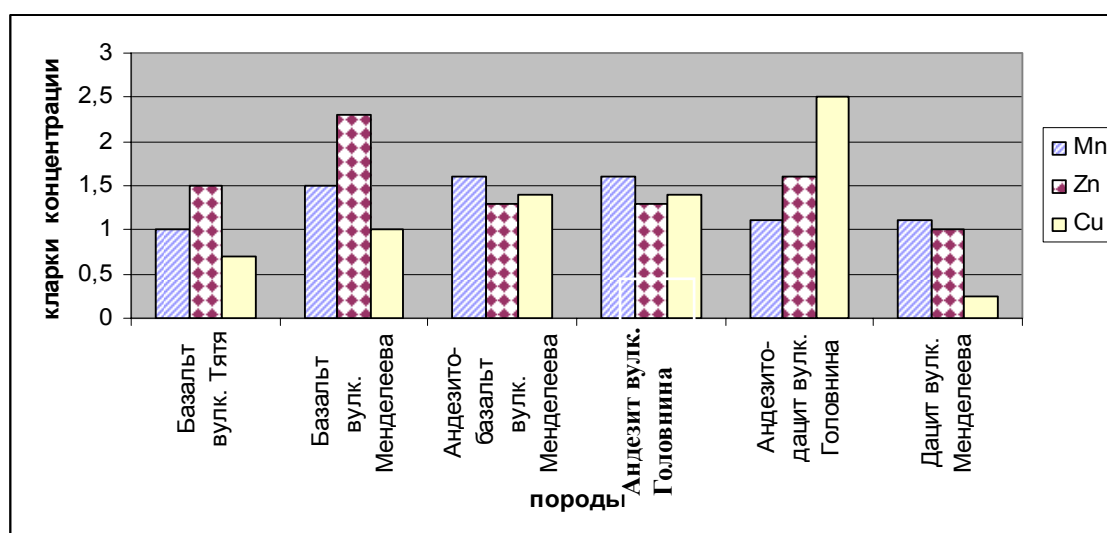
Объектом исследования являлись коренные породы острова Кунашир (Курильские острова), представленные эффузивными породами с массивной текстурой, лавами и пирокластическими отложениями (вблизи действующих вулканов), и покрывающие их рыхлые четвертичные отложения, выступающие в роли почвообразующих пород.

В процессе исследований были отобраны образцы распространенных пород. В них определялось содержание Mn, Zn и Cu – элементов, которым принадлежит ответственная роль в геохимических процессах [2, 3]. Определение металлов проводилось спектральным методом в лаборатории спектрального анализа ИГЭМ.

Коренные отложения острова представлены преимущественно эффузивами разного химического состава, сформировавшиеся в результате деятельности четырех крупных вулканов: Тятя, Менделеева, Головнина и Руруй (в историческое время не извергался). Также имеющиеся данные позволяют предположить, что значительная часть коренных пород острова возникла в результате деятельности более древних плейстоценовых вулканов. Свидетельством этих процессов являются эффузивы древнего лавового плато хребта Докучаева.

\* © Фураев Е.А.

Содержание марганца, цинка и меди в эффузивных породах острова тесно связано с их химическим составом и закономерно убывает с увеличением содержания кремнезема. В базальтах содержание марганца составляет 2000–3000 мг/кг, цинка — 300–200 мг/кг, а меди — 100–70 мг/кг. В дацитах содержание этих металлов уменьшается: марганца – до 700 мг/кг, цинка – до 50 мг/кг, а меди – до 5 мг/кг. Соотнесение полученных результатов с кларковыми значениями для соответствующих типов пород (рис. 1) выявило обогащенность большинства эффузивных пород острова исследованными металлами. Средние значения кларков концентрации распределяются в следующем порядке:  $Zn > Mn > Cu$ . Исключение составляет концентрация меди в базальтах вулкана Тятя ( $K_k = 0,7$ ) и в дацитах вулкана Менделеева ( $K_k = 0,25$ ). Причиной этого могут являться процессы дифференциации магмы. Относительно кларков литосферы выявлена значительная обогащенность преобладающих на территории острова пород основного и среднего состава марганцем, цинком и медью. В то время как кислые породы значительно обеднены: андезито-дацит – марганцем, а дацит – всеми тремя элементами.

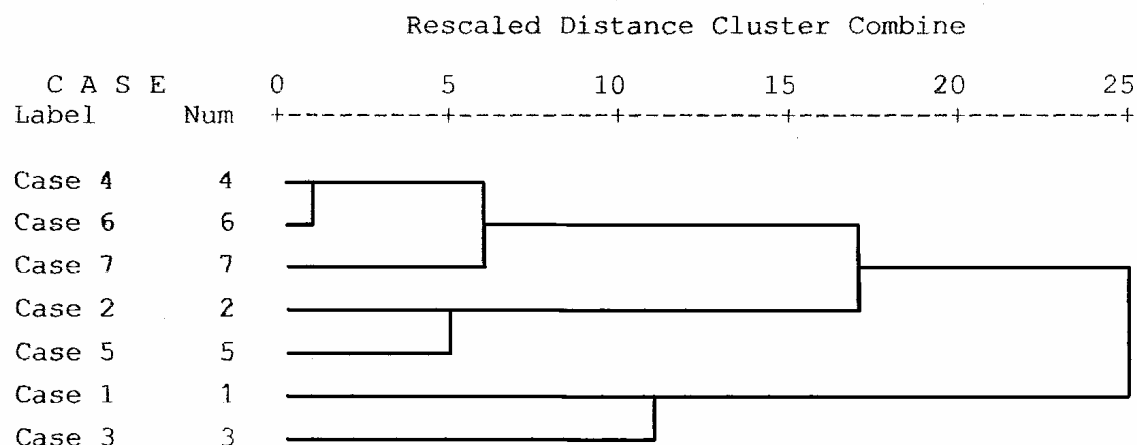


**Рис. 1.** Кларки концентраций Mn, Zn и Cu в эффузивных породах о. Кунашир относительно соответствующих типов пород.

Вулканические пеплы, шлаки и пемзы отличаются большей близостью к коренным эффузивным породам. Темные пеплы и шлаки по химическому составу петрогенных элементов соответствуют базальтам, а серые пеплы и пемзы – андезитам. Содержание в них марганца и цинка так же близко к содержанию в аналогичных коренных эффузивах, в то время как меди – несколько понижено. Светлые (белесые пеплы) существенно обеднены всеми тремя элементами (рис.2).

Попадая на поверхность, эффузивные породы подвергаются интенсивному преобразованию под действием факторов внешней среды. Их вещественный состав формируется, с одной стороны, в результате гипергенной трансформации эффузивов, с другой – в результате поступления вулканических пеплов различного химического состава и аэрального переноса из прибрежной зоны острова кварца – минерала, нехарактерного для распространенных пород средне-основного состава [6].

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



**Рис. 2.** Содержание Mn, Zn и Cu в пирокластических отложениях о. Кунашир

Минералогический анализ преобладающих гранулометрических фракций покровных четвертичных отложений о. Кунашир показал, что содержание кварца увеличивается с уменьшением размера частиц. Среди легких минералов крупнопесчаных фракциях его доля составляет от 9% в отложениях, расположенных вблизи базальтового вулкана Тятя, до 58% — в отложениях склонов лавового плато, значительно удаленного от источников пирокластического материала. В крупноалевритовых фракциях доля кварца возрастает до 60–70% даже в отложениях, расположенных вблизи вулканических конусов.

Таким образом, рыхлые четвертичные отложения острова следует рассматривать как сложные гетерогенные образования, возникающие в результате взаимодействия различных природных факторов и источников минерального вещества.

Цвет распространенных покровных отложений меняется от белого и светло-серого до черного и в значительной мере определяется их химическим составом. По содержанию петрогенных элементов темноцветные покровные отложения близки к магматическим породам основного состава, серые — к породам среднего состава, а светлые — к породам кислого состава. В значительной мере это обуславливается химическим составом продуктов эруптивной деятельности вулканов, поскольку в преобладающих песчаных и крупноалевритовых фракциях значительная доля принадлежит вулканическому стеклу, а также тяжелым минералам (в том числе рудным и пироксенам), преимущественно вулканогенного происхождения.

Гранулометрический состав покровных отложений острова характеризуется подчиненным количеством тонкодисперсных частиц и зависит от их принадлежности к определенным ландшафтным обстановкам. На абразионных террасах преобладают мелкопесчаные и крупноалевритовые фракции (более 60%), содержание глинистых частиц не превышает 5%. На абразионно-аккумулятивных террасах отмечается преобладание фракций мелкого и среднего песка (более 50%). Рыхлые отложения эродированного лавового плато хребта Докучаева отличаются преоб-

ладанием грубообломочного элювия. Пространство между обломками коренных пород в этих ландшафтах заполнено сильно ожелезненным легкосуглинистым материалом. Для отложений склонов характерным является более равномерное распределение частиц по гранулометрическим фракциям, увеличивается содержание алевритовых и глинистых частиц. В условиях подножий склонов и межгорных котловин рыхлые отложения представлены глинисто-тяжелосуглинистыми отложениями с содержанием тонкоалевритовых и глинистых частиц более 30%. Увеличение тонкодисперсных частиц в рыхлых отложениях склонов и их подножий, очевидно, является результатом интенсивного плоскостного смыва в условиях гумидного климата [4].

Следует отметить, что исследование покровных отложений о. Кунашир существенно затрудняется интенсивным их вовлечением в процесс почвообразования. Высокое содержание гипергенно неустойчивых минералов, как правило, легкий механический состав, влажный климат в сочетании с продолжительным безморозным периодом [1], приводят к быстрому поселению на данных отложениях растительности и началу образования почвенной толщи. В результате первичный материал подвергается механическим и геохимическим изменениям, быстро распространяющимся на всю его толщу

В процессе работы были отобраны образцы наименее измененных отложений, расположенных в разных частях острова, в различных ландшафтных обстановках. Образцы 1, 2, 4, 5, относятся к отложениям, распространенным в северной части, а образцы 3, 6, 7 – к южной части острова. Образцы 1 и 2 имеют темный цвет и легкий механический состав; образцы 3 и 4 – серый цвет и средний механический состав; образцы 5, 6 и 7 – светлые (белесые), характеризуются наиболее тяжелым механическим составом. Пределы колебания концентраций исследованных металлов отличаются от таковых в коренных эффузивах и пирокластическом материале. Содержание марганца изменяется от 300 до 3000 мг/кг, цинка – от 70 до 100 мг/кг, а меди – от 10 до 70 мг/кг.

В более светлых отложениях наряду с общей обедненностью Mn, Zn и Cu, наблюдаются как высокие концентрации всех трех элементов, так и некоторых из них.

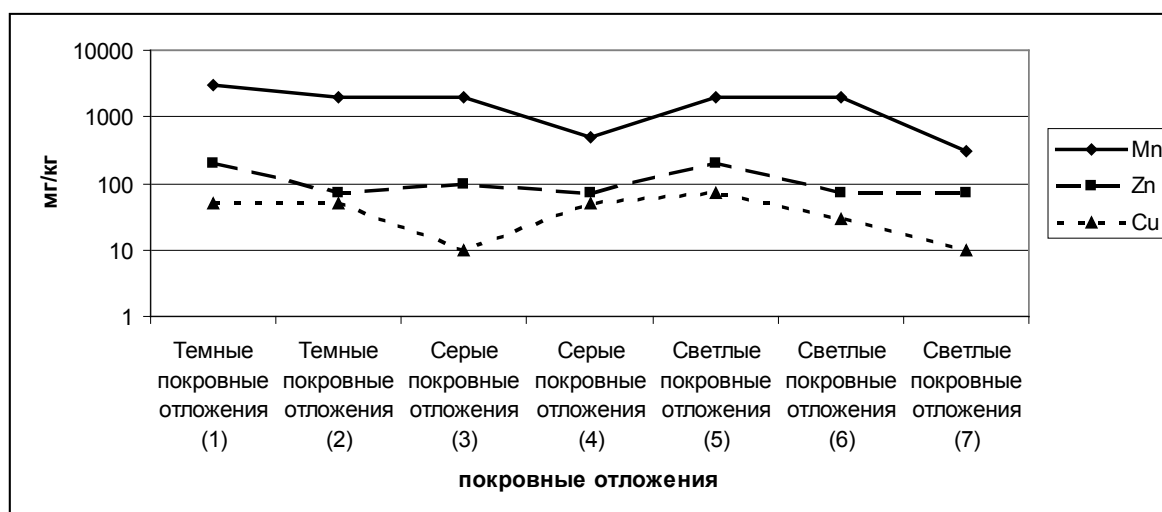


Рис. 3. Содержание Mn, Zn и Cu в покровных отложениях о. Кунашир

С целью выявления факторов, влияющих на содержание Mn, Zn и Cu в покровных отложениях острова, проводилось определение коэффициента корреляции между содержанием данных металлов, цветом образца как характеристики, отражающей петрохимический состав, и удаленностью от вулкана Тятя (главного источника поступления пирокластического материала в последние 120 лет), близостью к действующим вулканам (как источникам коренного и пирокластического материала). Также учитывалась удаленность от южного побережья – наиболее близкого к о. Хоккайдо (продукты эруптивной деятельности вулканов этого острова присутствуют на о. Кунашир [7]). Следует отметить существенное отличие химизма вулканитов о. Хоккайдо, имеющих исключительно кислый состав, от преимущественно средне-основного на о. Кунашир. Исследованные образцы были отобраны на выровненных поверхностях в автоморфных условиях, на склонах и у подножий склонов.

На основании корреляционного анализа обнаружено, что в процессе своего развития покровные отложения интенсивно обедняются марганцем, в меньшей степени — цинком и весьма незначительно — медью. Подобная закономерность, очевидно, обусловлена несколькими факторами.

В эффузивных породах данные элементы не образуют самостоятельных минералов, а находятся в состоянии рассеяния. Следовательно, в процессе гипергенной трансформации минералов эти элементы будут выходить из кристаллохимической структуры в самой низкой степени окисления. Однако за счет значительного присутствия щелочных и щелочно-земельных металлов, поступающих из вулканогенных минералов и приносимых в аэрозольной форме с соседних морских акваторий, величина рН покровных отложений носит преимущественно слабокислый и нейтральный характер [4]. В подобных условиях наибольшая подвижность присуща ионам Mn, меньше – Zn и в меньшей степени – Cu.

Близость к другим вулканам, не извергавшимся последние 120 лет, и цвет отложений не являются факторами, существенно влияющими на содержание рассмотренных элементов.

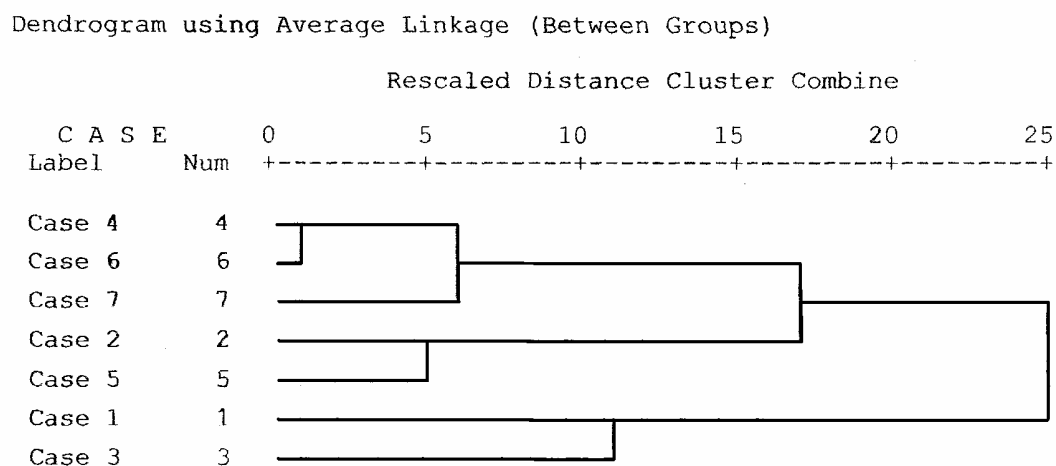


Рис. 4. Дендрограмма результатов кластерного анализа покровных отложений о. Кунашир.

Установленные свойства покровных отложений о. Кунашир и выявленные факторы, влияющие на их формирование, позволяют осуществить попытку классификации этих отложений на основе их характеристик и выяснения степени близости между различными образцами. С этой целью был проведен кластерный анализ на основе рассмотренных выше характеристик. На дендрограмме (рис. 4) отложения разбиваются на три группы. Первую группу составляют три образца (№ 4, № 6, № 7), вторую – образцы № 2 и № 5, третью – № 1 и № 3. Связь между группами (кластерами) существует на достаточно высоком уровне, что указывает на генетическую близость отложений вне зависимости от положения в ландшафте, удаленности от вулканов, положения на острове и содержания рассматриваемых тяжелых металлов.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы о геохимии марганца, цинка и меди в коренных породах и рыхлых покровных отложениях о. Кунашир.

1. Содержание рассмотренных элементов в коренных эффузивах зависит от их петрохимического состава. Основные и среднеосновные породы значительно обогащены этими элементами, в то время как кислые породы значительно обеднены.

2. Содержание исследованных тяжелых металлов в вулканических пеплах, туфах и пемзах соответствует их содержанию в эффузивах и так же закономерно уменьшаются от основных (темных) пирокластических отложений к кислым (светлым).

3. Для покровных отложений острова установлено значительное варьирование концентраций марганца, цинка и меди в сравнении с коренными эффузивными и пирокластическими породами. Несмотря на тесную связь между цветом отложений и их петрохимическим составом, содержание Mn, Zn и Cu варьируется в широких пределах и не позволяет выявить однозначную зависимость между цветом и исследованными металлами.

4. Статистический анализ факторов, влияющих на распространение и свойства покровных отложений не позволил выявить ведущий, что свидетельствует об их гетерогенном составе.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Атлас Сахалинской области. М.: Издательство Главного управления геодезии и картографии при Совете министров СССР, 1967. — 135 с.
2. Добровольский В.В. География микроэлементов: Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983. 272 с.
3. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Академия, 2003. 400 с.
4. Добровольский В.В., Фураев Е.А., Рощина И.А. Геохимические особенности ландшафтов острова Кунашир (Курильские острова) / Геохимия природных и техногенно измененных геосистем. М.: Научный мир, 2006. — С.159 – 179.
5. Леонова Л.Л. Геохимия четвертичных и современных вулканических пород Курильских островов и Камчатки. // Геохимия, №2, 1979. — С. 170 – 197.
6. Пискунов Б.Н. Вулканизм Большой Курильской гряды и петрология пород высокоглиноземистой серии. Новосибирск: Наука, 1974. — 188 с.
7. Разжигаева Н.Г., Гребенникова Т.А., Базарова В.Б., Сулержицкий Л.Д., Мохова Л.М., Ганзей Л.А., Пушкарь В.С., Чернов А.В. Континентальный поздний плейстоцен о. Кунашир (Курильские острова) // Тихоокеанская геология, Т. 19, №2, 2000. — С. 73 – 86.

*MANGANESE, ZINC AND COPPER IN THE BEDROCKS AND COVER DEPOSITS OF THE ISLAND KUNASHIR (KURIL ISLANDS)*

*E. Furaev*

*Abstract: In the article original results of the research work of the trace elements content in the effusive bedrocks, piroclastics and loose cover quaternary deposits of the volcanic island Kunashir are presented. The main processes determining legitimacies of the Mn, Zn and Cu dispensation in different rocks were described. The legitimacies of these metals accumulation in quaternary deposits dependence, their concentrations and different environmental factors are shown.*

*Key words: manganese, zinc, radical breeds, integumentary adjournment, silica, clarks, concentration, пенлы, slags, pumice, effusives, the mineralogical analysis, cluster the analysis, heterogeneous formations.*